PEP

Promotion of European Passive Houses

www.europeanpassivehouses.org

Guide til passivhuse - energi

Udarbejdet af:

Jyri Nieminen (VIT, Finland)

Jeni Jahn (VIT, Finland)

Miimu Airaksinen (VIT, Finland)

Oversat og tilpasset danske forhold af:

Troels Kildemoes (Ellehauge & Kildemoes)

November 2007

VTT

Intelligent Energy Europe

Hvad er PEP ?

PEP, som betyder 'Promotion of European Passive Houses' (dansk: Promovering af europæiske passivhuse) udgøres af et konsortium bestående af 11 europæiske deltagere. Projektet er støttet af EU under regi af IEA. Dansk deltager i projektet er ingeniørfirmaet Ellehauge & Kildemoes.

I disse tider, hvor stigende energipriser er dagligdag og at udledningen af drivhusgasser fortsat vokser markant, bliver energieffektivitet mere og mere betydningsfuld. Energieffektivitet er ikke længere kun et miljøspøgsmål, nu er det også et økonomisk.

Omtrent 40 % af al energi i Europa bruges i bygninger. Passivhus konceptet bruges primært i boliger, men konceptet kan med fordel bruges i mange andre slags bygninger. Som tallene tydeligt viser, er energibesparelser ved at bruge konceptet meget markante. Dette har medført, at et stigende antal bygherrer og aktører indenfor europæisk byggeri nu har valgt passivhuskonceptet som fremtidens måde at bygge på.

Introduktion til Passivhuse

Et passivhus er en bolig med et ekstremt lavt energiforbrug samt et godt indeklima året rundt. Ideen bag passivhuse er at reducere varmetabet så meget, at opvarmningen kan foretages vha. enkle og billige opvarmningssystemer som luftvarme. Omkostningerne ved at etablere et passivhus er højere end for et traditionelt hus, men de efterfølgende driftsudgifter er markant lavere. Ønsker man at bygge lavenergi-boliger, er passivhus-konceptet fordelagtigt set fra både et økonomisk og et livscyklus perspektiv.
Et passivhus er udført med en ekstrem velisoleret klimaskærm med minimale kuldebroer samt stor lufttæthed. Huset udnytter passivt solindfald samt er udført med effektiv varmegenvinding. Vedvarende energi kan oplagt benyttes til at dække det resterende energibehov.

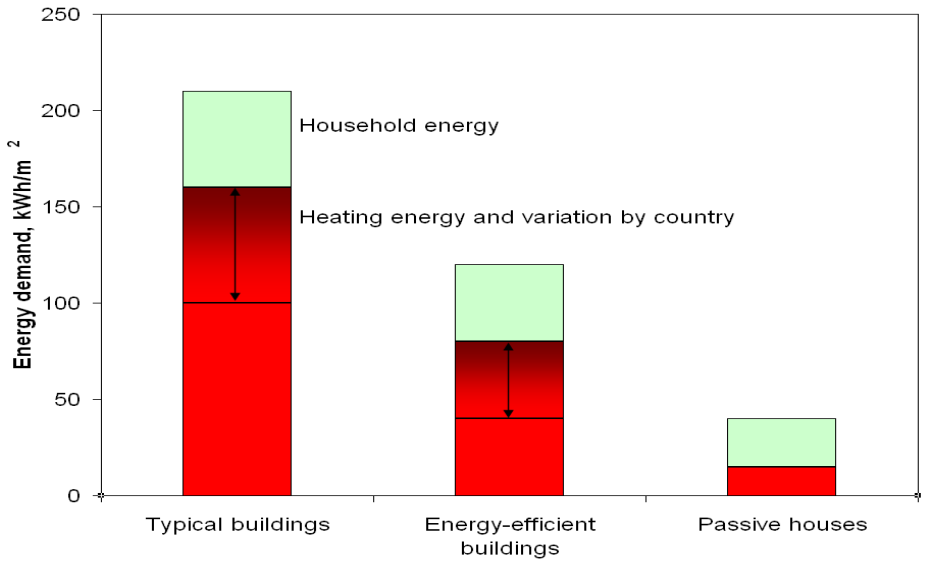
Passivhus-definition

Et passivhus har et ekstremt lavt energibehov sammenlignet med mindstekravet til danske huse bygget efter det nye bygningsreglement 2006. Ses der specifikt på rumvarmebehovet, er det tilladelige rumvarmebehov i et passivhus 5-6 gange lavere end for nye danske huse. Baseret på den såkaldte PHPP beregningsmodel er energikravene følgende:

det totale energibehov til rumopvarmning skal begrænses til 15 kWh/m² boligareal

det totale primære energibehov til varmt brugsvand, rumopvarmning/køling, ventilation, pumper, husholdningsstrøm, lys mv. skal begrænses til 120 kWh/m² boligareal.

