

# TEMA

Passivhus & Tegl



[bygg-i-tegl.no](http://bygg-i-tegl.no)



# TEMA

## Passivhus & Tegl

### INNHOLD

- 03 Forord
- 04 Det moderne huset er et passivhus
- 06 Egenskaper i tunge konstruksjoner
- 10 Inneklimaet bestemmer vårt ve og vel
- 14 Passivhuset er en tysk oppfinnelse
- 16 Kan oppvarmes med stearinlys
- 22 Økonomi



# Forord

**Klimaforandringer, energipriser og finanskriser har satt sine tydelige spor i den europeiske byggedagsorden. Lavenergi og passivhus er ikke lenger alternative boligformer for de få miljøbevisste. Det er nye standarder for boliger i alle hjørner av Europa.**

EU-kommisjonen har plassert bygging høyt oppe på den politiske dagsorden. Ikke så rart når man tenker på at vi oppholder oss innendørs 80-90 % av livet. EU's bygningsdirektiv har fokus på bygging i lavenergiklassen og ifølge de nye regler skal alle nye bygninger fra 2020 være "nesten null-energi bygninger", også kalt Nearly Zero Energy Buildings. Regjeringen legger opp til å skjerpe energikravene i byggeteknisk forskrift til passivhusnivå i 2015 og nesten null - energinivå i 2020.

I teglindustrien arbeider vi konstant med å utnytte de mulighetene som er i murverk. Flere hundre års erfaringer og byggeskikk viser at det er mye å hente i forhold til både bærekraft og energi, hvis man bare bruker materialet riktig. Teglets naturlige egenskaper passer som "hånd i hanske" til de kravene som stilles til både nåtidens og fremtidens boligbygging.

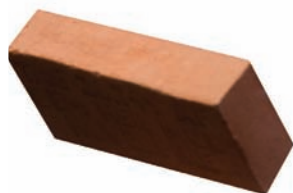
I dette temaheftet har vi valgt å sette fokus på passivhuset. Vi vil beskrive hva som er hva når man snakker om lavenergiboliger, passivhus, aktivhus og alle varianter av boligbegreper som peker i retning av forbedret boligkomfort og lavt energiforbruk. Vi vil også benytte anledningen til å illustrere hvordan tegl passer inn i moderne boligtenkning.

Men det er viktig å være oppmerksom på at energibesparelser bare er et enkelt element i utviklingen. Det er også helt avgjørende å være bevisst

på det totale ressursforbruket, både når det gjelder energi, økonomi, sunnhet og miljø – fra vugge til grav.

Vi skal bygge boliger som er komfortable og sunne å bo i. Vi skal bygge boliger som har et minimalt behov for vedlikehold. Ved å velge materialer som er vedlikeholdsfrie, og som samtidig har en lang levetid, unngår vi unødvendig tæring på ressurser. Vi skal velge materialer som kan gjenbrukes, og vi skal utnytte materialenes naturlige egenskaper.

Tommy Bisgaard  
Direktør



# Det moderne hus er et fullmurt passivhus

Man behøver ikke å være klimaforkjemper for å velge et passivhus. Det handler mer om å bygge et moderne hus som kombinerer gamle holdbare byggetradisjoner med nye tekniske og bærekraftige energiløsninger. Dermed sikrer man seg Det gode valg - et fremtids-sikkert valg.

Det handler om å bygge i tegl, en lufttett konstruksjon med super god isolering, og om å bruke energi-effektive vinduer uten kuldebroer. Bygger man etter passivhusstandarden, kan oppvarmingen av rommene gjøres med et ventilasjonsanlegg med varme-gjenvinning, mens et sol- eller jordvarmeanlegg kan etableres til varmtvannet.

Et passivhus har et 30-40 % mindre totalt energiforbruk enn det som er energirammen for et lavenergihus klasse 1. Høres det voldsomt ambisiøst ut? Kanskje!

Fremtidens hus skal faktisk allerede i år 2015 ha et energiforbruk på linje med et passivhus.

Passivhuskriteriene er utarbeidet av Passivhaus Institut i Tyskland, PHI, som er grunnleggeren av passivhus-konseptet.

## **Et passivhus oppfyller følgende:**

- Det totale årlige energibehovet til oppvarming av rom skal begrenses til under 15 kWh/m<sup>2</sup> innvendig boligareal.

- Det totale årlige primære energiforbruket til varmtvann, oppvarming/avkjøling av rom, ventilasjon, pumper husholningsstrøm, lys o.l. skal begrenses til 120 kWh/m<sup>2</sup> innvendig boligareal.

## **For Norge gjelder:**

NS 3700 som inneholder kriterier for passivhus og lavenergibygninger. Standarden er til praktisk nytte ved planlegging, bygging og evaluering av boliger med lavt energibehov og bruk av fornybare energikilder.





# Sertifisert passivhus

Thyholmhuset er et sertifisert fullmurt passivhus i Vejle i Danmark. De arkitektoniske prinsippene er tilpasset et villakvarter. Ytter- og innerveggene består av murstein, og fasaden er vannskurt i hvitt og sort, og huset har nesten ikke bruk for vedlikehold.

Thyholm Huset type 4 er et sertifisert passivhus som inngår i prosjektet Komforthusene i Vejle. Huset er bygget som en videreutvikling av forsøksboligene Thyholm Huset type 2 og 3, hvor formålet med forsøket var å påvise en mulig energibesparelse på opp til 50 % i et tungt, fullmurt bygg.

Thyholm Huset type 4 har et maks. varmebehov på under 15 kWh/m<sup>2</sup> pr. år. Huset har derfor ikke behov for ytterligere varmeinstallasjoner, fordi ventilasjonsanlegget fordeler varmen til rommene i huset. Man har oppnådd energi-besparelsene ved bevisst solorientering av glassarealene.

