

Anbefalinger for miljøvenlig ventilation i boliger



ISBN	87-89843-92-4
Tekst	Henning Guldenstein og Jette Hagensen
Layout	Henning Guldenstein og Søren Dyck-Madsen
Fotos	Henning Guldenstein, Jette Hagensen, Rie Øhlenschläger, Otmar Spescha Ingenieurbüro, Johannes Werner, Nilan A/S, Passivhaus Institut Darmstadt, Aidt Miljø A/S, Morten Kjærsgaard, aboutpixel.de
Tryk	Øko-tryk
Papir	CyclusPrint 130 g, 100 % genbrugspapir, svanemærket
1. udgave	August 2006
Oplag	2.000 stk.
Tak til	Christian Ege, Brian Hansen, Rie Øhlenschläger, Søren Dyck-Madsen og en særlig tak til Henning Grønbæk og Toke Rammer Nielsen for hjælp til tekniske spørgsmål

Hæftet er gratis og kan fås i Det Økologiske Råd.

Ved forsendelse opkræves porto samt ekspeditionsgebyr på 10,- kr.

Citering, kopiering og øvrig anvendelse af hæftet kan foretages med angivelse af kilde.

Hæftet kan læses og downloades fra Det Økologiske Råds hjemmeside www.ecocouncil.dk

Dette hæfte er lavet med støtte fra ELFOR's energisparepulje.

Udgivet af



Det Økologiske Råd
Fremtiden miljø skabes i dag

Blegdamsvej 4B
2200 København N

Tlf: 33 15 09 77

E-mail: info@ecocouncil.dk

Web: www.ecocouncil.dk

Anbefalinger for miljøvenlig ventilation i boliger



Det Økologiske Råd

Indhold

Forord	6
A Introduktion	7
1 Ventilation og energiforbrug	7
2 Hvorfor er der behov for ventilation?	9
B Ventilationstyper	10
3 Hvilken ventilation skal man vælge?	10
3.1. Tilfældig naturlig ventilation	10
3.2. Styret naturlig ventilation	10
3.2.1. Komponenter i styret naturlig ventilation	11
3.2.2. Bygningens placering	14
3.2.3. Det åndende hus	15
3.2.4. Klimaregulerende materialer	15
3.3. Mekanisk ventilation	16
3.3.1. Mekanisk udsugning	16
3.3.2. Mekanisk ventilation med varmegenvinding	17
3.3.3. Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding	17
3.3.4. Mekanisk ventilation med varmegenvinding kræver tætte huse	18
3.3.5. Betydning for indetemperaturen	19
3.3.6. Støj	19
3.3.7. Hvad koster det?	20
3.4. Hybrid-ventilation	22
3.4.1. Styling af luftskiftet	23
3.4.2. Vedligeholdelse	24
3.4.3. Udluftning (u)nødvendigt	24

4 Hvilken slags varmegenvinding?	25
4.1. Luft-vand varmepumpe	26
5 Forvarmning af ventilationsluften	27
5.1. Køling	28
C Miljøvenlig ventilation	29
6 Miljø og ventilation	29
6.1. Hvilken type varmeveksler er den mest miljøvenlige?	31
6.2. Lavt elforbrug trods mekanisk ventilation?	33
7 Naturlig eller mekanisk ventilation	33
8 Ventilation i det fremtidige energisystem	34
D Anbefalinger	36
9 Konklusion	36
9.1. Renovering af ældre boliger	36
9.2. I nybyggeri	36
10 Anbefalinger	38
Litteratur	39

Forord

90 procent af vores tid opholder vi os inden-dørs. Det er derfor vigtigt, at der er et godt indeklima i de bygninger, vi opholder os i. Tilstrækkelig ventilation er en forudsætning for et sundt indeklima. Men enhver ventilation medfører et energiforbrug. De nye energirammer i bygningsreglementet fra 2006 betyder, at bygninger bliver mere tætte og velisolerede. Og energirammerne stiller nu også krav til et maksimalt energiforbrug, som også omfatter varmetabet og el-forbruget ved ventilation. Et lavt energiforbrug tilopvarmning og ventilation er ikke mere kun et spørgsmål om energiregningen, men nu også et krav i bygningsreglementet.

Der er derfor behov for at nytænke opvarmning og ventilation og herunder hele bygningens orientering og udformning for at sikre et lavt samlet energiforbrug.

Der er allerede gjort meget for at forbedre og energioptimere ventilation især i større bygninger både i Danmark og andre lande. Der arbejdes med både mekanisk og naturlig ventilation, samt med kombinationer af disse. Der findes en række løsninger til såvel større bygninger som boligbyggeri, og der sker fortsat en løbende udvikling på området.

Alt for ofte bliver de energimæssigt bedste løsninger alligevel ikke valgt, bl.a. på grund

af manglende viden og fordi de typisk er dyrere i etablering – selvom de er billigere i drift. Vi vil afdække nogle af disse barrierer i det følgende. Vi vil desuden kigge på, hvad ændringer i energiforbruget betyder for udformningen af det samlede energisystem.

I dette hæfte sætter vi fokus på ventilation i boliger. Og vi forsøger at give svar på en række spørgsmål:

- Hvordan kan fremtidens ventilation se ud i praksis, og hvad betyder det for energiforbrug og indeklima?
- Hvordan kan varmetabet fra ventilation minimeres?
- Hvilke ventilationsformer og bygningskonstruktioner kan klare energirammen i det nye bygningsreglement, og hvilke kan også leve op til de nye lavenergiklasser?
- Hvordan optimeres ventilationen ved renovering af gamle bygninger?
- Og hvad betyder det for det samlede energisystem?

Vi håber dermed at kunne bidrage til øget fokus på både de store energibesparelser og det forbedrede indeklima, der er muligt i dag.

Det Økologiske Råd, august 2006

1 Ventilation og energiforbrug

Problemerne med opvarmning af Jordens klima bliver stadig tydeligere og voldsommere. Og det står stadig mere klart, at menneskelig påvirkning i form af udledning af drivhusgasser bærer hovedskylden. CO₂, som bl.a. kommer fra afbrænding af fossile brændsler, er den vigtigste af drivhusgasserne, og derfor væsentlig at reducere.

I dag anvendes ca. 40% af det danske energiforbrug i bygninger, heraf 2/3 til varme og køling. Ved at reducere vores energiforbrug i bygninger, kan vi derfor reducere udledningen af drivhusgasser markant og dermed bidrage til at reducere klimaproblemet. Hvis Danmark skal kunne leve op til sine forpligtelser i Kyoto-protokollen, så er det nødvendigt at reducere energiforbruget mest muligt.

Bygningsreglementet har indtil 2006 kun haft bestemmelser om et maksimalt varmetab gennem bygningens enkelte isolerende elementer - gulv, tag, vægge og vinduer. Varmetab fra ventilation har således ikke været direkte inddraget i energikravene.

Alle former for ventilation er forbundet med varmetab

Bygningsreglementets krav til ventilation

I hvert beboelsesrum og i huset totalt skal der være et luftskifte på mindst 0,5 gange i timen. Det svarer til en volumenstrøm på 0,32 l/s pr. ved en rumhøjde på 2,3 m. For etagebyggeri (boliger med vandret lejlighedsskel) kræves desuden udsugning i køkken, bad/wc og bryggers. (jf. BR 95 § 11.2.2)

Volumenstrømmen skal mindst være:

- 20 l/s (72 m³/h) i køkkenet
- 15 l/s (54 m³/h) i bad
- 10 l/s (36 m³/h) i særskilt wc-rum

For villaer og rækkehuse er kravet blot et vist luftskifte i køkkenet og bad, via oplukkeligt vindue, lem, yderdør eller udeluftventil med fri åbning på mindst 30 cm² og/eller åbning på mindst 100 cm² mod adgangsrummet. (jf. BR98-S og tillæg nr. 1 § 6.3.1)

I alle beboelsesrum er der desuden krav om én eller flere udeluftventiler med en samlet åbning på mindst 60 cm² til det fri pr. 25 m² gulvareal, når der benyttes naturlig ventilation, og mindst 30 cm² til det fri pr. cm² gulvareal, når der benyttes mekanisk udsugning.

De nye lavenergiklasser

Med ikrafttræden af de nye tillæg til BR 95 og BR-S 98 den 1. januar 2006 blev der introduceret to lavenergiklasser.

Lavenergiklasse 2 svarer til et bruttoenergiforbrug, som er 25 % mindre end den nye standard. Lavenergiklasse 2 er udmeldt som standardkrav i det kommende bygningsreglement 2011.

Lavenergiklasse 1 svarer til 50 % af standarden. Lavenergiklasse 1 svarer endvidere omtrent til kravet for den internationale standard "Passivhus", hvor varmetabet er reduceret markant, samtidig med at man bruger varme fra solen såvel som fra beboerne og husets apparater til at opvarme bygningen.

Der er i et Passivhus ikke brug for et egentligt varmeanlæg. Det forudsætter godt isolerede vægge, tage, gulve og vinduer, og undgåelse af kuldebroer.

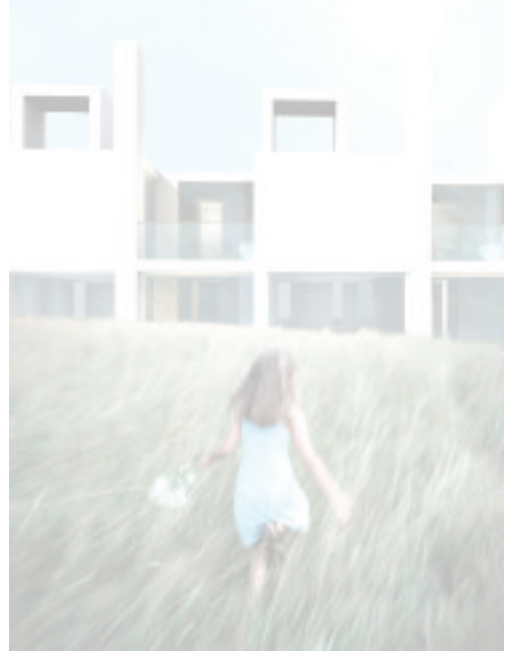
Det årlige behov for tilført rumvarme må maks. være 15 kWh/m². Totalenergibehovet må ifølge CEPHEUS*-projektet ikke overstige 42 kWh/m²/år for beboelse.