I nordiske lande med områder over 60. breddegrad (ikke Danmark), tillades justering af energikravene efter områdespecifikke forhold. De områdespecifikke forhold kan studeres på følgende web-side: http://www.europeanpassivehouses.org/.



Det samlede energibehov i passivhuse er markant lavere end energibehovet i nye boliger.

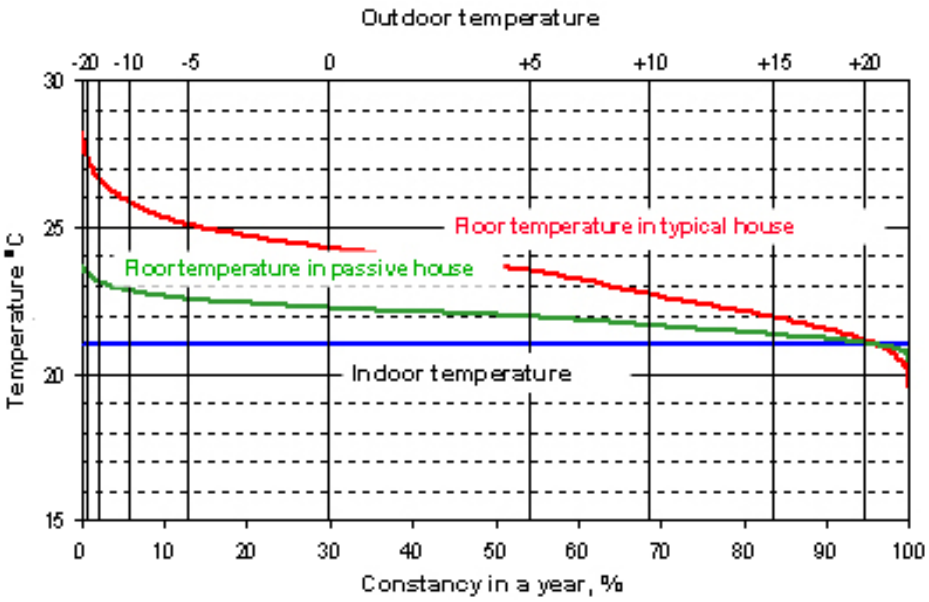
Termisk komfort og kvalitet på indeluft

Klimaskærmen i et passivhus er ekstremt velisoleret og tæt. Varmetabet fra huset er markant lavere end for traditionelle huse. Pga. det ekstremt lave varmetab kan passivhuse med fordel opvarmes udelukkende via ventilationsanlægget. Energidesignerens hovedopgave er at sikre at husets varmesystem kan operere optimalt under alle klimaforhold og bibringe et godt og komfortabelt indeklima uden trækgener.

Et hus med en meget tæt klimaskærm kræver et veldesignet ventilationssystem for at tilvejebringe god luftkvalitet og omvendt; ethvert ventilationssystem (enten naturligt, mekanisk eller hybrid) kræver en god lufttæthed af klimaskærmen for at kunne opnå kontrollerede flow-forhold. Energieffektivitet i en bygning kan ikke ses som et middel til at nedsætte ventilationsskiftet. Bygningsreglementets krav til ventilation skal overholdes, såfremt der ikke foreligger dispensation.

Et passivhus udnytter i stor grad passivt solindfald. Forskellige rum kan have forskellige rumtemperaturer pga. forskel i solindfald og intern varmelast fra personer og udstyr. Rumbaseret regulering kan være nødvendig, såfremt der er særligt høje krav om individuel regulering. Men rumbaseret regulering ses stadig sjældent i passivhuse pga. merpris.

Ventilationssystemet kan opbygges efter to principper. Hvis der ikke er krav om rumbaseret regulering, benyttes et centraliseret system. Her bliver tilførselsluften (den friske luft) opvarmet i en central unit. Temperaturen for den friske luft vil derfor være ens i samtlige tilførsel-kanaler. Hvis der er krav om rumbaseret regulering, kan et ventilationssystem med eksempelvis små decentrale opvarmningsenheder placeret ved de enkelte indløb-studse benyttes. Denne løsning muliggør en hurtig og præcis regulering af rumtemperaturen.