## Hoveddata

### Verifikasjonsdata

Romvarmebehov	15	kWh/m <sup>2</sup> år
Primært energibehov i alt	91	kWh/m <sup>2</sup> år
- uten husholdnings-strøm	36	kWh/m <sup>2</sup> år

### Bygningskroppen

Oppvarmet netto etasjeareal	145	m <sup>2</sup>
-----------------------------	-----	----------------

### U-verdier

Yttervegg	0,086	W/m <sup>2</sup> K
Tak	0,059	W/m <sup>2</sup> K
Dekke	0,066	W/m <sup>2</sup> K



Oppført: År 2008  
Byggherre: Komforthusene A/S  
Arkitekt: Møller Nielsens Tegnastue  
Ingeniør: Ekolab  
Entreprenør: Thyholm Murer A/S





# Egenskaper i tunge konstruksjoner

## Murstein sikrer termisk masse

Vil man sikre seg at passivhuset har en god evne til å holde på varmen om vinteren, bør man bygge innervegger og skillevegger i en tung konstruksjon som f.eks. murstein, i stedet for en lett konstruksjon av f.eks. tre og gips. Det handler om termisk masse.

Termisk masse er den tekniske betegnelsen som bestemmer byggematerialets evne til å oppta og avgir varme. Murstein og betong har en høy termisk masse, og er velegnet til å akkumulere overskuddsvarme. Veggene opptar varme om dagen og avgir den om natten. En lett konstruksjon i materialer som tre, gips, stål eller glass har ikke den samme evnen til å akkumulere overskuddsvarme.

Kort fortalt har tunge konstruksjoner noen egenskaper som gjør at risikoen for overopphetning om

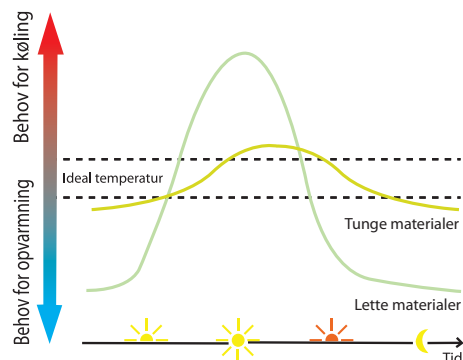
sommeren reduseres, slik at man ikke må bruke energi på avkjøling – mens huset i vinterperioden akkumulerer varme bedre. Energi-behovet til oppvarming og avkjøling, vil alltid være mindre i en tung konstruksjon i forhold til en lett konstruksjon.

Klimaforandringene vil føre til en temperaturstigning på +3 grader om sommeren, noe som øker behovet for avkjøling markant.

Forskjellene i energiforbruket betyr at ekstra lette konstruksjoner skal isoleres mer, eller man skal bruke andre installasjonsløsninger for å oppfylle kravene i de enkelte energiklasser.

## Fordeler ved termisk masse

- Termisk masse bidrar til en mer stabil innnetemperatur og dermed til et bedre innneklima.
- Kan redusere strømforbruket til avkjøling.
- Det er de ytterste ca. 10 cm av det tunge elementet som akkumulerer temperaturforskjellene, så det kreves ikke nødvendigvis store dimensjoner for å oppnå ønsket effekt.



**Når man bygger i tunge materialer som tegl, vil man kunne spare på energien i forhold til lette materialer, fordi man vil bruke mindre energi til oppvarming om vinteren og mindre energi til avkjøling om sommeren.**





# Ny forskning

## **Tunge bygg akkumulerer varmen bedre enn tidligere antatt**

Tunge bygg har en større innebygd energi- og klimafordel enn tidligere antatt. Det viser resultatene av et delprosjekt under energiforskningsprosjektet "Lavenergihus — Beregning av bygningers varmetap", som er finansiert av Energistyrelsen i Danmark.

Delprosjektet viser at forskjellen på tunge og lette bygningers varmekapasitet er større enn det, som hittil har vært retningsgivende. De nye

resultatene betyr, litt forenklet, at det vil være lettere for tunge bygg å leve opp til både nåværende og kommende energikrav, i motsetning til helt lette bygninger, som får bruk for mer isolering.

Prosjektet har beregnet at en ekstra tung bygning vanligvis vil ha et beregnet energibehov som er 10-15 % lavere enn en tilsvarende ekstra lett bygning.

**Klimaforandringene fører til et varmere klima og temperaturen vil stige med +3 grader både sommer og vinter. Konsekvensen er at fremtidens behov for oppvarming vil reduseres med 15 %, mens energienbehovet til avkjøling vil stige med 40 %.**

*Nordic Journal of Architectural Research*



## CO<sub>2</sub>-nøytrale bygg

### Ingen krav til bygningskomponenter

Det tyske Passivhaus Institut tester og sertifiserer bl.a. produkter for å finne ut om de egner seg i passivhus, men det er ikke et krav å bruke sertifiserte produkter for å få en status som passivhus.

### Første passive etasjebbygg

Den første passive etasjeeiendom i Norden, 'Rønnebækshave' i Næstved i Danmark, ble bygget i 2006. Bygningen er oppført som en boligblokk i gul murstein. Den består av 8 leiligheter i to plan, med et totalt bygningsareal på 600 m<sup>2</sup>.

Fordi bygningen er en lavenergi-bygning, tilføres varmen med en vann-til-vann varmepumpe. Den tunge mursteinkonstruksjonen bidrar til å regulere varmen.

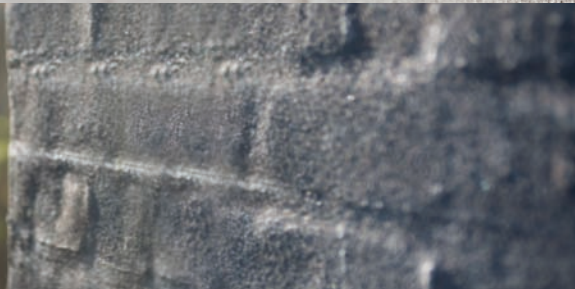
Til oppvarming av varmt bruksvann, er det installert et solfangfelt på 25 m<sup>2</sup> på taket. Det er også installert solceller, som dekker strømforbruket til driften av ventilatorene.