**Cost Efficient Passive Houses as European Standards*

Fra 2006 gælder et nyt energitillæg til Bygningsreglementet for småhuse (BR-S 98, der gælder for boliger uden vandrette lejlighedsskel) og for etageboliger og øvrigt byggeri (BR 95). Med ændringerne fra 2006 indføres der som noget nyt krav til et samlet maksimalt bruttoenergiforbrug til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand for hele boligen, hvor der bl.a. indregnes elforbrug til cirkulationspumper,

ventilatorer m.v., mens passiv solvarme, el fra solceller m.v. fratrækkes.

I beregningen af energiforbruget ganges el med 2,5, mens varme ganges med 1, for herved at tage højde for de forskellige energikvaliteter og miljøpåvirkning ved brug af de to forskellige energiformer. Samtidig indføres energikrav ved større renoveringer f.eks. til tagisolering, vinduer, kedler m.v. Alle former for ventilation medfører et energitab ved tab af varme i den bortventilerede luft og ved elforbrug til drift af ventilationsanlæg. Det betyder, at indtænkning af et moderne ventilationssystem, som både giver et godt indeklima og som bruger et minimum af energi, er nødvendigt for at nye og gennemrenoverede bygninger kan opfylde de nye og især de kommende energikrav.



2 Hvorfor er der behov for ventilation?

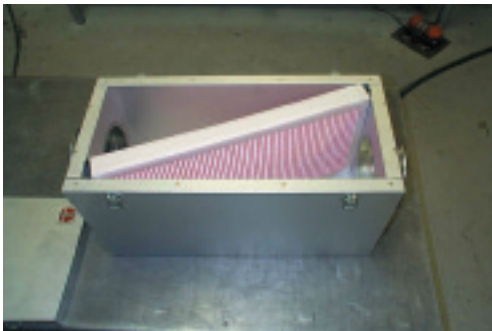
Beboere og husdyr afgiver vanddamp og CO₂ ved udånding og planter tilfører vanddamp. Endvidere kommer der vanddamp fra madlavning, rengøring, fra badeværelset og fra tørring af tøj. Der er behov for at fugten ventileres ud af boligen. Problemet øges, hvis de indvendige overflader ikke er i stand til at absorbere og afgive fugt – hvis de er diffusionstætte. Indeklimaet kan også være belastet af tobaksrøg, partikler fra stearinlys o.lign. Mange produkter og materialer afgiver ubehagelige eller endog farlige gasser. Derudover kan den indkommende luft indeholde støv, partikler fra biludstødning og brændeovne, samt pollen m.v. For at klare ovennævnte belastning af indeklimaet er der brug for et passende luftskifte og evt. for et filter på den indkommende luft.

Dårlig ventilation giver et dårligt indeklima med:

- 1) Fugtproblemer, som kan give råd og svamp i bygningens konstruktioner, som kan give sundhedsfarlig skimmelsvamp på kolde flader og som kan skabe gode vækstbetingelser for allergifremkaldende husstøvmider ved en luftfugtighed over 45% om vinteren
- 2) Luftkvalitetsproblemer med for høj koncentration af skadelige gasser fra maling, byggematerialer, møbler, tæpper, apparater m.m. Ubehagelige lugte, for høj koncentration af pollen og støv samt i visse dele af landet også forhøjet koncentration af radon
- 3) Temperaturproblemer med alt for høj indetemperatur i sommerhalvåret på grund af solindfald.

Et godt indeklima med et passende luftskifte, og hvor luftfugtighed og temperatur holder sig indenfor et normalområde, er afgørende for, at vi føler os vel tilpas i bygningen.

En pollenfilterbox til et mekanisk ventilationsanlæg



3 Hvilken ventilation skal man vælge?

Der skelnes overordnet mellem naturlig ventilation, som drives ved hjælp af temperatursforskelle og vindpåvirkning, og mekanisk ventilation. En kombination, en såkaldt hybrid løsning, vil ofte være at foretrække. Dette kan udformes på forskellige måder.

3.1. Tilfældig naturlig ventilation

I mange bygninger er der en vis tilfældig ventilation via utætheder i bygningen. Radiatorerne er næsten altid placeret ved vinduerne for at få en udjævning mellem den relativt varme luft i rummet og den koldere luft ved vinduet / ydervæggen, og for at undgå kuldenedfald fra glasset. Dårligt isolerede og utætte bygninger har et betragteligt varmetab, der betyder et øget energiforbrug og dermed høje varmeudgifter. I sådanne boliger sker en tilfældig naturlig ventilation gennem husets utætheder og ved

almindelig udluftning gennem vinduer og døre. Denne form for ventilation, der nok er den mest udbredte, har ofte friskluftventiler i facaden eller i vinduerne (nyere huse har efter BR krav altid ventiler), samt ofte mekanisk ventilation i køkken og bad.

3.2. Styret naturlig ventilation

Gennem århundreder har bygmestre verden over arbejdet med at fremme god ventilation og behageligt indeklima ved at udnytte luftens naturlige opdrift og bevægelse og indarbejde dette som en integreret del af arkitekturen. Materialevalg og bygningens orientering og udformning har i mange tilfælde indgået i en samlet løsning, der ofte efterlignede principper fra naturen, som f.eks. de lodrette udluftningskanaler i et termitbo. Disse principper, som vi her samler under navnet styret naturlig ventilation, omfatter en række metoder, der også anvendes i dag.



Eksempel: Vinterpaladset i Skt. Petersborg

Arkitekten Rastrelli byggede Vinterpaladset i 1762. Bygningen ventileres af 1000 lodrette luftskakte, hvor indtræksluften forvarmes, idet de er placeret i de samme skorstenspiber som røg- og forbrændingsluftskakterne fra ildstederne.

Den naturlige opdrift øges af aftrækskætter over tag. Udeluften trækkes ind gennem det såkaldte Fortochka vindue, som Rastrelli designede til Vinterpaladset.

Her forvarmes luften imellem de to lag glas som samtidig skærmer for støj og støv. Ved renovering af Vinterpaladset i 1990'erne er der bygget videre på de gamle principper for naturlig ventilation, bl.a. er de hygroskopiske overflader bevaret.

Se: www.niras.dk

3.2.1. Komponenter i styret naturlig ventilation

Komponenterne i et naturligt ventilations-system kan være automatisk eller manuelt regulerede. For boliger kan det dog være en større investering at styre den naturlige ventilation automatisk. Varmestyret automatik til at åbne ovenlysvinduer er dog typisk en overkommelig investering med stor effekt på varme dage.

Ventilationsåbninger

Typiske ventilationsåbninger er vinduer, udluftningsventiler og spjæld. I forbindelse med placering og valg af ventilationsåbninger skal kapacitet, risiko for træk, tyverisikring samt risiko for indblæsning af forurennet luft være i fokus. Et andet problem ved ventilationsåbninger kan være støj fra gaden.

Vinduer

Sidehængte vinduer giver størst kapacitet ved ensidet ventilation, men luftsiftet og luftens fordeling kan være svær at styre ved for stor vindpåvirkning. For tvær- og opdriftsventilation er det kun åbningsarealet, der har betydning for kapaciteten. Til gengæld har udformning og placering betydning for komforten.

Bundhængte vinduer placeret nær loftet giver mindst risiko for træk og er også en god løsning til natkøling. Åbninger nær opholdszonen er fordelagtigt i varme perioder, idet den termiske komfort optimeres. Der pågår et betydeligt udviklingsarbejde både med hensyn til at minimere energitabet fra vinduer og vinduesrammer, og med bl.a. at integrere solceller i selve vinduet som solafskærmning, samt vinduer, hvor der kan påsættes solgardiner eller persienner indvendigt eller skodder udvendigt.

Design af naturlig ventilation skal ske i tæt samspil med bygningens arkitektur og materialevalg. Ved at arbejde med helhedsløsninger kan arkitektur, opvarmning og ventilation understøtte hinanden.

Der opereres traditionelt med tre forskellige principper for naturlig ventilation:

- Ensidet: ventilationsåbninger kun i én væg
- Tvær: ventilationsåbninger i to eller flere vægge.
- Opdriftsventilation: et termisk drivtryk skabes ved hjælp af den lodrette afstand mellem indtags- og afkaståbning.

Ventilationsvindue fra PC vinduer



Udluftningsventiler

Udluftningsventiler kan laves med lyd- og luftfiltre, som dog reducerer volumenstrømmen.

De kan laves konstant åbne, og danner således et basisluftskifte eller de kan være manuelt eller automatisk styrede efter temperatur. Og de kan være automatiserede, styret af temperatur, CO₂ eller luftfugtighed, hvilket giver et lavere varmetab.

Vindturbiner og aftræksskorstene

Vindturbiner eller aftræksskorstene er en aerodynamisk udformet del, der kan sættes på toppen af en ventilationsskorsten, så den naturlige opdrift øges og luftnedfald hindres.

Da det blæser 95 % af tiden i Danmark, kan de klare en stor del af aftrækket. Nogle typer kan suppleres med en lille mekanisk ventilator.

Aspiromatic aftrækshætter placeret på ventilations-skorsten over tag på Jagtvej 177



Eksempel: Jagtvej 177 - Renovering af etageejendom med naturlig ventilation

Ved etablering af tagboliger og renovering af hele ejendommen i 2002 er grundventilationen baseret på naturlig ventilation.

De eksisterende skorstene er blevet foret med en indvendig oppudsning og udgør nu en brandsikker og tæt ventilationskanal. Aftrækket fra badeværelset forøges med en aspiromatic aftrækshætte placeret på ventilationskanalens udmundning over tag. Indtag af frisk luft sker fra gårdrummet i kælderniveau, hvorved gadens støj, støv og forurening undgås. Luften forvarmes ved passage op gennem skorsten og trækkes ind bag de centralt placerede radiatorer – en placering, der understøtter den naturlige ventilation ved at forvarme udeluften.

