



Etablering af hybridventilation

Hybridventilation kombinerer naturlig ventilation med mekanisk ventilation. Det mekaniske ventilationsanlæg med varmegenvinding vil være i drift om vinteren, mens den naturlige ventilation anvendes i den varme del af året og i overgangsperioder.

Når der benyttes naturlig ventilation, tilføres luften til vådrum og bryggers gennem ventilationsåbninger (gerne automatisk styrede). Emhætte etableres uden om hybridventilationssystemet.

Anbefalinger

Det anbefales at etablere hybridventilation, hvis et hus er relativt nyt, velisoleret og tæt, eller hvis et ældre hus er blevet efterisoleret og tætnet grundigt.

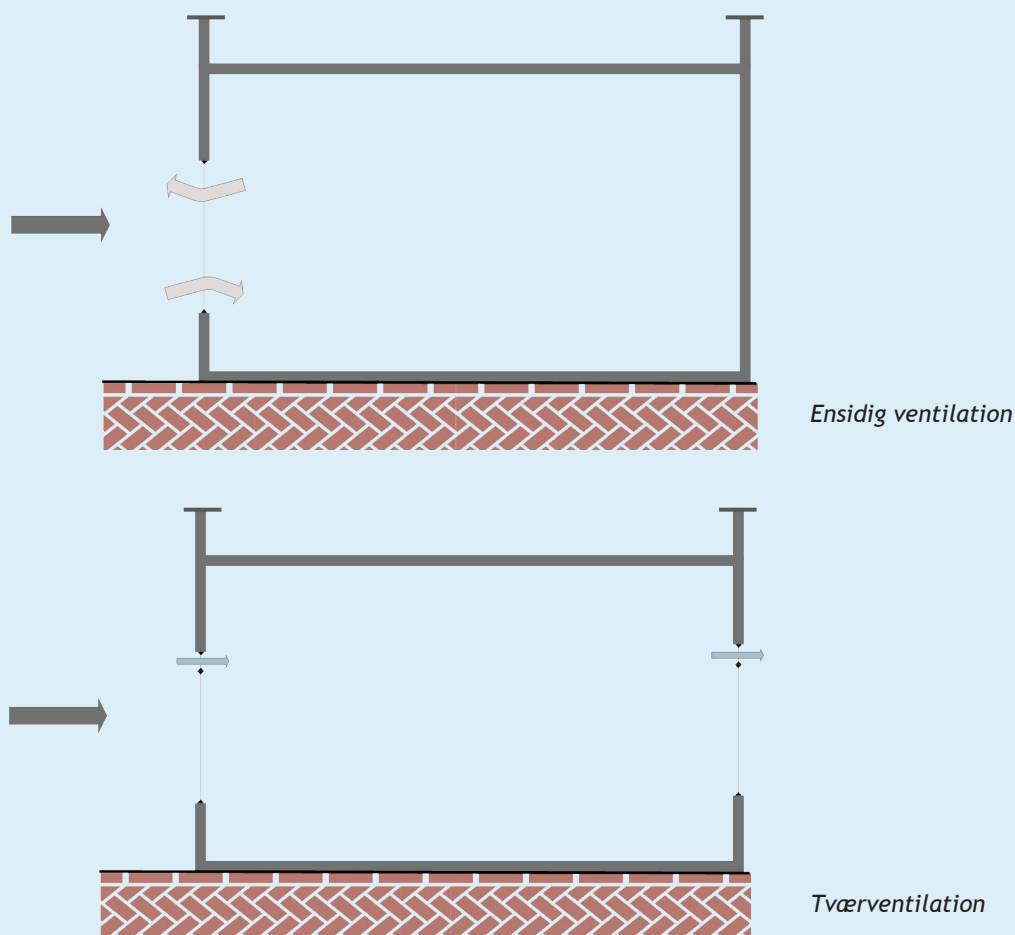
Ventilationsanlæg

Minimum: Ventilationsanlæg med en tør temperaturvirkningsgrad (VGV) på 80 % og et specifikt elforbrug til lufttransport (SEL) på 1.000 J/m^3

Lavenergi: Ventilationsanlæg med en tør temperaturvirkningsgrad (VGV) på 85 % og et specifikt elforbrug (SEL) på 800 J/m^3

Den tørre virkningsgrad skal være dokumenteret i henhold til DS/EN 308.