Rønnebækshave er også et av de første CO<sub>2</sub>-nøytrale bygg.

8 nye leiligheter i 'Rønnebæk II', er bygget i overensstemmelse med den tyske passivhus standarden. Det årlige forbruket til oppvarming er på kun 15 kWh/m<sup>2</sup>. Bygningen er oppført i murverk, med meget høy isolering, passivhusvinduer fra Tyskland, ventilasjon med motstrøms varmegjenvinning, 5 kWp solceller, 28 m<sup>2</sup> solfangere til varmt vann, samt jordvarmeanlegg. Byggherre: Domea. Arkitekt: Sunesons Tegnastue.





## Oslo 2014

Oslo bystyre har bestemt at alle kommunale nybygg skal som hovedregel bygges etter og tilfredsstille krav til passivhusstandard fra 2014. Dette er et ambisiøst og framtidsrettet miljømål.



## Livsløpsplaner

I tillegg vedtok bystyret at det skal utarbeides livsløpsplaner for energibruk og energisparing for samtlige av kommunens bygg. Det skal gjennomføres pilotprosjekter med installering av solfangere, spesielt på bygg som ikke har fjernvarme og hvor oljefyring skal fases ut.

## Sintef

Sintef utarbeider nå inspirasjon til direktoratet for å innføre passivhus som standard.





# Inneklimaet bestemmer vårt ve og vel

## Et godt inneklima

Et fullmurt hus har flere inneklimamessige fordeler, utover å regulere varmen. Murstein bidrar til en bedre fuktbalanse, gir ikke næring til muggsopp og er lyddempende.

En murt vegg skaper et godt og sunt inneklima fordi materialene "kan puste" (er diffusjonsåpne).

Men i tillegg til å sørge for jevne temperaturer, bidrar en murt vegg også til å regulere luftfuktigheten og luftkvaliteten i huset. Porene gjør at fukt og damp fra innelufta kan absorberes og lagres i mursteinen og diffundere gjennom konstruksjonen uten at det oppstår skadelig kondens. På den måten nedsettes risikoen for at luftfuktigheten blir for høy, og at det utvikles muggsopp, husstøvmidd og andre allergener.

Tegl kan i motsetning til de fleste andre materialer tåle fukt uten å ta skade. Porene i murstein gjør at fukt og damp kan føres vekk gjennom husmuren. På den måten nedsettes risikoen for at luftfuktigheten blir for høy, og at det utvikles muggsopp, husstøvmidd og andre allergener.

## Ingen husstøvmidd, råte eller sopp

Husstøvmidd, muggsopp og råte har vanligvis veldig dårlige vekstbetingelser i et murbygg, fordi veggene ikke kan gro på tegl som er

et uorganisk materiale. Luften i nye hus kan inneholde forurensende gasser fra materialene huset er bygd av, men under produksjonen og oppførelsen av murhus, brukes hverken oppløsningsmidler eller andre organiske produkter. Bygninger av murverk er derfor helt uten avgasser, og har ingen luktgener.

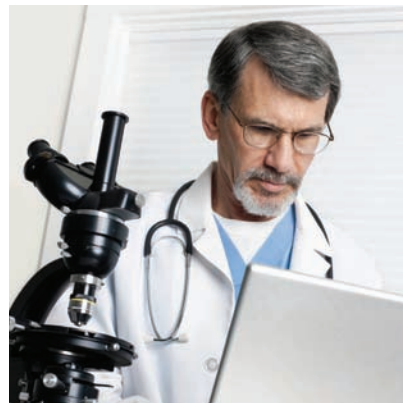
Et passivhus er avhengig av f.eks. lavt luftskifte. Det vil gå ut over luftkvaliteten, hvis mange mennesker oppholder seg i huset samtidig. I stedet for å øke den mekaniske ventilasjonen, kan murte innervegger være med på å forbedre luftkvaliteten ved å oppta fukt og dårlig lukt uten å bruke energi.

## Murstein har unike fordeler

Troels Kildemose er partner og sivilingeniør i Ekolab, og ekstern lektor på Universitetet i Ålborg innenfor energinøytrale bygg:

"Enten man bygger et konvensjonelt hus eller et passivhus, så har murstein som materiale gode inneklimamessige egenskaper.

Men i et passivhus er murstein spesielt velegnet, fordi mursteinen har en høy termisk masse og derfor kan akkumulere overskudsvarme. Det er det bruk for i passivhuset, som er så effektivt isolert og så tett, at man kan få problemer med avkjøling om sommeren".



## Risiko for sykdommer

For å unngå at boligen blir helsefarlig, skal du sikre deg et godt inneklima. Det er helt avgjørende for vårt ve og vel. Faktisk er totalvekten på den boligluffen du puster inn, større enn den totale vekten på mat og drikkevarer du inntar i løpet av livet. Et dårlig inneklima kan gi infeksjonssykdommer, hjerte/karsykdommer og kreft, samt forverre symptomene for personer med astma og allergier. I tillegg kan dårlig inneklima forårsake hodepine, tretthet og slimhinneirritasjon.

*mitindeklina.dk*





## Et murt passivhus har den samme grunnleggende konstruksjon som et tradisjonelt hus:

Den mest vanlige måten å bygge et murhus på, er som et fullmurt hus, der både ytter- og innervegger er i murstein. Mellom de to lagene med murstein er det isolert. Veggene mellom alle rom er også i murstein, og innvendig er huset vanligvis vannskurt.

Ifølge WHO's (World Health Organization) definisjon kan innneklima deles opp i fem delområder. Her vises fire av dem, fordi vi ser bort fra ergonomiske påvirkninger.

