

ZERO

**PLUSSHUS**

ZERO-RAPPORT – September 2009

Kaja Nordby



Zero Emission  
Resource Organisation

## Om ZERO

Zero Emission Resource Organisation er en miljøstiftelse som skal bidra til å begrense klimaendringene gjennom å vise fram og få gjennomslag for utslippsfrie energiløsninger. Vårt utgangspunkt er at det finnes en utslippsfri løsning for all energibruk. ZERO skal være konsekvente pådrivere for slike løsninger og jobbe for at de realiseres framfor forurensende.

Spørsmål om denne rapporten kan rettes til:  
ZERO – Zero Emission Resource Organisation  
Maridalsveien 10  
0178 Oslo  
[www.zero.no](http://www.zero.no)  
[zero@zero.no](mailto:zero@zero.no)



**Rapporten er sponset av,  
og utarbeidet i faglig  
samarbeid med Tekna**





## Forord

ZERO har lenge jobbet med å fase ut all bruk av fossil energi til oppvarming av bygninger. I dette arbeidet har hovedvekten vært på konvertering til biobrensel. Med denne rapporten ønsker vi å utvide arbeidet med energibruk i norske bygg, og vise at norske bygninger ikke trenger å være de energislukene de har vært til nå. Rapporten omhandler plusshus, og har som intensjon å vise at det er mulig å bygge plusshus under norske forhold. Rapporten tar også opp noen av hindrene for en slik utbygging, men ut i fra rapportens begrensede omfang er vil det være både muligheter og utfordringer for plusshus som ikke er omtalt her.

Verden er inne i en spennende og skremmende tid og verdenssamfunnet står overfor en rekke utfordringer. Den største av disse utfordringene er klimatrusselen. For å forhindre at klimaendringene blir alt for alvorlige er det viktig å gjøre store grep både innen energibruk og produksjon. Det er nødvendig å bruke energien betydelig mer effektivt, og den energien vi bruker er nødt til å komme fra fornybare og utslippsfrie energikilder. ZERO er av den oppfatning at byggsektoren har et enormt potensial innen energieffektivisering, men sektoren kan også komme til å bidra med store mengder fornybar energi.

Rapporten har vært et faglig samarbeidsprosjekt med Tekna og i arbeidet med rapporten har det kommet mange nyttige innspill fra en referansegruppe bestående av:

Rasmus Høseggen – NTNU

Ole Petter Haugen – Skanska

Jan V. Bakke – Arbeidstilsynet

Brita Dagestad – Byggteknisk Etat

Arne Haugen – Choice

Guro Hauge – Lavenergiprogrammet, BNL

Liv-Margrethe Hatlevik Bjerge – Norcem

Unni Berge – ZERO

Linda Ehnmark – Tekna

Erik Strøm – Tekna

Katrine Vinnes – Tekna

Tor B. Mosland – Tekna

Eventuelle feil og mangler i rapporten er likevel fullt og helt forfatterens ansvar.

Oslo, september 2009

Kaja Nordby  
M.Sc. Fysikk

## Sammendrag

Denne rapporten har som mål å undersøke om det er mulig å bygge plusshus i Norge. Med plusshus menes:

*Bygninger som gjennom driftsfasen genererer mer energi enn det som ble brukt til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget.*

Bygninger står for om lag 40 prosent av verdens energiforbruk, og store kutt i energibruken i bygninger vil ha store positive konsekvenser for miljøet. Det har lenge vært fokus i Europa på svært energieffektive hus, og de siste årene har interessen for hus som genererer mer energi enn de forbruker, plusshus, blomstret opp. Det er bygget slike hus blant annet i Tyskland og Østerrike, og EU-parlamentet har foreslått at alle nybygg fra 2019 skal produsere mer energi enn de forbruker.

I Norge kan det virke som forholdsvis lave strømpriser i kombinasjon med argumenter om kaldt klima har gitt lite oppmerksomhet rundt og motivasjon for energieffektivisering og alternative energikilder. Norge er blant de landene hvor energiforbruket i bygninger er høyest. Slik sett er Norge også et av landene som har mest å tjene på energieffektiviseringstiltak i byggsektoren. I et slikt perspektiv kan plusshus være interessant.

Det må erkjennes at de fleste plusshusene i Europa i dag i stor grad baserer seg på elektrisitet fra solceller. Færre soltimer i Norge er en viktig grunn til at det opprinnelig ikke var åpenbart at plusshus faktisk lot seg realisere her til lands. Utgangspunktet for denne rapporten var at ZERO ønsket å finne muligheter for plusshus tilpasset de klimatiske forholdene her til lands.

Vår rapport viser at det er fullt mulig å bygge plusshus i Norge så lenge man baserer seg på flere forskjellige energikilder enn det som er vanlig lenger sør i Europa. Rapporten viser også at plusshus er mulig i alle størrelser, fra vanlige eneboliger til store skoler og hoteller.

En forutsetning ved norske plusshus er at bygningskroppen er så energieffektiv som mulig. Ved hjelp av god isolasjon, høy tetthet og intelligente ventilasjonsløsninger er det mulig å ta oppvarmingsbehovet ned til et minimum. I tillegg vil varmegjenvinningsløsninger for ventilasjonsluften og gråvannet, kreative løsninger for best mulig å utnytte dagslys, og bruk av kun svært energieffektive

elektriske apparater gjøre at bygningen bare trenger å generere en svært begrenset mengde energi.

For å få generert nok energi til å oppnå et plusshus er det viktig å klargjøre hvilken energi som trengs til de forskjellige formålene. Det er betydelig lettere å generere varme enn å generere elektrisitet. Følgelig er det viktig at det ikke brukes elektrisitet direkte til varmeproduksjon, slik det gjøres i varmtvannstanker og panelovner i de fleste av dagens bygg.

Ved kombinasjon av svært energieffektive bygg, solfangere og varmepumper til oppvarming, samt små vindturbiner og solcellepaneler til elektrisitetsgenerering vil det være fullt mulig å bygge plusshus de fleste steder langs kysten opp til et godt stykke inn i Nord-Norge. Også i innlandet vil det finnes steder som er godt egnet for plusshus, men her vil de svært kalde vintrene kunne være utfordrende. Langt nord i landet byr det lave antallet soltimer på en utfordring. Til gjengjeld er oppvarmingssesongen lengre her, noe som gjør at huset har glede av oppvarmingen fra solfangerne lenger på våren og fra tidligere på høsten.

Et hinder for innføringen av plusshus i Norge er at dagens regelverk i liten grad tilrettelegger for småskala elektrisitetsproduksjon. Alle som skal levere strøm til det felles ledningsnettet, må ha en energikonsesjon. Å få en slik konsesjon er en omfattende prosess med saksbehandlingstid på flere år. Frem til ordningen med grønne sertifikater kommer på plass, fins det heller ikke noen støtteordning tilpasset denne typen elektrisitetsproduksjon.

Enova, det statlige organet som gir økonomisk støtte til energieffektivisering og fornybar energiproduksjon, har i dag støttesystemer for bygging av energieffektive bygninger, men støtten omfatter ikke private husholdninger. For å motivere til bygging av mer energieffektive hus i alle byggkategorier burde denne ordningen gjelde alle typer bygninger, på samme måte som det fins støtteordninger for fornybar oppvarming for alle de forskjellige bygningskategoriene.

Denne rapporten viser at det er fullt mulig å bygge plusshus i Norge. Samtidig viser den frem en rekke løsninger for energieffektivisering og energiproduksjon som kan implementeres i den eksisterende byggemassen, og som burde benyttes i nybygg også på steder hvor forholdene ikke ligger til rette for bygging av plusshus. Tatt i betraktning bygningers lange levetid vil den eksisterende byggemassen være med oss langt inn i fremtiden. Da er det viktig at det gjennomføres

tiltak for å sikre at energibruken i disse bygningene blir så lav som mulig.

I case-studiene i rapporten vurderes muligheten for å bygge et plussshotell, en plusskole og en enebolig som følger plussuskriteriene. Her kommer det frem at ved å montere solfanger på taket, installere en varmepumpe og sette en liten vindturbin i hagen vil man i en enebolig kunne produsere mer energi i løpet av driftstiden enn det som gikk med til produksjon av byggematerialer, bygging, drift og senere riving av huset. Med litt flere vindturbiner og større solfangere vil også hotellet og skolen klare dette.

I casene er det også gjort et forsøk på å si noe om lønnsomheten i å bygge plussus. Her kommer det frem at ekstrakostnaden ved energieffektivisering og installering av solfangere til oppvarming vil lønne seg i form av sparte energiutgifter over levetiden til bygget. Det samme gjelder til en viss grad generering av elektrisitet til eget forbruk. Investeringskostnadene er i begge tilfeller imidlertid betydelige og nedbetalingstiden lang. Begge deler representerer vesentlige barrierer. Elektrisitetsgenerering for salg vil imidlertid ikke lønne seg med dagens kraftpris, selv ikke dersom man legger til grunn estimert pris på såkalte grønne sertifikater, som trolig kommer på plass fra 2012.

Denne rapporten omhandler plussus, men gir også lærdom om energibruk i bygg generelt. På bakgrunn av rapporten vil ZERO komme med noen anbefalinger for å redusere energibruken i alle bygg til et minimum. Følgende tiltak vil gjøre at plussus også kan komme nærmere realisering, men vil først og fremst gjelde hele bygningssektoren:

- Innføre investeringsstøtte til alle byggeiere som bygger mer energieffektivt enn gjeldende byggforskrifter.
- Øke bevilgningene gjennom Enova til fornybar varmeproduksjon i alle typer bygg slik at alle kvalifiserte søkere kan få tilsagn raskt og støttebeløpet økes.
- Det er nødvendig med en kompetansereform i byggenæringa med fokus både på energieffektive bygg og bygningsintegrerte energiløsninger.
- Legge til rette for tettere samarbeid mellom arkitekter og byggherrer.
- Innføre krav til energieffektivisering i forbindelse med renovering av eksisterende bygg.
- Utdanne byggkontrollører som er ansvarlige

for energimerkingen av alle bygg, samt pålegge kontroll av alle bygninger i forbindelse med oppussing og renovering, salg og utleie.

I tillegg anbefaler ZERO følgende tiltak for å legge til rette for de første norske plussusene:

- Enova bør støtte utbygging av demonstrasjonsprosjekter for plussus i alle størrelser.
- Regelverket bør forenkles og saksgang gjøres raskere for energianlegg tilknyttet bygninger som leverer strøm til nettet. En måte å gjøre dette på er å la sakene håndteres av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) lokalt slik det i dag gjøres med de minste småkraftverkene.
- Det neste store statlige byggeprosjektet bør være et plussbygg
- Det bør innføres et eget energimerke for plussus.

# Innhold

Forord .....	5
Sammendrag .....	6
1 Innledning .....	10
2 Energibruk i bygg.....	10
2.1 Dagens byggeforskrifter .....	10
2.2 Utvikling i bygningers energibruk.....	11
3 Energieffektive hus og passivhus .....	11
3.1 Energieffektive bygg .....	12
3.2 Plassering av energieffektive bygg.....	13
3.3 Elektriske apparater i husene.....	13
3.4 Styringssystemer for energibruk.....	14
3.5 Klimatiske rammebetingelser.....	14
4 Energiløsninger for småskala energiproduksjon .....	15
4.1 Solenergi.....	15
4.2 Vindkraft.....	16
4.2.1 Horisontalakslede vindturbiner .....	17
4.2.2 Vertikalakslede vindturbiner .....	17
4.3 Geotermisk energi.....	17
4.4 Bioenergi .....	18
5 Implementering og integrering av forskjellige energiløsninger .....	18
5.1 Materialvalg.....	18
5.1.1 Tre .....	19
5.1.2 Betong .....	20
5.1.3 Glass og aluminium.....	20
5.1.4 Isolasjon .....	21
5.2 Energigjenvinning .....	21
5.3 Energispareløsninger .....	22
5.4 Kombinasjoner og bruk av energiløsninger.....	22
6 Eksisterende plussus.....	22
6.1 Norske lavenergi- og plussus.....	23



6.2	Utenlandske plusshus-løsninger .....	23
7	Inneklima og helse .....	25
7.1	Menneskers behov for godt klima og frisk luft .....	25
7.2	Energi, helse, bærekraft og inneklima .....	26
7.3	Gunstige tiltak for både innemiljø og energibruk .....	26
8	Rammeverk og støtteordninger .....	27
8.1	Tekniske forskrifter og planbestemmelser .....	27
8.2	Konsesjon og tilknytning til strømmettet for småskala energiproduksjon .....	27
8.3	Støtteordninger .....	27
8.3.1	For energieffektive bygg .....	27
8.3.2	For småskala energiproduksjon .....	28
9	Barrierer for plusshus .....	28
9.1	Barrierer i byggenæringen .....	28
9.2	Praktiske barrierer .....	29
9.3	Økonomiske barrierer .....	29
9.4	Politiske barrierer .....	30
10	Diskusjon .....	31
10.1	Er plusshus en god idé? .....	31
10.2	Hva er det viktigste med plusshus? .....	31
10.3	Klynger av plusshus .....	32
10.4	Brukererskelen for plusshus .....	32
10.5	Markedsverdien av plussbygg .....	33
10.6	Miljøvennlige bygg .....	33
11	Case studier .....	33
11.1	Hotell .....	35
11.2	Skole .....	39
11.3	Enebolig .....	42
12	Konklusjon og anbefalinger .....	44
12.1	Anbefalinger .....	45
13	Kilder .....	46

# 1 Innledning

Bygninger står for om lag 40 prosent av den globale energibruken. I kampen mot klimaendringene er det helt nødvendig å redusere energiforbruket i bygninger dramatisk. I denne rapporten ønsker vi å se på hvordan bygninger kan endres fra å være en del av problemet til å bli en del av løsningen på klimaproblemet. Rapporten skal besvare spørsmålet: Er det mulig å bygge plusshus i Norge?

Plusshus slik begrepet brukes i denne rapporten, er definert som:

*Et hus som gjennom driftsfasen genererer mer energi enn det som ble brukt til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget.*

Det er hensiktsmessig å holde energibehovet i bygninger på et minimum. Følgelig tar vi i rapporten utgangspunkt i at plusshus må ha en bygningskropp som er bygget ut fra en passivhusstandard<sup>1</sup>. I tilfeller hvor det ikke er gjennomførbart å sette opp et passivhus vil vi ta utgangspunkt i et lavenergibygg.

Et plusshus vil altså generere mer energi i løpet av sin levetid enn det som gikk med til produksjon av materialer, oppføring av huset og til senere riving av huset. I denne rapporten ligger imidlertid fokus på energien brukt i driftsfasen til bygningen. Dette er en prioritering gjort på bakgrunn av at 80 prosent av energibruken i et bygg skjer i driftsfasen (World Business Council for Sustainable Development, 2009). Etter hvert som hus blir mer og mer energieffektive, vil denne balansen sannsynligvis endres, men ut fra dagens situasjon synes ZERO det er mest interessant å se på driftsfasen.

Av praktiske årsaker vil det i denne rapporten ikke legges opp til at et eventuelt overskudd av energi i andre former enn som elektrisitet skal leveres fra huset. Denne avgrensingen er gjort ut fra en vurdering av kostnader: På tidspunkt der bygningen har overskudd av varme, er det sannsynlig at prisen for levert varme til et fjernvarmenett vil være for lav til å forsvare merkostnaden ved å koble bygningen til et varmedistribusjonsnettverk.

1. Passivhus er bygninger med et svært lavt energibehov til oppvarming. Bygningen er godt isolert, og mye av oppvarmingen er basert på passiv varme fra menneskene som bruker bygningen samt varme fra elektriske apparater som datamaskiner og lamper. Lavenergibygg bygger på samme prinsipp som passivhus, men kriteriene for lavenergibygg er ikke like strenge som kriteriene for passivbygg.

I en rapport om miljøvennlige hus er en analyse av CO<sub>2</sub>-utslipp fra bygget i løpet av dets levetid svært interessant. Dette ligger imidlertid utenfor rammen av hva det er plass til i denne rapporten.

## 2 Energibruk i bygg

Bygninger står for omtrent 40 prosent av den innenlandske energibruken i Norge (Kristjansdottir, Høystad, & Johannesson, 2008). Drøyt halvparten av denne energien går til oppvarming i bygningene (Førde, Klokk, Risnes, & Iversen, 2003).

I Norge fins det i dag 1.447.675 boligbygg og 2.396.237 andre bygg (Statistisk sentralbyrå, 2009a). Den totale norske bygningsmassen har et areal på 335 millioner kvadratmeter. Gjennomsnittsalderen for norske bygg (arealvektet) er 35 år (Reine, Joys, Tiltnes, & Ravnanger Landet, 2009).

Utsiftingen i bygningsmassen er forholdsvis lav. Gjennomsnittlig levetid for et bygg ligger mellom 50 og 100 år. Dette innebærer at samtidig som det er viktig å stille strenge krav til energibehovet i nybygg, er det meget viktig også å stille krav til bygg som renoveres.

### 2.1 Dagens byggeforskrifter

Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (heretter TEK 07) trådte i kraft 1. februar 2007. Fra og med 1. august i år må alle nybygg oppfylle kravene i TEK 07 (Statens bygningstekniske etat, 2007). Byggteknisk etat oppsummerer at hensikten med forskriften er å redusere energibehovet i alle nye bygg i gjennomsnitt 25 prosent. Det blir stilt krav til at ca halvparten og minst 40 prosent av energibehovet til romoppvarming og varmtvann skal dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og fossile brensler.

Kommunal- og regionaldepartementet la 23.06.09 frem et forslag til revisjon av energikravene i byggeforskriften. Her er kravet til varmegjenvinning i alle andre typer bygg enn boliger foreslått skjerpet. Energiramme for de aller fleste bygningskategoriene er gjengitt i tabell 1. Høringen til ny forskrift åpner imidlertid for bruk av fossil gass til oppvarming. Dette er svært uheldig ut fra et miljøperspektiv, hvor det er ønskelig å få slutt på klimagassutslippene fra oppvarming av bygg.

Kravene i TEK 07 og det nye utkastet til forskrift gjelder alle nybygg og hovedombygginger. Ved rehabilitering av eksisterende bygg skal det etterstrebes å holde samme energimessige standard som forskriften krever. Det er altså ikke krav om å

Energirammer forskjellige bygg			
	Netto energibehov (kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA pr år)		
Bygningskategori	TEK 07	Høring av 23.06.09	Innstramming i prosent
Småhus	125 + 1600/oppvarmet BRA	125 + 1600/oppvarmet BRA	0
Boligblokk	120	120	0
Barnehager	150	140	7
Kontorbygg	165	150	9
Skolebygg	135	120	11
Universitet/Høyskole	180	160	11
Sykehus*	325	300	8
Sykehjem*	235	215	9
Hoteller	240	220	8
Idrettsbygg	185	170	8
Forretningsbygg	235	210	11
Kulturbygg	180	165	8
Lett industri, verksteder*	185	175	5

Tabell 1: Byggekategoriens rammer for energibehov i henhold til gjeldende byggt teknisk forskrift (TEK 07) og høring på ny utgave av forskriften. Innstrammingen høringen representerer, er beregnet som prosent i forhold til gjeldende forskrift. BRA er bygningens bruksareal.

\* I enkelte tilfeller vil bruk av høyeffektiv varmegjenvinning, som det stilles krav om i høringen til ny forskrift, medføre fare for spredning av forurensning/smitte. For disse arealene gjelder følgende ramme: Sykehus – 335, Sykehjem – 250, Lett industri – 190.

oppgradere energistandarden i forbindelse med renovering, for eksempel utskifting av vinduer eller tak i eksisterende bygg, så lenge dette ikke innebærer en større ombygging.

## 2.2 Utvikling i bygningers energibruk

I Europa har det lenge vært stor interesse for energieffektivisering i byggesektoren. Dette har blant annet ført til etableringen av det tyske Passivhaus Institut, som kom med den opprinnelige definisjonen på passivhus. Det har også ledet til bygging av energieffektive hus og økt interesser for alternative energiløsninger, i første rekke solenergi. Her var Spania en av de første til å påby solvarme som bidrag til varmtvannsoppvarming i nybygg, og Tysklands støtteordninger har bidratt til at solceller er en foretrukket energiform der til lands.

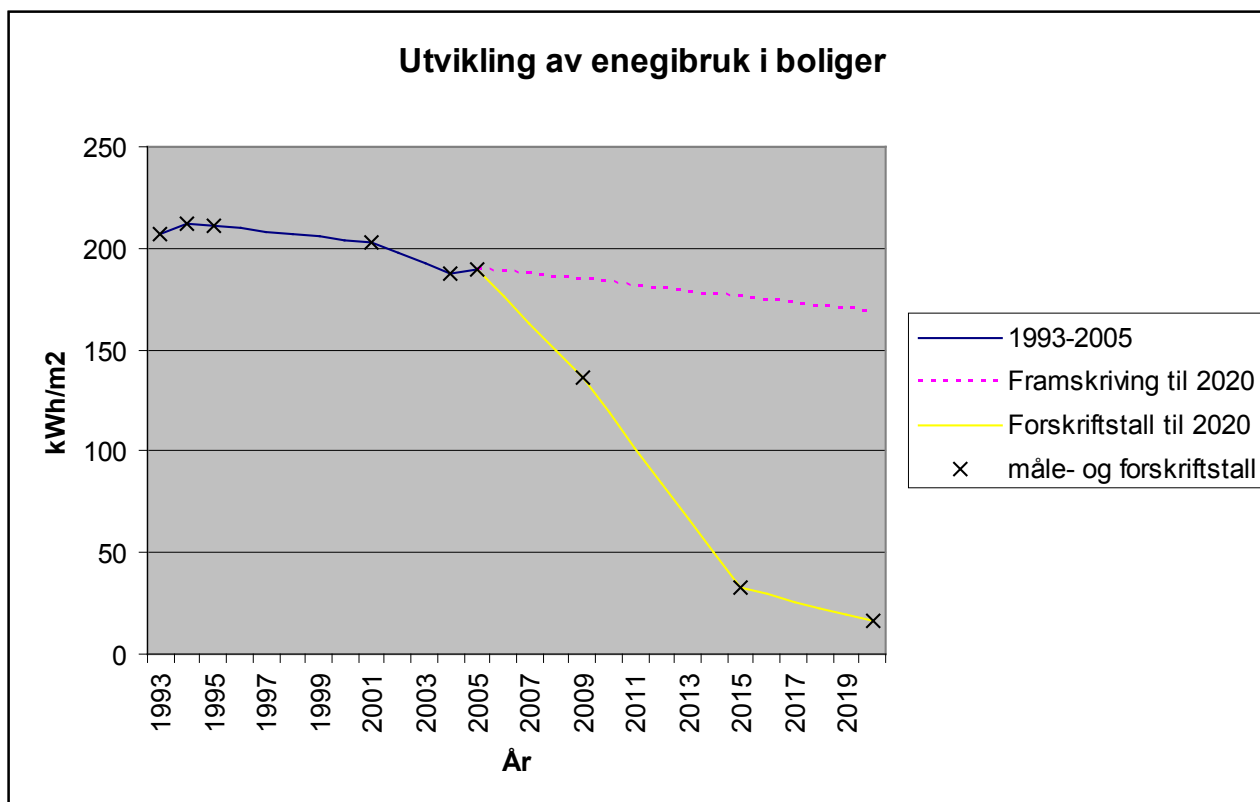
I Norge har ikke myndigheter og byggebransje vært like opptatt av energieffektivisering og alternativ energibruk, men bevisstheten rundt disse temaene har økt den siste tiden. Eksempler på det er forslaget om passivhus som standard fra 2020, stadige innstramminger i byggt tekniske forskrifter, at Enova har mottatt over 33 000 søknader om støtte til

alternativ oppvarming av boliger og etableringen av forskningssettret Zero Emission Buildings (ZEB). Energieffektive hus i Norge omtales nærmere i kapittel 6.1.

## 3 Energieffektive hus og passiv hus

De siste årene har gjennomsnittsforsbruket av energi i norske boliger blitt noe redusert. Med de nåværende og framtidige innstramminger i byggeforskriftene er det sannsynlig at tendensen med lavere energibruk vil fortsette og omfatte hele bygningmassen, ikke bare boliger.