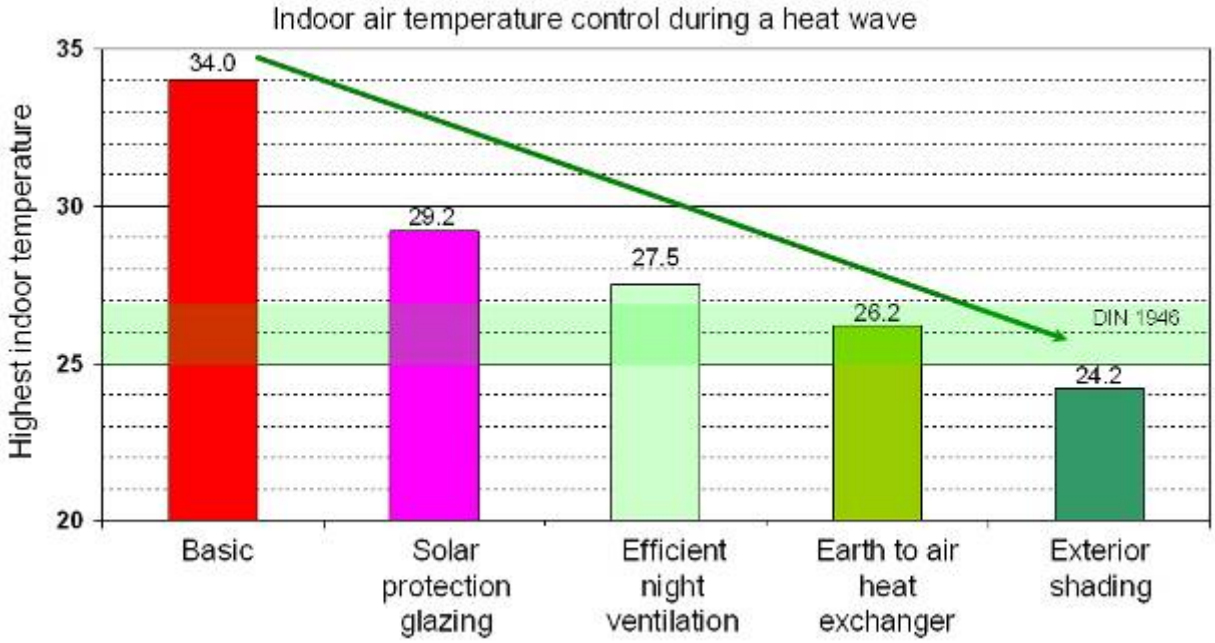


Et passivhus har normalt en mere konstant rumtemperatur end et typisk hus.

Overtemperaturer er mulige ved kraftigt solindfald, særligt om sommeren. Det er vigtigt, at designeren allerede i den tidlige planlægningsfase vurderer risikoen for overtemperaturer og foreslår løsninger til at modvirke dette. Passive tiltag som solafskærmning, nat-køling via åbne vinduer og forøget ventilation foretrækkes. Mekaniske kølesystemer bør undgås. Køling (og forvarmning) via jordrør eller væskebåren jordkreds kan med fordel bruges.

I passivhuse med opvarmning via ventilationsanlæg er der (varm) friskluftilførsel til alle opholdsrum som i et traditionelt hus med ventilationsanlæg. Gulvvarme i vådrum benyttes i mange tilfælde for at opnå højere komfort. Gulvvarmeanlægget skal designes til en lavere temperatur end i traditionelle huse, typisk 2-4 grader højere end lufttemperaturen. En for høj temperatur kan medføre overophedning.

Der er stor frihed (også arkitektonisk) mht. placering af friskluftsventiler (kan placeres i vægge, i loft eller i gulv) men normalt forsøger man opnå kortest mulige rørføring af hensyn til økonomi. Ofte tilføres den forvarmede friskluft via ventiler i skelle-vægge over dørniveau.