### Det termiske innneklima

Temperaturpåvirkninger som f.eks. kulde, varme, trekk og overtemperaturer – alle de påvirkningene vi mennesker oppfatter gjennom huden.

### Det atmosfæriske innneklima

Lukt og forurensningspåvirkninger som f.eks. fukt, soppvekst, mugg, oppløsningsmidler o.l. – det som påvirker oss via luftveiene.

### Det akustiske innneklima

Lyd- og støypåvirkninger som f.eks. etterklangstid og lyder transmittert gjennom konstruksjoner, ventilasjonskanaler o.l. – det vi kan høre og oppfatte gjennom øret.

### Det visuelle innneklima

Lys- og synspåvirkninger som f.eks. blending, kontraster og dagslysforhold o.l. – det vi oppfatter med øynene.

### Energi- og klimamessige fordeler med murbygg er:

- Effektiv varmeakkumulering
- CO<sub>2</sub> besparelse i livssyklusen
- Tetthet og holdbarhet
- Demper vibrasjoner og lyd

### Inneklimamessige fordeler med murbygg er:

- Regulerer varmen
- Minsker behov for avkjøling
- Regulerer luftfuktigheten
- Demper lyder
- Gir ikke næring til hussopp
- Tegl avgir ingen gasser
- Ingen luftgener
- Ingen elektriske og elektrostatiske forhold
- Ingen ioniseret og radioaktiv stråling
- Kan tørke etter vannskader
- Avgir ingen giftige gasser eller eksplosjonsfare, i tilfelle brann

# Tegl er som skapt til passivhus

Grunntanken med passivhus er å bygge hus som reduserer energiforbruket og som samtidig bidrar til et godt inneklima. Dette er egenskaper som kjennetegner det murte bygget.

For å oppfylle standarden for passivhus, er det avgjørende å velge materialer som skaper konstruksjoner som holder på varmen og isolerer godt. Tegl har slike egenskaper. I tillegg er et godt utført murverk tett i seg selv og virker derfor som luftsperre.

Når det gjelder oppmuring av vegger, er det ingen forskjell på et murt passivhus og et vanlig murhus. Isoleringsmengden har økt, noe som gir tilsvarende tykkere vegger, men ellers er det snakk om tradisjonell byggeteknikk med fokus på å redusere kuldebroer. Nye effektive isoleringstyper gjør det mulig å unngå de tykke murene. Norske og internasjonale arkitektkontorer retter nå oppmerksomheten mot tunge og varmeakkumulerende materialer. De ser kvaliteten i en flere tusen år gammel byggeskikk, som utnytter jordens termostabilitet og murverkets varmeakkumulerende egenskaper.

Når vi bygger veldig tette og velisolerte hus som passivhus, så er det ekstra viktig å være oppmerksom på hvordan vi plasserer husets vinduer i forhold til sola. Vinduer mot syd bidrar positivt til energiregnskapet, men i lette konstruksjoner som tre og gips, viser erfaringer at risikoen for overopphetning øker, og dermed også behovet for avkjøling.

## FAKTA #01

### Unngå overopphetning av boligen

Rob Marsh, arkitekt og seniorforsker ved Aalborg Universitet, mener at overopphetning av bygninger er et omfattende problem nå, og det vil bare bli enda større i takt med fremtidige klimaforandringer. Murstein er velegnet til å unngå overopphetning, påpeker han: "Det er en tendens til at man bruker for mange lette materialer i moderne bygg, for eksempel gips. Det gir problemer med overopphetning. Man bør interessere seg mer for å oppnå termisk masse ved bruk av tunge materialer som murstein og betong".

## FAKTA #02

### Det er billig å bo i mur

"Det er en utbredt oppfatning at det koster mye mer å bygge i tegl. Investeringen vil være noe høyere, men når man i tillegg tar høyde for de reduserte kostnadene til vedlikehold, et lavere energiforbruk og et bedre inneklima, vil bruk av tegl gi helt klare fordeler".

## FAKTA #03

### Isolering krever plass

"Dimensjonene på mursteinene er de samme. Det er kravet til isolering i et passivhus som øker tykkelsen på veggen".





# CASE

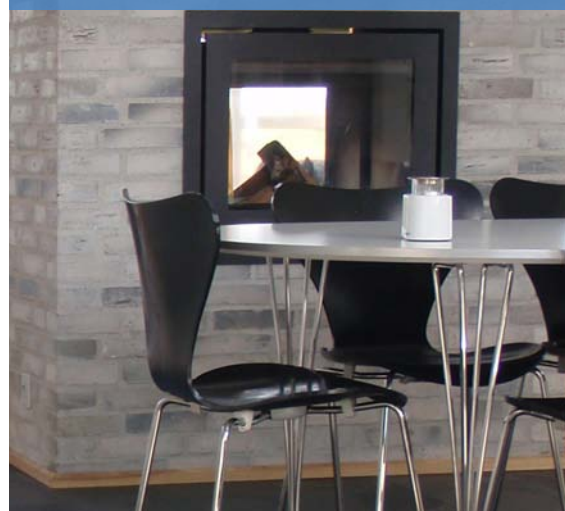
## Murmester Per Jakobsen's passivhus



Murmester Per Jakobsen har selv utført murerarbeidet i familiens hus i Struer i Danmark. Det 274 m<sup>2</sup> store huset er fordelt med en 1. etasje på 122 m<sup>2</sup> og en 2. etasje på 152 m<sup>2</sup>. Det sertifiserte passivhuset er fullmurt med en murerteknikk som kalles kryssforbant. De 24.000 mursteinene som er brukt til fasaden, er murt opp i blokkforbant. Steinene har et ekstra flott spill pga. brenningsprosessen i produksjonen.