I grafen på figur 1 viser punktene frem til og med 2005 verdier fra Statistisk sentralbyrås tall for gjennomsnittlig spesifikk energibruk i boliger (2008a). Den rosa stiplede linjen viser en fremskriving av energibruken i bygg frem mot 2020 dersom den gjennomsnittlige nedgangen i energibruk mellom 1993 og 2005 fortsetter. Den gule linjen viser energibruken i bygg dersom hele byggemassen innen 2009 oppfyller rammekravet til energibehov for en bolig på 150 m<sup>2</sup> i TEK 07. Videre ligger det til grunn for



Figur 1: Utvikling av energibruken i norske boliger fra 1993 til 2005. Fremskrivning av energibruken til 2020 ut fra dagens tendens og foreslåtte forskrifter

fremskrivningene at lavenergibygg blir innført som krav i 2015 og at passivhus blir kravet i 2020. Denne antagelsen bygger på klimaforliket som ble inngått av Stortinget 17. januar 2008. Her var det enighet om å vurdere passivhus som standard for alle nybygg fra 2020, noe Kommunal- og regionaldepartementet har trukket frem blant annet i en høring for byggesaksdelen til ny plan- og bygningslov:

*I klimaforliket er partene også enige om å vurdere krav om passivhus som standard for nye bygg innen 2020. Departementet vil derfor i løpet av kort tid komme tilbake med forslag til skjerpede energikrav (Kommunal- og regionaldepartementet, 2009a).*

Det som ikke kommer klart nok frem i figur 1, er at verdien frem til 2005 baserer seg på et gjennomsnitt av alle eksisterende boligbygg. Etter 2005 er det i den gule linjen satt inn verdiene fra tekniske forskrifter og standarder. Dette kan være noe misvisende, ettersom de aller fleste boliger som er i bruk i 2020, allerede er bygget. Gjennomsnittlig energibruk vil bli betydelig høyere enn den gule linjen fra 2006 til 2020 viser, fordi denne eksisterende bygningsmassen ikke vil oppfylle de nye energikravene. Samtidig vil forhåpentligvis nye krav føre til at reduksjonen i energibruk blir noe brattere enn den fremskrevne rosa linjen angir.

I høringsforslaget til en norsk standard for lavenergi- og passivhus er det ikke satt opp energirammer for det totale energibehovet i bygg. Siden standarden bare stiller krav til maksimalt energibehov ved oppvarming, er det ikke helt rett frem å sammenligne tallene for energirammer i TEK 07 med passivhusstandarden. For å gjøre et forenklet forsøk på en slik sammenligning har vi brukt tall fra Enovas beregning av energibehov i lavenergi- og passivhus (Enova, 2009f). Gjengitt i tabell 2.

### 3.1 Energieffektive bygg

For at et bygg skal oppnå den energieffektiviteten som kreves av passivhus, må en rekke tiltak gjennomføres. Grunntanken i passivhus er at oppvarmingen skal skje mest mulig gjennom å utnytte den varmen som uansett er tilstede i bygget i form av varme fra datamaskiner og andre elektriske apparater, samt varmen avgitt fra menneskene som bruker bygget. For å få til dette er bygget nødt til å ha tette og godt isolerte vegger og vinduer, og dører må ha veldig liten kuldegjennomstrømming.

Når bygget blir veldig tett, er det svært viktig for innemiljøet at ventilasjonen er god. For å beholde mest mulig av varmen i bygget selv med effektiv ventilasjon

Energirammer lavenergi- og passivbygg					
Byggkategori	TEK 07	Lavenergi	Reduksjon TEK til lavenergi [%]	Passivhus	Reduksjon TEK til passiv [%]
Småhus	125 + 1600/ oppvarmet BRA	95	30,0	80	41,0
Boligblokker	120	95	20,8	80	33,3
Barnehager	150	110	26,7	65	56,7
Kontorbygg	165	130	21,2	95	42,4
Skolebygg	135	105	22,2	w75	44,4
Universitets- og høyskolebygg	180	135	25,0	95	47,2
Sykehus	325	250	23,1	180	44,6
Sykehjem	235	165	29,8	100	57,4
Hoteller	240	165	31,3	90	62,5
Idrettsbygg	185	140	24,3	100	45,9
Forretningsbygg	235	180	23,4	130	44,7
Kulturbygg	180	125	30,6	70	61,1
Lett industri, verksteder	185	140	24,3	90	51,4

Tabell 2: Sammenligning av beregnede energirammer for lavenergi- og passivhus og dagens forskrifter

er det nødvendig å installere varmegjenvinning av ventilasjonsluften.

For litt større bygninger kan det være aktuelt å sette opp en dobbel glassfasade på byggets solside. Bruk av dobbel fasade reduserer behovet for isolasjon på veggen med den doble fasaden og åpner for en rekke muligheter innen optimal utnyttning av dagslys og naturlig drevet ventilasjon.

### 3.2 Plassering av energieffektive bygg

Ved bygging av energieffektive bygg kan det være mye å hente på å utnytte de naturlige forholdene på byggetomta best mulig. Det vil være hensiktsmessig å plassere huset slik at lys og varme fra solen utnyttes best mulig. For boliger vil det for eksempel være fornuftig å legge oppholdsrom som stue og kjøkken til den siden av huset som får mest sollys. Soverom har lavt behov for lys og varme og bør derfor legges på skyggesiden av bygningen.

Samme tankegang er aktuell for næringsbygg. Tekniske rom, lagerrom, trapper, korridorer og heiser bør legges midt inne i bygget eller på byggets skyggeside for ikke å ta sollys og varme fra de rommene hvor det oppholder seg mennesker over lengre tid. Bruk av glass i innervegger eller dører kan være en måte å spre sollyset lenger inn i bygget på.

I bygninger der det skal monteres solfangere eller solceller for å produsere energi på huset, må takkonstruksjonen bygges slik at hellingsvinkelen og orienteringen er optimal med hensyn til solforholdene på stedet.

For å minimere behovet for oppvarming i bygg bør bygningens kropp være kompakt og geometrisk ukomplisert. Et annet grep for å redusere oppvarmingsbehovet er å la kun et minimum av vinduene vende mot nord.

### 3.3 Elektriske apparater i husene

I diskusjoner om energieffektive bygg og passivhus er det mye fokus på oppvarming og isolasjon. Oppvarming av rom og tappevann står for en stor andel av energiforbruket i de aller fleste bygg. Men som det går frem av case-studiene senere i rapporten, vil en reduksjon av behovet for energi til oppvarming ikke alene være tilstrekkelig for å få så energieffektive hus som ønskelig.

For å oppnå plussusstandard på et bygg er det en fordel om de elektriske apparatene som benyttes i bygningen, er svært energieffektive. Eksempelvis bør ikke belysning og apparater som TV og datamaskiner avgi unødige varme. Dersom tappevannet i bygningen varmes effektivt for eksempel gjennom varme-

gjenvinning og solfangere, kan det være hensiktsmessig å benytte seg av vaskemaskiner som kan ta inn varmt vann i stedet for at maskinen varmer vannet selv. I valg av elektriske apparater til energieffektive hus kan det være hjelp å finne i energimerkingen av de forskjellige apparatene.

Energimerkesystemet for elektriske apparater er et karaktersystem som går fra A til G, hvor A betegner de mest energieffektive apparatene. Utviklingen av energieffektive apparater går fort, og det fins derfor flere apparater som er bedre enn energimerke A. Dette gjelder blant annet kjøle-/fryseskap, hvor kategoriene A+ og A++ er innført (Bjørke, 2009). I et energieffektivt hus vil det være nødvendig kun å benytte seg av apparater med de beste karakterene i energimerkesystemet. Det kan også være aktuelt å se på om noen av de elektriske apparatene er overflødige. Det er imidlertid et poeng at det er vanlige mennesker som skal bruke og bebo plusshusene, følgelig må alle normale komfortbehov dekkes. Energieffektiviteten må heller ikke gå på bekostning av brukervennligheten.

### 3.4 Styringssystemer for energibruk

Energi er en begrenset ressurs, og det er nødvendig å kontrollere at energien som brukes, blir brukt så hensiktsmessig som mulig. En måte å sikre dette på er å installere styringssystemer for energien. Eksempler på styringssystemer er når temperatur og ventilasjon automatisk skrues ned til et minimum i rom som ikke er i bruk, for eksempel i kontor- og skolebygg på ettermiddags- og nattestid. Et annet eksempel er bruk av bevegelsessensorer for belysningen slik at rom og korridorer bare er opplyst så lenge det er mennesker som beveger seg i dem. Eksempelvis har et av hotellene ved Gardermoen lufthavn satt inn styringssystemer som sørger for at hotellrom som ikke er i bruk, går i dvale. Dette innebærer at oppvarming, ventilasjon og strømforbruk reduseres til et minimum (Sandberg, 2009).

En annen mulighet er å få styringssystemer som tilpasser belysningen slik at kombinasjonen av dagslys og kunstig lys utfyller hverandre for å gi best mulig lysforhold for brukerne av bygget.

Det er også mulig å installere et felles styringssystem for de elektriske apparatene i et bygg. Dette systemet kan for eksempel styres fra en datamaskin slik at man enkelt kan stenge strømmen til apparater som bruker strøm på å stå i stand by eller som kan utgjøre en brannfare, som TV, komfyr og kaffetrakter (Enova, 2009e). Man kan også skru ned varmen når bygningen ikke er i bruk og skru på den på igjen slik at det er

varmt når bygningen skal brukes.

### 3.5 Klimatiske rammebetingelser

Det er store klimatiske forskjeller innad i Norge. Disse forskjellene gjenspeiles til en viss grad i forslaget til ny standard for lavenergi- og passivhus. I standarden er energikravene til oppvarming av hus på steder hvor årsmiddeltemperaturen er under 5 grader celsius, til en viss grad avhengig av temperaturen (Standard Norge, 2009). En gjennomgang av årsmiddeltemperatur i norske kommuner viser at det er 135 kommuner med en gjennomsnittstemperatur på over 5 grader. 297 kommuner har en lavere gjennomsnittstemperatur, og av disse har 24 en gjennomsnittstemperatur på under null grader (AS Rockwool, 2009). De laveste gjennomsnittstemperaturene er i innlandskommuner og kommuner langt nord. Aller kaldest er Kautokeino med årsmiddeltemperatur på -3,3 grader. De høyeste årsmiddeltemperaturene fins langs kysten av Vestlandet. Varmest er Stavanger, Randaberg og Øygarden, som alle har en gjennomsnittstemperatur på 7,5 grader. Utover temperaturreguleringen for bygninger på steder hvor årsmiddeltemperaturen er under 5 grader, er det ikke lagt inn noen regulering for klima i standarden.

Klimatiske variasjoner har stor innvirkning på energiforbruket i boliger, men også momenter som boligstørrelse og hvorvidt boligen er enebolig eller ligger i en blokk eller et rekkehus, vil spille inn. I tabell 3 vises klimatiske forhold tydelig ved at Indre Østland og Nord-Norge har høyere energiforbruk per m<sup>2</sup> enn resten av landet. Mens energigevinsten ved å bo tett er tydelig for Oslo, hvor en større andel av boligene fins i flerboligbygg (Statistisk Sentralbyrå, 2008b).

Variasjon i temperatur har mye å si for energieffektivitet i bygninger. Det vil være lettere å tilpasse en bygning til temperaturer som sjelden stiger over 25 grader og like sjelden er under 5 kuldegrader. Dette temperaturspennet fins i de fleste norske kystkommuner fra Hordaland til Troms. Her kan bygningene posisjoneres for å få mest mulig ut av solvarmen uten at det oppstår nevneverdig behov for kjøling på de varmeste dagene.

Innlandskommuner, spesielt sør i landet, vil få noen flere utfordringer ved optimal tilpasning av bygningene for å oppnå energieffektivitet. I disse kommunene er det stor variasjon i temperaturen, med svært kalde vintre og varme sommere. Dette kan føre til et behov for kjøling av bygninger som utnytter passiv solvarme og sollys maksimalt.

Bygninger nord for polarsirkelen vil ikke ha noen

Region	Totalt energiforbruk i kWh per m <sup>2</sup> boligareal (2006)
Akershus	190
Oslo	152
Hedmark og Oppland	226
Sørøstlandet	199
Agder og Rogaland	165
Vestlandet	184
Trøndelag	190
Nord-Norge	237
Hele landet	190

Tabell 3: Total energibruk i kWh per m<sup>2</sup> boligareal i de forskjellige regionene i Norge

solvarme i mørketiden. Det er likevel hensiktsmessig å bygge for å utnytte solen maksimalt. Oppvarmingssesongen er lengre i disse områdene, så andelen av varmebehovet solen kan dekke, blir likevel ganske høyt.

## 4 Energiløsninger for småskala energiproduksjon

Ved å bygge svært energieffektive bygninger kan man redusere energibehovet til et minimum, men det er ikke mulig å fjerne behovet. Alle plusshus må derfor ha tilførsel av energi. I definisjonen av plusshus ligger det til grunn at energien som tilføres, kommer fra fornybar energi. I utgangspunktet vil alle former for fornybar energi produsert på eller i nær tilknytning til bygningen være like gode. Men siden det er de færreste forunt å ha bølger, tidevann eller et utnyttbart vannfall i umiddelbar nærhet til bygningen vil ikke småskala varianter av disse fornybarteknologiene bli omtalt her.

Installasjon av energiproduksjonsløsninger på bygninger er noe som brer om seg i hele verden (KraftNytt, 2009a), og det er forventet at småskala elektrisitetsproduksjon kommer til å bli den neste store omveltningen innen kraftproduksjon. Mange av bygningene som monterer utstyr for lokal kraftproduksjon, er ikke ment å skulle bli plusshus, men få redusert energikostnadene sine. Reduserte energikostnader er et spesielt viktig moment i områder med høye energipriser eller gode støtteordninger for småskala energiproduksjon.

### 4.1 Solenergi

Energiproduserende hus i utlandet er vanligvis innrettet nokså ensidig på bruk av solenergi. Her brukes solfangere til varmt tappevann og oppvarming,



Dansk bolighus med 13,14 m<sup>2</sup> solfanger.  
Kilde: [www.sunwind.dk](http://www.sunwind.dk)

mens solceller bidrar med elektrisitet. Aktiv bruk av sol og dagslys til belysning er også vanlig. Med bakgrunn i at få steder i Norge har soltimer nok til å kunne dekke inn hele energibehovet med sol, er det lite sannsynlig at mange norske plusshus vil være ensidig innrettet mot bruk av solenergi. Norge har heller ikke de rause økonomiske subsidiene som har gjort solenergi til det opplagte førstevalget det er i Tyskland.

Men Norge har sol nok til å kunne utnytte solenergiløsninger fornuftig. Som nevnt i kapittel 3 kan riktig posisjonering av bygningen gi gratis energi i form av sollys og passiv solvarme. Aktiv bruk av solvarme i form av termiske solfangere er en effektiv og billig energiform som er veldig vanlig lengre sør i Europa. I Spania er det påbud om termiske solfangere til oppvarming av varmtvann på de aller fleste nye bygg. Tabell 4 under viser hvor stor innstrålingen fra solen er og hvor mye energi man kan få ut av to forskjellige solfangeranlegg i noen utvalgte byer i Norge (Enova, 2008):



Veggmontert vakuumrør-solfanger.  
Kilde: [www.natur-energi.no](http://www.natur-energi.no)

	Kombianlegg*			Varmtvannsanlegg**	
	Gjennomsnittlig innstråling (kWh/m <sup>2</sup> )	Utbytte solfanger (kWh/år)	Prosent av total behov	Utbytte solfanger (kWh/år)	Prosent av totalt behov
Oslo	970	7 800	47,3	2 570	51,4
Kristiansand	1 000	8 700	52,7	2 670	53,4
Bergen	800	6 500	39,4	2 290	45,8
Trondheim	800	6 500	39,4	2 290	45,8
Tromsø	700	5 600	33,9	2 040	40,8
Hammerfest	650	4 900	29,7	1 840	36,8

Tabell 4: Solinnstråling i flere norske byer og utbytte fra to forskjellige solfangeranlegg i disse byene

\* Kombianlegg: 25 m<sup>2</sup> solfanger på sørvendt tak med 60 graders helling. Antar varmtvannsforbruk 6000 kWh/år, oppvarming av rom 10 500 kWh/år.

\*\* Varmtvannsanlegg: 7 m<sup>2</sup> solfanger på sørvendt tak med 45 graders helling. Antar varmtvannsforbruk 5000 kWh/år.

I utgangspunktet er det ingenting i veien for å bygge større solfangeranlegg enn det som er foreslått i tabell 4. Dette kan dekke en større andel av energibehovet til varmtvann og oppvarming. Solfangeranlegget bør imidlertid ikke være så stort at det ofte produserer mer varme enn det som forbrukes. Et for stort anlegg vil være unødvendig dyrt, i tillegg til at lange perioder med overkapasitet kan føre til unødig slitasje på anlegget.

Det fins to hovedgrupper av solfangere som passer for norske forhold: plane solfangere og vakuummør. Hvilken type som er best egnet, vil til en viss grad variere fra bygg til bygg. Enova har en støtteordning for installering av solfangere.

Fotovoltaiske solcellepaneler for å generere elektrisitet er en sentral komponent i de aller fleste europeiske plussbus. Installasjon av solcellepaneler på tak er vanlig i Tyskland og deler av USA, men dette er en metode å generere elektrisitet på som er svært

kostbar. I Tyskland gis det 43 eurocent i støtte per kWh solstrøm som leveres til nettet fra bygninger (Bundestag, 2008). Norge har ingen tilsvarende støtteordning, noe som nok er noe av grunnen til at solcellepaneler her til lands i all hovedsak monteres på hytter og andre bygg uten mulighet for tilkobling til strømmettet.

Ser man bort fra kostnaden, er imidlertid elektrisitet fra solcellepaneler en forholdsvis enkel kilde til lokalprodusert elektrisitet. Solcellene på markedet i dag har en effekt på mellom 14 og 22 prosent av den innstrålte solenergien. Dette er betydelig lavere enn solfangerne, som ligger på mellom 70 og 80 prosent. Men som tabell 5 viser, er det mulig å hente ut en ikke ubetydelig mengde energi fra et solcellepanel på 1,0 kW plassert på et sørvendt tak i forskjellige norske byer.

## 4.2 Vindkraft

Småskala vindkraft i forbindelse med bygninger blir stadig vanligere i Storbritannia. Bare siden 2005 er

Produksjon fra 1,0 kW krystallinsk solcelle				
	Optimal hellingsvinkel	Årlig produksjon [kWh]	Min. produksjon [kWh]	Maks. produksjon [kWh]
Oslo	41	790	Desember: 12	Juni: 119
Kristiansand	38	813	Desember: 11	Mai: 120
Bergen	37	733	Desember: 7	Juni: 122
Trondheim	45	802	Desember: 8	Mai: 118
Tromsø	45	663	Nov, des, jan: 0	Mai: 112
Vadsø	50	734	Des, jan: 0	April: 119

Tabell 5: Årlig produksjon fra solcellepanel plassert på sørvendt tak. (European Commission Joint Research Center, 2009)



det installert over 10 000 små vindturbiner i landet (Appleyard, 2009). Den mest installerte vindmøllen er en turbin med effekt på opptil 1,25 kW og leveres av det skotske selskapet Windsave (KraftNytt, 2009b). Disse vindmøllene er små og horisontalakslede og egner seg godt til montering på boliger og små bygninger.

Som alle vindturbiner vil også små turbiner bygget på tak eller i forbindelse med bygninger være avhengig av vindforholdene på stedet. Det er nødvendig å velge turbiner som passer til forholdene der de skal monteres. Enkelte steder vil vindforholdene være for dårlige til at det kan monteres vindturbiner. I vurderingen av om en vindturbin vil være en gunstig energiløsning for bygget, må vindforholdene vurderes grundig. En feilplassert turbin er kostbar og kan i verste fall bruke mer elektrisitet enn den produserer (Olsen, 2009b).

Små vindturbiner er vanligvis montert 3 til 4 meter over gavlen på taket eller på frittstående påler på opptil om lag 16 meter (Appleyard, 2009). Turbinen vil bli mer effektiv jo høyere den er plassert over bakken og jo lenger fra kanter og vegger som kan skape forstyrrelser og turbulens i vinden.

#### 4.2.1 Horisontalakslede vindturbiner

Vindturbiner med horisontal aksling er den turbintypen som brukes mest. Dette er turbiner som ser ut som miniatyrtugaver av de store vindmøllene man finner i vindparker. Horisontalakslede vindturbiner har vært i bruk lenge og fungerer god på steder med jevn vind og hvor vinden vanligvis kommer fra én dominerende retning. Turbinen vil snu seg etter vindretningen slik at propellen som genererer strøm, står vendt mot vinden.

For bruk i tilknytning til bygninger fins denne turbintypen i de fleste effektstørrelser fra 100 W til 15 kW. Hvor mye energi hver turbin produserer, er avhengig av effekten og vindstyrken på stedet turbinen plasseres.

#### 4.2.2 Vertikalakslede vindturbiner

De siste årene har vertikalakslede vindturbiner blitt mer vanlig. På grunn av den vertikale akslingen kan slike turbiner ta inn vind fra alle retninger uten at de snur seg. Denne egenskapen gjør vertikalakslede vindturbiner mer egnet på steder med turbulens og kastevinder enn de horisontalakslede. Produsenter av denne mølletypen sier også at vindturbinene går stillere enn horisontalakslede vindturbiner.

Vertikalakslede vindturbiner kan deles i to hovedkategorier: kompakte og robuste til bruk på skip og



Vertikalakslede vindturbiner utenfor et konferansesenter i Liverpool.

Kilde: [www.quietrevolution.co.uk/projects.htm](http://www.quietrevolution.co.uk/projects.htm)

forskningsstasjoner i værharde områder og større og nettere til bruk i urbane strøk. Den siste typen er blant annet brukt som en del av designen utenfor et konferansesenter i Liverpool (QuietRevolution, 2008).

### 4.3 Geotermisk energi

Hvor lett det er å utnytte de forskjellige formene for geotermisk energi er helt avhengig av de geotermiske forholdene. Island har flere kraftverk som utnytter geotermisk energi til elektrisitetsproduksjon i stor skala. Norge har helt andre geologiske forhold enn Island, noe som har ført til at geotermisk energi er betydelig mindre utbredt her. Geotermisk energi brukes ikke til elektrisitetsproduksjon i Norge.

Varmen i bakken varierer fra sted til sted. I det meste av Norge vil det være nødvendig å bore flere kilometer ned i bakken for å nå lag med høye temperaturer. I kombinasjon med en varmepumpe vil imidlertid geotermisk energi kunne komme med et godt bidrag til varmeproduksjonen i et bygg uten at det er nødvendig å grave seg så veldig dypt ned. I kombinasjon med en varmepumpe vil det for de fleste bygg være tilstrekkelig å grave ned til steder med stabile temperaturer under eventuell tele om vinteren. På ca 10 til 20 meters dyp vil temperaturene være konstante uavhengig av årstid (Enova, 2007).

Den lavvarme geotermiske energien man finner forholdsvis høyt i grunnen, vil kunne utnyttes ved at en varmepumpe henter ut varme fra det temperaturstabile reservoaret under bakken og avsetter varmen i et varmemedium, for eksempel vann til vannbåren varme, i bygget. På samme måte kan den stabile temperaturen i fjorder og havet utnyttes.

Å bruke en varmepumpe til å utnytte jord-, eller havvarme stiller krav til de naturgitte forholdene der bygningen settes opp. En slik installasjon vil i de fleste tilfeller innebære en nokså høy investeringskostnad. Denne investeringen er nok lettest å forsvare for store bygg eller bygg med høyt varmebehov.

#### 4.4 Bioenergi

Bioenergi fins i mange former og brukes i dag i svært mange bygninger. Eksempler på former for bioenergi er fyringsoljer, gass, pellets og ved. I boliger er kombinasjonen av ved og elektrisitet som energiforsyning svært vanlig: den fins i 49 prosent av alle eneboliger og 50 prosent av alle rekkehus og tomannsboliger (Statistisk sentralbyrå, 2008c). Andelen blokker med kombinasjon av elektrisk oppvarming og vedfyring er noe lavere.

Ved bygging av og oppgradering til pluss hus er hovedfokus på energi som er produsert i umiddelbar nærheten til boligen. Bioenergi produseres strengt tatt i skogen og vil derfor falle utenfor i pluss hus i strengeste forstand. Samtidig er bioenergi en fornybar energiform som kan ha stor klimagevinst dersom den erstatter fossil olje og gass. I tilfeller hvor det er svært vanskelig å oppfylle standardene til pluss hus, virker det derfor hensiktsmessig at deler av varme- og varmtvannsbehovet kan dekkes ved bruk av bioenergi.