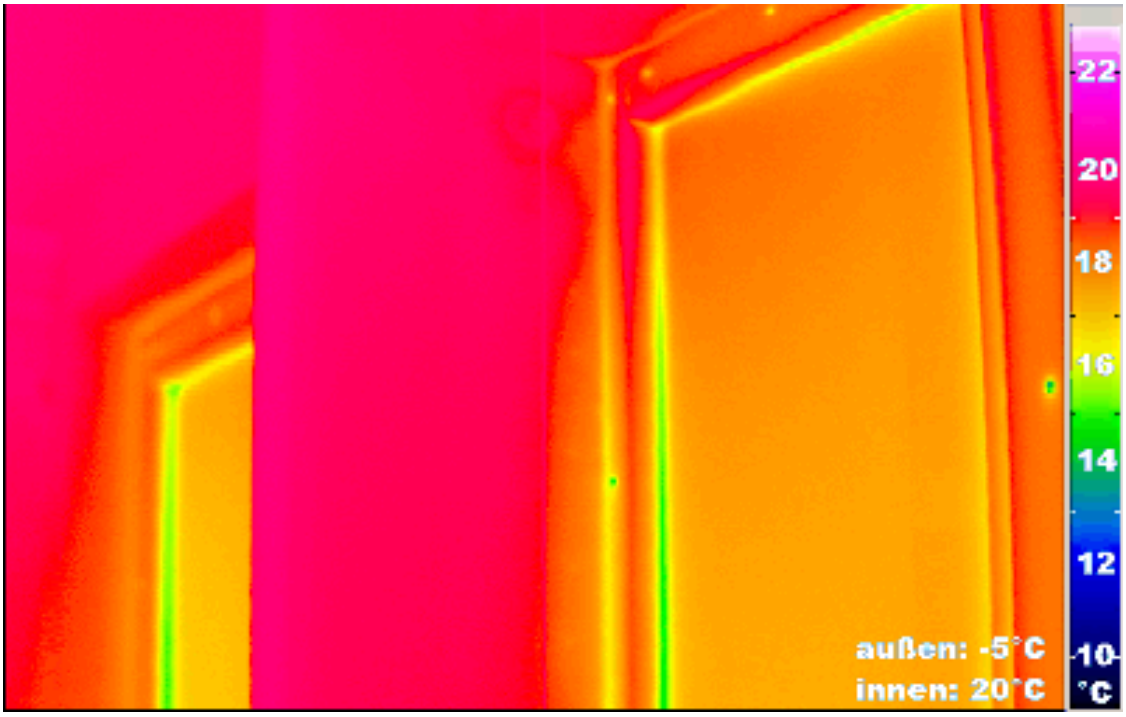


Passiv køling med udvendig solafskærmning er en effektiv måde til at opnå god sommer komfort. Udvendig solafskærmning giver en reduktion på 50 – 60 % i en bygnings kølebehov selv i lande omkring Middelhavet (kilde: VTT)

Termisk komfort og luftkvalitet kræver en god opblanding mellem indblæsningsluft og eksisterende indeluft for at reducere temperaturgradienter i rummet. En god opblanding er særlig vigtig i vinterhalvåret idet temperaturen på indblæsningsluften ofte ligger på omkring 50 grader. Hvis indblæsningsventilerne er placeret højt, kræves en tilstrækkelig høj hastighed for at opnå en god opblanding. Omvendt må hastigheden ikke overstige 0.15-0.2 m/s i opholdsrummene af komforthensyn.

Af komforthensyn, bør den lodrette temperaturforskel ikke overstige 2°C mellem 0.1 m og 1.1 m over gulvniveau, svarende til ankel og hals for en siddende person. I et passivhus er klimaskærmen inklusiv vinduer så velisoleret, at temperaturforskellen er lav. I visse høje rum (2-etages rumhøjde) kan dog opstå større temperaturforskelle pga. dårlig opblanding, såfremt indblæsningsventiler sidder højt. Opblandingen kan forbedres ved at placere indblæsningsventiler eksempelvis i gulvet, dog skal man overveje risikoen for støvtransport fra gulvet.

Et passivhus udnytter passivt solindfald og varme fra personer og udstyr. En passende termisk masse anbefales for effektivt at kunne akkumulere denne varme samt også for at reducere overtemperaturer. For passivhuse i Central- og Nordeuropa er et tungt gulv tilstrækkelig til at give akkumuleringsevne (forskellen i årligt rumvarmebehov mellem et tungt og let hus er begrænset; et tungt hus har typisk et rumvarmeforbrug, der ligger 3-6 % lavere)
For bedst muligt at udnytte den termiske masse (varmeafgivelse/varmeoptagelse), er det fordelagtigt at have en rumstyring, som tillader en vis temperatursvigning omkring setpunktsværdien.