Huset er godkjent som et lavenergibygget, og har et romvarmebehov på ca. 8 kWh pr. m<sup>2</sup> pr. år, som gir et årlig strømforbruk på ca. 2000 kWh til oppvarming.

Oppført: År 2009  
Byggherre: Murmester Per Jakobsen  
Arkitekt: Møller Nielsens Tegnastue  
Entreprenør: Murmester Per Jakobsen



# Passivhuset er en tysk oppfinnelse

## Passivhusets historie

De første land som brukte lovgivning til å fastsette normer for energiforbruk i nye bygg, var Danmark og Sverige. På den måten fikk de to nordiske landene lagt de første byggesteinene til passivhuset.

Stort sett alle danske hus ble bygd i murstein med termoruter og med mer isolering, samtidig med at man minimerte kuldebroer og økte lufttetheten, tiltak som er forutsetninger for et passivhus.

I 1990-1991 ble passivhuskonseptet for første gang realiseret av den tyske forskeren Wolfgang Feist, som siden grunnla Passivhaus Institut (Passivhusinstituttet) i Darmstadt i Tyskland. Instituttet har ivarettatt videre utvikling og standardisering.

Siden 2006 er det registrert mer enn 3000 lavenergiboliger i Danmark, ca. 150 av disse er bygd som passivhus. Passivhus med vedlikeholdsfrie teglfasader har stor utbredelse i Tyskland, Østerrike og Sveits, hvor det allerede er oppført mer enn 8000 passivhus.

## Hva er et passivhus?

Passivhus er en byggemåte hvor man forminsker energiforbruket mest mulig, via enkle passive tiltak. Passive tiltak kan f.eks. være isolering, minimering av utettheter i klimaskjermen, super energieffektive vinduer m.m.

Passivhuskonseptet er en frivillig standard i dag. Det sikrer at hus som er bygget etter standarden har et veldig lavt energiforbruk til oppvarming av rom, og et redusert energiforbruk til teknikk og husholdning.

### HVILKE FORDELER HAR PASSIVHUSET?

- MAN KAN SPARE UTGIFTER TIL FYR OG RØRFØRING NÅR HUSET SKAL BYGGES
- LAVE STRØMUTGIFTER TIL OPPVARMING AV HUSETS ROM
- REDUSERER CO<sub>2</sub>-UTSLIPP
- MAN UNNGÅR TREKK, FORDI OVERFLATEN PÅ VEGGER, TAK OG GULV HAR NESTEN SAMME TEMPERATUR SOM LUFTEN







Det dimensjonerte effektbehovet er i tillegg så lavt, at et passivhus ofte kan oppvarmes direkte via ventilasjonsluften, med et minimalt luftskifte.

”Passivhus” betegnelsen er ikke beskyttet, så alle kan bruke begrepet om en bygning. Men det fins en sertifiseringsordning. Det er kun hus som oppfyller de nøye definerte bestemmelsene som kan oppnå en sertifisering. Ordningen er utviklet av Passivhaus Institut i Darmstadt.

### **Sertifisering**

Sintef utarbeider nå inspirasjon til direktoratet for å innføre passivhus som standard.

Mange arkitekter og ingeniører benytter seg også av de tyske passivhus-kriteriene når de designer og prosjekterer nye bygg. Flere av dem har fulgt en utdanning som er godkjent av Passivhaus Institut.

Det er frivillig å sertifisere et hus som passivhus. Men for at et bygg

kan bli sertifisert, kreves det at byggmesteren og de prosjekterende fremskaffer nødvendig dokumentasjon, som deretter blir gjennomgått og eventuelt godkjent av rette instans.

Fordi de overordnede energikravene og kravene til dokumentasjon er veldig vidtgående, vil den sertifiseringsberettigede ofte følge prosjektet underveis.



# Kan oppvarmes med stearinlys

Det ekstremt lave varmetapet i passivhus gjør at man nesten ikke har bruk for oppvarming. I et vanlig passivhus på 175 m<sup>2</sup> har man bruk for mellom 1.300-1.600 Watt, når det er på det kaldeste utenfor, noe som i prinsippet kan oppnås med ca. 20 stearinlys.

Lavenergihus og passivhus er begge to hustyper som bruker mindre energi enn hva bygningsreglementet krever, men et passivhus bruker mindre energi enn et lavenergihus.

## Lavere strømregning

En stor fordel med å bygge et passivhus, er at strømregningen blir vesentlig mindre. Og besparelsen blir bare enda større, hvis strømprisene stiger som forventet.

Dette er de fire avgjørende kriteriene som skal være oppfylt for at et bygg kan sertifiseres som et passivhus. Bruk 'Passivhaus Prosjekterings Paket', PHPP, for å vise at kriteriene er oppfylt.

## Isolering og strømforbruk for et passivhus

### Veiledende anbefalinger:

- U-verdi for vinduer  $< 0.85 \text{ w/m}^2\text{K}$  (montert vindu)
- U-verdier for vegger, tak, gulv  $< 0.15 \text{ w/m}^2\text{K}$  (vanligvis  $u < 0.1 \text{ w/m}^2\text{K}$ )
- Linjetap  $\psi < 0.01 \text{ w/m}^2\text{K}$  (utvendige mål)
- Varmeveksler med  $\eta \geq 0.75$  (tørr virkningsgrad) samt strømforbruk  $\leq 0.4 \text{ Wh/m}_3 \text{ luftvolum}$



# Design og prosjektering

## Arkitektur

I dag er flertallet av alle passivhus eneboliger. Verdens første passivhus var dansk. Men konseptet vinner også frem innenfor alle slags bygg: barnehager, skoler, kontorer, fabrikker osv.

For å kunne holde på varmen, er et passivhus så vidt mulig et kompakt hus. Flesteparten av alle passivhus er derfor oppført med 1½, 2, eller flere etasjer.