En form for bioenergi som vil falle innenfor definisjonen av pluss hus, er biogass fra husdyrgjødsel på gårdsbruk. En gård med 30 melkekyr vil i løpet av



Ved, den vanligste formen for biobrensel i norske boliger  
Kilde: [energilink.tu.no/leksikon/vedfyring.aspx](http://energilink.tu.no/leksikon/vedfyring.aspx)

et år kunne produsere om lag 40 000 kWh nyttbar energi, hvor om lag en tredel er elektrisitet og det resterende er varme. Dersom det tilføres 10 prosent annet energirikt organisk avfall som matavfall eller fiskeavfall, vil energimengden kunne dobles (BioWaz, 2008). Bruk av husdyrgjødsel til biogass vil i tillegg til energigevinsten ha en positiv klimaeffekt i form av at metan og lystgass fra gjødselen tas opp i gassen og brennes. Slik blir gassene omdannet til CO<sub>2</sub>, som er en mye svakere klimagass.

### 5 Implementering og integrering av forskjellige energiløsninger

Hva som er den mest hensiktsmessige kombinasjonen av energieffektivisering og aktiv og passiv energiproduksjon, vil være avhengig av bygningstype, byggetomt, lokale vær- og klimaforhold og krav til bygningens arkitektur. Disse forholdene vil variere fra bygg til bygg. I utviklingen av pluss hus er det viktig å tenke helhetlig. Bygget må være utformet slik at det på best mulig måte utnytter de naturgitte fordelene på byggestedet og kan integrere energiproduksjon på en god måte. Professor Anne Hestenes ved NTNU har påpekt overfor Teknisk Ukeblad at det er en fare for at de nye og klimavennlige husene blir ”ingeniørjuletrær”, med tekniske installasjoner som i verste fall jobber mot hverandre, dersom det ikke tenkes helhetlig gjennom byggeprosessen, og ingeniører og arkitekter jobber i lag (Seehusen, 2009a).

Å sette opp et plussbygg er følgelig nødt til å være en prosess hvor ingeniører og arkitekter jobber i lag fra første befaring på tomte og første skisse over bygget. Ved godt samarbeid kan man sikre at arkitektoniske og energimessige løsninger i bygget samarbeider best mulig. En god samkjøring av de forskjellige leddene i byggeprosessen kan også være med å holde kostnadene ved bygging av pluss hus på et minimum.

#### 5.1 Materialvalg

Pluss hus vil stille noen spesielle krav til byggematerialet som benyttes. Materialene må bidra til å gjøre byggene så energieffektive som mulig, samtidig som de må gjøre det mulig å benytte yttervegger og tak til energiproduksjon. Ut fra definisjonen av pluss hus, og kriteriet om at huset i sin driftstid skal produsere mer energi enn det som forbrukes i hele husets levetid inkludert oppføring og riving, er det også nødvendig å gjøre en vurdering av energiforbruket i produksjonen av de forskjellige byggematerialene. Etter hvert som byggene blir mer energieffektive, vil en stadig større andel av bygningers energibruk og klimagassutslipp være knyttet til produksjon og transport av byggematerialene (Selvig, 2007).

Når det kommer til energiforbruk og klimagassutslipp, er det store forskjeller mellom de forskjellige byggematerialene, men også innad i de forskjellige materialkategoriene. For eksempel vil klimagassutslippene for aluminium produsert fra bauxitt i Norge ligge i underkant av 20 prosent av utslippene fra tilsvarende produksjon i Europa (Rypdal & Flottorp, 2007). Dette kommer av at norsk aluminium i all hovedsak benytter seg av vannkraft til produksjonen, mens europeisk aluminiumsproduksjon gi klimagassutslipp som følge av energien de forbruker. Også mellom ulike typer norsk aluminium er det enorme forskjeller i klimagassutslippene. Resirkulert aluminium vil gi klimagassutslipp i overkant av 10 prosent av utslippene fra aluminiumsproduksjon fra bauxitt (Rypdal & Flottorp, 2007). Eksempler på store forskjeller innen klimagassutslipp avhengig av produksjonsmetode fins for de fleste byggematerialer.

I et livsløpsperspektiv viser det seg at ca 90 prosent av energibruken i norske bygg skjer i byggets driftsfase (Engelsen, Fossdal, & Wærp, 2007). Som nevnt vil dette endre seg noe, men med dette som utgangspunkt virker den innledningsvise avgrensningen av rapporten til å fokusere på nettopp driftsfasen å være hensiktsmessig. Energibruk i produksjon av materialene og CO<sub>2</sub>-utslipp fra bygget og materialet i bygget er altså utenfor rammen av hva det er plass til i denne rapporten. Likevel er det gitt korte kommentarer på disse temaene tilknyttet de forskjellige materialene. Klimagassutslipp fra bygninger i løpet av deres livstid er et av temaene som blant annet skal vurderes av det nyetablerte forskningssenteret ZERO Emission Buildings (ZEB).

Et annet viktig moment i valg av byggematerialer for plusshus er inneklimate i byggene. I de aller fleste bygg skal det oppholde seg mennesker, og dette stiller krav til et behagelig og sunt inn klima. I et rent energimessig perspektiv vil det for eksempel være fornuftig å holde vindusarealene på et absolutt minimum for å hindre varmetap, men brukerne av bygget er avhengig av dagslys og vil følgelig ha behov for betydelig større vindusarealer. Materialvalg vil altså innebære en avveining mellom interessene til brukerne av bygget og miljøpåvirkningen de forskjellige materialene har. Heldigvis fins det flere løsninger hvor hensyn til inn klima og miljø går hånd i hånd.

I den følgende omtalen av noen forskjellige byggematerialer er det fokusert både på energiegenskaper og klimagassutslipp fra produksjon. Dokumentasjonen av de forskjellige materialenes egenskaper er noe farget av at produsentene ønsker å trekke frem

det området hvor deres materiale hevder seg som det mest miljøgunstige alternativet. Det fins få uavhengige sammenlignende studier av de forskjellige byggematerialenes påvirkning av energibruk, innemiljø og klima.

### 5.1.1 Tre

Tre som byggemateriale er svært utbredt i Norge, spesielt i mindre bygninger. Blant arkitekter som jobber med energieffektive og miljøvennlige bygg, er tre og massivtre hyppig valgte materialer (Norske arkitekters landsforbund, 2009).

Bruk av tre som byggemateriale kan ha en positiv klimaeffekt. Dette avhenger av at det er netto tilvekst av skog, altså at det vokser opp mer ny skog enn det som hugges. Å bruke trevirke til byggemateriale vil innebære en midlertidig lagring av CO<sub>2</sub> (Treindustrien, Treteknisk, Skogeierforbundet, & TreFokus, 2009). Så lenge karbonet er bundet i form av tre i bygninger, vil det ikke slippe ut i atmosfæren. Når trevirke skal avhendes, kan det brennes som biobrensel. Dette vil ikke bidra til å øke CO<sub>2</sub>-innholdet i atmosfæren, forutsatt at det vokser opp like mye nytt trevirke som det som ble brent. Effekten av trevirke som byggemateriale på klimagassutslippene er dermed avhengig av at skogen trevirket kommer fra, er drevet på en bærekraftig måte.

Klimagassutslippene fra produksjon av byggematerialer i tre har visst seg å være liten. Dette kommer blant annet av at store deler av energibehovet i treforedlingsindustrien kommer fra biobrensel (Wærp, Flæte, & Svanæs, 2008). Statsbyggs oversikt over klimagassutslipp fra forskjellige byggematerialer legger til grunn at utslippene fra produksjon av byggematerialet tre er 40 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per tonn byggemateriale (Rypdal & Flottorp, 2007). Til sammenligning er tilsvarende tall for betong i overkant av tre ganger så høyt.

I energi- og klimasammenheng er livsløpsanalyse av produkter svært interessant. Disse analysene gir et bilde av miljøpåvirkningen et produkt har fra det blir produsert til det blir avhendet. I en livsløpsanalyse der en trekonstruksjon og en betongkonstruksjon sammenlignes, kom det frem at det er mulig å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene til atmosfæren ved å bygge i tre i stedet for betong. Undersøkelsen viste at det var mulig å redusere utslippene med mellom 30 og 130 kg karbon per m<sup>2</sup> gulvareal (Wærp et al., 2008). Dette innebærer en reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslippene på mellom ca 110 og 480 kg per m<sup>2</sup>. For å oppnå de største besparelsene er det nødvendig å bruke biproduktene fra produksjonen av trekonstruksjonen

til energiproduksjon (Wærp et al., 2008). Her bør det nevnes at praksisen for hvordan en livsløpsanalyse skal gjennomføres, varierer noe.

### 5.1.2 Betong

Betong som byggemateriale er utbredt. Vanligst er bruk av massiv betong, som har gunstige egenskaper som lang levetid, sikkerhet mot brann og god lydisoleringsevne. I tillegg har betong gode varmelagrings- og kuldelagringssegenskaper. I temperaturlagringsøyemed omtales betong ofte som termisk masse.

Undersøkelser gjort av Sintef Byggforsk viser at de termiske egenskapene til betong bidrar til at temperaturen i betongbygg holdes jevnere over døgnet. Det kommer også frem at ved bevisst bruk av passiv kjøling vil bruk av betong i innervegger i et kontorbygg kunne redusere kjølebehovet med opp mot 25 prosent sammenlignet med et kontorbygg med innervegger av gips (Engelsen et al., 2007). Ifølge den samme undersøkelsen kan bygningens oppvarmingsbehov reduseres med 2 til 6 prosent avhengig av orienteringen av byggets fasade.

En sentral komponent i betong er sement. Sementproduksjon er energikrevende og fører med seg store utslipp av CO<sub>2</sub>. 5 prosent av verdens samlede CO<sub>2</sub>-utslipp kommer fra sementproduksjon. Noe av denne CO<sub>2</sub>-en vil i løpet av betongens levetid bli tatt opp igjen gjennom karbonatisering. Det jobbes med utvikling av sementteknologier med lave CO<sub>2</sub>-utslipp og høyere opptak av CO<sub>2</sub> i den ferdige betongen enn det som ble sluppet ut i produksjonen (Dokk Holm, 2009), men denne typen teknologier er foreløpig ikke tilgjengelige på markedet. Klimagassutslippene fra produksjon av betong er i dag 122 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per tonn byggemateriale. For sement er det tilsvarende tallet 656 kg (Rypdal & Flottorp, 2007).

### 5.1.3 Glass og aluminium

Store glassflater og glassfasader har den siste tiden vært populært i bygninger, men bygninger dominert av glass har vist seg å by på noen utfordringer når det gjelder energibruk. Det fins en rekke eksempler på glassbygg med store oppvarmingsbehov på vinteren og tilsvarende store kjølebehov på sommeren. I en kommentar om de nye byggforskriftene (TEK 07) uttaler rådgiver Frode Olav Gjerstad i Enova at de skjerpede energikravene i forskriften vil bety slutten for "glasspalassene" (Bygg uten grenser, 2009).

Men ved gjennomtenkt bruk kan glassfasader vise seg å være svært gunstig. Riktig bruk av glass kan være med på å redusere energibehovene til varme, kjøling

og ventilasjon. Én glass- og aluminiumsløsning som vil kunne ha stor positiv effekt både på energibehovet i bygget og innklimaet, er doble glassfasader. Forskning har vist at doble glassfasader ikke bare kan redusere energibehovet, det kan faktisk gjøre bygget selvforsynt med energi (Ryvik & Ulstein, 2006).

I en byggeløsning med dobbel fasade kan man i stor grad bruke fysikkens lover til å drive ventilasjonssystemet. Arealet mellom de to fasadene vil fungere som et drivhus og tilrettelegge for bruk av passiv solvarme i oppvarmingen. I tillegg vil en fasade med mye glass slippe inn mye dagslys. Ved integrering av solceller i fasaden vil den også bidra med elektrisitet.

Innledningsvis i omtalen av materialvalg (under 5.1.) nevnte vi at klimagassutslippene forbundet med aluminium som byggemateriale varierer sterkt ut fra produksjonsmetode og produksjonssted. Det samme kan til en viss grad sies om glass. Klimagassutslippene ved produksjon av glass og aluminium er vist i tabell 6.

Materialer	kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per tonn	
	1995	2006
Glass	609	820
Aluminium (bauxitt)	2082	10634
Aluminium (resirkulert)	287	801

Tabell 6: Klimagassutslipp ved produksjon av byggematerialene glass og aluminium

Tallene er hentet fra Statsbyggs oversikt over klimagassutslipp fra forskjellige byggematerialer. Tallene ble samlet inn i 1995 og senere revidert i 2006. Hovedgrunnen til den store forskjellen i tallene fra '95 og '06 er at 95-tallene kun omhandler norsk produksjon, mens det for 2006-tallene er tatt utgangspunkt i europeisk produksjon (Rypdal & Flottorp, 2007). Siden klimagassutslippene fra energiproduksjon i Europa er betydelig høyere enn i Norge, vil de europeiske utslippene bli høyere.

Tabell 6 viser tydelig at utbyggere av plusshus bør stille krav til produksjonen av byggematerialene som brukes.

I alle bygg er det til en viss grad nødvendig med glass til vinduer. Da er det svært uheldig at tilbudet av glass med gode temperaturegenskaper er svært dårlig i Norge. Mens Tyskland har over 40 tilbydere av vindu som imøtekommer kravene til varmegjennomstrømming for vindu i passivhus, er det i Norge bare én produsent som lager et slikt vindu (Forbrukerrådet, 2009). Det

virker imidlertid sannsynlig at tilbudet av vinduer kommer til å øke når etterspørselen øker.

#### 5.1.4 Isolasjon

For å redusere varmetap fra bygninger er det vanlig å bruke isolasjonsmaterialer. Hvilken type isolasjon som velges, vil variere. I forbindelse med bygging av energieffektive hus har det vist seg at isolasjon er spesielt viktig og at mengden isolasjon som brukes i dagens lavenergi- og passivhus, er betydelig høyere enn mengden isolasjon som legges inn i bygg som ikke følger disse standardene.

For plusshus, som ofte vil benytte seg av mye isolasjon, er det viktig å være oppmerksom på at klimagassutslippene forbundet med produksjon av enkelte typer isolasjon er svært høy. Tallene i tabell 7 er fra Statsbyggs oversikt over klimagassutslipp fra produksjon av forskjellige byggematerialer (Rypdal & Flottorp, 2007):

Materialer	Kg CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per tonn
Polystyren	2900
Glassull (Glava)	820
Steinull (Rockwool)	1172
Cellulosefiber	220
Polyuretan	4210

Tabell 7: Klimagassutslipp fra produksjon av forskjellige isolasjonsmaterialer

Et annet moment som bør vurderes i forbindelse med valg av isolasjon, er den nødvendige tykkelsen på de

forskjellige isolasjonsmaterialene. Isolasjonstyper som krever et veldig tykt lag for å oppnå den ønskede varmeisolasjonen, vil kunne medføre tap av boareal inne i huset fordi veggene tar mye plass. Slike isolasjonstyper øker også behovet for andre byggematerialer til å kle inne all isolasjonen.

#### 5.2 Energigjenvinning

Dersom energiforbruket skal bli så lavt som mulig, er det nødvendig med optimal utnyttelse av energien som brukes. Et viktig tiltak for å få til dette er energigjenvinning. Den vanligste energigjenvinningsløsningen er varmegjenvinning av ventilasjonsluften. Men også varmegjenvinning av avløpsvann fra vask, dusj og vaskemaskin vil innebære store energibesparelser.

Energigjenvinning kan kombineres med alle de nevnte energiformene og byggematerialene. De eneste betingelsene som stilles, er at det er installert et ventilasjonssystem som bytter ut inneluften og at det er plass til en varmegjenvinningstank for avløpsvannet.

Varmegjenvinning går i korte trekk ut på at varmen fra ventilasjonsluften eller avløpsvannet på vei ut av bygget brukes til å forvarme den friske luften eller det rene vannet på vei inn i bygget. Varmegjenvinning av avløpsvannet kan gi en energiinnsparingseffekt på ca 50 prosent i forhold til energibruken på varmtvann uten forvarming i en varmegjenvinner. For en gjennomsnittlig familie innebærer dette en innsparing på 2500 kWh per år (OSO Hotwater Norge, 2003).

Bygningskategori	Minste spesifikke luftmengde [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]	
	I driftstid	Utenom driftstid
Småhus	1,2	1,2
Boligblokker	1,7	1,7
Barnehager	8	2
Kontorbygg	7	2
Skolebygg	10	2
Universitets- og høyskolebygg	8	2
Sykehus	10	2
Sykehjem	9	2
Hoteller	7	2
Idrettsbygg	8	2
Forretningsbygg	13	2
Kulturbygg	8	2
Lett industri og verksteder	8	2

Tabell 8: Minimumskrav til luftutskifting i henhold til NS 3031

Det fins flere gode systemer for varmegjenvinning av ventilasjonsluft. De beste systemene på markedet vil kunne gjenvinne 80 til 85 prosent av varmen i ventilasjonsluften (Forbrukerrådet, 2009). Dette vil innebære en drastisk reduksjon i behovet for energi til oppvarming. Spesielt vil varmegjenvinning av ventilasjonsluften være viktig for bygningskategorier med høye krav til luftutskiftning. Tabell 8 viser kravet til minimums luftutskiftning i de forskjellige bygningskategoriene og er hentet fra byggestandarden NS 3031.

Tabell 8 viser også at det er stort potensial for å spare energi ved å redusere ventilasjonen til det tillatte minimum når bygningen ikke er i bruk, for eksempel ettermiddager, netter, helger og ferier for skolebygg.

### 5.3 Energispareløsninger

Energisparing vil være forenlig og ønskelig i kombinasjon med alle forskjellige energiløsninger og byggematerialer. Den reneste og billigste kilowattimen er den som ble spart (Kristjansdottir & Høystad, 2007). Tiltakene som ble foreslått i kapittel 3, vil alle fungere godt i sammenheng med de forskjellige materialvalgene og mulige energitilskuddene.

Et godt styringssystem for energibruk kan være med på å sikre at bygget utnytter energiløsningene best mulig. For eksempel kan styringssystemet redusere temperaturen på varmtvannet om kvelden og natten, når forbruket er lavt og det ikke er noe varmetilskudd fra solfangerne.

Bruk av energieffektive elektriske apparater vil redusere behovet for tilført energi i bygning. Slik bruk vil i utgangspunktet ikke ha noen effekt på hvilke energiproduksjonsformer eller byggematerialer det er mest hensiktsmessig å velge. Det kan imidlertid være hensiktsmessig å velge en vaskemaskin som kan ta inn varmtvann. Dette vil gjøre det enklere å bruke varmtvann fra solfangerne eller et geotermisk anlegg og på den måten redusere behovet for elektrisitet i vaskemaskinen.

En annen løsning som vil spare energi, er vannbåren varme. En oppvarmingsløsning der vannbåren varme distribueres over en stor flate som et gulv eller en vegg, vil benytte seg av betydelig lavere vanntemperatur enn en vannbåren løsning med radiatorer. I en oppvarmingsløsning hvor det brukes temperaturer mellom 20 og 30 grader, kreves det mindre energi til oppvarming av vannet. En annen og minst like viktig gunstig effekt ved oppvarming av store flater på relativt lave temperaturer er at varmedistribusjonen i rommet da vil domineres av

strålevarme i stedet for oppvarming ved konveksjon, som er den vanligste oppvarmingsformen når det brukes høye temperaturer. Strålevarme er bra for innklimaet, siden denne oppvarmingsformen ikke fører til oppvirvling av støv og de lave temperaturene tar vekk problemet med at støv svies.

### 5.4 Kombinasjoner og bruk av energiløsninger

Innledningsvis i rapporten ble det nevnt at med energisystemer som bare baserer seg på solenergi, vil det være vanskelig å produsere nok energi under norske forhold. I et norsk pluss hus er det altså nødvendig å kombinere forskjellige metoder for produksjon av varme og elektrisitet i tillegg til at det gjøres tiltak for å holde energiforbruket så lavt som mulig.

Som nevnt i starten av kapitlet er det viktig at de forskjellige tekniske løsningene for redusert energibruk og produksjon av energi er godt integrert med hverandre. Det kan også være hensiktsmessig å velge energiløsninger som til en viss grad utfyller hverandre. Å kombinere solenergi med elektrisitet fra vindturbiner kan være et eksempel. Denne kombinasjonen kan være hensiktsmessig med tanke på at vinden de fleste steder er mer energirik på vinteren når energiutbyttet fra solenergien er lavt, og motsatt på sommeren.

I bygninger som har oppvarmingsløsninger basert på solenergi for rom og tappevann, er det nødvendig med et tilstrekkelig stort varmelager for å kunne ta vare på varmen om natta og ha litt rest av solvarme de dagene det ikke er sol. Varmelagret vil i de fleste tilfeller være en stor varmtvannstank. For bygg med stort varme og varmtvannsbehov kan det være hensiktsmessig å koble varmelagret på en alternativ varmekilde som varmepumpe eller pelletsbrenner for å slippe å bruke elektrisitet til denne svært energikrevende oppgaven i perioder med lite sol.

## 6 Eksisterende pluss hus

Det siste året har det blitt stadig mer snakk om energiproduserende hus. I Norge har Norges teknisk-naturfaglige universitet (NTNU) og Sintef Byggforsk fått store bevilgninger til sin forskning på Zero Emission Buildings (Johansen, 2009). Parlamentet i EU har lansert et forslag om at alle nybygg fra 2019 skal produsere mer fornybar energi enn de forbruker (EurActiv.com, 2009). Presidensskapet i EU håper å komme til en enighet om energiproduserende hus innen utgangen av 2009.

Det fins en rekke initiativer for å bygge energi-

produserende hus, enkelte i Norge og mange i resten av verden. Det fins ikke fullt så mange bygg som faktisk oppfyller kravene i denne rapportens definisjon av plusshus, men her fins det noen eksempler i utlandet.

## 6.1 Norske lavenergi- og plusshus

I Norge har det vært stort fokus på energieffektive bygg den siste tiden. Lavenergiutvalget la frem sin rapport om energieffektivisering i slutten av juni i år (Reinås et al., 2009). Og denne sommeren foregår det høringer på en norsk standard for passivhus (Norsk Standard, 2009), kriteriene for svanemerking av bygg (Svanemerket, 2009) og teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (Kommunal- og regionaldepartementet, 2009b). Bare for å nevne noe.

Allerede i 1988 ble Norges første plusshus bygget i Stavanger. Bygget baserer seg på energi fra sol og vind fra solfangere, solcellepaneler og en vindmølle. Bygget fikk imidlertid ikke levert strøm til nettet, og ble nødt til å demontere vindmøllen på taket (Rønning, 2009). Siden 1988 har mye endret seg. Bevisstheten rundt energieffektive bygg har økt, og energiloven er endret slik at alle nettselskap er pliktig til å ta i mot strøm fra alle produsenter av fornybar energi (Olje- og energidepartementet, 2009a).

Norge har massevis av bygg som produserer sin egen fornybare energi og dekker energiforbruket sitt. Både solceller og små vindturbiner er nokså vanlig på fritidshus, hytter og fyr, men felles for alle disse bygningene er lavt energiforbruk som følge av lav brukstid og manglende tilgang til strøm fra nettet.

Til tross for mangelen på plusshus fins det flere bygg med svært lavt energiforbruk eller integrerte energiløsninger (Norske arkitekters landsforbund, 2009). Blant annet har Systemhus laget en ferdighusløsning som har vannbåren varme, varmegjenvinning og solfangere (Norske arkitekters landsforbund, 2008a).

Et annet eksempel er Ciens-bygget i Forskningsparken i Oslo. Bygget er energieffektivt og bruker 120 kWh/m<sup>2</sup> per år, om lag halvparten av hva som er vanlig for kontorbygg. I tillegg har bygget installert flere fornybare energiløsninger. Til oppvarming og kjøling brukes jordvarme med varmepumpe. Dette dekker ca 65 prosent av oppvarmingsbehovet og 90 prosent av kjølebehovet (Norske arkitekters landsforbund, 2009a). I tillegg har bygget montert 120 m<sup>2</sup> solceller på taket.