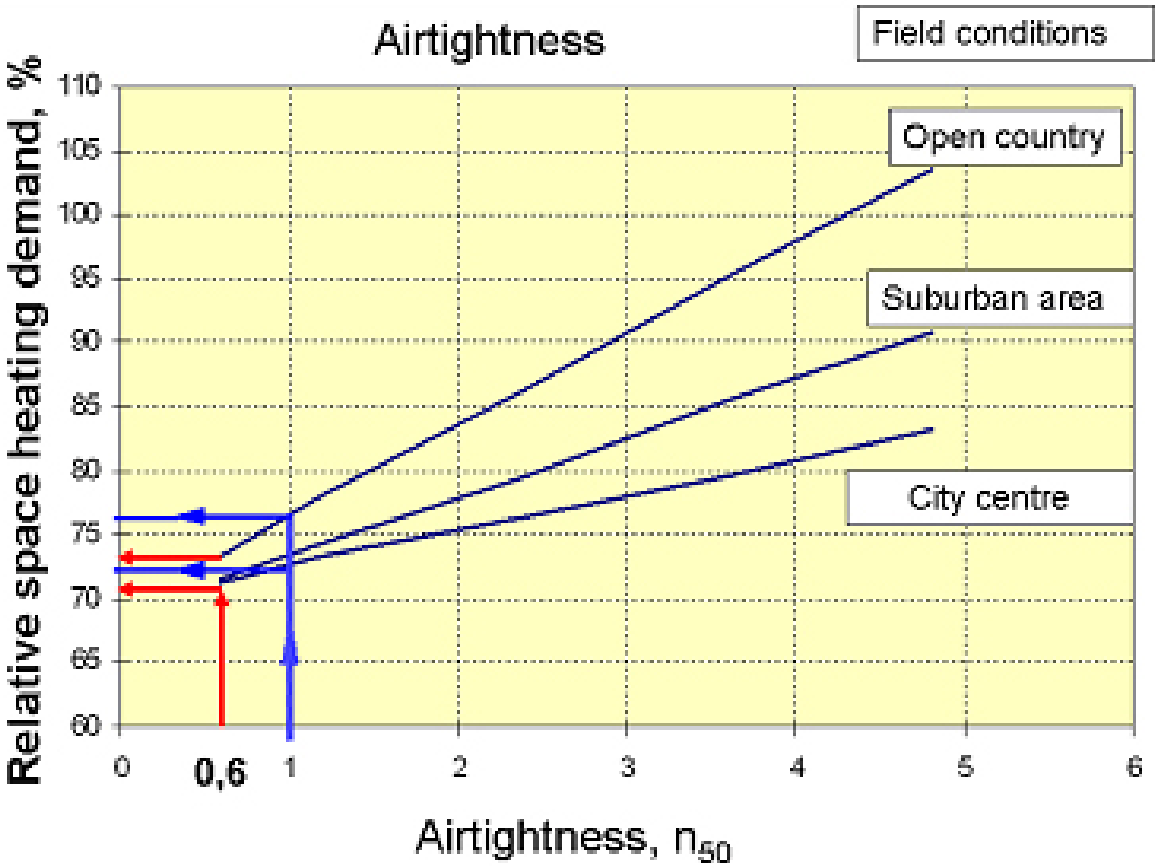


God isolering og gode vinduer i passivhus-klasse – ingen kolde overflader.
http://www.passivhaustagung.de/

Klimaskærm

Et passivhus er defineret ud fra krav til rumvarmebehov, effektbehov og primært energibehov. For at opfylde især effektkravet, skal designeren af opvarmningsanlægget allerede på et tidligt tidspunkt fastlægge krav til klimaskærmen.

Det dimensionerende varmetab i passivhuse må ikke overstige ca. 10 W/m^2 såfremt luftopvarmning planlægges (til sammenligning har nye danske huse et dimensionerende varmetab på typisk 35-45 W/m^2). For at opfylde dette krav skal bygningens varmetab reduceres til et absolut minimum via en ekstremt velisoleret og tæt klimaskærm. Dette betinger gennemarbejdede designløsninger samt godt byggehåndværk. Derfor er en integreret design-proces hvor arkitekter og ingeniører arbejder tæt sammen fra projektets start vigtig.



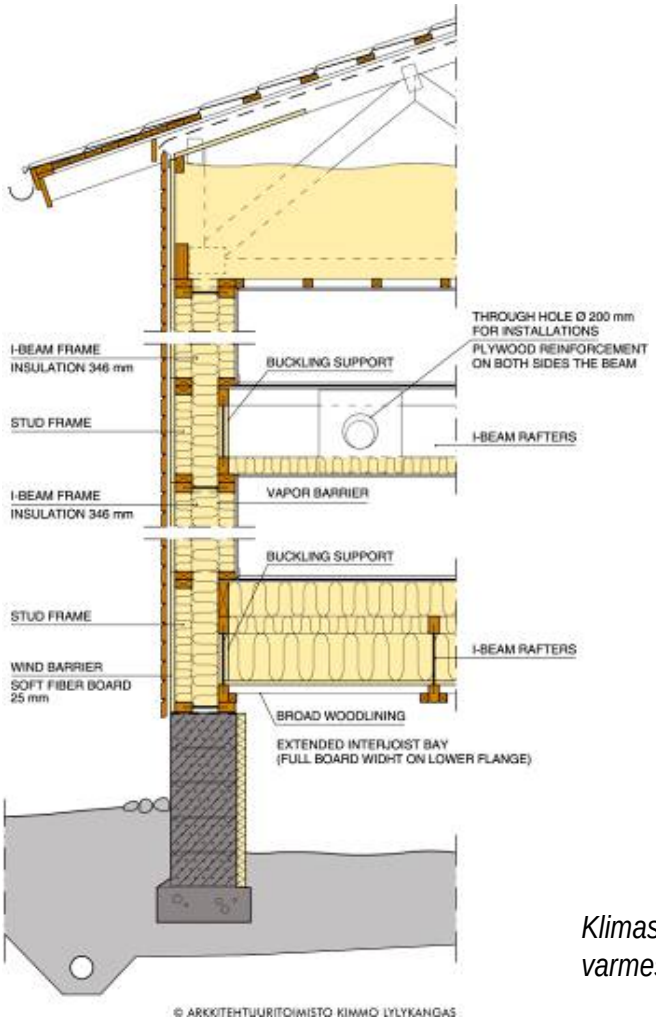
Tæthed af klimaskærm er en af de vigtigste parametre i et passivhus. Pågældende figur viser, at rumvarmeforbruget i et passivhus ikke påvirkes særlig meget af beliggenheden.