Ved centralt placerede radiatorer spares rørlængder og samme stigestreg kan anvendes til flere radiatorer. Det er vigtigt at der er større modstand nedad i skakten end opad, for at undgå at luften bliver trukket den forkerte vej i blæsevejr. Dette er yderligere sikret ved at benytte et specielt men enkelt kontraspjæld med meget lidt modstand. Spjældet er oprindeligt udviklet til tog i Sverige.

I hvert rum er der en friskluftventil med luftfilter i forbindelse med radiatoren. Ventilation i køkken suppleres med en behovstyret emhætte. Der findes endnu ikke tal for det samlede energiforbrug til varme og ventilation.

www.friborg-lassen.dk og www.et-ing.dk

Solskorstene

Solskorstene er lodrette kanaler fra rummet til det fri, hvor solen opvarmer luften i skorstenens øverste del og dermed trækker luften opad, så det giver gode opdriftsforhold. Solskorstene bør dimensioneres, så tryktabet ikke bliver for stort og med en lufthastighed mindre end 0,5 m/s.

Solskorstene, Bogruppe 4, Hjortshøj



“Det er ikke enkelt at få naturlig ventilation til at fungere optimalt. Der er mange forhold, der skal tages i betragtning, ligesom en række betingelser grundlæggende skal være opfyldt for at det er muligt at etablere i etageejendomme.”

Sagt af Jeppe Steen Andersen fra Troelsgaard Ingeniører

Eksempel - Solskorstene, Bogruppe 4, Hjortshøj

26 almene boliger i bogruppe 4 i Andels-samfundet i Hjortshøj har naturlig ventilation, suppleret med en brugerbetjent emhætte i køkkenet. Solbrystninger på sydfacaderne, beklædt med matsort aluminium, forvarmer indtagsluften, hvilket øger den indeklimatiske komfort og mindsker varmetabet knyttet til ventilation.

Den forvarmede luft cirkulerer gennem boligen inden den trækkes ud gennem de såkaldte solskorstene. Disse er sortmalede indvendigt, således at solen opvarmer luften optimalt, og de er glasbeklædte mod syd, hvilket øger aftrækket - især på varme solskinsdage, hvor overophedning ellers kan være et problem. Den buede regnbekskyttelse over skorstenen er med til at presse luften hen over skorstenen, hvilket også øger aftrækket.



Eksempel på solvæg

3.2.2. Bygningens placering

Bygningens udformning og placering har særlig stor betydning for effektiviteten af den naturlige ventilation. Om sommeren er ventilationsbehovet fortrinsvis bestemt af temperaturen. Derfor bliver ventilationsbehovet mindre, hvis bygningen udformes med kun en lille varmebelastning om sommeren.

Varmebelastningen kan reguleres ved at fokusere på nogle forskellige specifikke bygningsudformninger:

- Orientering af bygningen i forhold til solen: Nordvendte vinduer belyses ikke med direkte sol, og ved de sydvendte vinduer kan varmebelastningen begrænses om sommeren, hvis der er lavet tilstrækkeligt tagudhæng, idet solen står højt på himlen, når den kommer fra syd. Øst- og vestvendte vinduer bidrager til at varme

huset op først på dagen og sidst på dagen/til natten.

- Solafskærmning kan reducere varmebelastningen væsentligt i sommerperioden, hvor det dog er vigtigt, at afskærmningen ikke bidrager til et ekstra behov for kunstlys, og at der er fri luftpassage til ventilationsåbningerne.
- En stor termisk masse (f.eks. mursten eller massivtræ) bevirker, at variationer i rumtemperaturen udjævnes.
- Udover reduktion af varmebelastning er det vigtigt at have stort rumvolumen, f.eks. ved at have stor rumhøjde, hvilket skaber større drivtryk. Ved ensidet ventilation anbefales rumdybden ikke at overstige 2,5 gange rumhøjden, mens rumdybden for tvær- og opdriftsventilation kan være 5 gange større end rumhøjden.



Det multifunktionelle vindue

Vinduet er udviklet på basis af det ældgamle princip, der bl.a. benyttes i Winterpaladset i Skt. Petersborg. Det har en åbning forneden i det yderste vindue og for oven i det inderste vindue. Luften opvarmes således i vinduet på vej ind i bygningen og afskærmer samtidig mod støj og støv.

Vinduet anvendes i moderne udgave bl.a. i Rusland og Finland. Vinduet, der også kaldes et ventilationsvindue, er på vej ind på det danske marked, hvor både HS Hansen og PC vinduer har sat det i produktion.

3.2.3. Det åndende hus

En anden mulighed er at arbejde med ”det åndende hus”, hvor fugten kan bevæge sig ud igennem en diffusionsåben væg / tag. Herved bliver behovet for udluftning af hensyn til luftfugtighed mindre. En diffusionsåben væg kan godt være lufttæt, og kan således også kombineres med mekanisk ventilation med varmegenvinding. En diffusionsåben væg betyder, at der ikke er indbygget en dampspærre i konstruktionen. En dampspærre er f.eks. en plastmembran, der lægges ind imellem isoleringen og indervæggen med henblik på at undgå fugt i konstruktionen.

I mange konstruktioner kan dampspærren erstattes af en dampbremse eller en såkaldt hydroide, eller den kan evt. helt undværes ved at anvende materialer, som fugten kan bevæge sig igennem uden risiko for at opføre sig som fugt de forkerte steder. Man skal være opmærksom på, at plasticmaling har samme effekt som en dampspærre.

Hvis man arbejder med en diffusionsåben konstruktion, skal man altså vælge en diffusionsåben maling – f.eks. silikatmaling.

Det Økologiske Råd anbefaler, at man undgår produkter, der indeholder stoffer fra Miljøstyrelsens liste over uønskede kemiske stoffer

Eksempel - Det Fornyede Energihus

Tegnestuen / byggefirmaet ”Fornyet Energi” har netop udarbejdet et boligprojekt, der opfylder kravene til lavenergiklasse 1 baseret på naturlig ventilation ”med hjælpemotor”, dvs. med en lille mekanisk udsugning, der kan tændes efter behov.

Huset har en indvendig muret væg med 50 cm isolering udenpå og 50 cm isolering i taget. Huset opvarmes med en luft-vand varmepumpe placeret i udestuen, hvor ventilationsluften forvarmes dels af passiv solvarme og dels i et luft-jord-slangesystem. Friskluftindtaget suppleres gennem ventiler i vægge og aftrækskanaler fra badeværelser, samt via oplukkeligt rytterlys, udstyret med automatisk varme- og regnsensor. Huset, der er 177 m² stort, har et samlet beregnet energibehov på 39,4 kWh /m²/år.

Se: www.fornyetenergi.dk

3.2.4. Klimaregulerende materialer

Man kan desuden med fordel benytte klimaregulerende materialer, f.eks. træ-beton, magnesitplader, ubrændte lersten eller lerpuds, der kan absorbere fugt og afgive den igen (materialet kan virke som hydrodiode). Valg af rigtig overfladebehandling også vigtig for at bibeholde materialernes fugtregulerende evne.

Materialers fugtregulerende evne er af stor betydning for indeklimaet, især når den relative fugtighed inde og ude er enten for høj eller alt for lav.

3.3. Mekanisk ventilation

Mekanisk ventilation er en samlebetegnelse for et antal ventilationssystemer, heriblandt den effektive balancerede mekaniske ventilation med varmegenvinding. Ifølge Bygningsreglementet skal et mekanisk ventilationsanlæg, der forsynes med en varmegenvindingsenhed, have en temperaturvirkningsgrad på mindst 65 %.

Dette krav kan sagtens skærpes, da der findes teknologi på markedet med en virkningsgrad på over 90 %.

3.3.1. Mekanisk udsugning

Gammeldags mekanisk udsugning omfatter både emhætter i køkkenet og den lille udsugningsventilator i badeværelset. Mange boliger er fortsat kun udstyret med disse komponenter, suppleret af tilfældig naturlig ventilation. Ventilationen kan være styret manuelt, tænde og slukke sammen med rumlyset, eller styres af f.eks. luftens fugtindhold.

Emhætter er normalt manuelt styrede.

Selv om denne type udsugning ikke lever op til moderne krav, så vil der være klare fordele ved at skifte til eller købe de bedste produkter på markedet, hvis man ikke lige ønsker at udskifte hele systemet.

- Ventilator i vådrum kan med fordel skiftes til en sparemotor med lavt energiforbrug, se f.eks. Elsparefondens ventilatorkampagne www.sparel.dk

- Emhætter er for øjeblikket genstand for en større undersøgelse, idet der er kolossal forskel på energiforbruget til belysning og mængden af luft, som er nødvendig at udsuge for at sikre godt indeklima ved madlavning. Spørg derfor til disse to ting ved valg af emhætte – der er mange penge at spare.



Emhætte i køkkenet

3.3.2. Mekanisk ventilation med varmegenvinding

Dette ventilationssystem ligner et traditionelt varmesystem på den måde, at der enten er radiatorer eller vandbaseret gulvvarme. Luften udsuges gennem aftræksarmaturer, hvorefter varmen genvindes til et vandbåret opvarmningssystem gennem en luft-vand varmeveksler, som typisk også er forsynet med en varmepumpe. Systemet anvendes typisk i de mest energibesparende af de "svenske" træhuse på markedet, men det er dyrere at installere end et luft-luft system.

Det Økologiske Råd anbefaler en varmegenvindingsgrad på mindst 85 %

Balanceret – hvad betyder det?

Balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding: Et anlæg hvor man bruger energien fra den luft, man suger ud, til at opvarme den friske luft, man blæser ind i huset. Balanceret er hvor der blæses lige så meget luft ind som der suges luft ud.



Indblæsningsventil - placeres typisk i opholdsrum

3.3.3. Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding

Dette ventilationssystem bygger på et luft-luft princip, som f.eks. typisk anvendes i Passivhus konceptet. At ventilationssystemet er balanceret betyder, at der indblæses samme mængde luft, som der ventileres bort via udsugning.