Norges største FN-kontor Grid Arendal fikk renovert og oppgradert sitt bygg i 2006. Etter oppgraderingen

har kontorbygget et årlig energiforbruk på 99,4 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er oppnådd blant annet ved hjelp av god isolering, vannbåren varme, solfangere, store vinduer som reduserer behovet for oppvarming på dagtid og slipper inn mye dagslys, dobbel fasade som muliggjør at hvert kontor tilpasser ventilasjonen til sitt behov og varmepumpe drevet på sjøvann (Norske arkitekters landsforbund, 2008b).

Dette er bare tre av mange eksempler på bygg som har gjennomført små og store tiltak for å redusere energiforbruket og bidra til energiproduksjon. I motsetning til en rekke andre land har Norge nokså lave strømpriser og få støtteordninger til alternativ energiproduksjon tilknyttet bygg. Det er heller ingen støtteordninger for energisparing i private husholdninger. Dette er nok viktige årsaker til at utbygging av energieffektive bygg og plussbygg er kommet kortere i Norge enn i mange andre land.

For å finne bygninger som er energieffektive og produserer mer energi enn de forbruker, må man ut av Norge.

## 6.2 Utenlandske plusshus-løsninger

I utlandet fins det en rekke eksempler på bygninger som selv produserer hele eller deler av energiforbruket sitt. Mest interessant i denne sammenheng er bygninger som produserer mer enn de forbruker, men det kan være nyttige ideer å hente også fra byggeprosjekter som bare delvis dekker sitt eget forbruk.

Et av de mest berømte plusshusene i Europa er rekkehusprosjektet i Freiburg i Tyskland (PEGE, 2005). I dette byggeprosjektet er det tatt utgangspunkt i en svært energieffektiv byggekropp plassert for å utnytte den naturlige solinnstrålingen best mulig. For å dekke energibehovet er rekkehusets tak dekket med solcellepaneler. Oppvarmingen av husene gjøres med varmt vann fra et solfangeranlegg på taket til et kontorbygg ved siden av rekkehusene (International Energy Agency, 2009).

Firmaet PEGE, som står bak rekkehuset i Freiburg, har også bygget et plusshus i Østerrike. Dette er en enebolig som er selvforsynt med energi. På lik linje med rekkehusene i Freiburg er energitilførselen i huset basert på solenergi.

Tyskland har svært gunstige støtteordninger for solenergi. For hver kWh solstrøm en produsent leverer til nettet, betaler staten 43 eurocent, noe som tilsvarer om lag 3,80 norske kroner (1 euro =



### Plusshus i Freiburg i Tyskland

<http://live.pege.org/2005-plus-energy-village/row-house.htm>

8,862 nok, 24.07.09). Dette har nok bidratt til det nokså ensidige fokuset på solenergi i tyske plusshus-prosjekter. Støtteordningen for solenergi har også bidratt til at en rekke bygg som ikke har til hensikt å være plusshus, har montert solceller på taket for å spe på energiproduksjonen.

Et annet eksempel på et energiproduserende hus i Tyskland er et testsenter for fasadeelementer i Bellenberg tilhørende datterselskapet til Hydro Byggesystemer, Wikona. Bygget er selvforsynt med energi gjennom solceller på taket og en varmepumpe som utnytter jordvarme (Hauk Ringvold, 2009).

Et bygg som beviser at det er mulig å bygge plusshus selv under svært krevende klimatiske forhold, er den belgiske forskningsstasjonen Princess Elisabeth i Antarktis. Energiforsyningen til forskningsstasjonen, som bemannes av inntil 16 personer, skjer ved hjelp av små vindturbiner, solceller og termiske solfangere. Stasjonen er dermed den første i Antarktis som har en hundre prosent fornybar energiløsning.

I USA fins flere eksempler på byggeprosjekter som helt eller delvis dekker sitt eget energibehov. Et fellestrekk for majoriteten av disse byggeprosjektene er at de baserer seg utelukkende på solenergi, og i veldig stor grad solceller. Et eksempel er et byggeprosjekt med 306 "Zero Energy Homes" i San Diego i California (Farhar, Coburn, & Murphy, 2004). Men USA har også eksempler på bruk av vindturbiner.

Små vindturbiner satt oppå eller i tilknytning til bygg forekommer flere steder. Bare i Storbritannia er det satt opp over 10 000 små vindturbiner siden 2005 (Appleyard, 2009). Fremveksten av

vertikalakslede vindturbiner har ført til oppsving i antallet vindturbiner montert i byer og på taket av bygninger. Den britiske vindturbinprodusenten QuietRevolution har montert en rekke vindmøller på hustak i bymiljøer eller i nærheten av hus i litt åpnere landskap (QuietRevolution, 2007). Noe av grunnen til at det er bygget ut mye småskala vind i Storbritannia, er at landet har gunstige støtteordninger for denne typen energiproduksjon i kombinasjon med høye strømpriser.

I Sverige fins det også eksempler på at det er bygget vindmøller på hustak. Det første bolighuset med vindmøller på taket er en boligblokk eid av det kommunale boligutleieselskapet Familjebostäder i Göteborg (Hållén, 2009).

Sverige innførte 1. juli i år en støtteordning for solceller på private og kommersielle bygg. Bare i løpet av den første uken fikk de svenske energimyndighetene inn over 100 søknader om et samlet beløp på det dobbelte av det som var satt av til denne ordningen i år (Farstad, 2009). Det er altså grunn til å tro at solenergi kommer til å bli et nytt tilskudd til småskala energiproduksjon i Sverige med det første.

Svensk Energi har sett den stadig økende interessen for småskala energiproduksjon. I den forbindelse har



QuietRevolution vindturbiner på leilighetskompleks i London Road. Kilde: [www.quietrevolution.co.uk](http://www.quietrevolution.co.uk)



selskapet satt i gang en forstudie av hva som står i veien for at svenske husstander skal kunne produsere mer av sin egen energi (KraftNytt, 2009a). Resultatet av denne studien vil også være interessant fra et norsk synspunkt.

## 7 Inneklima og helse

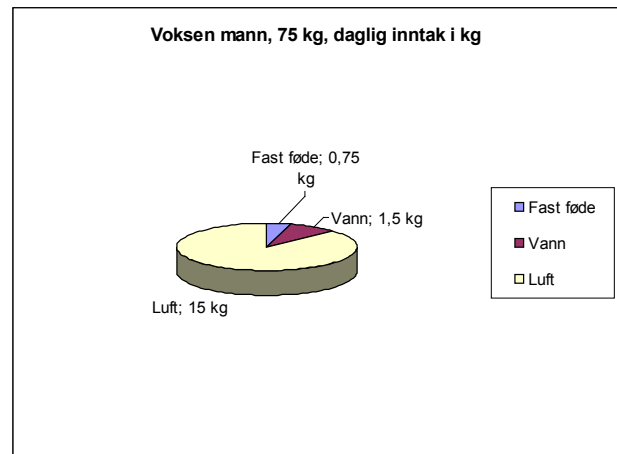
Dette kapitlet er opprinnelig skrevet av Jan Vilhelm Bakke, overlege i Arbeidstilsynet, men er forkortet og redigert for å passe bedre med formatet i resten av rapporten.

### 7.1 Menneskers behov for godt klima og frisk luft

Mennesket er tilpasset et liv med jevn temperatur på om lag 29 grader og kontinuerlig tilgang på frisk uteluft til å puste og kjøle kroppen. Klima der menneskene har bosatt seg, har gjort det nødvendig å gå med klær og bygge hus. Det at vi nå tilbringer det meste av tiden vår innendørs, har skapt et behov for godt innemiljø.

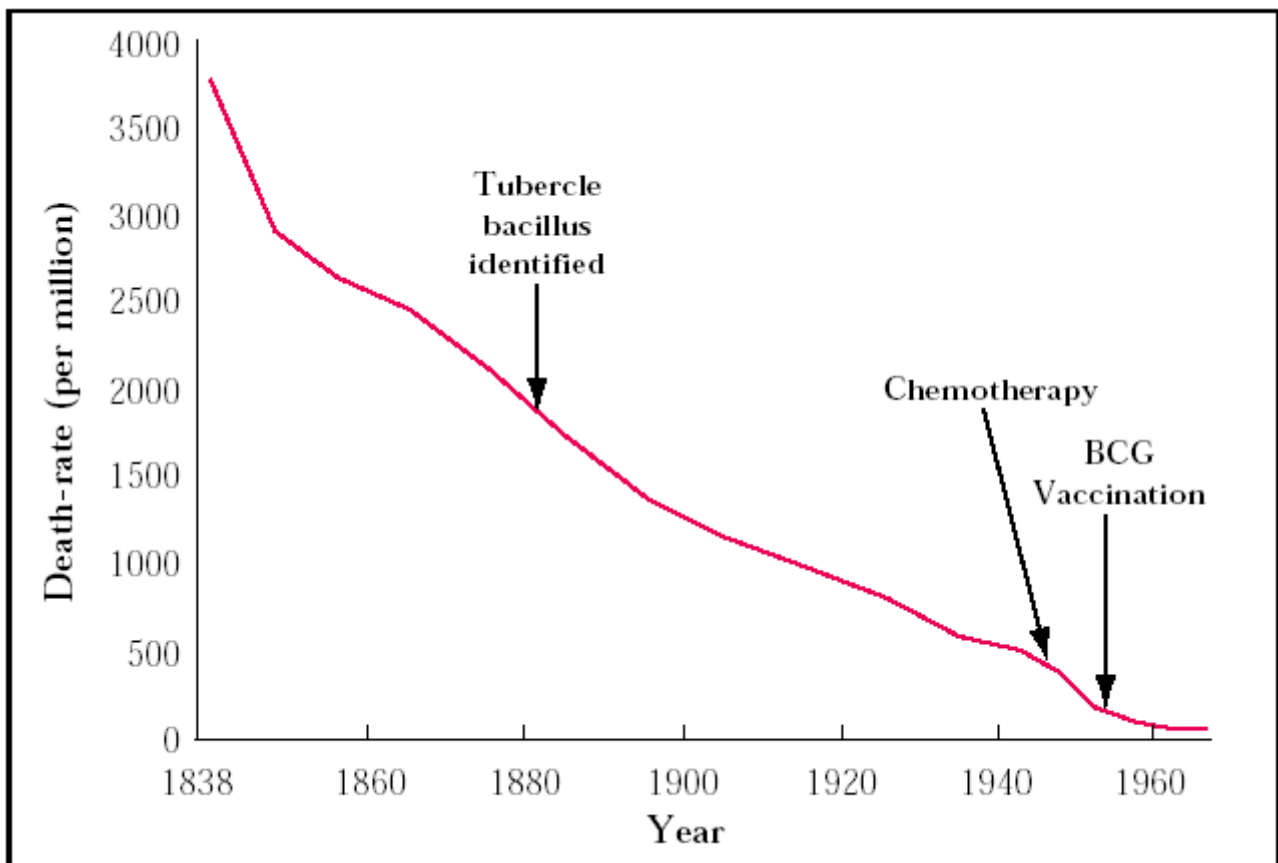
Luftkvalitet inne avhenger ikke bare av at uteluften er god, men også av mengden tilført frisk uteluft og forurensninger som tilføres fra utallige kilder inne. En

voksen mann i rolig kontorarbeid vil i gjennomsnitt puste omtrent 15 m<sup>3</sup> eller grovt 15 kg luft, drikke 1,5 liter vann og spise 0,75 kg mat i døgnet. Det vil si at vekten på luften vi puster utgjør 87 prosent av den massen vi tar inn i kroppen i løpet av et døgn.



Figur 2: Daglig inntak for mann på 75 kg

De fleste luftforurensninger er betydelig høyere inne enn ute (Hellweg mfl, 2009). Innemiljø er ikke bare avgjørende for vår overlevelse, men utgjør også hoveddelen av vår miljøeksponering.



Figur 3: Dødeligheten for tuberkulose (Mckeown, 1979 også gjengitt i en rapport til det britiske parlamentet: The Health of the Nation, Departement of Health, 1992)

Utvikling av kunnskap om hygiene og betydningen av boligforhold var avgjørende for den høye standarden for helse og velferd vi har nå. Før opplysningstiden på 1700-tallet var livsvilkårene helt marginale i Norge med høy sykkelighet og dødelighet og ingen vekst i befolkningen. På 1700-tallet skjedde en bemerkelsesverdig bedring av levestandard med redusert dødelighet, økt levealder og befolkningsvekst. Det kan ikke forklares av koppevaksinasjon og innføring av poteten alene. Økt kunnskap om hygiene og helse var avgjørende både i Norge og i Europa for øvrig (Moseng, 2003). Dette kommer tydelig frem i figur 3, som viser at dødeligheten av tuberkulose sank betraktelig lenge før medisiner og vaksiner ble utviklet.

De grunnleggende hygieniske forutsetningene for helse som ble utviklet i perioden 1750-1880, gjelder fortsatt. De kan oppsummeres slik:

1. Tørr byggegrunn og tørre boliger
2. Godt renhold og riktig ventilasjon
3. Størst mulig tilgang på sollys og fullt dagslys (bakteriedrepende)
4. Minst mulig anledning til opphopning av avfallsstoffer, støv og annen forurensning ved hensiktsmessig materialvalg og utforming av interiør og inventar
5. Hurtig og sikker fjerning av alle avfallsstoffer gjennom fagmessig utført og vedlikeholdte avløpsanlegg, rasjonelt renhold og renovasjon
6. Rikelig tilgang på godt, rent vann

Mellom 1900 og 2000 økte levealderen i den vestlige verden med i gjennomsnitt 30 år. Mange tror at forbedringen i helse skyldes avansert medisinsk behandling (P. Bunker, Frazier, & Mosteller, 1994; Turnock, 2004). På slutten av 1980 tallet kunne bare litt over 5 år av de 30 årene økt levealder tilskrives moderne medisin. Medisinsk behandling sto for 3,7 år, mens vaksinasjon og helsekontroll sto for 1,5 år. Ca 25 år skyldes forebyggende tiltak i form av sosialpolitikk, hygiene, samfunnsmessige tiltak, økt levestandard og valg av livsstil. Det er sannsynlig at ytterligere ca 3 års økt levealder nå kan tilskrives de siste 20 års utvikling i medisinsk behandling (J. Bunker, 2001). Bygd miljø og bolighygiene er likevel fortsatt blant de viktigste og grunnleggende forutsetningene for helse (Turnock, 2004). Glemmer vi noen av de basale seks punktene nevnt over, skaper det mye mer uheld enn det som er mulig å kompensere med avansert medisinsk behandling.

Fortsatt er dårlige hus en viktig årsak til økt dødelighet

og sykkelighet i Vest-Europa (Wilkinson mfl, 2004; Wilkinson, Smith, Beevers, Tonne, & Oreszczyn, 2007; Wilkinson, Smith, Joffe, & Haines, 2007). Storbritannia har en overdødelighet på vinteren på 20 000 - 50 000 mennesker, vesentlig av lunge, hjerte- og karsykdom. Kaldt uteklima har betydning, men inneklime er avgjørende. Viktigste er boligfukt, kondens og lav temperatur kombinert med dårlige boliger, utilstrekkelig isolasjon, dårlige varmesystemer og dårlig råd til oppvarming. I Europa har Portugal høyest overdødelighet, mens Sverige og Finland har lavest. Godt isolerte boliger av høy kvalitet er viktigste forebyggende tiltak (Wilkinson mfl, 2004).

## 7.2 Energi, helse, bærekraft og inneklime

Som tidligere nevnt står bygninger for nesten 40 prosent av energiforbruket i Norge, noe som nødvendiggjør en sterk reduksjon i energiforbruket både i boliger og andre typer bygg. Samtidig må vi ikke glemme at vi bygger for mennesker. Vi er innendørs mer enn 90 prosent av tiden. Noen gode energiløsninger er skadelig for inneklime og helse, mens andre gode energiløsninger er bra for inneklime og helse (Bakke 2008). Vi bør velge løsninger og muligheter for utvikling som er gode både for energi, inneklime og helse. Det har Verdens helseorganisasjon påpekt lenge (World Health Organization, 1999, 2000). De tilrår at alle land stimulerer til samarbeid mellom de som på den ene siden er ansvarlig for sunn inneluft og de som på den andre siden har ansvar for energi-, bygnings- og utemiljøsektorene (World Health Organization, 2000). Folkehelse og energipolitikk må koordineres.

## 7.3 Gunstige tiltak for både innemiljø og energibruk

For å sikre at bygninger er best mulig både med tanke på innemiljø og energibruk, er det viktig å bygge opp og utnytte mer tverr- og flerfaglig kunnskap og forskning som omfatter arkitektur, byggfag, energi, teknologi, miljø og helsefag. Helhetlige løsninger er nødvendig. Ingen fagfelt kan løse problemene alene.

Ny kunnskap internasjonalt viser at det er stort potensial for å utvikle og verifisere mer energieffektive løsninger for godt inneklime.

I et bygg er noen forhold spesielt sentrale med tanke på å optimalisere energibruk og innemiljø:

### Ventilasjon

Det er avgjørende for innemiljøet at ventilasjonen sikrer en god tilgang på frisk luft. Dagens norske

tilnærming til energieffektive bygg har vært fokusert mot tettere og mer isolerte bygg. I den sammenheng er det helt sentralt at ventilasjonen er så god at man helt unngår fuktproblemer som kan føre til sopp og råte. Bygg bør ha mulighet til å årstidstilpasse ventilasjonen.

### Oppvarming

Vi må utvikle og bruke mer inneklimatevnlige og energieffektive varmeløsninger (Bakke, 2007). I fyringssesongen bør lufttemperaturen holdes lavest mulig for å oppnå bedre luftkvalitet (Fanger, 2006). Derfor bør strålingstemperaturen økes for å unngå å fryse. Også dette kan redusere energiforbruket. For å øke strålingstemperaturen er det hensiktsmessig å bruke lavtemperaturvarme i store flater som er rettet mot oppholdssonene. Et eksempel på dette er vannbåren gulvvarme. Her trengs det mer tverrfaglig forskning for å komme frem til en rangering av tekniske løsninger med hensyn til helse, komfort, energibruk og økonomi.

Både av hensyn til energi og inn klima er det fornuftig å unngå oppvarmingsløsninger som baserer seg på konveksjonsvarme med overflater på mer enn hundre grader som varmer luft. Dette er mindre effektiv oppvarming som virvler opp og svir støv. Dette var det konsensus om på verdenskonferansen Indoor Air 2008 i København.

Av hensyn til både inn klima og energibruk er det fornuftig å la inn temperaturen til en viss grad speile årstidene. Det er naturlig at byggets brukere har på seg lettere klær om sommeren, mens de har på litt varme klær om vinteren. Mye tyder på at for høy og ”komfortabel” inn temperatur om vinteren bidrar til nedsatt hvilestoffskifte og økt tendens til fedme (Claesson-van Ooijen mfl, udatert; Wijers, Saris, & van Marken Lichtenbelt, 2007).

## 8 Rammeverk og støtteordninger

Erfaringer fra Europa viser at for å få til stor utbygging av energieffektive og energiproduserende hus trengs det et rammeverk som legger til rette for denne typen bygninger. Det trengs også økonomiske insentiver for å satse på bygningskonsepter som ofte har en noe høyere investeringskostnad enn konvensjonelle bygg.

### 8.1 Tekniske forskrifter og planbestemmelser

Teknisk forskrift og forslag til standard for lavenergi- og passivhus stiller flere krav til energibehov i bygg. Disse kravene blir grundig omtalt i kapittel 2, 3 og 11. Det er imidlertid flere forhold enn krav til energibehovet i husene som vil være relevante for

bygging av energieffektive hus og plussus.

Designen av et energieffektivt hus kan ikke bare ta hensyn til energiforbruket; den er også nødt til å ta i betraktning estetiske forhold der huset skal bygges. Et tilfelle der disse hensynene har vært innbyrdes motstridende, er et passivhus som er under bygging på Hoff i Oslo. Her hadde eieren og arkitekten planlagt flatt tak og takhage, men dette satte imidlertid kommunen en stopper for fordi et flatt tak ikke ville passe inn i et område hvor alle husene hadde skråtak (Halvorsen, 2009). Boarealet på huset ble også mindre enn opprinnelig planlagt siden det visste seg at den ekstra isoleringen passivhuset krevde, måtte gjøres på byggets indre areal i stedet for ut mot hagen.

I forbindelse med bygging av et plussus kan det være nødvendig å søke om å få gjøre mindre endringer i den kommunale arealplanen. De fleste tomter som bebygges, er i kommunens arealplan regulert til et spesielt formål, som boliger eller næringsbygg. Energiproduksjon på slike arealer vil innebære at det må gjøres endringer i arealplanen eller at utbygger blir gitt dispensasjon fra planen for å kunne bygge ut energiproduksjon i tillegg til boliger eller næringsbygg.

### 8.2 Konesjon og tilknytning til strømnettet for småskala energiproduksjon

Alle energianlegg er omfattet av energiloven. Dette innebærer at alle anlegg som leverer spenning på 1000 V eller mer, må ha konesjon (Norges Vassdrags- og Energidirektorat, 2009a). I praksis betyr dette at dersom energiproduksjonen er så liten at den bare går til dekning av eget forbruk, trengs det ikke konesjon. Men dersom produksjonen er så stor at det er aktuelt å levere til strømnettet i perioder, er anlegget konesjonspliktig.

### 8.3 Støtteordninger

Støtteordninger for energieffektivisering og energiproduksjon både til private og bedrifter administreres av det statlige foretaket Enova.

#### 8.3.1 For energieffektive bygg

Enova har et eget program for støtte til energieffektive bygninger (Enova, 2009f). Dette programmet er tilpasset prosjekter med stor energieffektiviseringsgevinst (minst 0,5 GWh) og forbildeprosjekter. Det gis ikke støtte til privatpersoner som ønsker å bygge hus til seg selv. En annen støtteordning fra Enova passer for byggeiere som ønsker å konvertere fra elektrisk oppvarming til vannbåren varme (Enova,

2009b). Denne ordningen tilhører også Enovas næringsprogram og vil være lite aktuell for private husholdninger. Disse støtteprogrammene vil kunne være til god hjelp for å få til energieffektivisering i store bygg.

For private husholdninger fins det ikke noen støtteordning for energieffektivisering, men det er mulig å få støtte til et sentralt styringssystem for elektrisk eller vannbåren oppvarming. Private husholdninger har også mulighet til å søke om støtte til installere alternative fornybare oppvarmingsløsninger.

En av grunnene til det begrensede antallet støtteordninger for energieffektivisering i bygg, er at mange av tiltakene som kan gjennomføres, vil være lønnsomme i seg selv. Kostnadene ved investeringen i mer energieffektive løsninger vil altså betale seg tilbake i form av reduserte energiutgifter i løpet av relativt få år.

### 8.3.2 For småskala energiproduksjon

For privathusholdninger gir Enova i utgangspunktet bare støtte til energiløsninger for oppvarming (Enova, 2009a), i form av:

- Pelletskamin
- Pelletskjele
- Sentralt styringssystem for elektriske og/eller vannbårne varmeløsninger
- Væske/vann-varmepumpe
- Luft/vann-varmepumpe
- Solfangere

Ser man på fordelingen av midlene fra ordningen ble innført og frem til 1. juli 2009, gikk 41,2 prosent av støtten til installasjon av varmepumper fra luft til vann. På andreplass på lista over mest støttede tiltak var varmepumper fra væske til vann, med 28,4 prosent (Enova, 2009).

Enova har også støtteprogrammer for energiproduksjon i form av vindkraft eller marin fornybar energi som tidevannskraft og bølgekraft. Disse støtteordningene er imidlertid innrettet mot kommersielle aktører innen kraftproduksjon (Enova, 2009d).

For bedrifter har Enova et støtteprogram for innovative energiløsninger og energieffektivisering (Enova, 2009c). Programmet gir støtte til pilotprosjekter, og all den tid store plussbygg ikke er bygget i Norge, er det mulig at de første utbyggerne kan dra nytte av denne støtteordningen.

## 9 Barrierer for plussus

Hvis plussus hadde vært enkelt og lønnsomt å bygge, hadde dette skjedd i stort omfang. Det at det bare er bygget et begrenset antall plussbygg og at alle disse befinner seg i utlandet, er klare indikasjoner på at det fins barrierer for denne typen bygg.

### 9.1 Barrierer i byggenæringen

Byggenæringen er en stor og fragmentert næring. I 2007 sysselsatte bygg- og anleggsnæringen 172.797 mennesker fordelt på 42.931 bedrifter (Statistisk sentralbyrå, 2009c). Dette tilsier et gjennomsnitt på ca fire ansatte per bedrift. Ved å trekke fra de største bedriftene med mange tusen ansatte (NCC, 2009; Skanska, 2009; Veidekke, 2009) sier det seg selv at de aller fleste bedriftene innen bygg og anlegg er veldig små.