## Vinduene er sydvendte

For å kunne utnytte den passive solvarmen på best mulig måte, er vinduene i passivhuset primært sydvendte. Det krever solavskjerming til sommerperioden, f.eks. i form av utvendige skodder, eller regulerbare utheng.

Kravet til lufttetthet har også innvirkning på arkitekturen. Kompliserte former med mange detaljer, vanskelige føringsveier for HVAC-systemer (klimasystemer) og elektriske installasjoner i konstruksjonen, øker sannsynligheten for luftlekkasjer.

Det er ingen spesielle krav til materialvalg, men materialene skal bidra til konstruksjoner som holder på varmen og er velisolerte. Murstein er med sin evne til å lagre og regulere varme, spesielt velegnet i et passivhus. Man kan også integrere solenergi i arkitekturen. Det er f.eks.

mulig å få solfangere, som til forveksling ligner vinduer. Arkitekturen, materialene og konstruksjonen i et passivhus skal ta sikte på å skape særlig lave U-verdier. Jo lavere U-verdi, desto mindre varmetap. U-verdier måles i  $W/m^2K$  (watt pr. kvadratmeter pr. varmegrad) og beregnes ut fra de enkelte materialenes varmeledningsevne og tykkelse, og hvordan de settes sammen i bygningskonstruksjoner.



## Energieffektive vinduer

Vinduer med betegnelsen passivhusvinduer består av tre-lags energiglass, samt ramme og karm med en svært høy isoleringsevne. Et montert vindu har vanligvis en U-verdi på  $0,8 W/m^2K$  eller lavere.

Vinduene skal plasseres optimalt i forhold til solen.

På den måten vil solen kunne tilføre huset varme gjennom vinduene om vinteren, og delvis også om våren og høsten. Om sommeren skal vinduene kunne avskjermes for solen, så det ikke blir for varmt inne.

Når mur fuktes, med f.eks. overrisling på overflaten, som i de arabiske landene, avkjøles steinen pga. fordampingen.

# CASE

## Energy Study House # 01



Villaen er bygd som et +Energihus, og er designet ut fra passive tiltak: det er sydvendt, har solskjerming, er en kompakt bygning og er godt isolert. +Energihuset er et godt eksempel på et lavenergihus, som i høy grad lever opp til de kommende 2020-energikrav. Solcelleanlegget produserer 5.350 kWh pr. år. Sammen med jordvarmeanlegget og et solvarmeanlegg leverer det all den energi det er behov for til oppvarming, varmt bruksvann og strøm til husholdningen. Familien kan bruke opp til 3.500 kwh strøm, før det skal betales for oppvarming og elektrisitet.

### Isolering

I et passivhus anbefaler man at varmetap gjennom tak, yttervegger og gulv, er mindre enn  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . For å oppnå en optimal isoleringsevne, bruker man vanligvis 3-400 mm isolering i veggene, og 4-600 mm i gulv og tak.

### Unngå kuldebroer

Et passivhus er ekstremt tett, så varmen holdes inne i huset. Kravet til lufttetthet er 0,6 h-1 (luftskift pr. time) ved en trykkprøve med 50 Pa. Dette er en markant lavere verdi enn kravet i norsk byggeteknisk forskrift.

Det gjelder å minimere kuldebroene som vanligvis oppstår på steder hvor isoleringen gjennombrøyes av konstruksjoner, f.eks. i rør til ventilasjon.



### Fakta Energy Study House #01

Oppført i 2012

+Energihus i Randers i Danmark

Fullmurt 2-etasjers villa på 181 m<sup>2</sup>

Beliggende på en 800 m<sup>2</sup> stor tomt

Familien er på 2 voksne og 3 barn

### Prosjektgruppe

Arkitekt:

Randers Arkitekten Aps

Ingeniør:

Stokvad & Kerstens Rådgivende Ingeniører A/S

Konsulent energi: Grøntmjø A/S

Entreprenør:

Murerfirmaet Kusk & Thomsen Aps

Det krever god planlegging og presis utførelse for å oppnå tilstrekkelig tetthet. I prinsippet skal man kunne tegne det lufttette planet (i plan og snitt) hele veien rundt, uten å løfte blyanten fra papiret.



## Et lavt energiforbruk i passivhus oppnås bl.a. ved:

EN KOMPAKT ARKITEKTUR / ET LAVT VARMETAP FRA GULV, VEGGER OG TAK / ENERGI-EFFEKTIVE VINDUER / EN LUFTTETT KONSTRUKSJON / UTNYTTELSE AV SOLVARME GJENNOM VINDUENE I HUSET / VENTILASJONSANLEGG MED VARMEGJENVINNING TIL OPPVARMING AV ROM / SOL- ELLER JORDVARMEANLEGG TIL VARMTVANNET

# Design av det tekniske energisystemet

### Ventilasjonsanlegg håndterer oppvarmingen

Det lave energiforbruket betyr at det ikke er behov for tradisjonelle varmeanlegg med radiatorer lenger. Varmen kan som regel fordeles via et ventilasjonsanlegg.

Frisk luft utenfra oppvarmes i ventilasjonsanlegget – f.eks. gjennom en varmepumpe med varmegjenvinning – og sendes deretter ut i de forskjellige rommene i huset.

Avkjøling blir en av fremtidens store energisluk fordi få grader stigning i utendørstemperaturen vil øke behovet for avkjøling markant.

Man kan supplere med jordvarme og solvarme til varmtvann og gulvvarme, samt solceller til strømforbruket.

### Beboerne må lære å styre energien

Mekanisk og naturlig ventilasjon kan, via intelligente styringer, opti-

mere innklimaet uten å bruke for mye strøm. I teorien i hvert fall.

Beboerens atferd kommer ofte på tvers av den automatiske styringen, f.eks. når man åpner vinduer om vinteren når solen skinner, noe som resulterer i at dyr energi slipper ut. Ved å velge murstein til de innvendige veggene, utnyttes teglets termiske masse og varmen lagres i steinene.