I det specifikke elforbrug til lufttransport (SEL) medregnes alle komponenter fra nettilslutning til ventilatorer, fx frekvensomformer. Effektoptag til komponenter, der ikke vedrører lufttransport, medregnes ikke.



SEL måles for driftformen med maksimalt tryktab. Bemærk, at det ønskede disponible tryk til installationen typisk vil være:

- God plads til kanaler (hovedkanal $\varnothing 200$ - $\varnothing 250$): 40 Pa
- Almindelig installation (hovedkanal $\varnothing 200$): 60 Pa
- Dårlig plads til kanaler (hovedkanal $\varnothing 160$ - $\varnothing 200$): 80 Pa

Se yderligere informationer under "Ventilationsberegningen" i afsnittet "Udførelse".

Naturlig ventilation

- Der installeres automatisk styrede ventilationsåbninger, som kobles sammen med en vejrstation, der måler udetemperatur og vindhastighed (se under "Montage" i afsnittet "Udførelse").
- Automatikken skal blandt andet sikre, at den naturlige ventilation først er i drift, når varmesystemet er afbrudt.

Fordele

- Intet elforbrug til ventilation i sommerhalvåret
- Bedre økonomi på grund af varmegenvinding og dermed lavere varmeregning
- Øget komfort og bedre indeklima
- Mindre risiko for overophedning i bygningen
- Lavere CO_2 -udledning
- Forøget værdi af huset
- Fugt i luften reduceres, og derved minimeres risiko for fugt i husets konstruktioner samt kondensdannelse og skimmelsvamp på kolde overflader

Energibesparelse

Ved at etablere hybridventilation opnås der en besparelse på varmeregningen, idet en del af varmen genvindes - primært om vinteren. Der kommer dog et mindre tillæg på elregningen, idet der bruges el til at drive det mekaniske ventilationsanlæg - svarende til 30-40 W. Om sommeren og i overgangsperioder er det mekaniske ventilationsanlæg slukket, og der er derfor ikke noget elforbrug i den periode.

I nedenstående tabel ses energibesparelser ved at etablere hybridventilation.

Eksisterende ventilationsystem	Hybridventilationsanlæg med varmegenvinding		
	Areal m ²	Varmebesparelse ved installation af ventilationsanlæg med varmegenvinding kWh pr. år.	
		Minimum: VGV = 80 % SEL: 1.000 J/m ³	Lavenergi: VGV = 85 % SEL: 800 J/m ³
Naturlig ventilation (udskiftning af luften 12 gange i døgnet)	100	3.640	3.867
	140	5.720	6.078
	180	6.240	6.630

Eksisterende ventilationssystem	Hybridventilationsanlæg med varmegenvinding		
	Areal m ²	Tillæg til el til drift af ventilationsanlæg med varmegenvinding kWh pr. år.	
		Minimum: VGV = 80 % SEL: 1.000 J/m ³	Lavenergi: VGV = 85 % SEL: 800 J/m ³
Naturlig ventilation (udskiftning af luften 12 gange i døgnet)	100	153	123
	140	241	193
	180	263	210