En næringsstruktur med veldig mange små bedrifter gjør det vanskelig å spre ny kunnskap. Svært mange må informeres om endringer i regelverk og praksis, og det er vanskelig for små bedrifter å sende sine ansatte på kurs, da det vil innebære at bedriftens virksomhet stopper opp mens de ansatte er borte.

Bygging av plussus krever høy kompetanse innen energieffektive byggemetoder og stor evne til å integrere nye løsninger for energiproduksjon. Det vil ta lang tid før en slik kompetanse er etablert i hele byggenæringen.

En medvirkende årsak til at det tar lang tid å etablere den nødvendige kompetansen i byggenæringen for å bygge energieffektive og energiproduserende hus, er mangel på etterspørsel. På lik linje med de fleste andre bransjer leverer byggenæringen det kunden vil ha. Og så lenge kunnskapen om energieffektive og energiproduserende bygg er lav i den norske befolkningen, kommer etterspørselen etter denne typen bygg til å være lav. Økt etterspørsel etter passiv- og plussbygg vil gi bedrifter med kompetanse til å bygge på denne måten et konkurransefortrinn. Etterspørsel kan bli et videre insentiv for resten av bransjen til å bygge opp sin kompetanse på feltet.

For å få opp kunnskap om energieffektive og energiproduserende bygg både i befolkningen generelt og i byggenæringen kan det være hensiktsmessig at det offentlige krever plussus-standard i forbindelse med nybygg og totalrenovering.

En annen barriere for bygging av plussus er mangel på gode nok byggematerialer. Det fins i dag bare én leverandør av vinduer som oppfyller kravene til passivhus (Forbrukerrådet, 2009) og leverandørene av

små vindturbiner og solcellepaneler har i all hovedsak kompetanse på og produkter til hyttesystemer som ikke skal være tilknyttet strømmettet.

## 9.2 Praktiske barrierer

Et vanlig argument mot passiv- og plussbygg i Norge er at klimaet er for krevende. Det er umulig å si noe entydig om klimaet i Norge. Det er store forskjeller mellom lengst nord og lengst sør og mellom innlandet og kysten. Men dette betyr ikke at plussbygg er umulig, bare at byggene må tilpasses stedet de skal bygges på.

Utbyggere av bygg med egen energiproduksjon støter på en del utfordringer utbyggere av konvensjonelle bygg slipper unna. Som tidligere nevnt må alle anlegg som leverer strøm med spenning over 1 kV ha energikonsesjon. Spenningen i distribusjonsnettet (nettet i tettbygde strøk) ligger vanligvis mellom 11 og 22 kV (Askheim, 2009). Dette innebærer at alle bygninger som planlegger å levere strøm til nettet i perioder, er nødt til å ha energikonsesjon. Innen vannkraft gis det dispensasjon fra denne regelen for en rekke av kraftverkene under 1000 kW, men det fins ingen tilsvarende unntak for elektrisitet fra sol eller vind (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2009a, 2009d).

En annen mulig barriere er levering av strømmen på nettet. Selv om energiloven nylig ble endret slik at alle produsenter av fornybar energi har rett til å levere strøm på nettet, forutsetter dette at nettet er sterkt nok til å ta imot strømmen. All den tid plusshus ikke er veldig vanlig, er nok dette et lite problem. Men på steder med vanskelige nettforhold kan plussbuseieren bli avkrevd anleggsbidrag for å få gjort de utbedringene på nettet som skal til for at bygget skal kunne levere strøm. Dette innebærer at plussbuseieren må betale hele eller deler av kostnaden ved ledningsoppgradering eller nødvendig utbygging.

Et annet mulig problematisk moment er at den genererte elektrisiteten må ha en kjøper. Netteierne er forpliktet til å ta mot strømmen for å distribuere den, men ingen er forpliktet til å kjøpe strømmen. Her vil nok det enkleste for de fleste byggeiere være å inngå en avtale med en energidistributør som kan stå for salget av strømmen.

Uavhengig av om energiproduksjonen ved bygget fordrer en energikonsesjon, trenger alle energiprodusenter tillatelse fra lokale myndigheter til å drive energiproduksjon i områder som ikke er avsatt til det i den kommunale arealplanen.

Det tar i dag svært lang tid å få en energikonsesjon

i Norge. Behandlingstiden fra melding om planene til konsesjon foreligger, tar vanligvis flere år. Saksbehandlingstiden for småenergianlegg er det imidlertid vanskelig å si noe konkret om siden det er behandlet meget få slike anlegg. Saksbehandlingstiden for små vannkraftverk er per i dag ca fem år. Dette skyldes en stor pågang i søkningen, med ca 550 søknader i kø (Lauritzen, 2009). De minste småkraftverkene kan behandles etter kommunal planprosess. Her er saksbehandlingen betydelig kortere og ligger på om lag seks måneder.

## 9.3 Økonomiske barrierer

En rekke av tiltakene som gjennomføres i plusshus, er økonomisk lønnsomme i seg selv, men i de fleste tilfeller vil investeringskostnaden for et svært energieffektivt bygg være noe høyere enn for et konvensjonelt bygg. Denne ekstra kostnaden vil i de aller fleste tilfeller betale seg tilbake i form av reduserte energitilgifter i byggets levetid.

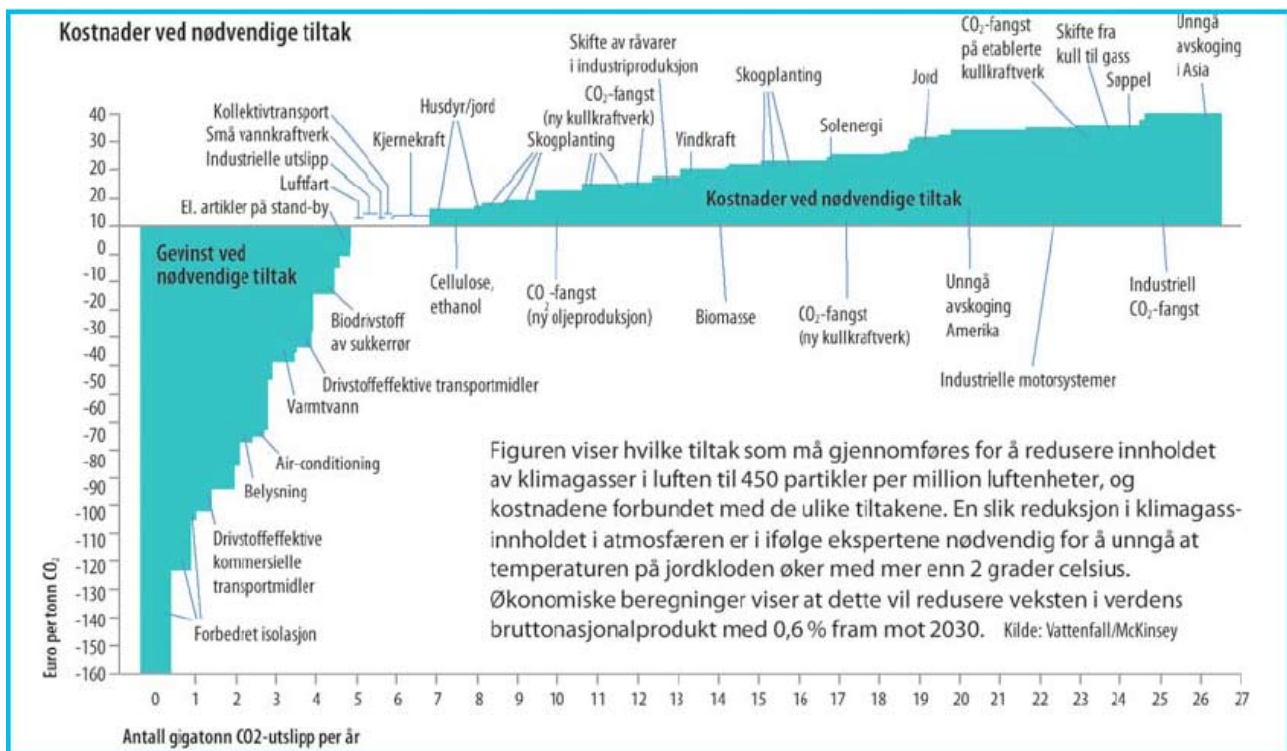
Som det kommer frem i figur 4, vil tiltak som ekstra isolering og tetting av byggene, energisparetiltak for belysning, airconditioning, varmtvann og elektriske apparater alle innebære en økonomisk gevinst i tillegg til gevinsten med reduserte klimagassutslipp. Å sette opp energiproduksjon som vindturbiner og solceller vil i utgangspunktet innebære en kostnad. Men størrelsen på denne kostnaden for den enkelte utbygger er avhengig av støtteordninger og strømprisen bygget hadde måttet forholde seg til dersom det ikke hadde produsert strøm.

Ut fra et rent kostnadsperspektiv vil det altså være lønnsomt å bygge så energieffektivt som mulig. Til tross for dette bygges det svært få passivhus i Norge i dag. Dette kan tyde på en manglende vilje til å ta på seg de økte investeringskostnadene. Det fins i dag svært få støtteordninger for utbygging av passiv- eller plusshus for å bøte på denne uviljen.

Ved sin tiltredelse i 2005 understreket regjeringen Stoltenberg 2 at klimavennlig politikk ville være en av de store oppgavene i tiden fremover. I denne forbindelse skrev regjeringen i et notat om klimapolitikk:

*”Regjeringen gjennomfører en betydelig satsing på fornybar energi og energieffektivisering.”*  
(Regjeringen Stoltenberg 2, 2006)

Denne satsningen er i all hovedsak kanalisert gjennom Enova, som forvalter energifondet (Regjeringen Stoltenberg 2, 2006). Enova har ingen støtteordninger for energisparetiltak som ekstra isolasjon eller mer energieffektive løsninger for belysning i private



Figur 4: Kostnader ved forskjellige klimatiltak. (McKinsey, 2008 hentet fra (Reinås et al., 2009))

husholdninger. Men det er mulig å få støtte til vannbåren oppvarming med fornybare løsninger som varmepumpe, biopellets eller solvarme. Det har imidlertid vist seg at av de som får tilsagn om støtte, er det bare 41,9 prosent som benytter seg av den (Olsen, 2009a). Det kan altså tyde på at støtten som blir tilbudt, ikke alltid er stor nok til at utbyggerne finner tiltaket økonomisk forsvarlig. Her er det likevel verdt å merke seg at siden støtteprogrammet for alternativ energi til oppvarming i husholdninger ble opprettet i 2006, har støtten fra Enova utløst over 900 millioner investert i fornybar alternativ oppvarming av norske husholdninger (Enova, 2009).

En mulig grunn til at det ikke bygges flere energieffektive bygg og bygg med egne energiløsninger, er at svært mange bygninger bygges av noen andre enn de som skal bruke dem. Dette innebærer at de som må bære den økte investeringskostnaden for energieffektive løsninger og integrert energiproduksjon, ikke er de samme som kan nyte godt av sterkt reduserte energiutgifter, eller kanskje til og med energiinntekter.

Denne barrieren kan muligens bli noe redusert når energimerkesystemet for bygninger kommer på plass. Merkesystemet vil gjøre det enkelt å avgjøre hvilken energistandard forskjellige bygg har (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2009c). Dette vil forhåpentligvis øke etterspørselen og interessen for de mest energieffektive bygningene.

## 9.4 Politiske barrierer

Som vist i sitatet fra regjeringen Stoltenberg 2 ovenfor fins det gode intensjoner når det kommer til energieffektivisering. Samtidig er dette en sak det er lite politisk oppmerksomhet rundt. Det er tilsynelatende slik at siden alle er positive til mer energieffektive bygninger, trenger ingen å gjøre noe.

Denne mangelen på virkestrang vises tydelig ved at Norge nettopp ble dømt i EFTA-domstolen for ikke å ha innført direktivet om energimerking av bygninger innen tidsfristen (EFTA Court, 2009). Det kommer også frem i at kommunalminister Magnhild Meltveit Kleppa vil undersøke mulighetene for passivhus som standard i 2020, mens EU foreslår plusshus fra 1. januar 2019 (NTB, 2009).

Det kan virke som om politikere er mest opptatt av store grep de kan bli husket for. Ingen vil bli husket som den som tettet de trekkfulle vinduene og regulerte lyset. Den slags små grep kan være så viktige som bare det: det blir like fullt ikke satt opp statuer av politikere som gjennomfører dem. Her spiller oppfatningen om at det er så kaldt i Norge at passivhus eller plusshus vil være umulig, også inn. Det fremstår som politisk ustrategisk å foreslå konkrete tiltak som kan misforstås dit hen at enkelte i befolkningen skal bli nødt til å fryse i sine egne hjem.

Den norske strømprisen er markedsstyrt, og variasjoner i den skyldes tilgang på vann i magasinene og til en viss grad strømprisen i de landene vi har utenlandskabler til. Likevel har det blitt tradisjon for at politikerne holdes ansvarlige i perioder med høy strømpris. På toppen av markedsprisen for strømmen kommer skatter og avgifter. Deler av støtten til fornybar energiproduksjon og energieffektivisering tas inn gjennom slik avgift på strømmen. All den tid politikerne holdes ansvarlig for strømprisen, blir det vanskelig å øke avgiftene for å kunne øke støtten til energieffektivisering. Samtidig er lav strømpris et viktig hinder for energieffektivisering. Så lenge strømprisene er stabilt lave, forsvinner det økonomiske insentivet for å redusere strømbruken.

Norsk industri baserer seg i stor grad på billig elektrisitet, i tillegg til at norske husholdninger i stor grad bruker elektrisitet til oppvarming. Det høye forbruket av elektrisitet i industri og husholdninger har bidratt til å gjøre det politisk enda vanskeligere å øke energiavgiftene for å legge til rette for energieffektivisering. Politiske vedtak som kan oppfattes å svekke konkurranseevnen til industrien eller innebære økte utgifter for husholdningene, er vanskelige å få gjennomslag for.

## 10 Diskusjon

Denne rapporten har følgende problemstilling: Er det mulig å bygge plussbus i Norge i dag? Svaret på det er ja. Teknologien er tilgjengelig, så det er i teorien ikke spesielt vanskelig å bygge norske plussbus. I forlengelsen av denne konklusjonen kan det imidlertid stilles oppfølgingsspørsmål som: Hva koster det? Er det lønnsomt? Kan vi bygge hvor som helst? Tar det lang tid? Er det lurt? Er plussbus de mest miljøvennlige? Her er det ikke like enkelt å komme med et kort svar.

### 10.1 Er plussbus en god idé?

Kraftsystemet i Norge i dag er basert på store kraftverk og et kraftig overføringsnett som kan distribuere energien over lange distanser. Dette er et system som fungerer tilsynelatende godt, så hvorfor skulle det være interessant å endre på dette?

Mange av kjennetegnene ved plussbus er av en slik karakter at det opplagt vil være bra å gjøre dem gjeldende for alle bygg. Å posisjonere bygget på tomten slik at det utnytter solforholdene best mulig, vil i de fleste tilfeller ikke være fordyrende i byggeprosessen og (det vil være) heldig for energibehovet i bygget. Energigjenvinning av gråvann og ventilasjonsluft vil også i de fleste tilfeller være enkle og billige tiltak som

reduserer energiforbruket betraktelig.

Men noen av de andre foreslåtte tiltakene kan i enkelte tilfeller koste mer enn de smaker. Hvis huset ligger i skyggen eller det er vindstille på tomten, er det ganske opplagt at energiproduksjon fra sol og vind ikke vil være hensiktsmessig. En britisk undersøkelse, referert i Teknisk Ukeblad, om energiutbytte fra vindmøller plassert på og nær hus viser logisk nok at energien fra disse vindturbinene er svært avhengig av vindforholdene der de plasseres. En godt plassert mølle hadde tjent inn hele investeringen i løpet av knappe ti år, men en annen turbin faktisk produserte mindre energi enn den selv forbrukte (Olsen, 2009b).

En viktig grunn til at plussbus er en god idé, er at slike bygninger kan fungere som en viktig motivasjonskilde for å få opp interessen for energieffektivitet og alternativ energiproduksjon. Ved å vise frem de forskjellige løsningene i praksis vil byggeiere kunne få inspirasjon til selv å bygge plussbus. Men kanskje enda viktigere: de kan få inspirasjon til energieffektiviseringsløsninger og alternative energikilder som kan implementeres i deres egne bygg ved neste renovering.

Med hensyn til arealutnytting vil plussbus også være en god idé. Verden trenger stadig mer fornybar energi for å fase ut den fossile energien som brukes i dag. Ingen energiproduksjon er uten konsekvenser, og en av de negative konsekvensene med produksjon av fornybar energi er at den ofte legger beslag på naturområder. Ved å bygge hus i urbane strøk som produserer mer energi enn de bruker, vil behovet for mer fornybar energi reduseres, samtidig som energien som utvinnes kommer fra urbane områder som allerede er bebygde. Konsekvenser for natur og miljø av energiproduksjonen er dermed minimale.

Å bygge plussbus vil ikke endre dagens energisystem med store kraftverk og transmisjonslinjer, men det vil kunne være et positivt tilskudd. Langt fra alle hus kan være plussbus, men alle bygg har noe å lære av plussbusene.

### 10.2 Hva er det viktigste med plussbus?

Et plussbus er en sammensetning av flere viktige komponenter; en svært energieffektiv bygningskropp, gode løsninger for energibruken i bygget, energieffektive apparater, en fornybar oppvarmingsløsning som benytter seg av andre energikilder enn elektrisitet, og utstyr for å dekke sitt eget elektrisitetsbehov. Ser man på den samlede miljøbelastningen fra bygninger, er ikke alle disse komponentene like viktige.

Det fins et slagord som sier ”Den grønneste kilowatt-timen er den som aldri ble brukt”. Dette gjelder like mye i bygninger som andre steder. Det er bedre for miljø og klima at forbruket reduseres enn at produksjonen av fornybar energi økes. En bygning som sløser med energien, men som på grunn av stor kapasitet til å generere energi likevel går i pluss, er ikke nødvendigvis noe godt miljøalternativ.

Det viktigste med et plusshus eller en vilkårlig annen bygning er at energibehovet dens er så lavt som mulig. Å holde energibehovet på et minimum vil være et av de tiltakene som mest effektivt reduserer miljøbelastningen ved bygget.

Å erstatte oppvarmingsløsninger som benytter fossil energi eller elektrisitet, med fornybare løsninger – som solfangere, bioenergi eller varmepumper som benytter varmen i sjøen eller bakken – vil også være et viktig bidrag til å redusere miljøpåvirkningen fra bygget. Utslipp av klimagasser fra bruk av fossil energi i bygninger er helt unødvendig. Det fins fornybare og klimavennlige løsninger for alle typer bygg. Her er det viktig at det ikke bygges nye bygg som baserer seg på fossil oppvarming, og like viktig er det at den fossile energien som benyttes i eksisterende bygg, umiddelbart erstattes med fornybare løsninger.

Et annet viktig prinsipp i plusshus er at det etterstrebes å bruke den mest egnede energiformen til oppgaven som skal utføres. Varme er en energiform det er relativt lett å generere, mens elektrisitet er betydelig mer krevende. Følgelig vil det være gunstig å bruke varme til alle oppgaver som kan løses med varme. Direkte bruk av elektrisitet til oppvarming av vann eller rom er svært lite energieffektivt.

### 10.3 Klynger av plussus

På steder hvor det er vanskelig for hvert enkelt bygg å oppfylle kriteriene for plussus, men hvor hele byggefeltet har forutsetning for å få det til, kan man se for seg at det bygges klynger av bygninger som samlet produserer nok energi til å dekke bygningenes energibehov. Et eksempel kan være et boligfelt som ligger nær havet. Som utgangspunkt bygges boligene svært energieffektivt slik at de har lavt behov for oppvarming. For hver av boligene ville installering av en varmepumpe som utnytter varmen i havet, vært for dyr. Men når hele byggefeltet går sammen om varmepumpen, kan den bli en god måte å varme opp rom og tappevann. I tillegg til varmepumpen vil byggefeltet trenge tilgang på elektrisitet, noe de kan få ved å gå sammen om å bygge vindmøller på de stedene i området hvor det blåser best – eller fra solceller på solvendte tak.

Å få til klynger av hus som samlet vil produsere mer energi enn de forbruker, kan være vanskelig å få til uten å måtte ty til storskala energiproduksjon som vannkraft eller store vindmøller. Et annet hinder vil være at det oppstår behov for et varmedistribusjonssystem. Dersom bare halvparten av husene har solfangere eller dersom alle skal ha glede av et varmepumpeanlegg for sjøvann, må det bygges ut et rørsystem for å distribuere varmen mellom husene. Dersom husene ikke allerede er tilknyttet fjernvarmenettet, kan et slikt distribusjonssystem bli kostnadskrevenende.

En klar fordel med å vurdere klynger i forbindelse med utbygging av plussus eller bygg som nesten tilfredsstiller plussuskravene, er stordriftsfordelen ved å bygge mange bygg med samme teknologi. Dersom et helt boligfelt bygges ut etter plussusstandard, vil det stille store krav både til byggherren og leverandørene. Kunnskapen som utvikles vil komme alle boligene til gode. Erfaring fra USA viser at det er enklere for en byggherre å installere det samme systemet på et stort antall boliger enn å legge til rette for individuelle systemer i hver bolig (Farhar et al., 2004).

### 10.4 Brukererskelen for plussus

Plussbygg vil på sikt finnes i de fleste varianter og størrelser. I de fleste av disse byggene vil de som skal drifte både systemene for energieffektivitet og energiproduksjon, verken være energi- eller bygningsspesialister. Dette betyr at plussbyggene må være like enkle å bruke og vedlikeholde som dagens bygg. Det er en fordel om flest mulig av systemene er automatiserte og ikke trenger nevneverdig oppfølging. Samtidig er det en fordel om systemet er enkelt å overstyre. Slik kan brukeren for eksempel skru av nedjusteringen av innnetemperaturen på dagtid hvis vedkommende har fri fra jobb en dag, eller regulere ned behovet for varme og varmtvann når brukerne av bygget er på ferie.

Brukervennligheten til et plussbygg er helt avgjørende for om bygget klarer å opprettholde den energibruken og energiproduksjonen som var planlagt. Innemiljøet og komforten for byggets brukere er også helt avhengig av at brukerne klarer å benytte seg av de forskjellige energisystemene slik de var tenkt.

Erfaring fra en amerikansk undersøkelse av hus med miljøvennlige energiløsninger i en forstad til San Diego i California, viser at huskjøperne hadde for liten kunnskap om energiløsningen de ble tilbudt til å gjøre reelle valg i tilknytning til den. Av alle huskjøperne som ble tilbudt solcellepaneler



eller oppgradering av solcellepaneler på takene, var det under en tredel som faktisk valgte dette. I valget mellom finere benkeplate på kjøkkenet eller dobbelt så stort solcellepanel på taket kan det se ut som de fleste huskjøperne gjorde et valg ut fra hva de hadde mest peiling på, og valgte kjøkkenbenken. Samtidig viste undersøkelsen at husene med solceller på taket var lette å selge og sannsynligvis vil få en bedre gjensalgsværdi på grunn av de reduserte elektrisitetsuttgiftene (Farhar et al., 2004).

Deterviktigatinformasjonensomgisomenergieffektive og energiproduserende systemer, fremstilles enkelt og lettfattelig. Dette vil hindre at byggeiere og utbyggere som vurderer å bygge plussus, gir opp på grunn av vanskelig tilgjengelig informasjon. Her er det også sentralt med økt fokus på energieffektivisering og tilrettelegging for energiproduksjon i opplæringen av bygningsarbeidere, byggingeniører og arkitekter. All den tid mange byggherrer ikke sitter på kunnskap om disse temaene, er det særlig viktig med god og enkel tilgang på oppdatert informasjon om både energieffektivisering og småskala energiproduksjon.

## 10.5 Markedsverdien av plussbygg

Som tidligere nevnt kan flere faktorer øke markedsverdien til et plussbygg. Beste karakter i energimerkeordningen for bygg vil være en veldig enkel måte å vise energieffektiviteten til bygget på. En annen faktor som har vist seg å kunne øke salgsværdien av et bygg, er utsiktene til forsvinnende lave energiutgifter eller mulighet for energiinntekter.