Aftræksarmaturer skal placeres i de rum, hvor "forurenings"-produktionen er størst, hvilket vil sige køkken, badeværelse og eventuelt bryggers. Ved at tilføre luft i tilstødende lokaler vil luftstrømmen gå fra eksempelvis stuen ud i køkkenet og fra soveværelset ud i badeværelset. Dermed undgås, at de forurenede eller fugtige luftstrømme fra køkken, bad og toilet siver ud til opholdsrum. Lufthastigheden skal være så lav, at trækgener undgås.

Bygningsreglementet foreskriver den maksimale lufthastighed til 0,15 m/s i opholdszonen.



Udsugningsventil - placeres typisk i de fugtige rum

3.3.4. Mekanisk ventilation med varmegenvinding kræver tætte huse

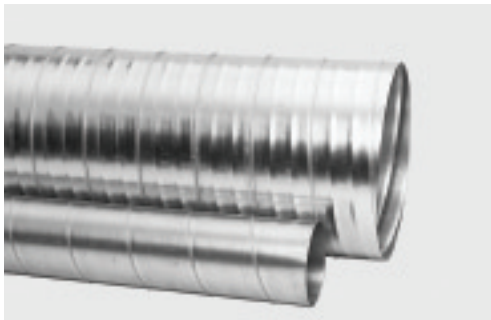
Mekanisk ventilation med varmegenvinding giver kun mening, hvis huset er tæt og velisoleret, og det naturlige ukontrollerede varmetab derfor er meget lavt. Ellers får man ikke genvundet varmen fra udsugningsluften tilstrækkeligt effektivt.

De nye energikrav til bygningsreglementet stiller således også et tæthedskrav til nye bygninger på maksimalt 1,5 liter/s/m² ved et tryk på 50 Pa.

Bygningens tæthed kan måles ved at foretage en såkaldt Blowerdoor test.

Det er vigtigt at skelne mellem damptæthed og vindtæthed - det er således ikke nødvendigt at opsætte dampspærre for at sikre et tæt hus - en diffusionsåben vindspærre kan sikre den nødvendige tæthed. Det er vigtigt at overveje, hvilke løsninger og materialer man vælger at bruge for at sikre tæthed i bygningen. Fugemasser indeholder ofte miljømæssigt problematiske stoffer.

Spiorør - bruges til at transportere luften



I nogle tilfælde kan man i stedet sikre stor tæthed ved at ændre konstruktionen – f.eks. ved kun at vælge oplukkelige vinduer og døre enkelte steder og andre steder vælge faste vinduespartier, som har mindre fugetab. Hvis det viser sig, at bygningen har mindre utætheder, der ikke umiddelbart kan udbedres, kan man indregulere ventilationsanlægget, så det tager højde for dette.

Konstant luftstrøm

Ventilationssystemer med konstant luftstrøm betegnes med CAV (Constant Air Volume). I dette system føres der en konstant luftstrøm gennem ventilationsaggregatet, hvilket betyder, at hvert rum i boligen til hver en tid får tilført og fjernet den samme mængde luft uafhængig af forskellige belastninger i de enkelte rum.

Variabel luftstrøm - behovsstyret

Ventilationssystemer med variabel luftstrøm betegnes med VAV (Variable Air Volume). Princippet i dette system er, at luftskiftet tilpasses efter behov, hvorved et optimalt indeklima med et lavt energiforbrug kan opnås.

Systemet har en mere avanceret styring og regulering og er dyrere i anskaffelse. Til gengæld er energiforbruget lavere, da luftskiftet ved optimal drift ikke er større end nødvendigt. Reguleringen kan foregå på forskellig måde, hvor størrelsen af luftstrømmen styres af eksempelvis parametre som temperatur, CO₂-indhold i luften eller luftfugtighed.

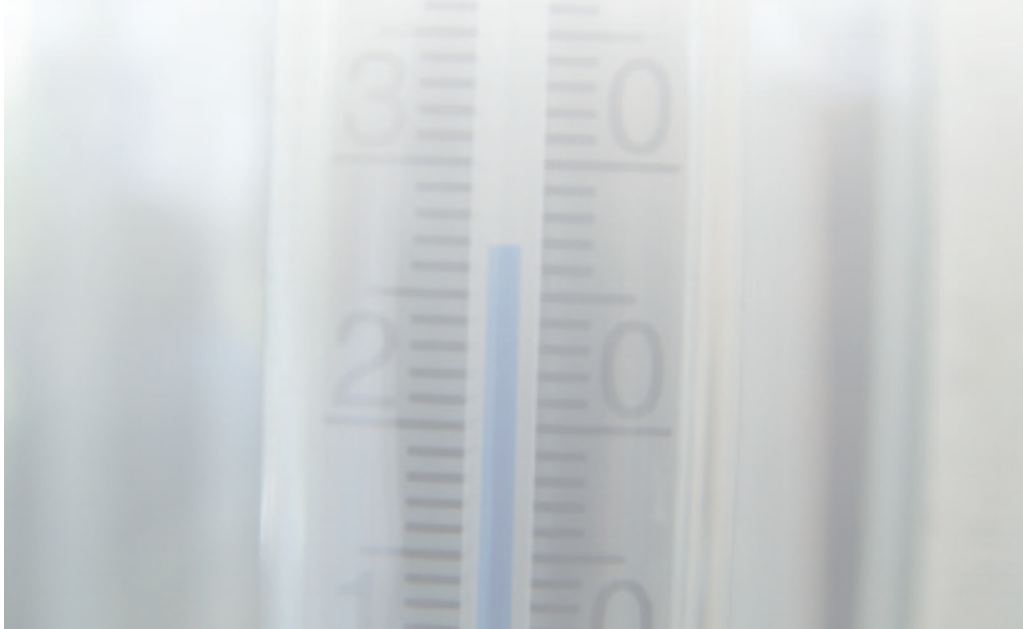
3.3.5. Betydning for indetemperaturen

Hvis man vælger et balanceret mekanisk ventilationssystem baseret på luftvarme, får alle boligens rum stort set samme temperatur, fordi temperaturen normalt ikke kan indstilles forskelligt i de enkelte rum.

For nogle mennesker vil det betyde, at soveværelset bliver varmere end de 17-18 grader, som nogle plejer at have, og badeværelset koldere, end man er vant til. Et balanceret mekanisk ventilationsanlæg kræver med andre ord lidt planlægning for at opnå ønskede variationer. F.eks. kan der installeres en lille ekstra varmeanhed i badeværelset. I bygninger, hvor udsugningsluftens varmeveksles over til et lidt dyrere vandbaseret radiatorsystem, kan temperaturen indstilles forskelligt i de enkelte rum.

3.3.6. Støj

Mange mennesker forbinder mekanisk ventilation med larmende emhætter eller hvæsende air conditionanlæg fra tog, skibe og ældre erhvervsbygninger. Og det er rigtigt, at nogle af de ringere anlæg støjer. Den vigtigste grund til, at et anlæg støjer, er dog dårlig installation. Det er stort set altid nødvendigt at installere lyddæmpere før og efter ventilatoren og imellem rummene, så der ikke opstår samtalestøj fra rum til rum. Moderne komfortventilation i boliger er i dag således næppe hørbar ved valg af de bedste anlæg og ved korrekt installation. Problemer med støj kan dog ikke udelukkes, specielt ikke i billigere byggeri. Dette kræver opmærksomhed i både projektering og anlæg.



3.3.7. Hvad koster det?

Hvad betyder installation af et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding helt kontant? En sådan vurdering er afhængig af hustypen og husets tæthed.

Hvis man vælger et mekanisk ventilationsanlæg, spiller de valgte enkeltprodukter også en rolle, da der både er forskelle i omkostningerne ved køb af anlægget og i energiforbruget til driften. Omkostningerne for et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding ligger på omkring 35 - 41.000 kr. (inkl. moms). En luft-vand varmepumpe løsning koster omkring 23.000 kr. (inkl. moms).

Man skal dog også være opmærksom på, at boligens værdi vil stige ved installation af ventilation med varmegenvinding, ikke

mindst pga. den nye obligatoriske energimærkningsordning.

Huse og lejligheder med en dårlig karakter i energimærkningen vil blive mindre attraktive og dermed sværere at sælge end bygninger med lave driftsomkostninger. Især for den yngre generation er en sådan installation en ægte investering i fremtiden. I løbet af den tid, man bor i sit eget hus, vil investeringen have tjent sig ind flere gange.

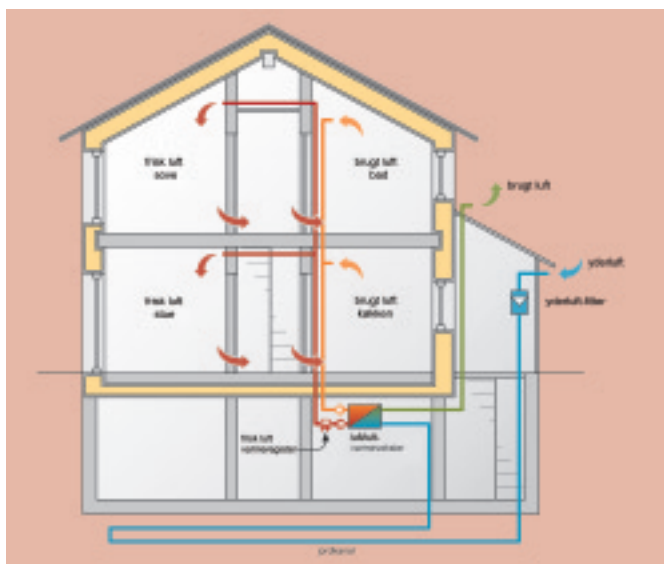
Det Økologiske Råd anbefaler, at man laver en totaløkonomisk vurdering, der omfatter omkostninger til både anlæg og til drift og vedligeholdelse i f.eks. 20 år





Fredet bygning

Dette fredede hus i Günzburg/Tyskland stammer fra år 1730. Huset brugte 300 kWh/m²/år til opvarmning. I 2000 blev huset renoveret op til passivhusstandard og fik herved bl.a. monteret et balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Det årlige varmeenergiforbrug ligger nu på 15 kWh/m², totalenergiforbruget på 33 kWh/m².