I det følgende angives vejledende U-værdier for elementer af klimaskærmen samt krav til tæthed:

* Væg/mur:	0.09 – 0.15 W/m^2*K
* Gulv:	0.08 – 0.15 W/m^2*K
* Loft:	0.07 – 0.15 W/m^2*K
* Vinduer:	0.7 – 0.85 W/m^2*K (monteret vindue)
* Dør:	0.7 – 0.85 W/m^2*K (monteret dør)

For fritliggende bygninger (individuelle huse) vil de nedre grænser af U-værdier i de fleste tilfælde være nødvendige. For mere kompakte bygninger f.eks. rækkehuse, etagehuse mv., er U-værdier i den høje ende ofte tilstrækkelige.

Kravet til bygningstæthed i et passivhus er $n_{50} < 0{,}6\ h^{-1}$ dvs. infiltrationen er meget lav (krav i det nye bygningsreglement $n_{50} < \approx 2.8\ h^{-1}$). I forbindelse med certificering skal et passivhus trykprøves.



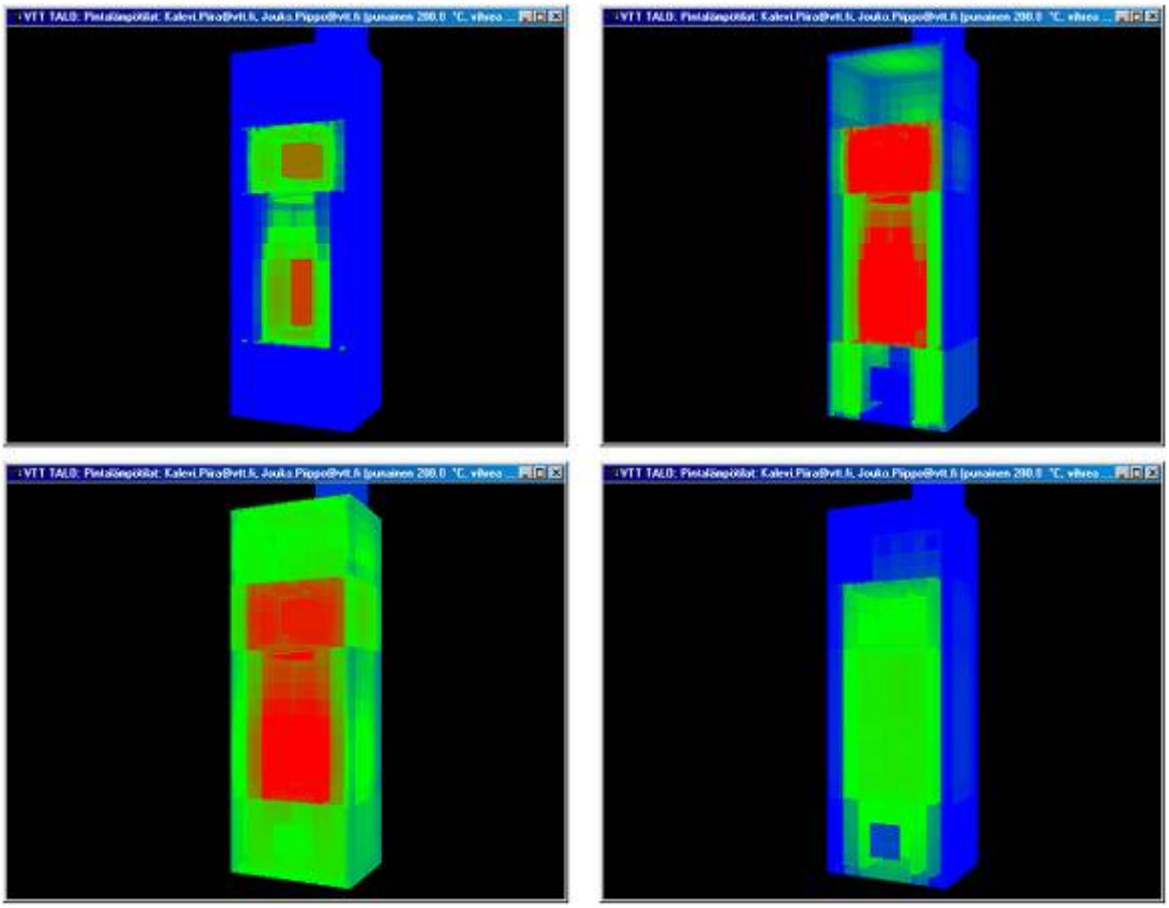
Klimaskærmen skal udføres omhyggeligt, så varmesystemet er tilstrækkeligt og at komforten er god.