I ovenstående tabel om tillæg til el til drift af ventilationsanlæg med varmegenvinding er det forudsat, at det mekaniske ventilationsanlæg er i drift i ca. 6 måneder om året (fra og med november til og med april). Erfarin-

ger har vist, at udetemperaturen helst skal være højere end ca. 13 °C ved naturlig ventilation. Desuden forudsættes det, at varmeanlægget ikke er i drift samtidigt.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et tætnet og efterisoleret parcelhus på 140 m ² forsynes med et hybridventilationsanlæg med varmegenvinding. Ventilationsanlægget har en varmegenvinding på 80 % og en SEL på 1.000 J/m ³ . Huset er et standard et-plans hus med et bryggers, et køkken, et badeværelse og et toilet. Naturgaspris: 7,25 kr. pr. m ³ Elpris: 2,30 kr. pr. kWh		
Årlig energibesparelse kWh	Energiforbrug til opvarmning af erstatningsluften Elforbrug til drift af ventilationsanlæg Besparelse	5.720 kWh 241 kWh 5.720 kWh - 241 kWh =	5.720 kWh 241 kWh 5.479 kWh
Årlig økonomisk besparelse kr.	Energiforbrug omregnet til m ³ gas Besparelse gas Omkostninger el til drift af ventilationsanlæg Besparelse	5.720 kWh/år/11 kWh/m ³ = 7,25 kr./m ³ x 520 m ³ = 2,30 kr./kWh x 241 kWh = 3.770 kr. - 554 kr.	520 m ³ 3.770 kr. 554 kr. 3.216 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg	CO ₂ -besparelse gas CO ₂ -tillæg el CO ₂ -besparelse i kg CO ₂ -besparelse i tons	0,205 kg/kWh x 5.720 kWh = 0,440 kg/kWh x 241 kWh = 1.173 kg - 106 kg =	1.173 kg 106 kg 1.067 kg 1,1 tons

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,265 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,115 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,440 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Dimensionering

Et egnet mekanisk ventilationsanlæg kan findes ved hjælp af "Ventilationsberegneren", som findes her: www.teknologisk.dk/ventilationslisten/korrekt-valg-af-anlaeg/35101.

Ventilationsanlægget (både det mekaniske og det naturlige) skal dimensioneres til et "arealbetinget luftskifte" på 0,30 l/s pr. kvadratmeter brutto opvarmet etageareal. Yderligere skal anlægget kunne forøges til et funktionsbestemt luftskifte fra køkken, bad, toilet og bryggers.

Køkken: 20 l/s
 Bad og toilet: 15 l/s
 Toilet/bryggers/kælderrum: 10 l/s

Er det arealmæssige luftskifte lavere end den funktionsbaserede, kan det tillades, at anlægget kører behovsstyret (variabelt VAV anlæg). Mindre areal og flere fugtige zoner giver større mulighed for at anvende VAV.

Når der benyttes naturlig ventilation, skal luften til vådrum og bryggers tilføres gennem ventilationsåbninger (vinduer eller lemme), som bør være automatisk styrede.

Er huset over 300 m², eller skal ventilationsanlægget betjene mere end to etager, er der skærpede brandkrav (DS 428-4), og huset betragtes som en etageejendom. Se Videncentrets energiløsning: "Central ventilation med varmegenvinding".

Kanalføringerne må ikke svække huset brandmæssigt eller statisk.

Montage

Den mekaniske ventilation tilvejebringes ved udsugning i køkken og bad/wc og evt. bryggers samt indblæsning i stuer og værelser. Afkast og indtag monteres over tag. Udsugningsarmaturer placeres så tæt på fugtafgiver som muligt.

Udførelse (fortsat)

Indblæsningsarmaturer placeres længst væk fra dør til tilstødende rum.

Det skal sikres, at der sker en god overførsel af luften fra opholdsrum til køkken og bad (fx med overtryksventil). Der er krav om 100 cm² mod adgangsrums og oplukkeligt vindue/dør eller lem i rum, hvor der suges ud. Emhætten kan ikke tilsluttes, fordi ventilationsanlægget ikke er i drift i sommerhalvåret.

Hvis ventilationsaggregatet placeres på loftet, skal det stå på et fast underlag, der har tilstrækkelig styrke til at bære anlægget og 1-2 mand samtidig. Desuden skal underlaget være vibrationsfrit. Dette kan fx opnås ved at opbygge en sandwichkonstruktion, som aggregatet stilles på. Der bør være et styrepanel med en filteralarm placeret synligt i stueetagen.