For kommersielle aktører som utleiery og hoteller fins det en mulig markedsføringsverdi i plussusstatusen. Å tilby overnattinger med positivt karbon- og energifotavtrykk kan ha en stor appell i et stadig mer miljøbevist marked. Det fins også eksempler på at planer om foregangsbygg innen energieffektivitet eller bygg med egen energiproduksjon stiller sterkere i kampen om attraktive tomter (Seehusen, 2009b).

Noen netters opphold på plussshotell kan kanskje også ha en stor markedsføringsverdi for plussuskonseptet. Når folk har erfart at de kan opprettholde normal bokomfort og samtidig bo energieffektivt og produsere strøm, kan det kanskje motivere dem til å gjøre noe med energibruken når de kommer hjem.

## 10.6 Miljøvennlige bygg

Energiforbruk til bygging, drift og riving er utslagsgivende for hvor miljøvennlig en bygning er. Men dette er ikke den eneste faktoren som spiller inn. Også transporten til og fra bygget er viktig. Et kjøpesenter som oppfyller kriteriene for plussbygg, vil

likevel ikke være helt miljøvennlig hvis alle kundene ved senteret har kjørt privatbil for å handle. Hoteller og restauranter som får skipet inn varer med fly fra alle verdenshjørner, vil også ha en betydelig røpe i ”plussus-lakken”.

For miljøbevisste byggherrer er det altså en klar fordel for byggeprosjektet om tomta ligger i nærheten av kollektivtrafikk. Og for de miljøbevisste brukerne av bygget kan det være verdt å sjekke hvor varene og produktene som brukes i bygget, kommer fra. Et litt røft anslag fra forskningssenteret Cicero og NTNUs kalkulator for nasjoners karbonfotavtrykk viser at ca 23 prosent av utslippene Norge forårsaker, kommer fra produkter, mat og klær som importeres fra resten av verden (NTNU & Cicero, 2009).

Det fins merkeordninger for bygg som tar for seg flere miljøaspekter enn bare byggets energibruk. I Norden er Svanemerket en av merkeordningene for miljøvennlige bygninger. For at et bygg skal kunne svanemerkes, stilles det blant annet krav til vannforbruk, andel resirkulerte byggematerialer, giftigheten i byggematerialene, byggematerialenes opphav og søppelsortering – i tillegg til krav til energibehov (Svanemerket, 2009). Et annet eksempel på miljømerker brukt i Norge er ISO 14001. Internasjonalt fins det en rekke forskjellige miljømerkesystemer. Energibruk er en sentral indikator for miljøvennligheten til en bygning, men det er ikke den eneste faktoren som må tas i betraktning.

## 11 Case studier

For å illustrere hvilke muligheter som fins for å bygge norske plussus, har vi her utarbeidet tre case-studier. Det er lagt til grunn at de tre byggene bygges på et sted i Osloområdet med god vind, men det er like mulig å bygge plussus andre steder i Norge. Da må man med utgangspunkt i den innstrålte solenergien på dette stedet gjøre en vurdering av hvilke energiløsninger som er mest hensiktsmessig.

Vi har valgt disse tre casene for plussus fordi vi vil vurdere forskjellige typer bygg med forskjellige eierstrukturer og med bakgrunn i forskjellig motivasjon. Casene er også valgt ut fra at det årlig bygges nokså mange bygg i disse bygningskategoriene i Norge. Tabell 9 viser antall ferdigstilte kvadratmeter i hver bygningskategori i 2007 og 2008 (Statistisk sentralbyrå, 2009b).

Fullført bruksareal (m <sup>2</sup> )		
Bygningskategori	2007	2008
Boligbygg	55 836	52 426
Hotellbygninger	50 938	52 168
Skolebygg (barne- og ungdomsskoler)	111 430	100 113

Tabell 9: Fullført bruksareal i bygningskategoriene det gjøres case-studier av

Hvor stor energigevinst som oppnås ved å bygge et pluss hus fremfor et ordinært bygg, vil avhenge av byggets energibehov. Energiforbruket vil nødvendigvis også avgjøre hvor stor energiproduksjon det må legges opp til for de forskjellige byggene. I tabell 10 er energibehovene til de tre byggkategoriene i casene angitt, ut fra gjeldende TEK (altså gjeldende byggt teknisk forskrift), høringen på ny TEK og høringen på lavenergi- og passivhus. Som nevnt tidligere er det et mål at energibehovet i byggene er så lavt som mulig. Følgelig er det tatt utgangspunkt i passivhus-standardene i de forskjellige casene.

Prisene som brukes i casene, er svært omtrentlige og baserer seg på priser i nettbutikker på solfangere, vindturbiner og lignende. I en utbygging vil det være nødvendig å hente inn pristilbud til det konkrete prosjektet, noe som vil kunne gi noe annerledes priser. Kraftprisen i utregningene tilsvarer prisen per

28. august 2009 på ettårskontrakter på strøm levert i 2012 i det nordiske markedet. Kraftprisen på dette tidspunktet var 41,15 euro pr MWh (NordPool, 2009), noe som med eurokursen samme dato (Dagens Næringsliv, 2009) innebærer en kraftpris på 0,355 kr/kWh. Prisen på grønne sertifikater tilsvarer spotprisen på svenske grønne sertifikater fra 16. september 2009 (Tricorona, 2009) omregnet til norske kroner med Dagens Næringslivs kurs samme dag.

Det er tilnærmet umulig å si noe om lønnsomheten ved å bygge pluss hus. Den ekstra kostnaden ved å bygge svært energieffektivt i forhold til å bygge i tråd med gjeldende byggforskrifter vil være svært avhengig av utformingen av bygget. Investeringskostnaden ved solfangere vil variere med takhellingen til bygget, hvilken type solfanger som velges og hvordan varmedistribusjonen i bygget er planlagt. På samme måte vil en rekke faktorer bidra til å gjøre kostnadene ved vindturbiner og solceller vanskelig å beregne.

I utarbeidelsen av casen for pluss hotell ble det gjort en nåverdiberegning på investeringen i solfangeranlegg og vindturbiner. Disse konkluderer med lønnsomhet i solfangeranlegget selv med en lavere kraftpris enn i dag. Vindturbinene vil være en lønnsom investering så lenge elektrisiteten går til å dekke eget forbruk. Elektrisitetsproduksjon til salg vil ikke være lønnsom med dagens kraftpriser.

Det er ikke gjort tilsvarende vurderinger for pluss skolen

Energigrammer for forskjellige bygg				
Bygningskategori	Netto energibehov (kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA pr år)		Energiforbruk til oppvarming (kWh/m <sup>2</sup> pr år)	
	TEK 07	Høring av 23.06.09	Lavenergibygg*	Passivbygg*
Småhus under 200 m <sup>2</sup>	125 + 1600/oppvarmet BRA	125 + 1600/oppvarmet BRA		
Småhus over 200 m <sup>2</sup>	125 + 1600/oppvarmet BRA	125 + 1600/oppvarmet BRA	30	15
Skolebygg	135	120	35	17
Hoteller	240	220	60	30

Tabell 10: Energigrammer for bygningskategoriene behandlet i casene, ut fra eksisterende byggt teknisk forskrift (TEK 07), høring til ny forskrift og høring til norsk standard for lavenergi- og passivhus

(Kommunal- og regionaldepartementet, 2009b; Standard Norge, 2009; Statens bygningstekniske etat, 2007)

\* Norsk Standard for lavenergi- og passivhus er under utarbeidelse og tar bare for seg energibehov i boliger.

Energigrammene for lavenergi- og passivboliger er satt ut fra høringen på Norsk Standard. Det er antatt at årsmiddeltemperaturen på stedet huset bygges, er over 5°C. A er oppvarmet del av BRA. Verdiene for lavenergi- og passivskolebygg og -hoteller er beregnet ut fra den prosentvise forskjellen mellom TEK 07 og forslag til standard for bolighus på over 200 m<sup>2</sup>. For passivhus er det ikke lagt opp til en netto energigramme, men det stilles krav til minimumsandel fornybar energi til oppvarming.

og eneboligen. Grunnen til dette er at anslagene på pris i mangel av et konkret prosjekt å regne på i alle tilfeller er så omtrentlige at de vil ha liten verdi.

I alle casene er det lagt opp til at 60 prosent av energibehovet til oppvarming av oppholdsrom og varmtvann dekkes med solfangere. Solfanger-effekten som er lagt til grunn, tilsvarer effekten leverandørene av solfangere opererer med på sine nettsider. Denne effekten er noe høyere enn det Enova anslår i beregningene som ble gjengitt i tabell 4. Effekten av vindturbinene er hentet fra den skotske produsenten Provens anslag for de to modellene som brukes som eksempel i casene.

### 11.1 Hotell

Hoteller og restauranter forbruker mye energi. Energiforbruket fra disse to sektorene var i 2002 hele 1,4 TWh (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2009b). Å vise at det er mulig å bygge energiproduserende hoteller, kan være et viktig steg på veien til å få bransjen til å revidere og redusere sin energibruk.

For hoteller vil det å markedsføre seg som et pluss-hotell kunne ha en markedsverdi utover verdien av energiproduksjonen. En undersøkelse fra Vestlandsforskning referert i D2 (Dagens Næringslivs fredagsbilag) påviser en tydelig trend der turister foretrekker steder med en klar miljøprofil (Rønning Vike, 2009).

Et anslag for energibruken ved et gjennomsnittlig hotell fins i tabell 11. Det er stor forskjell på hoteller på dette området. For eksempel vil forbruket av varmtvann være betydelig høyere på et spa-hotell enn på et ordinært konferansehotell uten basseng. Det vil også være forskjeller på energibruken til kjøling, siden mange hoteller ikke har kjøling og det er stor variasjon i bruken hos dem som har det. Dette er grunnen til at enkelte av tallene i tabellen er satt opp med et visst spenn.

Oversikten viser at denne bygningskategorien har mye å hente på å legge om betydelig mer av varme-forbruket sitt fra elektrisitet til andre fornybare energikilder. Oversikten viser også at byggkategorien bruker 6,5 prosent fossil energi. Av klimahensyn er det helt nødvendig å erstatte denne energien med ren og fornybar energi.

I definisjonen av plusshus ligger et krav om at bygningskroppen skal stille passivhuskrav. I Enovas beregning gjengitt i tabell 12, fremgår det at en omtrentlig ramme for totalt energibehov på et passivhotell vil ligge på ca 90 kWh/m<sup>2</sup> i året. I tabellen er det lagt

inn at et gjennomsnittlig hotell er ca 8000 m<sup>2</sup>. Denne hotellstørrelsen blir brukt i de videre beregningene av casen pluss-hotell.

Energibehovet i et passivhotell er bare 36 prosent av energibehovet ved et gjennomsnittlig norsk hotell i dag. Passivhuskravene dreier seg i all hovedsak om energibehovet til oppvarming, følgelig er det spesielt her et passivhotell er nødt til å minimere energibehovet. Samtidig er Enovas ramme så streng at selv ved en eliminering av alt energibehov til oppvarming vil ikke kravet nåes dersom det ikke settes i verk tiltak for å minimere energiforbruket på flere steder.

En mulighet for å oppfylle deler av varmtvannsbehovet og det lave oppvarmingsbehovet er solfangere og varmepumper i kombinasjon med varmegjenvinning av ventilasjonsluft og gråvann. Solfangere vil kunne levere opp mot 60 prosent av det årlige varme- og varmtvannsbehovet (avhengig av størrelsen på solfangerne). I tillegg vil varmegjenvinning av ventilasjonsluften kunne fange inn opp mot 90 prosent av varmen i ventilasjonsluften (Ener-produkt AS, 2009). Varmegjenvinning av gråvannet vil dessuten redusere behovet for energi til oppvarming av varmtvann med ca 50 prosent (OSO Hotwater Norge, 2003). Varmepumpen vil kunne tilføre den resterende varmen som trengs og vil være mer effektiv enn direkte bruk av elektrisitet til dette formålet.

De aller fleste hoteller har kjøkken med kjøle- og fryserom for oppbevaring av matvarer. Varmegjenvinning av spillvarmen fra disse kjøleanleggene vil kunne komme med et betydelig energibidrag til oppvarming og varmtvann (Holt, 2008).

For å oppnå status som et pluss-hotell må hotellet i tillegg redusere det øvrige energiforbruket til et minimum. Et omfattende styringssystem for energibruken ved hotellet kan være et viktig tiltak for å få til dette. Styringssystemet må sørge for at alle rom som ikke er i bruk, settes i "dvale" slik at det ikke går med unødig energi til ventilasjon eller oppvarming. Systemet må også sørge for at lys og elektriske apparater på rommene er avskrudd når gjestene ikke er der. Belysningen i hotellets fellesarealer må være regulert slik at man utnytter dagslyset best mulig, og belysning i trapper og korridorer kan være styrt av bevegelsessensorer for å sikre at lyset bare er på når noen trenger det.

Men selv med en omfattende reduksjon i hotellets energibruk kommer en ikke utenom at noe energi må tilføres. Litt avhengig av lokaliseringen av hotellet vil små vindturbiner eller solcellepaneler være gode

Hotell	Energiforbruk i kWh/m <sup>2</sup> pr år	Andel av energiforbruket
Areal målt i m <sup>2</sup>	8000	
Energiforbruk	250	
Rom oppvarming og tappevann	125	50 %
Tappevann	20 - 40	8 - 16 %
Kjøling	10 - 40	4 - 16 %
Annen elektrisitet	45 - 95	18 - 38 %
<b>Energiforbruk fordelt på energibærer</b>		
Elektrisitet	233,75	93,5 %
Flytende energibærere	14,5	5,8 %
Gass	1,75	0,7 %

Tabell 11: Energibruk ved et gjennomsnittlig norsk hotell

Kilder: (Enovas Bygningsnettverk, 2003; Haugen, 2009)

Energibehovet i et pluss hotell			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Areal hotell [m <sup>2</sup> ]	8 000	8 000	8 000
Total energibruk [kWh/m <sup>2</sup> per år]	240	165	90
Energi til oppvarming [kWh/m <sup>2</sup> per år]	90	58	17
Energi til varmtvann [kWh/m <sup>2</sup> per år]	30	25	15
Energi til kjøling [kWh/m <sup>2</sup> per år]	30	15	10
Annet el.forbruk [kWh/m <sup>2</sup> per år]	90	67	48
Totalt årlig energiforbruk [kWh per år]	1 920 000	1 320 000	720 000
Varmebehov* [kWh per år]	960 000	694 900	278 250
Elektrisitetsbehov [kWh per år]	960 000	625 100	441 750

Tabell 12: Beregning av energibehovet ved et hotell med areal 800 m<sup>2</sup> ut fra dagens byggetekniske forskrifter, lavenergi standard og passiv standard

\* For «Dagens standard» er varmebehovet summen av energibehovet til varmtvann og oppvarming. For de andre to kategoriene er det ytterligere 5 prosent av det resterende energiforbruket lagt inn i varmebehov-kategorien. Grunnen er at man ser for seg at det i et pluss hotell brukes vaskemaskiner og lignende som kan ta inn varmtvann direkte i stedet for at maskinen bruker elektrisitet til oppvarming. Det er også antatt en større bruk av termisk drevet ventilasjon. Kilder for totaltallene i tabell 12: (Enova, 2009a; Haugen, 2009)

alternativer. En kombinasjon av disse løsningene er kanskje det mest realistiske under norske forhold.

Solceller har den fordel at de kan monteres som en integrert del av sørvendte fasader og tak. De trenger lite vedlikehold og har forholdsvis lang levetid. Klare ulemper er en forholdsvis høy kostnad og at energiproduksjonen er avhengig av solinnstrålingen. Solceller på taket vil også konkurrere om plassen med solfangere, som utnytter solenergien betydelig mer effektivt. (Solfangere kan utnytte opp mot 80 prosent av innstrålt energi, mens solceller vanligvis ikke utnytter mer enn ca 15 prosent).

I utarbeidelsen av denne casen er det lagt til grunn at

energitylførselen til hotellet i all hovedsak kommer fra solfangere og vindturbiner. Solfangerne vil dekke 60 prosent av varmebehovet mens vindturbiner vil dekke hele elektrisitetsbehovet. For å dekke det resterende varmebehovet kan man se for seg to scenarier; det resterende behovet kan dekkes med varmpumpe eller med en biobrenner. Dersom behovet dekkes med varmpumper, vil elektrisitetsbehovet stige noe. I tabell 13 er det gjort en beregning av omtrent hvor stort areal solfangere som er nødvendig for å dekke 60 prosent av varmebehovet, hvor mye energi som trengs fra en varmpumpe eller en biobrenner, og hvor mye elektrisitet som trengs for å drive en eventuell varmpumpe. I tabellen er det også regnet ut hvor mange vindturbiner som trengs for å dekke

Energikilder til pluss hotell			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Varme [kWh per år]	960 000	694 900	278 250
Solfangere [kWh per år]	576 000	416 940	166 950
Areal solfangere Oslo [m <sup>2</sup> ]	792	573	229
Varmepumper/biobrenner [kWh per år]	384 000	277 960	111 300
El.behov varmpumper [kWh per år]	96 000	69 490	27 825
Elektrisitet [kWh per år]	1 056 000	694 590	469 575
Vindturbiner antall à 15 kW	35	23	16
Vindturbiner antall à 6 kW	88	58	39
El. behov uten varmpumper [kWh per år]	960 000	625 100	441 750
Vindturbiner antall à 15 kW	32	21	15
Vindturbiner antall à 6 kW	80	52	37

Tabell 13: Mulige energikilder for et pluss hotell og hvor mye som trengs av hver energikilde for å dekke hotellets behov, med utgangspunkt i tre forskjellige byggestandarder

	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Elektrisitet [kWh per år]	1 536 000	1 024 590	649 575
Vindturbiner antall à 15 kW	51	34	22
Vindturbiner antall à 6 kW	128	85	54

Tabell 14: Elektrisitetsbehovet for et pluss hotell inkludert den nødvendige elektrisiteten for å kompensere for energibruk i oppføring og avhending av bygget

Energikostnader			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Totalt energibehov [kWh per år]	1 920 000	1 320 000	720 000
Total årlig energipris [NOK]	1 600 896	1 100 616	600 336
Energibehov til varme [kWh per år]	960 000	694 900	278 250
Innsparingspotensial [NOK]	800 448	579 408	232 005
El. behov med varmpumpe [kWh per år]	1 056 000	694 590	469 575
Innsparing på å produsere el. [NOK]	880 493	579 149	391 532
El. behov uten varmpumpe [kWh per år]	960 000	625 100	441 750
Innsparing på å produsere el. [NOK]	800 448	521 208	368 331

Tabell 15: Innspart energikostnad for et pluss hotell dersom det ikke kjøper elektrisitet fra nettet for å dekke energibehovene til forskjellige formål

elektrisitetsbehovet med eller uten varmpumpe. Her er det angitt ett tall dersom man bruker den største typen husholdningsturbiner på 15 kW, og ett tall dersom det benyttes en noe mindre turbintype på 6 kW. Hvilken turbintype som benyttes, vil være avhengig av lokale forhold rundt hotellet.

I definisjonen av plussus er det lagt til grunn at bygget skal generere mer energi i driftsfasen enn det som gikk med til produksjon av byggematerialer og oppføring av bygget, samt det som kommer til å gå med til riving. Det er flere steder påpekt at driftsfasen står for ca 80 prosent av energibruken i et byggs levetid. Dette innebærer at dersom bygget skal etterleve kravene til plussus, må det generere de resterende 20 prosent energi som går med i løpet av byggets levetid. Vi har tidligere i rapporten vurdert det som mest interessant å levere overskuddselektrisitet. Derfor vil bygget måtte ta inn de ekstra 20 prosentene på elektrisitetsgenerering. Dette innebærer at antallet vindturbiner må økes noe i forhold til det som er vist i tabell 13. Tabell 14 viser det nye antallet vindturbiner som er nødvendig for å dekke hotellets elektrisitetsbehov til varmpumper, annen elektrisitetsbruk og 20 prosent ekstra elektrisitetsproduksjon.

Etter hvert som energibruken i bygg går ned, vil forholdet mellom energibruk i driftsfasen og energibruk til produksjon av byggematerialer, oppføring og avhending av bygget endre seg. En mindre andel vil da gå med til driften, men for denne rapporten antas det at andelene holder seg på forholdet 80-20.

Et gjennomsnittlig hotell er en forholdsvis stor bygning. Dette er gunstig for å få en best mulig integrering av vindturbiner på og rundt bygningen. Dersom hotellet er høyere enn omkringliggende bygg, vil dette være spesielt gunstig for vindturbiner som plasseres på taket.

Dersom plussshoteller skal bli en realitet, kan ikke kostnaden ved å bygge og drive slike hoteller være altfor høy sammenlignet med kostnadene knyttet til drift av et ordinært hotell. Byggekostnadene for et plussshotell vil være høyere enn for et vanlig hotell både på grunn av økte kostnader forbundet med å bygge en svært energieffektiv byggekropp og på grunn av de ekstra investeringene i energiproduksjonsutstyr som solfangere og vindmøller. I tabell 15 er det gjort et overslag for energikostnadene til hoteller etter de forskjellige byggestandardene, dersom all energi som forbrukes er elektrisitet. Dette er kostnader et hotell som produserer sin egen energi slipper.

Grunnlaget for energiprisen som er lagt til grunn, er vist i tabell 16. Kraftprisen kommer fra Nordpool, mens nettpreisen er et anslag fra Hafslund (fra 01.05.09 basert på privathusholdning med forbruk på 20 000 kWh).

Et plussshotell skal produsere mer energi enn det forbruker. Altså vil det spares årlige energiutgiftene, men vil i stedet få en investeringskostnad til energianlegget når hotellet bygges. I tillegg til disse sparte energiutgiftene vil hotellet ha en inntekt fra salget av elektrisiteten som produseres for å kompensere for energibruken i forbindelse med oppføring og avhending av bygget.

Det er vanskelig å anslå hvilken pris hotellet vil få for salget av overskuddsenergien. Prisen vil være sammensatt av den variable kraftprisen fratrukket innmatingavgiften for å levere strøm til nettet. I tillegg vil hotellet kunne få grønne sertifikater for strømmen når dette støttesystemet blir innført i Norge i 2012 (Olje- og energidepartementet, 2009b). Med utgangspunkt i dagens kraftpris, prisen for svenske grønne sertifikater per 16. september 2009 (Tricorona, 2009) og Statnetts innmatingstariff (Statnett, 2009) kan prisen hotellet får per leverte kWh, bli om lag 63 øre. Beregningen er satt opp i tabell 17.

Energiinntekt	
Kraftpris [øre/kWh]	35,88
Sertifikatpris [øre/kWh]	28,16
Innmatingstariff [øre/kWh]	-0,56
Totalpris [øre/kWh]	63,48

Tabell 17: Beregning av mulig salgspris for egenprodusert strøm

Dette anslaget er imidlertid veldig omtrentlig. Prisen plussshotellet får betalt er helt avhengig av variasjoner i strøm- og sertifikatpris, avtale med energiselskapet som skal ta i mot strømmen og innmatingstariffen til nettselskapet som er ansvarlig for strømmettet i hotellets område. Med strømprisen vi har lagt til grunn, vil hotellet i casen ha mulighet til å tjene rett over 110 000 kroner på strømsalg årlig (se tabell 18). Her er det imidlertid ikke trukket fra eventuelle vedlikeholdsutgifter for turbinene.

Årlig inntjening på elektrisitetssalg	
Overskuddselektrisitet [kWh]	180 000
Pris [kr/kWh]	0,63
Inntekt [kr]	113 400

Tabell 18: Beregning av mulig inntjening på salg av overskuddselektrisitet fra plussshotell

## 11.2 Skole

Skolebygg er en av bygningskategoriene det bygges mest av i Norge i dag (Statistisk sentralbyrå, 2009b). De aller fleste grunnskoler er kommunalt drevet, noe som gir det offentlige gode muligheter til å bygge foregangsbygg innen energieffektivisering og energiproduksjon.

Å bygge plusskoler vil kunne ha en stor verdi utover de direkte miljøgevinstene ved at skolen dekker sitt eget energibehov. At skolebygget følger plussstandard åpner for en rekke pedagogiske muligheter innen undervisning om energieffektivitet og energiproduksjon. En annen grunn til å bygge plusskoler er at skolebygg er blant de bygningene som har flest brukere og dermed er et av de tydeligste utstillingsvinduene for energieffektiviserings- og energigenereringsløsningene i samfunnet. En plusskole kan demonstrere for lærere og elever at man kan ha normal brukerkomfort i et svært energieffektivt hus som produserer mer energi enn det forbruker. I tillegg kan også foreldre og alle som besøker skolen få se dette i forbindelse med arrangementer som 17. mai-feiring og avvikling av lokal- og stortingsvalg.