Krav til energiberegninger

I Danmark skal der indtil videre udføres to slags energiberegninger for passivhuse, henholdsvis energiberegninger i henhold til Bygningsreglementet samt energiberegninger i henhold ti passivhus-kriterierne.

Energiberegninger i henhold til passivhus-kriterierne udføres med programmet PHPP, som er udviklet af Passivhaus Institut i Tyskland. Programmet er blevet evalueret via en lang række målinger og har vist sig meget præcis i sine beregningsresultater. I lande som Tyskland, hvor der er stor erfaring med passivhuse, accepteres PHPP beregninger som fuldt ud tilstrækkelige til byggeansøgninger. I Tyskland skal en bygherre således ikke bekoste udgifter til to beregninger.

Passivhuse, som adskiller sig markant fra gængs bygningsstil og hvor erfaringerne er meget begrænsede, bør i visse tilfælde beregnes med mere avancerede programmer for at få en mere præcis vurdering af indeklima og komfort. Der findes adskillige programmer til dynamisk simulering af bygninger f.eks. IDA-ICE, TRNSYS, TASE, Energy+, Capsol.



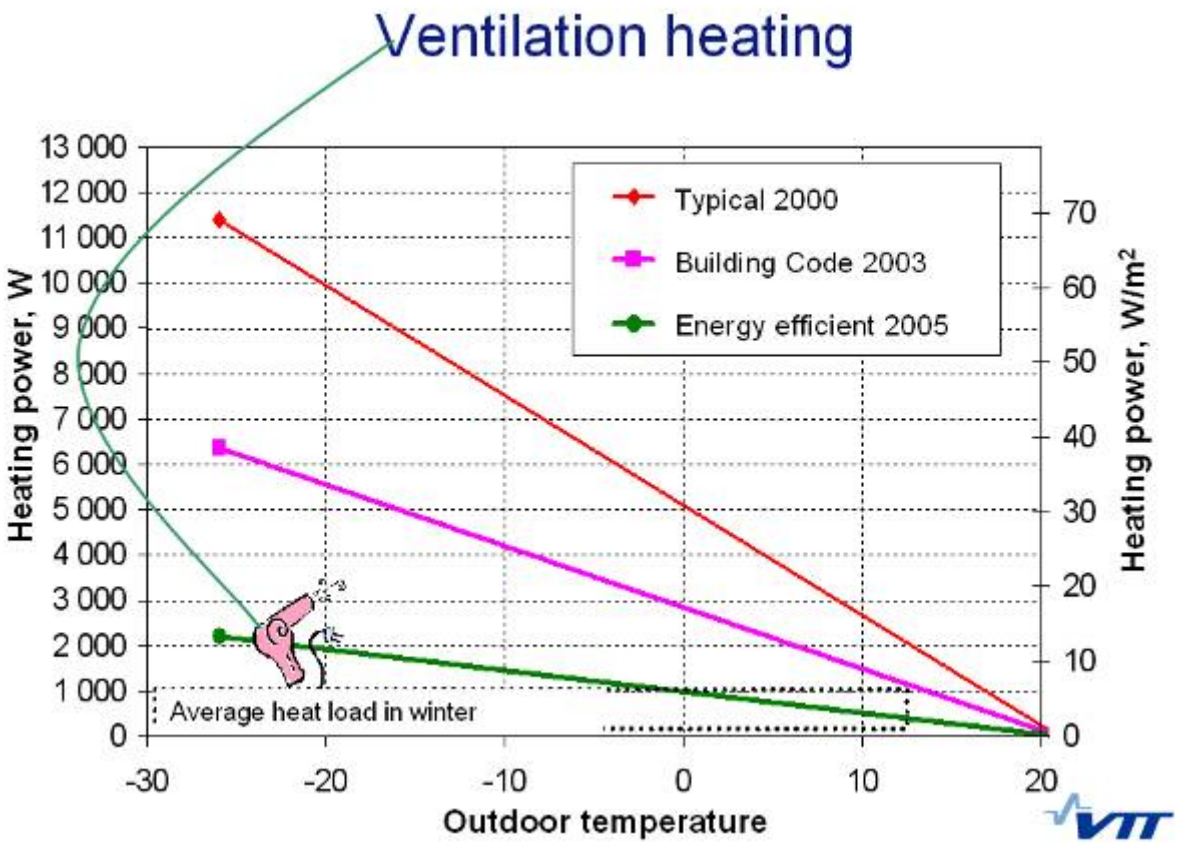
Ovenstående viser et eksempel på en dynamisk simulering af samspil mellem varmesystem (finsk ovn) og bygningen. Overfladetemperatur samt afgiven effekt er vist som funktion af tid. Analysen er udført med beregningsprogrammet VTT Talo.