Aggregatet placeres i centrum af det område, det skal betjene. Det er en god ide, hvis aggregatet ikke placeres lige oven på et opholdsrum af hensyn til støjgener. Desuden skal aggregatet placeres, så der er plads omkring det til at forbinde ventilationskanaler, tilslutte strøm og afløb - og ikke mindst til servicering. Ventilationsaggregater med modstrøms-varmeveksler skal tilsluttes kondensafløb.

Er ventilationsanlæggets virkningsgrad over 85 %, kan eftervarmeblade undlades. For ringere anlæg kan de sidste 10-20 % varme til indblæsningsluften om vinteren tilføres med en vand- eller el-baseret eftervarmeblade. Varmerørene skal isoleres. Varmetabet kan også dækkes af husets radiatorer.

En autoriseret el-installatør skal slutte strøm til aggregatet og bør samtidig etablere en udligningsforbindelse til ventilationskanalerne. Stikkontakt anbefales frem for en fast forbindelse.

Den naturlige ventilation tilvejebringes via oplukkelige vinduer eller lemme i ydervægge og/eller vinduer/døre. Enten ved ensidig ventilation eller tværventilation. Se illustrationer på forsiden.

Ensidig ventilation

Ved ensidig ventilation er der kun åbninger i den ene af rummets ydervægge. Luften tilføres og fjernes gennem det samme åbentstående vindue. Effektiviteten er begrænset ved ensidig ventilation og anbefales kun, hvis rumdybden ikke overstiger 2,5 gange rumhøjden. I enfamilieboliger, som denne energi-

løsning omfatter, vil ensidig ventilation benyttes i værelser samt toilet og bad. Der er typisk kun et vindue, i disse rum og derfor er ensidig ventilation den eneste mulighed.

Tværventilation

Ved tværventilation tilføres luft udefra gennem åbninger i vindsiden og fjernes gennem åbninger i læsiden i facade eller tag. Der kan etableres tværventilation i et rum, når der er åbninger i form af vinduer eller i to eller flere ydervægge eller tagflader. Tværventilation kan typisk etableres, når rumdybden er højest 5 gange rumhøjden. I enfamilieboliger vil tværventilation benyttes i stuen og køkken-alrummet. Luften vil typisk tages ind gennem et vindue i facaden og afkastes gennem et vindue i tagfladen.

I rum med naturlig ventilation gennem automatisk eller manuelt styrede vinduer eller lemme, kan der regnes med nedenstående luftmængder i dag- og nattetimerne.

Styring af vinduer	Luftmængde pr. m ² opvarmet etageareal [l/s]	
	Dagtimer	Nattetimer
Automatisk	1,8	0,6
Manuelt	0,9	0,3

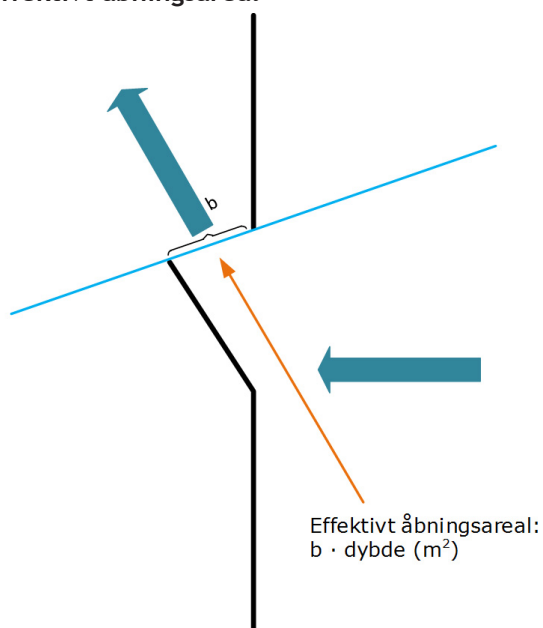
Ovenstående forudsætter, at der findes effektive åbningsarealer.

Som det ses i nedenstående tabel afhænger størrelsen af de effektive åbningsarealer af, om der benyttes ensidig ventilation eller tværventilation.