Det er først og fremst beboernes individuelle atferd som bestemmer størrelsen av energiforbruket, og dermed om passivhus-kriteriet kan oppfylles.

Noen er gode til å innrette seg. De bruker energisystemene som det de var tiltenkt, andre gjør det ikke. Utfordringen er derfor å bygge og innrette energisystemene uten at det føles som en begrensning for den personlige komfort.



### Behovsrelatert styring

Moderne ventilasjons- og varmeanlegg styres ut fra en behovsrelatert strategi. Det betyr at man ikke starter og stopper et anlegg ut fra et fast ukeprogram, men i forhold til fastsatte og målte komfortverdier gjennom døgnet og uken.

#### Styringen omfatter:

- Oppvarming
- Avkjøling
- Ventilasjon
- Lysregulering
- Solavskjerming

Hvis den automatiske styringen skal fungere optimalt, er det viktig at sensorene er plassert riktig og at de er tilstrekkelig finfølende. Ellers vil styringen oppleves som irriterende og mangelfull av brukerne. Det kan ta lang tid å regulere den.

*Energihåndboken*



## Energikrav skjerpes

Energiforbruket i norske husholdninger utgjør 27% av det faste norske energiforbruket. Ifølge Enova forventes det at det blir bygd 30.000 boliger i året frem til 2020. De har også estimert, at det i samme periode gjennomføres omfattende renoveringsarbeide på 30.000 boliger om året.

KS – Kommunesektorens organisasjon jobber målrettet mot å realisere EPC-avtaler – Energy

Performance Contracts. En EPC-avtale betyr at de investeringene som foretas i forhold til energibesparelser, inntjenes igjen gjennom selve besparelsen.

På dette området vil det være stor fokus på offentlige bygg. Passivhus-tanken inngår som en del av løsningen.

Strenge krav til prosjektering og utførelse har ført til at passivhus

anerkjennes som moderne miljøvennlige bygninger med meget høy kvalitet, godt inneklima og ekstremt lavt energibehov. I Norge er interessen for passivhus stor. I 2011 fikk 93 prosjekter på lavenergi- og passivhusbygg støtte fra Enova. Av dette var 35 næringsbygg, 39 boliger og 19 andre typer bygg. I 2012 har 80 prosjekter fått støtte til utredning av passivhus, ifølge tall fra Lavenergiprogrammet.





# Den nye byggevareforordningen - Eurocodes og CE-merking, stiller helt nye krav i forhold til bærekraft på bygningsnivå

## Flere velger å bygge et passivhus for å gi miljøet en hjelpende hånd. Med tegl blir passivhuset også bærekraftig

Byggmesteren og rådgiveren interesserer seg mest for graden av isolering og effektive energisystemer når de bygger passivhus. Men hvis ønsket er å bygge bærekraftig, er det gode grunner til å velge murstein og tegl som byggematerialer. Flere undersøkelser viser nemlig at typen av byggematerialer påvirker miljøbelastningen og økonomien, ikke bare på kort sikt, men i hele husets levetid.

Når vi snakker om byggematerialer, er det stor forskjell på om vi kun interesserer oss for den påvirkning som skjer før bygningsmaterialet forlater fabrikkporten, eller om man innberegner hele livssyklusforløpet til et byggemateriale – fra vugge til grav. Da blir det nemlig også et spørsmål om hvordan vi bruker og vedlikeholder produktet, samt produktets holdbarhet.

Det er også viktig om veggene holder på varmen eller ikke. Og når bygget skal rives ned, er det stor forskjell på om materialene skal avhendes eller kjøres bort isteden.

Trefasader, som krever behandling med trebeskyttelsesmidler, inneholder f.eks. kobberforbindelser, eller andre miljøskadelige stoffer, f.eks. basert på klorforbindelser. Derfor kan man ikke bare deponere treplankene når de etter ca. 35 år skal skiftes.

Et mursteinshus krever stort sett ikke noe vedlikehold, og har en levetid på mer enn 100 år. Alle materialer kan resirkuleres og gjenbrukes til andre byggeformål. De kan brukes til ny produksjon av byggematerialer, som tilslagsmateriale, eller som fyllmasse ved større anleggsarbeider.

”Fortidens og nåtidens erfaringer med tunge og lette materialer og deres relasjon til klima og komfort, forblir derfor et uunnværlig kunnskapsområde, når det handler om å utvikle bærekraftige hus”.

Klima og Arkitektur,  
Kunstakademiets Arkitektskole, 2008



**Arkitekt Søren Mølbak, PHL Arkitekter, ble spurt om de bærekraftige aspektene tegnestuen legger mest vekt på:**

”I lovgivningen fokuseres det mye på å redusere energiforbruket. Men i tillegg til de energimessige tiltakene, som ofte er styrt av økonomi og rentabilitet, mener vi at bærekraft også skal ses i relasjon til et godt miljø for mennesker.

Vi mener for eksempel ikke at passivhus-konseptet nødvendigvis gir mennesket et bedre hus å oppholde seg i, fordi fokuset primært er på strømregningen.

Derfor prøver vi her på tegnestuen å undersøke, ut fra en overskrift vi kaller Aktivhuset, om det fins andre måter å fremstille en bærekraftig arkitektur på enn tykke vegger og varmevekslere. Måter som også kan bidra til et sunt inneklima og alminnelig menneskelig velvære.”

Global Danish Architecture #3  
Sustainability, 2008

# Økonomi

Økonomi er en del av kjernen i passivhus-konseptet: For når varmebehovet senkes så mye som i et passivhus, kan radiatorer, rørføring og det meste av varmeanlegget unnværes. Det betyr at man kan spares for enda flere utgifter.