Tekniske installationer

Målet med et passivhus er at opnå høj energieffektivitet og komfort via en optimal klimaskærm og enkle tekniske installationer. Merinvesteringen i klimaskærmen modsvares delvis gennem en mere enkel teknisk installation.

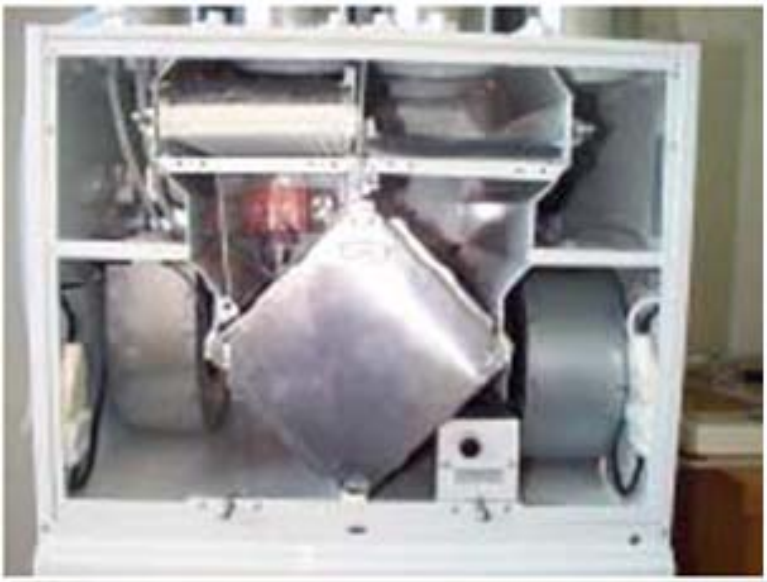
Opvarmning via ventilationsanlægget er en effektiv og særdeles pris-optimal opvarmningsform til passivhuse, som udover opvarmning også sørger for ventilation. Hvis en ventilationsvarmepumpe benyttes, så sørger varmepumpen for både rumvarme og varmt brugsvand.

I passivhuse er varmegenvinding på rumluften nødvendig for at opfylde passivhus-kriterierne. Virkningsgraden for varmeveksleren skal være så høj som mulig og typisk benyttes modstrømsvekslere (i meget kolde områder f.eks. Finland benyttes ofte roterende vekslere pga. det meget lave behov for afisning for denne vekslertype). Naturlig ventilation eller eksempelvis hybrid ventilation uden varmegenvinding er ikke et alternativ. Varmeveksleren skal kunne by-passes om sommeren for at undgå overtemperaturer i bygningen. I kolde perioder er afrimning af varmeveksleren en nødvendighed, hvilket reducerer virkningsgraden af veksleren. Afrimning kan dog undgås ved at installere jordrør / jordvarmekreds, som forvarmer den friske luft til en temperatur over 0 grader.



Passivhuse kan opvarmes via ventilationsanlægget idet dimensionerende effektbehov er meget lavt.

Eftersom ventilationsbehovet og luftvolumen er det samme for et passivhus og et traditionelt hus, gælder de samme retningslinier for støjkontrol. Ifølge forskningsresultater kan støj fra ventilationsanlæg opleves som forstyrrende selv når lydniveau ikke overstiger generelle krav i byggeforskrifter. Et støjniveau på 22-25 dB(A) anbefales i soveværelser. Undersøgelser viser, at ventilationen ofte styres ud fra støjniveauet, specielt når baggrundsstøjen er lav. Et eksempel er 1-familiehuse i områder med meget lav baggrundsstøj. Udover normale støjdæmpere, kan det være nødvendig med ekstra støjdæmping af ventilationskanaler. Støjdæmpingen bør projekteres efter at støjniveauet er acceptabelt selv ved maksimalt ventilationsflow.



Kompakt-unit samt indblæsningsventil med elektrisk eftervarmeflade.

Checkliste for energidesigner

- Analyse af klimaskærm
- Planlæg rørføring sammen med arkitekt og statik-ingeniør
- Valg og placering af vinduer
- Solafskærmning
- Termisk masse til temperaturudjævning
- Ventilationsmængder og kontrol
- Placering af indblæsningventiler
- Opvarmning af vådrum
- Støjdæmpning
- Kontroller risiko for overtemperaturer
- Energiberegninger
- Effektberegninger

En kompakt-unit med varmeveksler og luft-vand varmepumpe er en kost-effektiv løsning til ventilation, rumopvarmning og varmt brugsvand (http://www.passiv.de)