Principtegning af et typisk mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding i et passivhus

3.4. Hybrid-ventilation

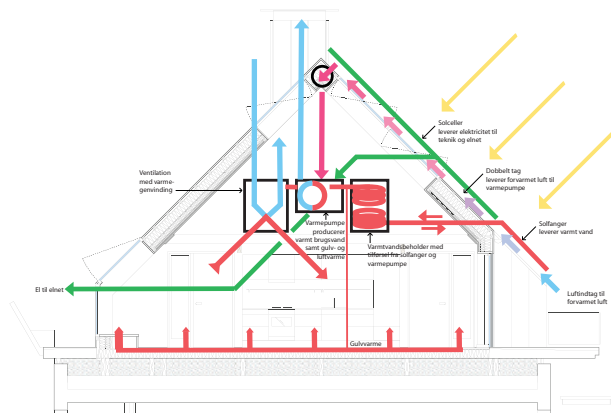
Ved en hybrid-ventilation forstås normalt et naturligt ventilationssystem, der suppleres af ventilatorer, når det naturlige drivtryk ikke er stort nok. Hvis der benyttes et mekanisk ventilationsanlæg i fyringssæsonen er varmegenvinding muligt. Betegnelsen hybridventilation bruges også om anlæg baseret på mekanisk ventilation med varmegenvinding i vinterhalvåret og styret naturlig ventilation om sommeren. Der vil typisk være store fordele mht. komfort, driftssikkerhed, og økonomi ved at anvende en optimeret hybridløsning.

Eksempel - Projekt Soltag

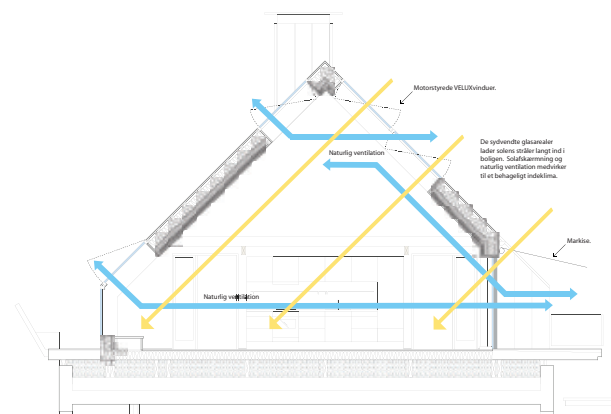
Projekt Soltag er en præfabrikeret CO₂-neutral tagbolig, hvor ventilationen i sommerhalvåret sker via automatisk styrede vinduer ved kip. Samtidig anvendes justerbar automatisk solafskærmning mod syd med markiser og persiener. Mod nord, hvor den passive solvarme ikke kan udnyttes, anvendes super lavenergivinduer. De højsiddende vinduer bidrager til en god lysfordeling i boligen, samtidig med at de benyttes til natkøling og tværv ventilation i varme perioder.

I vinterperioden anvendes mekanisk ventilation med meget effektiv varmegenvinding. Varmeforsyning sker via luft-vand varmepumpe suppleret med solfangere. Luft til varmepumpe og friskluftindtag i vinterperioden forvarmes gennem et dobbelttag. For at opnå den bedste spredning af dagslys og samtidig sikre mod overophedning, er der foretaget omhyggelig beregning af placeringen af vinduer.

Se www.soltag.net



Principtegning af varme- og ventilations-systemet i "Projekt Soltag" i vinterhalvåret.



Principtegning af varme- og ventilations-systemet i "Projekt Soltag" i sommerhalvåret.

3.4.1. Styring af luftskiftet

Alle de fire nævnte ventilationsformer - naturlig ventilation, hybridventilation, mekanisk udsugning med luft-vand varmegenvinding og balanceret mekanisk ventilation med luft-luft varmegenvinding - skal styres rigtigt for at opnå et lavt energiforbrug og et godt indeklime.

Det kræver, at beboerne får en forståelig og grundig introduktion til systemet, så de kan betjene det korrekt og dermed sikre det lavest mulige energiforbrug såvel som det bedst tænkelige indeklime og god komfort.

Mekaniske ventilationsanlæg kan styres af

- CO₂-koncentration
- luftfugtighed
- temperatur
- reguleres manuelt

Det er desuden muligt at påsætte en styring, der får anlægget til at slå fra, hvis vinduerne åbnes. Dette vil i praksis betyde, at der ikke ventileres unødvendigt, da et ventilationssystem med varmegenvinding kun fungerer optimalt i tætte rum. CO₂-styring bruges mest til større bygninger som f.eks. skoler og vil typisk være for dyrt at montere i den enkelte bolig.



Eksempel - Lindås-husene

I Lindås ved Göteborg er der bygget 20 rækkehuse efter passivhus-standard med mekanisk ventilation med varmegenvinding. Der er ét år efter ibrugtagning gennemført en grundig undersøgelse af bl.a. brugertilfredshed, der viste, at hovedparten af beboerne ikke var blevet introduceret til styring af det specielle varme- og ventilationssystem.

På den baggrund prøvede de sig frem efter bedste evne, hvilket det første år resulterede i bl.a. en varierende indendørstemperatur og unødvendigt høje energiomkostninger. Over 60 % af beboerne anvendte et separat varmeapparat for at opnå en komfortabel temperatur, bl.a. ved morgenbordet. Først efter lang tid fandt de ud af, at det varmeapparat, der var en integreret del af varme- og ventilationssystemet, var termostatstyret, og at de skulle lade systemet køre kontinuerligt i vinterperioden. Det viste sig også, at varmebehovet i høj grad afhænger af, hvor mange personer, der er i huset, hvor tit og hvornår man vasker tøj, laver varm mad osv. og om man bor i en gavl- eller en midterbolig. Da beboerne efterhånden lærte systemet at kende, var deres tilfredshed med indeklime og energiforbrug til gengæld stor.

3.4.2. Vedligeholdelse

Et årligt eftersyn hvor ventilatorerne rengøres, automatikken og indstillinger checkes, kondensafløb efterprøves og filter skiftes, må anbefales. Arbejdet kan udføres af mange forskellige ventilationsfirmaer. Det Økologiske Råd anbefaler de firmaer, der er tilmeldt VENT-Ordningen.

(se www.vent.dk).

Et serviceeftersyn kan normalt gennemføres på en seriøs måde på to timer. Omkostningerne ligger på ca. 400 – 500 kr./time. Det anbefales ofte, at der skiftes filter imellem hvert serviceeftersyn, dvs. hver 6. måned. Hvis man bruger grundfilter (som er dårligere end finfilter) skal det rengøres hver tredje måned for at kunne opnå den bedst mulige luftkvalitet. Der kan desuden monteres et særligt pollenfilter i sommerhalvåret, der sikrer at boligen er mere velegnet til pollenallergikere. Det er meget vigtigt at følge producentens anvisninger for vedligeholdelse af det enkelte ventilationsanlæg.

Omkostninger til vedligeholdelse bør indgå i en totaløkonomisk vurdering af de forskellige ventilationssystemer.

3.4.3. Udluftning (u)nødvendigt

I bygninger med tilfældig naturlig ventilation er det nødvendigt at lufte manuelt ud ved at åbne vinduerne flere gange om dagen i fem minutter samtidig med at man slukker for radiatorerne. Dette behøves ikke ved hverken styret naturlig eller moderne mekanisk ventilation.

Et styret naturligt ventilationsanlæg kan f.eks. fungere med mekanisk åbning og lukning af ventilåbninger eller vinduer. Et mekanisk ventilationsanlæg fungerer optimalt, når der ikke ventileres ekstra ved åbning af vinduer og døre. Der er ikke behov for ekstra frisk luft af indeklimahensyn.

I et hus med balanceret mekanisk ventilation kan man naturligvis åbne vinduerne, men man behøver det ikke, når ventilationsanlægget kører. Det er en fordel at huske at slå ventilationsanlægget fra, hvis ikke det sker automatisk, når vinduerne åbnes. Når temperaturen udenfor er omkring 20 grader, kan man slukke for ventilationen, dvs. i størstedelen af sommerhalvåret. Så kan vinduerne åbnes, når man har lyst til det, uden at man behøver at tænke på varmetab. Det er også muligt at supplere den naturlige ventilation med den mekaniske ved stort ventilationsbehov f.eks. ved mange gæster til fest.

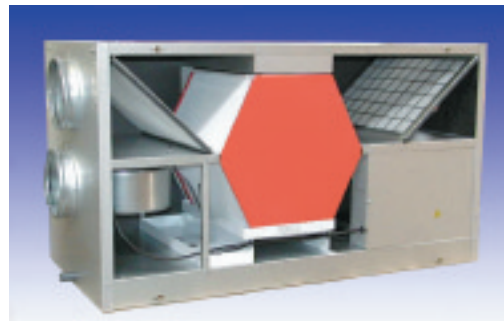
4 Hvilken slags varmegenvinding?

Moderne mekaniske ventilationsanlæg bør have inkluderet varmegenvinding. Lad os derfor se lidt nærmere på de forskellige typer af mekaniske ventilationsanlæg med varmegenvinding til boliger. De kan have:

- Krydsvarmeveksler (varmegenvindingsgrad på ca. 65-70 %) Krydsvarmevekslere tilhører en ældre generation af varmevekslere, med den laveste energieffektivitet. Gevinsten i forhold til konventionel ventilation er ikke så stor, men blandt varmevekslerne er de billige at købe og nemme at vedligeholde.
- Rotationsvarmeveksler (varmegenvindingsgrad på ca. 70-90 %) Der er en risiko for, at der under visse betingelser kan ske overførsel af partikler fra udsugningsluften til indblæsningsluften i rotationsvarmeveksleren. Da målet for et ventilationsanlæg med varmegenvinding netop er et godt indeklima, er det normalt ikke nogen god ide at bruge rotationsvarmevekslere. Denne type benyttes desuden mest i større bygninger.
- Modstrømsvarmeveksler (varmegenvindingsgrad op til 92 %) har de bedste miljømæssige egenskaber, da de sænker energibehovet til opvarmning mest. De bruges mest i mindre bygninger, og er således meget velegnede til boliger.