En beregning basert på tall fra seks skoler i Oslo-området (Asak Nilsen, 2009) viser at i underkant av

60 prosent av det totale energiforbruket i de studerte skolebyggene gikk til romoppvarming og varmtvann. Samlet har de aktuelle skolene et energiforbruk på 175 kWh/m<sup>2</sup>, hvorav 103 kWh/m<sup>2</sup> er oppvarming og 72 kWh/m<sup>2</sup> er elektrisitet. Disse tallene er noe lavere enn Enovas bygningsnettverks tall for gjennomsnittlig energibruk per m<sup>2</sup> i skolebygg (Enovas bygningsnettverk, 2003). Bygningsnettverkets tall er 203,4 kWh/m<sup>2</sup> per år. Det kan være verdt å merke seg at de seks osloskolene er noe større enn gjennomsnittet i bygningsnettverkets statistikk. I den følgende case-studien brukes et gjennomsnitt av de seks osloskolene som utgangspunkt. Begrunnelsen for dette er at disse tallene er nyere enn bygningsnettverkets tall (Oslo: 2008, Bygningsnettverket:2002). Fordelingen på de forskjellige energibærerne kommer fra Enovas bygningsnettverk (se tabell 19).

Oppvarmingen av skolebygg er ifølge Enovas bygningsnettverk i stor grad basert kun på direkte bruk av elektrisitet eller kombinasjoner av direkte elektrisitet og sentralvarme. Samlet utgjør disse kategoriene nesten 70 prosent av de 656 skolebyggene som er omtalt i nettverkets rapport (se tabell 20).

Tabell 20 viser at en installering av oppvarmingsløsninger som benytter fornybar energi eller varmepumper, vil kunne gi en betydelig innsparing av

Grunnskole	Energiforbruk i kWh/m <sup>2</sup>	Andel av energiforbruket
Areal	11 318	
Energiforbruk pr m <sup>2</sup>	175	
Oppvarming og varmtvann pr m <sup>2</sup>	103	59 %
Annen elektrisitet	72	41 %
Energiforbruk fordelt på energibærer		
Elektrisitet	153	87,5 %
Olje og parafin	21	12,0 %
Fjernvarme	0,7	0,4 %

Tabell 19: Energibruk for grunnskole basert på gjennomsnittet av seks skoler i Oslo. Energiforbruket fordelt på energibærere er basert på et landsgjennomsnitt (Asak Nilsen, 2009; Enovas bygningsnettverk, 2003)

	Oppvarmet areal skolen [m <sup>2</sup> ]	Prosent
Kun direkte el	832 000	31,4
Kun sentralvarme	678 000	25,6
Både direkte el og sentralvarme	1 006 000	38,0
Andre kombinasjoner	131 000	4,9
Totalt	2 647 000	100,0

Tabell 20: Oppvarmingsløsninger i bruk i norske skoler

Energibehov i skole			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Areal skole [m <sup>2</sup> ]	11 318	11 318	11 318
Total energibruk [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	135	105	75
Energi til oppvarming [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	61	35	17
Energi til varmtvann [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	20	15	10
Elektrisitet [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	54	55	48
Totalt årlig energiforbruk [kWh pr år]	1 527 930	1 188 390	848 850
Varmebehov [kWh pr år]	916 758	565 900	305 586
Elektrisitetsbehov [kWh pr år]	611 172	622 490	543 264

Tabell 21: Energibehovet ved en skole på 11 318 m<sup>2</sup> ut fra forskjellige byggestandarder

Energikilder til plusskole			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Varme [kWh per år]	916 758	565 900	305 586
Solfangere [kWh per år]	550 055	339 540	183 352
Areal solfangere Oslo [m <sup>2</sup> ]	756	467	252
Varmepumper [kWh per år]	366 703	226 360	122 234
El.behov varmepumper [kWh per år]	91 676	56 590	30 559
Elektrisitet [kWh per år]	702 848	679 080	573 823
Vindturbiner antall à 15 kW	23	23	19
Vindturbiner antall à 6 kW	59	57	48
El. behov uten varmepumper [kWh per år]	611 172	622 490	543 264
Vindturbiner antall à 15 kW	20	21	18
Vindturbiner antall à 6 kW	51	52	45

Tabell 22: Mulige energikilder til en plusskole og en beregning av nødvendig mengde av disse energikildene for skolebygg bygget ut fra forskjellige byggestandarder

elektrisitetsforbruket i skolesektoren. Ut fra fordelingen på de forskjellige energibærerne som vises i tabell 19, er det også klart at det vil gi stor klimagevinst å erstatte oljen og parafinen som brukes, med fornybare alternativer.

Som utgangspunkt for casen på skolebygg er det i tabell 21 satt opp en oversikt over energibehovet til et skolebygg. Inndelingen mellom varme og varmtvann er noe omtrentlig, men bygger på en antagelse om at om lag 60 prosent av energien brukes på varme etter dagens standard. For lavenergi- og passivbygg er det antatt et oppvarmingsbehov lik det beregnet i tabell 10, mens det er antatt en noe lavere nedgang i energibehovet til oppvarming av varmtvann. Det samlede varmebehovet for alle de tre byggestandardene tilsvare summen av energibehovet til oppvarming av rom og varmtvann.

På samme måten som for plusshotellet fins det en rekke forskjellige strategier for å redusere energibehovet ned til det nivået som er nødvendig for å oppnå en passivbyggstandard. En sentral forskjell på skolebygg og hoteller er skolebyggenes begrensede brukstid. Mens hoteller er i mer eller mindre bruk hele tiden, har skolebygg den fordel at de med få unntak bare brukes på dagtid. Dette gjør det mulig å redusere oppvarming og ventilasjon til et minimum på ettermiddags- og kveldstid samt i helger og ferier. Det gir også gode muligheter til å kombinere direkte solinnstråling med termisk masse for å redusere oppvarmingsbehovet og eliminere et eventuelt kjølebehov.

Etter at energibehovet er redusert til passivbyggstandard, er det nødvendig å finne hensiktsmessige energikilder for å dekke behovet for oppvarming,



	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Elektrisitet [kWh per år]	1 084 831	976 178	786 036
Vindturbiner antall à 15 kW	36	33	26
Vindturbiner antall à 6 kW	90	81	66

Tabell 23: Beregning av nødvendig antall vindturbiner for å generere elektrisitet nok til å kompensere for energien som vil bli brukt til oppføring og avhending av bygget

Energikostnader			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Totalt energibehov [kWh per år]	1 527 930	1 188 390	848 850
Total årlig energipris [NOK]	1 273 988	990 880	707 771
Energibehov til varme [kWh per år]	916 758	565 900	305 586
Innsparingspotensial [NOK]	764 393	471 847	254 798
El. behov med varmepumpe [kWh per år]	702 848	679 080	573 823
Innsparing på å produsere el. [NOK]	586 034	566 217	478 453
El. behov uten varmepumpe [kWh per år]	611 172	622 490	543 264
Innsparing på å produsere el. [NOK]	509 595	519 032	452 974

Tabell 24: Mulig innspart energikostnad ved ikke å kjøpe elektrisitet fra strømmettet til å dekke skolens forskjellige energibehov

varmtvann og elektrisitet. Også for skolebygg kan det virke som den mest hensiktsmessige kombinasjonen av energikilder er solfangere, varmepumper og vindturbiner. Det gis i dag støtte til installasjon av solfangere og varmepumper, og olje- og energiminister Terje Riis-Johansen har uttrykt et sterkt ønske om flere små vindturbiner (Olje- og energidepartementet, 2009b). På denne bakgrunn kan det virke helt på sin plass at et offentlig foregangsbygg, som en plusskole vil være, benytter seg av disse energikildene.

I tabell 22 er det gjort et anslag på hvor stort areal solfangere og hvor mange vindturbiner som trengs for å dekke plusskolens energibehov. Det er lagt inn tall for skoler bygget etter dagens forskrifter og lavenergiskoler i tillegg til passivskoler. Men ut fra målet om at energibehovet i utgangspunktet skal være så lavt som mulig, er det egentlig bare passivskolen som er interessant.

På samme måte som for plusshotellet er det nødvendig med økt elektrisitetsproduksjon for å dekke inn de 20 prosentene av bygningens totale energiforbruk over levetiden som gikk med til bygging og vil gå med til riving. Tabell 23 viser det nødvendige antallet vindturbiner for å dekke skolens behov for elektrisitet til vanlig direkte bruk, til varmepumper og til de ekstra 20 prosentene.

Å la bygget generere sin egen energi vil innebære

en del ekstra kostnader i utbyggingsfasen, men samtidig vil byggeieren i driftsfasen spare en god del på at en ikke trenger å kjøpe energi. Et anslag på innsparingene er gitt i tabell 24. Grunnlaget for energiprisen er gitt i tabell 16.

I tillegg til innsparingene vil skolen ha en viss inntjening på salget av den elektrisiteten skolen ikke bruker, rundt 20 prosent av det totale energiforbruket til bygget. Det er vanskelig å anslå hvilken pris skolen vil få for denne energien, men ut fra de samme antagelsene som ble gjort for plusshotellet, ser det ut til at skolen kan tjene i overkant av 130 000 årlig. Heller ikke her er det tatt med i regnestykket at det kan komme vedlikeholdsutgifter på vindturbinene som reduserer inntjeningen.

Årlig inntjening på elektrisitetssalg	
Overskuddslektrisitet [kWh]	212 213
Pris [kr/kWh]	0,63
Inntekt [kr]	133 694

Tabell 25: Beregning av potensielle inntekter fra salg av overskuddslektrisitet fra skolen

### 11.3 Enebolig

Boligbygg er ikke blant de bygningskategoriene det bygges mest av. Samtidig var garasjer, uthus og annekser i tilknytning til boliger den bygningstypen det ble bygget nest flest av i Norge i 2008, bare slått av fritidsboliger og sommerhus (Statistisk sentralbyrå, 2009b). Flere av mulighetene for integrering av energiproduksjon i boliger kan også integreres i garasjer for så å utnytte energien i den eksisterende boligen.

Med utgangspunkt i oversikten over energibruken i eneboliger er det klart at å bygge boliger som stiller lavenergi- eller helst passivhuskrav, vil innebære en meget stor reduksjon i bygningens energibehov. For å klare kriteriene til lavenergi- eller passivhus vil det i utgangspunktet ikke være tilstrekkelig å redusere oppvarmingsbehovet til et minimum.

Rammen for energibehov til oppvarming i et passivhus på 150 m<sup>2</sup> vil være 16,5 kWh/m<sup>2</sup>. Dette tilsvarer om lag 20 prosent av det gjennomsnittlige energibehovet til oppvarming i dag. Rammen for energibehov til oppvarming i lavenergihus av denne størrelsen er 32,5 kWh/m<sup>2</sup>. Å oppnå et så lavt energibehov til oppvarming i boliger vil medføre strenge krav. Energi må brukes så hensiktsmessig som mulig, og den eksisterende varmen må bli tatt godt vare på i form av isolasjon og varmegjenvinning.

Beregningene i denne casen tar utgangspunkt i tabell 27 over energibehovet til en enebolig på 150 m<sup>2</sup> ut fra forskjellige byggestandarder.

For å dekke dette energibehovet kan man benytte de samme energikildenes som det er lagt opp i de foregående casene. Eneboligens energibehov er betydelig mindre

Enebolig	Energiforbruk i kWh/m <sup>2</sup> per år	Andel av totalt energiforbruk
Areal målt i m <sup>2</sup>	150	
Energiforbruk	178	
Oppvarming	82	46 %
Tappevann	14	8 %
Kjøling	20	11 %
Belysning	14	8 %
Vasking	20	11 %
Annen elektrisitet	28	16 %
<b>Energiforbruk fordelt på energibærere</b>		
Elektrisitet	139	78 %
Olje og parafin	11	6 %
Fjernvarme	1	0,5 %
Ved	28	16 %

Tabell 26: Energibruk i en gjennomsnittlig norsk bolig

Kilder: (Norges Vassdrags- og Energidirektorat , 2009b; Statistisk Sentralbyrå, 2008b)

Energibehov i enebolig			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Areal enebolig [m <sup>2</sup> ]	150	150	150
Total energibruk [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	135,7	95	80
Energi til oppvarming [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	62,4	32,5	16,5
Energi til varmtvann [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	14	12	11
Elektrisitet [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	59,7	50,5	52,5
Totalt årlig energiforbruk [kWh pr år]	20350	14250	12000
Varmebehov [kWh pr år]	11396	6675	4125
Elektrisitetsbehov [kWh pr år]	8954	7575	7875

Tabell 27: Energibehovet i en gjennomsnittlig enebolig ut fra forskjellige byggestandarder

Energikilder til enebolig			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Varme [kWh per år]	11 396	6 675	4 125
Solfangere [kWh per år]	6 838	4 005	2 475
Areal solfangere Oslo [m <sup>2</sup> ]	9	6	3
Varmepumper [kWh per år]	4 558	2 670	1 650
El.behov varmpumper [kWh per år]	1 140	668	413
Elektrisitet [kWh per år]	10 094	8 243	8 288
Vindturbiner antall à 15 kW	0,3	0,3	0,3
Vindturbiner antall 6 à kW	0,8	0,7	0,7
El. behov uten varmpumper [kWh per år]	8 954	7 575	7 875
Vindturbiner antall à 15 kW	0,3	0,3	0,3
Vindturbiner antall à 6 kW	0,7	0,6	0,7

Tabell 28: Mulige energikilder for et plusshus og en beregning av den nødvendige mengden av de forskjellige energikildene

	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Elektrisitet [kWh per år]	15 181,5	11 805,5	11 288,0
Vindturbiner antall à 15 kW	0,5	0,4	0,4
Vindturbiner antall à 6 kW	1,3	1,0	0,9

Tabell 29: Beregning av nødvendig antall vindturbiner for å generere elektrisitet nok til å kompensere for energien som vil bli brukt til oppføring og avhending av bygget

Energikostnader			
	Dagens standard	Lavenergi	Passiv
Totalt energibehov [kWh per år]	20 350	14 250	12 000
Total årlig energipris [NOK]	16 968	11 882	10 006
Energibehov til varme [kWh per år]	11 396	6 675	4 125
Innsparingspotensial [NOK]	9 502	5 566	3 439
El. behov med varmpumpe [kWh per år]	10 094	8 243	8 288
Innsparing på å produsere el. [NOK]	8 416	6 873	6 910
El. behov uten varmpumpe [kWh per år]	8 954	7 575	7 875
Innsparing på å produsere el. [NOK]	7 466	6 316	6 566

Tabell 30: Mulig innspart energikostnad ved ikke å kjøpe elektrisitet fra strømmettet til å dekke boligens forskjellige energibehov

enn energibehovet til hotellet og skolen. Dermed kan det se ut til at de to vindturbinotypene som er brukt som eksempel i de foregående casene, er større enn nødvendig for å dekke elektrisitetsbehovet til drift av boligen. Dette kommer frem i tabell 28.

Men som tidligere nevnt må elektrisitetsproduksjonen økes med 20 prosent av det totale energibehovet for at eneboligen skal fylle definisjonen av plusshus. Med denne økningen kan det ut fra tabell 29 se ut til at en vindturbin på 6 kW er passende.

Som for hotellet og skolen vil det å installere utstyr for energigenerering innebære en ekstra investeringskostnad i forbindelse med bygging av huset, mens denne energigenereringen vil føre til reduserte energikostnader i husets driftstid. De innsparte energikostnadene er gitt i tabell 30.

Siden energibehovet er så lavt, vil inntjeningen på å selge 20 prosent overskuddsproduksjon også bli svært lav. Ut fra de samme antagelsene som er gjort i de foregående casene, ser det ut til at eierne av eneboligen kan tjene om lag 1500 kroner på å selge overskuddsproduksjonen til nettet.

## 12 Konklusjon og anbefalinger

Det er teknisk mulig å bygge plusshus i Norge i dag. Dette må gjøres ved å redusere byggets energibehov til et minimum og i tillegg installere utstyr til generering av fornybar energi i huset, som solfangere og små vindturbiner. Det er flere tilgjengelige teknologier til dette formålet, og disse teknologiene er allerede i bruk i flere andre europeiske land. Et helt annet spørsmål er hvor gjennomførbart det er å bygge plusshus ut fra norsk lovverk og norske rammebetingelser.

Det er også et interessant spørsmål om plusshus egentlig er hensiktsmessig ut fra et klimaperspektiv i Norge. På kort sikt vil det viktigste klimatiltaket for byggesektoren være energieffektivisering i hele byggemassen. Plusshus kan være en viktig inspirasjonskilde både innen energieffektivisering og gi muligheter innen energiproduksjon i den fasen. På sikt vil plusshus bli en løsning som passer for en større andel av nye bygg. En sentral grunn til dette er spørsmålet rundt arealbruk til energiproduksjon. Fornybar energiproduksjon innebærer i de fleste tilfeller at det legges beslag på naturarealer. En økende energiproduksjon i tettbygde strøk kan redusere behovet for utbygginger i urørt natur noe.

I dag er det største hinderet for plusshus at det verken fins lovverk eller støtteordninger som legger til rette for denne typen bygninger. For å kunne levere strøm

til nettet er det nødvendig å transformere strømmen opp til nettspenning, som i distribusjonsnettet vanligvis er mellom 11 og 22 kV. Energiproduksjon med spenning over 1 kV er konsesjonspliktig. Dermed vil alle som ønsker å bygge et plusshus, også være avhengig av å få energikonsesjon til energianlegget på bygget. Et annet lovmessig hinder for plusshus kan være kommunale arealplaner. Det er ingen selvfølge at disse åpner for energiproduksjon i områder satt av til andre næringsformål eller boliger.

Forutbyggere vil de økonomiske barrierene for plusshus være store. Bygging av svært energieffektive hus er i seg selv dyrere enn å bygge i henhold til eksisterende byggeregler. På toppen av denne merkostnaden kommer kostnadene tilknyttet energisystemet i bygget. Miljøvennlige oppvarmingsløsninger basert på fornybar energi vil i mange tilfeller lønne seg i løpet av installasjonens levetid, men investeringskostnadene kan være høye og representerer en stor barriere. Her fins det imidlertid muligheter for å få noe støtte fra Enova, men i mange tilfeller er støttebeløpet tilsynelatende for lavt til å utløse bygging.

I casene i denne rapporten er det gjort en vurdering av lønnsomheten i å bygge anlegg for egen produksjon av varme og elektrisitet. Her ser det ut til at produksjon av varme for å dekke eget forbruk er økonomisk fornuftig. Produksjon av elektrisitet vil også være økonomisk forsvarlig så lenge produksjonen går til å dekke eget forbruk. Overskuddsproduksjon av elektrisitet vil i utgangspunktet ikke lønne seg med dagens kraftpriser og priser på grønne sertifikater.

Energisystemet, fra strømmåler til vindturbin, til elektrisitetsproduksjon innebærer en ikke ubetydelig kostnad i et byggeprosjekt. Samtidig er dette et system som faller litt mellom to stoler blant de etablerte støtteprogrammene hos Enova. Frem til strømmen fra disse anleggene kan få støtte via ordningen med grønne sertifikater, er det fornuftig om Enova finner rom til å støtte foregangsprosjekter for plusshus i alle størrelser. Dette kan skje gjennom et av de etablerte støtteprogrammene for teknologiutvikling og energiløsninger.

For å få så energieffektive bygg som mulig og dessuten sikre et godt innemiljø trengs et kompetanseløft om nye byggemetoder i byggenæringen. Dette er en utfordrende oppgave. Byggenæringens struktur med svært mange små selskaper gjør det vanskelig å sikre at alle aktørene innehar den nødvendige kunnskapen om hvordan byggene skal bli så energieffektive som mulig uten at det oppstår farer for fukt eller sopp som vil være skadelig for innemiljøet. Vannbårne

varmeanlegg og integrerte energiløsninger for oppvarming og elektrisitet vil også stille nye og strenge krav til håndverkerne som skal sette opp anleggene.

I dagens byggforskrifter stilles det krav til energibehovet i alle nye bygninger, men det fins ingen kontrollmekanismer for å sjekke faktisk energibruk i bygningene. Etter hvert som bygningene blir eldre, er det heller ingen kontroll som sikrer at energibruken holder seg lav. I ordningen med energimerking av bygg som nå innføres i Norge, er det lagt opp til at byggeierne selv rapporterer inn energibruk og får et energimerke. I forbindelse med salg og utleie må bygg ha et energimerke, men dette merket kan være opptil ti år gammelt.

Innføring av et energimerkesystem muliggjør gode kontrollmekanismer for energibruken i hele byggemassen. For at kontrollen skal utføres på en god nok måte er det fornuftig å bruke utdannet personell til å gjennomføre energimerkingen. For plusshus vil det i tillegg være viktig å kontrollere at man får det forventede utbyttet fra energiinstallasjonene. Det bør stilles krav til ny energimerking i forbindelse med salg og utleie av bygninger for å sikre at det ikke har skjedd endringer i bygget siden det ble energimerket.

Regjeringen har i dag en opptrappingsplan for å få til stadig mer energieffektive bygg. Det er viktig at tempoet i planen økes og at det også legges inn skritt for hvordan bygninger kan begynne å produsere hele eller deler av energibehovet sitt selv. Bygningene som oppføres i dag, skal stå i svært lang tid fremover. Da er det spesielt viktig at vi bygger disse så godt som dagens teknologi tillater og at det etterstrebes å legge til rette for mest mulig energiproduksjon i bygget. Dagens mål om å vurdere passivhus som standard i 2020 er for defensivt tatt i betraktning størrelsen på klimaproblemet. Innen 2020 må det være en selvfølge at alle nybygg er så energieffektive som mulig, samt at alt ligger til rette for at alle bygg som har gode energiforekomster som sol og vind kan utnytte disse og bli plusshus.

## 12.1 Anbefalinger

Denne rapporten omhandler plusshus, men gir også lærdom om energibruk i bygg generelt. På bakgrunn av rapporten vil ZERO komme med noen anbefalinger for å redusere energibruken i alle bygg til et minimum. Disse tiltakene vil gjøre at plusshus også kan komme nærmere realisering, men vil først og fremst gjelde hele bygningssektoren:

- Innføring av investeringsstøtte til alle byggeiere som bygger mer energieffektivt enn gjeldende

byggforskrifter.

- Økte bevilgninger til Enova til fornybar varmeproduksjon i alle typer bygg slik at alle kvalifiserte søkere kan få tilsagn raskt og støttebeløpet kan økes.
- Det er nødvendig med en kompetansereform i byggenæringen med fokus både på energieffektive bygg og bygningsintegreerte energiløsninger.
- Tilrettelegging for tettere samarbeid mellom arkitekter og byggherrer.
- Innføring av krav til energieffektivisering i forbindelse med renovering av eksisterende bygg.
- Utdanning av byggkontrollører som er ansvarlige for energimerkingen av alle bygg, samt pålegg om kontroll av alle bygninger i forbindelse med oppussing og renovering, salg og utleie.

I tillegg anbefaler ZERO følgende tiltak for å legge til rette for de første norske plusshusene:

- Enova bør støtte utbygging av demonstrasjonsprosjekter for plusshus i alle størrelser.
- Det bør innføres enklere regelverk og raskere saksgang for energianlegg tilknyttet bygninger som leverer strøm til nettet. En måte å gjøre dette på er å la sakene håndteres av NVE lokalt slik det i dag gjøres med de minste småkraftverkene.
- Det neste store statlige byggeprosjektet bør være et plussbygg
- Det bør innføres et eget energimerke for plusshus.