Et nytt passivhus koster mer å oppføre enn et tradisjonelt hus. Det skyldes primært at man er mere omhyggelig i byggeprosessen for å sikre seg at huset er tett nok. Man forventer at prisene på passivhus faller i takt med at markedet blir større.

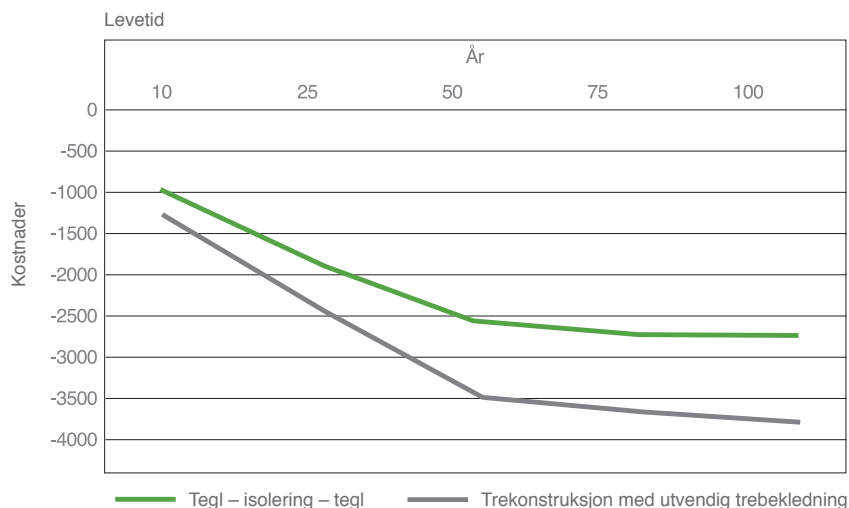
## Å investere i murstein er sunn fornuft

Et mursteinshus er en god investering, spesielt når man beregner husets behov for vedlikehold i løpet av dets levetid. Murverk krever ingen overflatebehandling eller maling, og et teglhus har en forventet levetid på minst 100 år (murverket i mange danske kirker er mer enn 800 år gammelt). Man skal også huske på at nesten 100 % av alt tegl gjenbrukes.

Materialer	Levetid (år)
Fabrikkbetong	100
Porebetong	50-100
Gipsplater	20-50
Tegl/murverk	100
Stålprofiler	50-100
Tre	20-50

Mursteinhus, som er et tungt bygg, holder på varmen og nedsetter behovet for avkjøling, noe som også bidrar til lave driftskostnader i husets levetid.

Nåtidsverdi for henholdsvis fullmurt hus og trehus; de økonomiske fordelene med tegl vil fortløpende øke



## Fullmurt hus

Den beste måten å bygge et murhus på, er som et fullmurt hus, hvor både ytter- og innervegger er i murstein. Mellom de to lagene med murstein er det isolert. Veggene mellom alle rom er også i murstein, og innvendig er huset vanligvis vannskuret.

White arkitekter har utarbeidet en rapport for Tegelinformation i Sverige, som viser levetidskostnader for en rekke forskjellige veggkonstruksjoner. Kostnadene i grafen vises derfor i svenske kroner. Norske forhold vil vise samme fordeling og resultater av levetidskostnader. Et resymé av rapporten, samt rapporten i sin helhet, kan lastes ned på [www.bygg-i-tegl.no](http://www.bygg-i-tegl.no) under kontakt/links.





Lenke til mer informasjon  
om murbygg:

**[www.byggitegl.no](http://www.byggitegl.no)**

Inneholder en kunnskapsdata-  
base med produktinformasjoner  
om murstein, lettklinkeblokker,  
porebetong, tegltakstein, under-  
tak og mørtler, samt metoder  
o.l. for murbygg.



**BMC AS**

Postboks 238, 3101 TØNSBERG

Tlf: 33 30 03 90

E-post: [bmc@bmc-norge.no](mailto:bmc@bmc-norge.no)

**[www.bmc-norge.no](http://www.bmc-norge.no)**

**Bygg Grossisten AS**

Tuenveien 77, 2000 LILLESTRØM

Tlf: 22 90 61 60

E-post: [gjw@b-g.no](mailto:gjw@b-g.no)

**Byggutengrenser.no**

Lilleakerveien 2b, 0216 OSLO

Tlf: 22 87 84 42 / 22 87 84 44

E-post: [post@byggutengrenser.no](mailto:post@byggutengrenser.no)

**[www.byggutengrenser.no](http://www.byggutengrenser.no)**

**Einar Stange AS**

Professor Birkelandsvei 31, 1081 OSLO

Tlf: 23 37 09 50

E-post: [ordre@einarstange.no](mailto:ordre@einarstange.no)

**[www.einarstange.no](http://www.einarstange.no)**

**Mørtelverket Forsand**

4110 FORSAND

Tlf: 51 70 06 70

E-post: [post@forsand-sandkompani.no](mailto:post@forsand-sandkompani.no)

**[www.forsand-sandkompani.no](http://www.forsand-sandkompani.no)**

**Norske Murmestres Landsforening**

Middelthunsgata 27, 0305 OSLO

Tlf: 23 08 75 00

E-post: [mur@bnl.no](mailto:mur@bnl.no)

**Randers Tegl**

Tlf: 97 00 46 53

E-post: [tegl@randerstegl.no](mailto:tegl@randerstegl.no)

**[www.randerstegl.no](http://www.randerstegl.no)**

**Wienerberger AS**

Brobekkveien 40, 0598 OSLO

Tlf: 22 07 26 00

E-post: [info@wienerberger.no](mailto:info@wienerberger.no)

**[www.wienerberger.no](http://www.wienerberger.no)**

**bygg-i-tegl.no****Kalk- og teglværksforeningen**

Nørre Voldgade 48

1358 København K

Telefon: +45 33 32 34 34

Fax: +45 33 32 95 78

E-mail: [kalktegl@mail.dk](mailto:kalktegl@mail.dk)