Der er således klar forskel på effektiviteten af disse anlæg. De mest effektive vil som regel også være de dyreste i indkøb.

Det Økologiske Råd anbefaler, at man vælger den mest energieffektive varmegenvindingsteknologi. Det svarer til at købe et A++ køleskab, hvor den højere pris betalersig hjem over driften



En modstrømsvarmeveksler - til montering på loftet, også muligt på væggen (Størrelsen af modellen på billedet i cm: L: 107,3; B: 49,3; H: 55,2; Væg-modellen er mindre)

4.1. Luft-vand varmepumpe

En anden og meget effektiv måde at kombinere bedre ventilation med energibesparelse er installation af en luft-vand varmepumpe. Varmepumper kan om sommeren afgive op til 4,5 gange mere energi, end de selv bruger. Om vinteren er forholdet lidt lavere. Overføres varmen i gulvslanger, kan den reguleres billigt i de enkelte rum, så der bliver varmere i bad og koldere i soveværelset. Ofte er luft-vand varmepumpen forsynet med en elvarmeplade, så den på kolde dage kan fungere som ren elvarme, med de negative miljøeffekter dette medfører. Alternativt kan ekstravarmen komme fra tilslutning til fjernvarmesystemet for de 60 % af boligerne, som ligger i fjernvarmeforsynede områder. Tilslutningen er dyrere og der betales som regel en fast afgift uafhængigt af forbrug, men driften er både billigere og mere miljøvenlig.

Den store fordel ved en luft-vand varmepumpe er, at den udover varmen kan producere varmt brugsvand og genvinde varmen fra den udsugede luft. Udsugningen af forurenede luft og indsugning gennem små ventiler i vinduerne forhindrer lugtgener og fugtproblemer. Problemet herved kan dog være trækgener fra den kolde indkommende luft og fra udsugningen. Derfor er det en fordel at placere udsugningen højt på væggen eller i loftet i opholdsrummene.

Typisk placeres en sådan varmepumpe i bryggers eller lignende. Denne løsning er attraktiv, fordi den kan installeres her og nu – uden de helt store investeringer og renoveringer. For at kunne opnå en helhedsløsning, i form af et energioptimeret hus med lave omkostninger til opvarmning, anbefales dog at modernisering af varme- og ventilationssystemet sker i sammenhæng med renovering af bygningens klimaskærm.

En luft/vand-varmepumpe



5 Forvarmning af ventilationsluften

For at reducere varmetabet ved ventilation, kan man forvarme ventilationsluften. Det kan ske på flere måder, og i nogle tilfælde kan man med samme teknik køle ventilationsluften i sommerhalvåret.

Ved mekanisk ventilation kan den indkommende luft opvarmes gennem en varmeveksler. Der kan bruges en luft-luft varme-pumpe eller en simpel eftervarmeplade, der supplerer opvarmning af indblæsningsluften, baseret på varmt vand eller el. Herved flyttes varmen fra den udgående luft til den indgående luft. Det er dog meget energikrævende, hvis det er baseret på el.

Udeluften kan også forvarmes i en jordkanal i frostfri dybde, hvor jordtemperaturen typisk er omkring otte grader hele året. Den kan samtidig bruges til køling af ventilationsluften i varme perioder. En anden mulighed er at forvarme ventilationsluften i et uopvarmet glashus eller atrium, hvor temperaturen i vinterhalvåret typisk er 8-10 grader højere end udeluften.



En solvæg kan varme ventilationsluften op, Økohus i Kolding



Eksempel - Aids solfanger med solcelle til udluftning af sommerhus mod fugt

Et Solar Venti solfangeranlæg med solcelledrevet ventilator kan holde fritidshuset fri for fugt. Hver gang solen skinner, bliver luften i solpanelet varmet op. Ventilatoren går i gang, startet af solcellen, og trækker den varme, tørre luft ind i huset. Luftstrømmen kan reguleres inde fra huset. Ventilatoren har en kapacitet på minimum 60 m³ i timen (Klarer et hus på op til 70 m²). Luften i huset bliver skiftet ud, og fugt og lugt fjernes. Samtidig giver systemet et godt tilskud til opvarmningen.

Se www.aidt.dk

En anden mulighed er at opvarme ventilationsluften ved hjælp af en solvæg. En solvæg er en passiv solenergiform, der enten kan benyttes til forvarmning af ventilationsluften eller direkte til opvarmning af bagvedliggende rum. Hvis man derudover beslutter sig for installation af solceller, kan solvæggen bruges til at køle solcellerne med. Derved kan der opnås en større el-produktion fra solcellerne, idet afkølede solceller har en højere effektivitet end varme.



Indtrækskanal til jordkanal, der forvarmer luften til huset

5.1. Køling

Køling er meget energikrævende og skal undgås i boliger. Det koster meget mere energi at afkøle luften én grad end at opvarme én grad. Brug af køleanlæg vil derfor gøre det næsten umuligt at opfylde bygningsreglementets energiramme. Overophedning kan være et problem i dårligt konstruerede bygninger uden afskærmning mod den højtstående sydsol og moderne bolig- og kontorbyggeri med store glasfacader. Øst- og vestvendte vinduer kan i forårs- og efterårsmånederne give et for stort varmetilskud i huset, fordi det er sværere at afskærme mod en lavtstående end en højtstående sol. Effekten i forhold til passiv opvarmning hhv. risiko for overophedning af bygningen med efterfølgende behov for køling bør overvejes nøje, (se "Bygningens placering" side 14) I varme sommerperioder køles en bolig nemmest og mest energibesparende ved at åbne vinduerne om natten.



6 Miljø og ventilation

Valg af ventilation har i høj grad energimæssige konsekvenser, og det hænger som beskrevet tæt sammen med hele bygningens tilstand og udformning. Ventilationssystemet er desuden afgørende for et godt indeklima. Fokus skal således være på at sikre et godt indeklima, og samtidig minimere det samlede energiforbrug, og endelig skal man tage miljømæssige hensyn ved valg af materialer som f.eks. fugemasse.

Hvis ventilationssystemet primært er baseret på naturlig ventilation, evt. suppleret med mekanisk ventilation til behovsstyret udsugning i køkken og bad, skal man være meget opmærksom på, at det samlede varmetab fra bygningen holdes nede. Det kræver typisk en noget højere isoleringsstandard for at nå henholdsvis lavenergiklasse 2 og 1 end ved anvendelse af mekanisk ventilation med varmegenvinding. Men det er muligt og sådanne løsninger kan have klare miljømæssige fordele i driften, bl.a. fordi man er mindre afhængig af elforsyningen.

Hvis der installeres et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding, bruges der mere strøm til ventilation og varmegenvinding end ved styret naturlig ventilation. Til gengæld har huset typisk et mindre varmetab med et formindsket CO₂-udslip til følge. Her er desuden mulighed for at sikre et allergivenligt indeklima via montage af pollenfilter på ventilationen.

Alle slags mekanisk ventilation bruger elektricitet, og det er derfor vigtigt uanset ventilationsløsning at designe systemet, så der bruges så lidt som muligt. Der forbruges el til ventilatorerne, som fjerner den forurenede luft fra rummene og evt. forsyner huset med frisk luft. Der forbruges også en mindre mængde el til ventilationsanlæggets styringsenhed. Hvis ventilationsanlægget er forsynet med en før- eller eftervarmeplade eller en varmepumpe, forbruger disse komponenter ligeledes energi.



Det er vigtigt at dimensionere anlægget og dermed ventilatorerne korrekt. En overdimensioneret ventilator har typisk lavere virkningsgrad end en veldimensioneret og har dermed et unødvendigt stort elforbrug. Placeringen af ventilation med varmegenvinding har desuden betydning for energieffektiviteten. Hvis aggregatet placeres på et koldt loft er varmetabet større end hvis det kan placeres i den opvarmede del af boligen. I sommerhalvåret vil den mekaniske ventilation kunne erstattes med naturlig ventilation – hybridløsningen. Man skal være opmærksom på, at hvis anlægget stoppes i længere perioder, kan der efterfølgende opstå problemer med indeklimaet pga. urenheder i anlægget og luftkanalerne. Anlægget kræver også her en vis vedligeholdelse.

Energien til lufttransport i ventilationsanlægget måles i specifikt elforbrug (SEL). Det udtrykker ventilationsanlæggets samlede elforbrug i forhold til den transporterede mængde af luft. Ifølge bygningsreglementet må SEL-værdien højst være 1.200 J/m^3 tilført udeluft ved den dimensionerede luftmængde. For anlæg i parcelhuse kan SEL-værdien uden problemer komme under 1.000 J/m^3 . En ny prototype kommer ifølge en rapport fra BYG-DTU ned på kun 650 J/m^3 . I Danmark må man gå ud fra, at det er nødvendigt at opvarme et almindeligt hus i mindst syv måneder/år. Dvs. at et moderne anlæg (SEL-værdi 650 J/m^3) vil bruge $2,7 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$, hvis det er slukket fra maj til september. Et gængs anlæg - tændt i syv måneder/år - bruger $4,2 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$.



Et moderne ventilationsanlæg sparer på energi og penge

6.1. Hvilken type varmeveksler er den mest miljøvenlige?

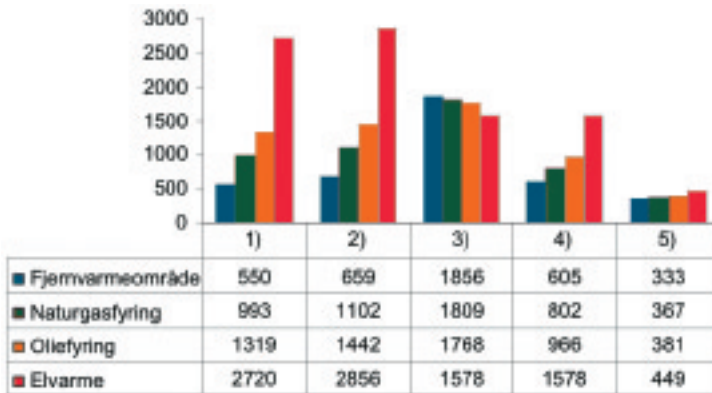
Modstrømsvarmevekslingsaggregater er, som figur 1 på næste side viser, den suverænt bedste løsning mht. at minimere enerigebehovet. For at kunne få det fulde miljømæssige udbytte, er det oplagt at vælge de nyeste aggregatyper med en høj virkningsgrad (omkring 90 % eller højere) og et lavt SEL. Allerede det giver en besparelse på ca. 50 % i forhold til en ældre model, afhængigt af hvilken opvarmningsenergi, der bruges.