## 13 Kilder

- Appleyard, D. (2009, March 7). Small-scale Wind Power in the UK . Renewable Energy World. Retrieved July 16, 2009, from <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/07/small-scale-wind-power-in-the-uk>.
- AS Rockwool. (2009, June 7). Frostmengde og årsmiddeltemperatur . Rockwool - Brannsikker isolasjon. Retrieved July 6, 2009, from <http://guiden.rockwool.no/konstruksjoner/isolering-i-grunn/frostmengde-og-aarsmiddeltemperatur?page=2183>.
- Asak Nilsen, H. (2009, August 31). Energiforbruk i skolebygg.
- Askheim, L. O. (2009, Mai 9). Store norske leksikon - distribusjonsnett. Store Norske Leksikon. Hentet September 14, 2009, fra <http://www.snl.no/distribusjonsnett>.
- Bakke, J. V. (2007). Oppvarming - Varmekilder og inneklima. Allergi i praksis, 4, 32-37.
- BioWaz. (2008). Spørsmål og svar om biogass. BioWaz - From Waste to Energy. Retrieved July 21, 2009, from <http://biowaz.com/Faq.aspx>.
- Bjørke, S. (2009). Vedrørende høring : Energimerkingsdirektivet. Oslo. Retrieved from <http://www.elektronikkbransjen.no/file.php?id=260>.
- Bundestag. (2008). Revising the Legislation on Renewable Energy Sources in the Electricity Sector and Amending Related Provisions. Hentet September 23, 2009, fra [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg\\_2009\\_en.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_2009_en.pdf).
- Bunker, J. (2001). The role of medical care in contributing to health improvements within societies. International Journal of Epidemiology, 30, 1260-63.
- Bunker, P., Frazier, H., & Mosteller, F. (1994). Improving health: Measuring effekts of medical care. The Milbank Quarterly, 72, 225-258.
- Bygg uten grenser. (2009, June 7). Slutt på glasspalasser | Bygg uten grenser. Retrieved July 7, 2009, from <http://bygguten-grenser.no/fordeler/slutt-pa-lasspalasser>.
- Claesson-van Ooijen, A. C., Westerterp, K., Wouters, L., Schoffelen, P., van Steenhoven, A., & van Marken Lichtenbelt, W. (udatert). Heat production and body temperature during cooling and rewarming in overweight and lean men. Obesity (Silver spring), 14, 1914-1920.
- Dagens Næringsliv. (2009, August 28). forsiden - DN.no. Nøkkeltall/Valuta. Retrieved August 28, 2009, from <http://www.dn.no/>.
- Dokk Holm, E. (2009, July 7). Betongens venner ( kommentar ). E24. Retrieved July 7, 2009, from <http://e24.no/kommentar/spaltister/holm/article3158321.ece>.
- EFTA Court. (2009, May 13). JUDGMENT OF THE COURT 13 May 2009 (Failure by a Contracting Party to fulfil its obligations – Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings). Retrieved July 23, 2009, from [http://www.eftacourt.int/images/uploads/6-08\\_Judgment\\_E.pdf](http://www.eftacourt.int/images/uploads/6-08_Judgment_E.pdf).
- Ener-produkt AS. (2009, August 26). Effektiv ventilasjon, frikjøling, varmegjenvinning. Ener-produkt AS. Retrieved August 26, 2009, from <http://www.ener.no/index.php?side=produkter&produkt=733&kategori=67>.
- Engelsen, C. J., Fossdal, S., & Wærp, S. (2007). Miljømessige aspekter ved bruk av betong. Trondheim: SINTEF Byggeforsk. Retrieved July 6, 2009, from [http://byggutengrenser.no.s7.subsys.net/filer/nedlasting/Sintef\\_Betong\\_tre\\_rapport\\_260207.doc](http://byggutengrenser.no.s7.subsys.net/filer/nedlasting/Sintef_Betong_tre_rapport_260207.doc).
- Enova. (2009, Juli 1). Tilskuddsordninger for husholdningene - Status per juli 2009. Enova Hjemme. Hentet September 23, 2009, fra <http://www.minenergi.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1013>.
- Enova. (2009a, July 15). Enovas støtteprogram for bolig, bygg og anlegg. Enova Næring. Retrieved July 15, 2009, from <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1260>.
- Enova. (2009b, July 14). Sentrale styringsanlegg - Hva er et varmestyringsanlegg. Retrieved July 16, 2009, from <http://minenergi.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1028>.
- Enova. (2008 8). Kjøpsveileder - Hjelp til deg som skal kjøpe solfanger. Retrieved July 16, 2009, from <http://minenergi.no/file.axd?fileID=12>.
- Enova. (2007). Ressursgrunnlag geotermisk energi. Fornybar.no. Retrieved July 20, 2009, from <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1054>.
- Enova. (2009a, March 19). Program for konvertering av varmeanlegg i bygg - fra elektrisk oppvarming til vannbåren varme . Retrieved July 15, 2009, from <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=2495>.
- Enova. (2009b, February 21). Tilskuddsordninger for husholdningene - videreføring. Retrieved July 15, 2009, from <http://minenergi.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1013&overrideArticleID=213>.
- Enova. (2009c, May 15). Enovas vindkraftprogram 2009. Retrieved July 15, 2009, from <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1311>.
- Enova. (2009d, March 26). Innovative energiløsninger – Støtte til teknologiutviklere med ny energiteknologi. Retrieved July 15, 2009, from <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=2481>.
- Enovas bygningsnettverk. (2003). Bygningsnettverkets energistatistikk 2002. Trondheim: Enova. Retrieved July 17, 2009, from <http://naring.enova.no/file.axd?fileid=292>.
- EurActiv.com. (2009, April 24). Parliament calls for zero-energy buildings from 2019 | EU - European Information on Energy Efficiency. EurActiv.com. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.euractiv.com/en/energy-efficiency/parliament-calls-zero-energy-buildings-2019/article-181623>.
- Fanger, P. (2006). What is IAQ. Indoor Air, 16, 328-334.
- Farhar, B. C., Coburn, T. C., & Murphy, M. (2004). Large-Production Home Builder Experience with Zero Energy Homes. Presented at the ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove, California: National Renewable Energy Laboratory. Retrieved from <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35913.pdf>.
- Farstad, H. (2009, July 15). Svensk solcellsbidrag snabbt populært. Europower. Retrieved July 21, 2009, from [http://www.europower.com/site/ep\\_article.php?artid=5188](http://www.europower.com/site/ep_article.php?artid=5188).
- Forbrukerrådet. (2009, July 20). Hva er et passivhus? Forbrukerportalen. Retrieved July 20, 2009, from <http://forbrukerportalen.no/temaer/bolig/artikler/passivhus>.
- Førde, M., Klokk, S., Risnes, H., & Iversen, V. (2003). Varmestudien 2003 - Grunnlag for utbygging og bruk av varmeenergi i det norske energisystemet. Trondheim: Enova. Retrieved June 25, 2009, from <http://www.enova.no/minas27/publicationdetails.aspx?publicationID=102>.
- Halvorsen, B. E. (2009, July 14). Oslos mest miljøvennlige hus. Aftenposten. Retrieved July 15, 2009, from <http://www.aftenposten.no/bolig/article3168646.ece>.
- Haugen, A. (2009, June 28). Energibehov for hotell.
- Hauk Ringvold, L. (2009, June 16). Hydro Byggesystemer og Wiconas testsenter i Bellenger. Hydro Vækerø.
- Hellweg, S., Demou, E., Bruzzi, R., Meijer, A., Rosenbaum, R., Huijbregts, M., mfl. (2009). Integrating human indoor air pollutant exposure within Life Cycle Impact Assessment. Environ Sci Technol., 43(6), 1670-9.
- Holt, M. (2008, December 2). Varmegjenvinning senket energikostnadene. Horecanytt. Retrieved July 17, 2009, from <http://www.horecanytt.no/id/21844.0>.
- Hällén, J. (2009, March 19). Full snurr på taket i Göteborg - Ny Teknik. Retrieved April 29, 2009, from <http://www.nyteknik>.

- se/nyheter/energi\_miljo/vindkraft/article540965.ece.
- International Energy Agency. (2009, March 23). Net Zero Energy Buildings || Plus-Energy Settlement in Freiburg. Retrieved April 27, 2009, from <http://iea40.buildinggreen.com/overview.cfm?projectid=1336>.
- Johansen, A. B. (2009, April 2). Klima og miljø: Åtte forskningsentre for miljøvennlig energi. Norges Forskningsråd. Retrieved July 21, 2009, from <http://forskingsradet.no/no/Nyheter/Atte+Forskningssentre+for+miljovennlig+energi/1233557729850>.
- Kommunal- og regionaldepartementet. (2009a). Høringsbrev - Forskrifter til byggesaksdelen i plan- og bygningsloven. Oslo. Retrieved July 6, 2009, from <http://www.regjeringen.no/nb/dep/krd/dok/hoeringer/hoeringsdok/2009/byggesakforskrift/horingsbrev.html?id=564951>.
- Kommunal- og regionaldepartementet. (2009b). Høring - Forslag til forskrifter til ny plan- og bygningslov (teknisk forskrift). Oslo. Retrieved June 29, 2009, from [http://www.regjeringen.no/upload/KRD/Vedlegg/BOBY/horinger/H%C3%B8ring%20-%20Forslag%20til%20forskrifter%20til%20ny%20plan-%20og%20bygningslov%20\(teknisk%20forskrift\).pdf](http://www.regjeringen.no/upload/KRD/Vedlegg/BOBY/horinger/H%C3%B8ring%20-%20Forslag%20til%20forskrifter%20til%20ny%20plan-%20og%20bygningslov%20(teknisk%20forskrift).pdf).
- KraftNytt. (2009a, April 5). Mikroproduksjon av el – næsta stora omvålvning på elmarknaden? Retrieved May 5, 2009, from <http://www.kraftnytt.no/default.asp?page=1&article=52058>.
- KraftNytt. (2009b, July 7). KraftNytt - Forsiden / Huseiere kjører grønt med vindmøller. Retrieved July 16, 2009, from <http://www.kraftnytt.no/default.asp?page=1&article=53075>.
- Kristjansdottir, T. F., & Høystad, D. A. (2007). Energifrigjøring i bygg: "Norges største kraftverk." Oslo: Norges Naturvernforbund. Retrieved May 5, 2009, from [http://www.naturvern.no/data/f/1/08/56/6\\_2401\\_0/norges\\_storste\\_kraftverk.pdf](http://www.naturvern.no/data/f/1/08/56/6_2401_0/norges_storste_kraftverk.pdf).
- Kristjansdottir, T. F., Høystad, D. A., & Johannesson, A. (2008). En kWh spart er bedre enn en kWh produsert. Oslo: Norges Naturvernforbund. Retrieved May 5, 2009, from [http://www.naturvern.no/data/f/1/18/80/1\\_2401\\_0/Innspart-kWh\\_12\\_juni-1.pdf](http://www.naturvern.no/data/f/1/18/80/1_2401_0/Innspart-kWh_12_juni-1.pdf).
- Lauritzen, B. (2009, July 27). Saksbehandlingskø for småkraft i NVE.
- Mckeown, O. (1979). The role of medicine - Dream, mirage or nemesis (2. utg.). Oxford: Oxford University Press for the Nuffield Provincial Hospitals.
- Moseng, O. (2003). Ansvaret for undersåttens helse 1603-1850. Det offentlige helsevesen i Norge 1603-2003. Oslo: Universitetsforlaget.
- NCC. (2009). NCC i Norge - NCC. Om NCC. Retrieved July 22, 2009, from <http://www.ncc.no/no/OM-NCC/NCC-i-Norge/>.
- NordPool. (2009, August 28). TradesNor - NordPool. NordPool. Retrieved August 28, 2009, from <http://www.nordpool.com/System/FinanceMarket/tradesNor/>.
- Norges vassdrags- og energidirektorat . (2009a, January 16). Andre energianlegg. Retrieved July 15, 2009, from <http://nve.no/no/Konsesjoner/Andre-energianlegg/>.
- Norges vassdrags- og energidirektorat . (2009b, September 2). Konsesjonspliktavurdering. Norges vassdrags- og energidirektorat. Retrieved July 22, 2009, from <http://nve.no/no/Konsesjoner/Vannkraft/Konsesjonspliktavurdering/>.
- Norges vassdrags- og energidirektorat . (2009c, July 22). NVE : Beregning av karakter. Energimerking: Bygg. Retrieved July 22, 2009, from [http://www.energimerking.no/modules/module\\_109/publisher\\_view\\_product.asp?iEntityId=23769&mids=a2880a2882a](http://www.energimerking.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=23769&mids=a2880a2882a).
- Norges vassdrags- og energidirektorat . (2009d, March 7). NVE : Energibruk i norske bygg. Retrieved July 3, 2009, from [http://www.bygningsenergidirektivet.no/modules/module\\_109/publisher\\_view\\_product.asp?iEntityId=8560&noscript=&mids=a1372a1375a](http://www.bygningsenergidirektivet.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=8560&noscript=&mids=a1372a1375a).
- Norsk Standard. (2009, October 2). Passivhus – ny standard på høring. Retrieved July 2, 2009, from <http://www.standard.no/no/Nyheter-og-produkter/Nyhetsarkiv/Bygg-anlegg-og-eiendom/2009/Passivhus--ny-standard-pa-horing/>.
- Norske arkitekters landsforbund. (2009, July 7). Ecobox prosjektdatabase. Retrieved July 7, 2009, from <http://www.arkitektur.no/?nid=84523&lcid=1044>.
- Norske arkitekters landsforbund. (2008, November 15). Solhuset Karakter | NAL. NAL Ecobox. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.arkitektur.no/?nid=120928&pid0=84639&type=136083&pid2=84682>.
- Norske arkitekters landsforbund. (2009, March 2). Ciens | NAL. Ecobox prosjektdatabase. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.arkitektur.no/?nid=78492&pid0=84639&type=136107&pid2=84682>.
- Norske arkitekters landsforbund. (2008, November 15). FN-huset i Arendal | NAL. Ecobox prosjektdatabase. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.arkitektur.no/?nid=160682&pid0=84639&type=136107&pid2=84682>.
- NTB. (2009, May 16). Gir minus for plusshus-satsing. E24. Retrieved May 18, 2009, from <http://e24.no/makro-og-politikk/article3079374.ece>.
- NTNU, & Cicero. (2009, July 23). Carbon Footprints of Nations. A Global, Trade-linked Analysis . Carbon Footprint of Nations. Retrieved July 23, 2009, from [http://www.carbon-footprintofnations.com/content/calculator\\_of\\_carbon\\_footprint\\_for\\_nations/82/](http://www.carbon-footprintofnations.com/content/calculator_of_carbon_footprint_for_nations/82/).
- Olje- og energidepartementet. (2009a). Bedre nett og mer fornybar energi - proposisjon om endringer i energiloven. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/presesenter/pressemeldinger/2009/bedre-nett-og-mer-fornybar-energi.html?id=555696>.
- Olje- og energidepartementet. (2009b, November 9). Riis-Johansen ønsker satsing på småskala vindkraft. Regjeringen.no. Retrieved September 16, 2009, from <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/aktuelt/nyheter/2009/riis-johansen-onsker-satsing-pa-smaskal.html?id=576786>.
- Olsen, S. J. (2009a, September 7). Svært variabel hjemmevind. Teknisk Ukeblad. Retrieved July 9, 2009, from <http://www.tu.no/energi/article216406.ece>.
- Olsen, S. J. (2009b, July 22). 900 millioner i klimastøtte - Teknisk Ukeblad. Teknisk Ukeblad. Retrieved July 22, 2009, from <http://www.tu.no/energi/article217125.ece>.
- OSO Hotwater Norge. (2003). OSO ES 120 Varmegjenvinner. Retrieved July 20, 2009, from <http://www.oso.no/default.asp?uid=310>.
- PEGE. (2005). Row house to the electric power production. Retrieved April 27, 2009, from <http://live.pege.org/2005-plus-energy-village/row-house.htm>.
- QuietRevolution. (2008). projects | quietrevolution. QuietRevolution. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.quietrevolution.co.uk/projects.htm>.
- QuietRevolution. (2007). quietrevolution. Retrieved April 29, 2009, from <http://www.quietrevolution.co.uk/>.
- Regjeringen Stoltenberg 2 (2006). Klimavennlig politikk - regjeringen.no. Informasjon fra regjeringen og departementene. Retrieved July 22, 2009, from [http://www.regjeringen.no/nb/om\\_regjeringen/stoltenberg-ii/de\\_store\\_oppgavene/ansvar-for-klima/klimavennlig-politikk.html?id=448280](http://www.regjeringen.no/nb/om_regjeringen/stoltenberg-ii/de_store_oppgavene/ansvar-for-klima/klimavennlig-politikk.html?id=448280).
- Reine, H., Joys, C., Tiltne, S., & Ravnanger Landet, R. (2009 5). Energieffektiv utforming og bruk av bygg - Temahefte til Næringslivets klimapanel 2009.
- Reinås, J., Haugen, A., Fossli, G., Foss, M. H., Dokka, T. H., Hohle, E. E., et al. (2009). Lavenergiutvalget: Energieffektivisering. Oslo. Retrieved July 21, 2009, from [http://www.regjeringen.no/upload/OED/Rapporter/OED\\_Energieffektivisering\\_Lavopp.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/OED/Rapporter/OED_Energieffektivisering_Lavopp.pdf).

- Rypdal, K., & Flottorp, L. S. (2007 5). Utslippsfaktorer for materialer. Retrieved from [http://statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/fouprosj/miljo/11273\\_KlimagassregnskapSluttrappJuni07.pdf](http://statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/fouprosj/miljo/11273_KlimagassregnskapSluttrappJuni07.pdf).
- Ryvik, H., & Ulstein, K. (2006, May 5). NTNU og SINTEF presenterte resultater 4. mai: Smarte fasader kan gjøre bygninger selvforsynte med energi. Norges forskningsråd - Nyheter. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.forskningsradet.no/no/Nyheter/Smarte+fasader+kan+gjore+bygninger+selvforsynt+med+energi/1236685424043>.
- Rønning Vike, T. (2009, September 6). Strid i kjølvannet av cruiseturismen . Retrieved July 1, 2009, from <http://www.dn.no/d2/reise/article1688724.ece>.
- Rønning, T. (2009, May 6). Derfor er norske hus energijumboer . D2 - Dagens Næringsliv. Retrieved June 11, 2009, from <http://www.dn.no/d2/arkitektur/article1682552.ece>.
- Sandberg, T. (2009, April 7). Bedriftene tar miljøansvar. Dagsavisen. Retrieved July 14, 2009, from <http://www.dagsavisen.no/innenriks/article424460.ece?showLast=true&status=showall#responseLastComment>.
- Seehusen, J. (2009a, May 6). Advarer mot "ingeniørjuletrær". Teknisk Ukeblad. Retrieved July 8, 2009, from <http://www.tu.no/bygg/article211680.ece>.
- Seehusen, J. (2009b, November 6). Gigantsenter lokker med miljø - Teknisk Ukeblad. Teknisk Ukeblad. Retrieved July 23, 2009, from <http://www.tu.no/bygg/article213164.ece>.
- Selvig, E. (2007). Klimagassregnskap for utbyggingsprosjekter. Oslo: Civitas på oppdrag fra Statsbygg. Retrieved July 8, 2009, from [http://statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/fouprosj/miljo/11273\\_KlimagassregnskapSluttrappJuni07.pdf](http://statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/fouprosj/miljo/11273_KlimagassregnskapSluttrappJuni07.pdf).
- Skanska. (2009, July 22). Organisasjon - Om Skanska. Skanska - Om Skanska. Retrieved July 22, 2009, from <http://www.skanska.no/no/Om-Skanska/Skanska-i-Norge/>.
- Standard Norge. (2009). Kriterier for lavenergi- og passivhus - Boligbygninger. Oslo.
- Statens bygningstekniske etat. (2007, January 2). Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK) - Energiforbruk. Lovdata. Retrieved June 12, 2009, from <http://www.lovdata.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-2>.
- Statistisk sentralbyrå. (2009). Statistikkbanken, eksisterende bygninger i Norge 2009. Retrieved May 22, 2009, from [http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default\\_FR.asp?Productid=10.09&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=10.09&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10).
- Statistisk sentralbyrå. (2008a). Tabell 2 Gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk, totalt og fordelt på energibærere. 1993-1995, 2001, 2004 og 2006. kWh tilført energi per m2 boligareal per husholdning. Retrieved July 3, 2009, from <http://www.ssb.no/husenergi/tab-2008-04-28-02.html>.
- Statistisk sentralbyrå. (2008b). Tabell 5 Gjennomsnittlig energiforbruk, etter byggeår, region og boligareal. 1995, 2001, 2004 og 2006. kWh tilført energi per husholdning. Retrieved July 3, 2009, from <http://www.ssb.no/husenergi/tab-2008-04-28-05.html>.
- Statistisk sentralbyrå. (2008c). Tabell 8 Kombinasjoner av oppvarmingsutstyr i husholdningene for 2001, 2004 og etter hustype for 2006. Prosent. Retrieved June 30, 2009, from <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/tab-2008-04-28-08.html>.
- Statistisk sentralbyrå. (2009a, July 22). Tabell 1 Hovedtall for bygge- og anleggsvirksomhet. 2006 og 2007. Bygge- og anleggsvirksomhet, strukturstatistikk. Retrieved July 22, 2009, from <http://www.ssb.no/emner/10/09/stbyggnal/tab-2009-05-06-01.html>.
- Statistisk sentralbyrå. (2009b). Statistikkbanken, ferdigstilte bygg 2007 og 2008. Retrieved July 1, 2009, from [http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default\\_FR.asp?Productid=10.09&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=10.09&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10).
- Statnett. (2009, January 1). Sentralnettstariffen 2009 - Tariffhefte. Statnett. Retrieved September 16, 2009, from <http://www.statnett.no/Documents/Kraftsystemet/Tariffer%20og%20avtaler/Priser/Tariffhefte%202009.pdf>.
- Svanemerket. (2009). Miljømerking - Høring - nye krav til svanemerke hus. Oslo. Retrieved July 21, 2009, from <http://www.ecolabel.no/cgi-bin/svanen/imaker?id=12367>.
- Treindustrien, Treteknisk, Skogeierforbundet, & TreFokus. (2009). Treindustriens lille grønne. Treindustrien. Retrieved from [http://www.trefokus.no/Lille\\_gr%C3%B8nne\\_A5\\_jan\\_09\\_tVnhf.pdf](http://www.trefokus.no/Lille_gr%C3%B8nne_A5_jan_09_tVnhf.pdf).
- Tricorona. (2009, September 16). SKM - Svensk Kraftmäkling EL-certificate prices. Tricorona. Retrieved September 16, 2009, from <http://www.tricorona.se/priceinfo/>.
- Turnock, B. (2004). What is public health? What it is and how it works. I Public Health: What it is and How it works (3. utg.). Boston, Toronto, London, Singapore: Jones and Bartlett Publishers.
- Veidekke. (2009, July 22). Veidekke i Norge - Om Veidekke. Veidekke i Norge. Retrieved July 22, 2009, from [http://www.veidekke.no/norge/om\\_veidekke/](http://www.veidekke.no/norge/om_veidekke/).
- Wijers, S., Saris, W., & van Marken Lichtenbelt. (2007). Individual Thermogenic Responses to Mild Cold and Overfeeding Are Closely Related. *J Clin Endocrinol Metab*, 92, 4299-4305.
- Wilkinson, P., Pattenden, S., Armstrong, B., Fletcher, A., Kovats, R., Mangtani, P., mfl. (2004). Vulnerability to winter mortality in elderly people in Britain: population based study. *BMJ*, 329, 647.
- Wilkinson, P., Smith, K., Beevers, S., Tonne, C., & Oreszczyn, T. (2007). Energy, energy efficiency, and the built environment. *Lancet*, 370(9593), 1175-87.
- Wilkinson, P., Smith, K., Joffe, M., & Haines, A. (2007). A global perspective on energy: health effects and injustices. *Lancet*, 370(9591), 965-78.
- World Business Council for Sustainable Development. (2009). Energy Efficiency in Buildings - Transforming the Market. Geneva, Sveits. Retrieved June 24, 2009, from <http://62.50.73.69/transformingthemarket.pdf>.
- World Health Organization. (1999). Strategic approaches to indoor air policy-making. WHO. Hentet September 23, 2009, fra <http://www.euro.who.int/document/e65523.pdf>.
- World Health Organization. (2000). The Right to Healthy Indoor Air. Report on WHO Meeting in Bilthoven, Netherlands 15.-17. May 2000. Bilthoven, Nederland: WHO. Hentet September 23, 2009, fra <http://www.euro.who.int/document/e69828.pdf>.
- Wærp, S., Flåte, P. O., & Svanæs, J. (2008). MIKADO - Miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet. Et litteraturstudium. Oslo: Sintef Byggforsk. Retrieved July 8, 2009, from <http://www.sintef.no/project/MIKADO/Litteraturstudierapport%20-%20SB%20prapp%2014.pdf>.









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

**ZERO**