I forhold til tilfældig naturlig ventilation (uden eller med mekanisk udsugning) kan der opnås store besparelser. Et moderne balanceret ventilationsanlæg med varmegenvinding bruger ganske vist lidt mere el end almindelig mekanisk udsugning, men til gengæld kan der genvindes op til 90 % af opvarmningsenergien, hvis ventilationsanlægget har en modstrømsvarmeveksler.

Krydsvarmevekslere er billige i anskaffelsen og nemme at vedligeholde, men de har betydeligt lavere energiudnyttelse end modstrømsvarmevekslere. Det gælder især krydsvarmevekslere med el-eftervarme-flade, specielt i den største del af landet, hvor der er fjernvarmeforsyning, naturgas eller oliefyring. Krydsvarmevekslere med en eftervarme-flade baseret på varmt vand klarer sig ikke væsentligt bedre. Denne løsning er dyrere ved anskaffelsen end en el-eftervarme-flade. I et typisk fjernvarmeområde (60 % af landets boliger) er den energimæssigt ikke ret meget bedre end gængs naturlig ventilation. Heller ikke ved den udbredte naturgasfyring er fordelene for denne type varmevekslere markante nok. Kun i forhold til oliefyring og især ved elvarme klarer krydsvarmevekslere med vandeftervarme-flade sig bedre end gængs naturlig ventilation både med og uden mekanisk udsugning.

*Det Økologiske Råd anbefaler
at man indhenter data
om energiforbrug
ved de enkelte ventilations- og
varmegenvindingsaggregater
fra Teknologisk Institut*

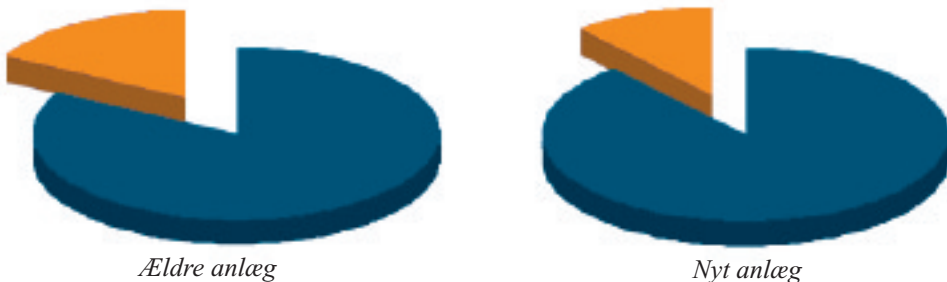
Figur 1: **Så meget sparer man** ved installation af en moderne modstrømsveksler med varmegenvindingsgrad på 90 % og SEL-værdi på 1000 J/m^3 i forhold til fem andre ventilationsmuligheder, efter opvarmningskilde (Figuren viser besparelsen i kg CO_2 per år i et gennemsnitligt parcelhus på 136 m^2)



- 1) Naturlig ventilation
- 2) Mekanisk udsugning
- 3) Krydsvarmeveksler med el-eftervarmeplade
- 4) Krydsvarmeveksler med vand-eftervarmeplade
- 5) Modstrømsvarmeveksler med varmegenvindingsgrad på 85 % og SEL 2.000 J/m^3

Datagrundlag: BYG-DTU's rapport *Udvikling og optimering af et energieffektivt straightner ventilationsaggregat med indbygget chopper varmeveksler* (se Litteratur, side 39)

Figur 2: **Energiforbrug i et parcelhus på 136 m^2** med et ældre og et nyt energibesparende mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. (Den gule bid viser andelen af energiforbruget til ventilationsformål ud af den samlede energiramme for et lavenergiklasse-1-hus)



6.2. Lavt elforbrug trods mekanisk ventilation?

Et typisk parcelhus på 136 m² skal ifølge bygningsreglementet ventileres med en luftmængde på ca. 156 m³/h. Ved helårsbrug af et moderne modstrømsventilationsanlæg med en lav SEL-værdi på kun 650 J/m³ giver det et effektforbrug på 29 Watt.

Elforbruget til ventilation og varmegenvinding udgør derfor kun 11% af hele energirammen for et lavenergiklasse 1 hus.

Et lidt ældre og mindre effektivt anlæg med en SEL-værdi på 1.000 J/m³ vil bruge 44 Watt. Det svarer til 17 procent af den samlede energiramme for et lavenergiklasse 1 hus (se figur 2).

7 Naturlig eller mekanisk ventilation?

Fordelen ved styret naturlig ventilation er, at man ved at udnytte materialer og konstruktioners naturlige egenskaber kan opnå et unikt indeklima og samtidig undgå eller reducere behovet for el til mekanisk ventilation. I nogle tilfælde kan det bidrage til lave anlægsomkostninger, idet aggregater m.m. er unødvendigt, ligesom tid og omkostninger til drift og vedligeholdelse ofte kan reduceres.

Ulemperne er især, at der ikke kan etableres varmegenvinding på samme måde som ved mekanisk ventilation. Dette kan om vinteren give et betragteligt varmetab i forhold til mekanisk ventilation med varmegenvinding. Naturlig ventilation er desuden særligt afhængig af udeklimaet, f.eks. vil det i sommerperioden af og til være svært

at opnå et tilfredsstillende drivtryk til at ventilere tilstrækkeligt, når udetemperaturen er høj og vindpåvirkningen lille. I sådanne tilfælde kan man vælge at supplere med en lille mekanisk ventilator. Et andet forhold er, at udeluften ikke kan filtreres for pollen o.a., som det i dag er muligt at gøre ved mekanisk ventilation. Når man skal afveje fordele og ulemper ved naturlig ventilation i forhold til mekanisk ventilation med varmegenvinding, bør man vurdere det samlede energibehov til varme og ventilation. Man kan desuden lave en totaløkonomisk vurdering, der også inddrager vedligeholdelsesomkostninger. I de fleste tilfælde vil det være optimalt at kombinere elementer i en såkaldt hybridløsning.

8 Ventilation i det fremtidige energisystem

Hvorvidt den valgte ventilationsløsning er miljømæssigt den bedste og den mest besparende mht. CO₂-udledning, er også afhængig af de lokale energiforsyningsmuligheder.

Det spiller en betydelig rolle, om el til et mekanisk ventilationsanlægs drift er produceret af olie, kul, naturgas eller af vedvarende energikilder, som f.eks. vindkraft, biomasse eller solceller. Og det spiller en rolle om den varme, som man sparer herved, er fjernvarme eller f.eks. olie.

Varme baseret direkte på el er således miljømæssigt uacceptabelt, når man ved hjælp af en varmepumpe kan bruge elektriciteten til at hente varmen ud af udeluften eller jorden. Herved transformeres 1 kWh el i optimale tilfælde til op til 4,5 kWh varme.

Opvarmes bygningen derimod med fjernvarme baseret på kraftvarme er varmeforbruget mindre miljøbelastende i den øjeblikkelige forsyningssituation. Men heller ikke her bør der sløses med energien.

Samtidig påvirker valget af mange ventilationsløsninger også det samlede energiforsyningssystem. Hvis en større andel af bygningsmassen opføres eller renoveres til lavenergiklasse 2 eller 1 med mekaniske ventilationsløsninger med varmegenvinding, så vil vi på den ene side have langt mindre behov for f.eks. fjernvarme. På den anden side vil el-behovet formentlig øges snarere end mindskes.

Dette skift fra fjernvarme til el har stor betydning for udformningen af energiproduktionen i fremtiden, idet f.eks. vindenergien vil have fordele i denne situation. Men samtidig er der større behov for reservekapacitet for el-produktion, da behovet for el vil være sammenfaldende for alle disse lavenergibygninger på de kolde vintertage uden vind og sol.

Energipolitikken bør derfor tage hensyn til denne udvikling allerede i dag ved at øge decentraliseringen og fleksibiliteten.

For at modvirke behovet for spidslast kan et mere fleksibelt energiforsyningssystem med fordel suppleres med et fleksibelt energiforbrug. Og her kan bygninger komme til at spille en større rolle.

Der arbejdes i dag med at udvikle en funktion til bl.a. køleskabe og fryserne, der slukker disse fra central hold ved spidsbelastning af det samlede energisystem.

Det samme kunne gøres for ventilationsanlæg inkl. varmegenvinding. Ligesom køleskabe og fryserne vil det ikke have afgørende betydning for ventilationssystemet, at det slukkes en time eller to for at aflaste det samlede pres på forsyningssystemet.

Der kan endvidere installeres en ”fortryd” knap, så man manuelt kan slå en sådan funktion fra, hvis man på et bestemt tidspunkt ikke kan acceptere, at der slukkes for det pågældende apparat eller ventilation.

De ”intelligente huse”, der er under udvikling i dag, kan på denne måde bidrage til at give fleksibilitet til det samlede energisystem. Incitamentet til at benytte denne teknologi kunne være et prissignal, hvor strømmen gøres dyrere i spidslastperioder. Det kan i dag gøres som et direkte online prissignal fra el-leverandøren, som fra time til time kan styre et fleksibelt el-system, så frakoblinger i de dyreste spidslastsituationer mindsker behovet for spidslastkapacitet til el og varme.

Herudover mindskes selve bygningernes energiforbrug både ved at nybyggeri bruger markant mindre energi til opvarmning end tidligere og ved at eksisterende energislugende bygninger renoveres og forbedres energimæssigt.

I kraftvarmeproduktion, der forsyner de fleste af Danmarks bygninger med varme, er der en nøje sammenhæng mellem produktion af el og varme. Det betyder, at der er behov for en overordnet ændring af energiforsyningen, så en langt større del af strømmen kommer fra bl.a. vindkraft, hvis bygninger i stadig højere grad øger behovet for el og mindsker behovet for varme. Dette kræver samtidig indretning af et mere fleksibelt energisystem. Indtil disse tiltag er gennemført, kunne det måske på kort sigt skabe problemer, hvis man i fjernvarmeområder indrettede en større del af husene som lavenergihuse med mekanisk ventilation.

Hvis husene blev frakoblet fjernvarmen, samtidig med at deres elforbrug steg, ville det øge behovet for kraftværker uden varmeudnyttelse, hvilket er den dårligst tænkelige energiidnyttelse.

Der skal således ske en samtænkning af husenes opvarmnings- og ventilationsform med energiforsyningens struktur.

Se ”Miljø, energi og beskæftigelse” 3F og DØR, 2005, bilagsrapport ”Energi og trafik” side 37.



Et fleksibelt ventilationssystem passer godt sammen med en øget dansk satsning på vindenergi.

9 Konklusion

Hvilken slags ventilation man vælger, må afhænge af det hus, man bor i. Det Økologiske Råd anbefaler derfor, at det i sidste ende er husets størrelse og tilstand, samt energiforsyningsformen, der bliver afgørende for, hvilken ventilation der vælges. Ofte bør foretrækkes en integreret løsning, hvor man både udnytter principper for at optimere den naturlige ventilation og de bedste teknologier inden for mekanisk ventilation og varmegenvinding.

9.1. Renovering af ældre boliger

I et ældre hus med eller uden emhætte og mekanisk udsugning i bad må installation af et ventilationsanlæg kombineres med en renovering af husets klimaskærm. Et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding fungerer kun optimalt, hvis der sikres en høj grad af tæthed i boligen.

En anden mulighed er installation af en luftvand varmepumpe og et ventilationsanlæg med varmegenvinding, der supplerer et traditionelt vandbåret varmeanlæg.

Et alternativ er at optimere den naturlige ventilation. Det kan i mange tilfælde lade sig gøre ved at udnytte eksisterende skorste- ne til aftrækskanaler og supplere med friskluftventiler og forvarmning af udeluft i uopvarmet glashus, solvæg m.v. Om muligt bør man bruge diffusionsåbne konstruktioner og vælge materialer, der kan optage og afgive fugt i samspil med luftens relative fugtighed, f.eks. ved at bevare en murstensvæg indvendigt og isolere udenpå.

Det vil i høj grad bidrage til et godt indeklima. Den konkrete løsning må tilpasses den enkelte bygning, og det er vigtigt, at der er fokus på at minimere det samlede energibehov til varme og ventilation.

9.2. I nybyggeri

Skal man bygge nyt hus, anbefaler Det Økologiske Råd en komplet løsning fra starten af. Det betyder helst et hus bygget efter lavenergiklasse 1 / passivhus standard, eller lavenergiklasse 2.

Det anbefales at arbejde med helhedsløsninger, hvor bygningens udformning og arkitektur tænkes i sammenhæng med bygningens samlede varme- og ventilations-system. En diffusionsåben konstruktion med materialer, der kan optage og afgive fugt fra indeluften, anbefales til at reducere ventilationsbehovet og optimere indeklimaet.

De nye skærpede energirammer og lavenergiklasser kan sandsynligvis lettest overholdes med et moderne balanceret mekanisk ventilationsanlæg med effektiv varmegenvinding, eller en løsning med luftvand varmeveksling. Anlægget kan med fordel etableres som en hybridløsning, hvor man kan slå den mekaniske ventilation fra i sommerhalvåret og i stedet ventilere med simpel eller avanceret styret naturlig ventilation.

En anden mulighed er en løsning primært baseret på styret naturlig ventilation. Der er mange forhold, der skal inddrages for at optimere den naturlige ventilation og samtidig holde energiforbruget lavt. Til gengæld er denne løsning ofte enklere i drift og har den fordel, at den fungerer, også hvis strømmen svigter.

Det essentielle er, at man sikrer sig at det totale energiforbrug til varme og ventilation holdes så lavt som muligt – helst som kravene i lavenergiklasse 1.

Man bør samtidig vurdere omkostningerne til vedligeholdelse af den samlede løsning. Dermed vil man få et moderne og fremtidssikret hus, som ikke skal renoveres på grund af nye krav m.v. efter kun et årti. Et sådant energirigtigt hus vil desuden være det mest effektive svar på stigende energipriser.

Den renoverede ejendom i Sundevedsgade (Hedebygadekarreen) på Vesterbro i København har fået gennemført en tætning af bygningen, installation af mekanisk ventilations-system med varmegenvinding og forvarmning af indkommende ventilationsluft bag facade-integrerede solcellepaneler.

Flere danske byggerier planlægges nu at overholde lavenergiklasse 1. Her ses Seest-huset, som er meget lufttæt og anvender mekanisk ventilation med varmegenvinding.



10 anbefalinger

For at reducere energiforbruget og optimere indeklimaet anbefaler Det Økologiske Råd:

- At man betragter hele huset som et sammenhængende system – hvor husets klimaskærm er velisoleret og tæt, og hvor huset er udstyret med et velfungerende ventilationssystem.
- Brug integrerede løsninger – kombiner elementer fra styret naturlig ventilation og mekanisk ventilation tilpasset den konkrete bygning.
- Brug et moderne mekanisk ventilationsanlæg med modstrømsvarmeveksler og en høj virkningsgrad på omkring 90 % og et lavt specifikt elforbrug, og/eller
- Brug et styret naturligt ventilationssystem evt. suppleret med mekanisk ventilation til behovsstyret udsugning i køkken og bad, samt stor opmærksomhed på, at det samlede varmetab fra bygningen holdes nede på minimum energikravene til lavenergiklasse 2.
- Overvej om en luft-vand varmepumpe kan erstatte et egentligt varmesystem.

Ved ældre boliger, som skal renoveres:

- Isoler godt – overvej udvendig isolering og bevar evt. tunge vægge indvendigt til regulering af temperatur og luftfugtighed.
- Luk utæthederne med de mindst miljøbelastende materialer og metoder.
- Reducér kuldebroer.
- Skift til lavenergivinduer med lav U-værdi eller opsæt forsatsruder af god kvalitet.
- Overvej en diffusionsåben konstruktion – som er i overensstemmelse med husets oprindelige konstruktion.
- Overvej installation af en luft-vand varmepumpe.
- Optimér ventilationssystemet, enten vha. naturlig ventilation eller mekanisk ventilation med varmegenvinding

Ved nybyggeri:

- Byg efter lavenergiklasse 1, inkl. et moderne balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding, et luft-vand varmevekslingssystem eller et system med styret naturlig ventilation eller hvad der ofte er det mest idéelle: en optimeret hybrid-ventilation løsning.
- Vælg materialer, der kan optage og afgive fugt fra indeluften og overvej en diffusionsåben konstruktion.

Litteratur

- Jagemar, Lennart; Bergsøe, Niels C. (2003): “Lavt elforbrug til ventilation – Gode råd i projekteringsfasen”; By og Byg - Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm
- Marsh, Rob; Lauring, Michael (2003): “Bolig og naturlig ventilation – indeklima energi driftssikkerhed”; Arkitekt skolens Forlag, Århus
- Teknologisk Institut (2003): “Udvikling og optimering af et energieffektivt straightner ventilationsaggregat med indbygget chopper varmeveksler”; kan læses på: www4.byg.dtu.dk/publications/rapporter/byg-r087.pdf
- Valbjørn, O.; Laustsen, S; Høwisch, J.; Nielsen, O; Nielsen, P.A. (2000): “Indeklimahåndbogen” (2. udg.) (SBI-anvisning 196); Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm

Internet:

- Arbejdstilsynet: www.at.dk/sw6028.asp
- Det Grønne Hus Køge: www.groenthus.dk/dk/bw124.asp
- Elselskabernes hjemmeside for spareventilatorer: Den lille blå om ventilation www.spareventilator.dk/start.asp
- Erhvervs- og Byggestyrelsen: BR-S 98, tillæg 9 www.ebst.dk/file/3347/Tillaeg_9_til_BR-S_98.pdf
- Statens Byggeforskningsinstitut: www.sbi.dk

Anbefalinger for miljøvenlig ventilation i boliger

90 procent af vores tid opholder vi os indendørs. Det er derfor vigtigt, at der er et godt indeklima i de bygninger, vi opholder os i. Tilstrækkelig ventilation er en forudsætning for et sundt indeklima og er derfor et centralt element i enhver bygning. De nye energirammer, der er indført i bygningsreglementet fra 2006, betyder at vores bygninger som hovedregel vil blive mere tætte og velisolerede. For at sikre et godt indeklima og et lavt energiforbrug er der behov for at samtænke varme og ventilation med hele bygningens orientering og udformning for at sikre et lavt samlet energiforbrug.

Der er allerede gjort en del for at forbedre og energioptimere ventilation i bygninger. Der findes en række anvendelige løsninger, og der sker fortsat en løbende udvikling på området. Men mange steder bliver disse løsninger ikke brugt, bl.a. fordi de typisk er dyrere i etablering – selvom de er billigere i drift. Der er også andre barrierer som manglende viden og frygt for støj eller store ombygninger. Med dette hæfte vil vi afdække nogle af disse barrierer ved boligbyggeri. Målgruppen for denne publikation er især husejere, arkitekter, studerende men også andre interesserede. Vi håber dermed at kunne bidrage til øget fokus på både de store energibesparelser og de betydelige komfortforbedringer bl.a. i form af et forbedret indeklima, der er mulige i dag.



Det Økologiske Råd
Fremtidens miljø skabes i dag

Det Økologiske Råd er en forening som arbejder for en bæredygtig udvikling med social retfærdighed og menneskelig trivsel.

Vi gennemfører oplysningsarbejde, dokumentation og debat og udgiver tidsskriftet Global Økologi.