Ventilationsform	Effektivt åbningsareal som funktion af etagearealet [%]	
	Dagtimer	Nattetimer
Ensidig ventilation	4,0	2,0
Tværventilation	1,5	1,0

Udførelse (fortsat)

Effektivt åbningsareal



Eksempel

Er der et større effektivt åbningsareal end svarende til 1,5 % af etagearealet ved tværventilation eller 4,0 % ved ensidig ventilation, kan der beregnes et større proportionalt luftskifte.

Hvis der for eksempel i et 150 m² naturligt ventileret enfamiliehus med manuelt styrede vinduer, er et effektivt åbningsareal på 4,5 m² med åbninger til alle sider, svarer det til 3 % af etagearealet ved tværventilation. Der kan da regnes med en naturlig ventilation om sommeren på:

$$\frac{3,0 \%}{1,5 \%} \cdot 0,9 = 1,8 \text{ l/s pr. m}^2$$

Eksempel

I et parcelhus er der en stue på 25 m² med et vestvendt vinduesareal på 5 m². En simpel beregning med Be15 viser, at det er nødvendigt med en naturlig ventilation på 1,2 l/s pr. m² om dagen og 0,4 l/s pr. m² om natten for at undgå overophedning. Da vinduerne er automatisk styrede, kan man beregne, at det effektive åbningsareal skal være:

$$(x/1,5 \% \cdot 1,8 \text{ l/s pr. m}^2) = 1 \%$$

Da etagearealet er 25 m², medfører det, at det effektive åbningsareal skal være 0,25 m². Bredden af vinduerne (dybden på ovenstående tegning) er 4,5 m, hvilket medfører, at b (åbningen - se illustrationen) er ca. 0,06 m eller 6 cm.

Til indtag af luft benyttes der typisk tophængslede eller bundhængte vinduer.

Tophængslede vinduer er et standardprodukt fra stort set alle vinduesfabrikanter, hvorimod et fx bundhængt indadgående vindue er et specialprodukt, der ofte er væsentligt dyrere. Luftstrømningsteknisk er det bundhængte indadgående vindue dog at foretrække.

Til afkast af luft benyttes der typisk tagvinduer, der fås enten tophængte eller som vippevinduer, der er hængslet i midten.

Eksempler på disse vinduer ses på nedenstående billeder.



Tophængslet vindue i facade til indtag af luft



Vippevindue i tag til afkast af luft

Udførelse (fortsat)



Tophængslet vindue i facade til indtag af luft



Vippevindue i tag til afkast af luft

Ventilationskanaler

Kanalsystemet bør være så enkelt og symmetrisk som muligt, da det gør indregulering simpel. Kanalsystemet bør dimensioneres til en lufthastighed på 2,5 m/s, så der opnås et lavt tryk.

Ventilationskanalerne bør udføres i spiralfalsede rør med tætning af gummiringe. Til et enfamiliehus vil hovedkanalerne typisk være 160 mm eller 200 mm i diameter. Kanalerne til indblæsnings- og udsugningsarmaturer vil typisk være 100 mm i diameter.

Ventilationskanalerne skal minimum udføres med lige stykker, mindst svarende til 4 gange rørdiameteren før alle afbøjninger. T-rørs sammenløb eller T-bøjninger bør så vidt muligt undgås. I stedet for T-bøjninger anbefales det at bruge en 45° afgrening og 45° og 90° afbøjning.

Alle ventilationskanaler tilsluttes aggregatet med en brandhæmmet fleksibel forbindelse for at undgå vibrationer i kanalerne.

Når ventilationskanalerne føres gennem dampspærren, skal der anvendes en membrangennemføring. Det gælder også, hvis afløb eller elkabler gennem-bryder dampspærren.

Der skal monteres en lyddæmper ved ventilationsaggregatet, og det anbefales at montere lyddæmpere før indblæsnings- eller udsugningsarmaturer for at undgå, at lyd bevæger sig fra rum til rum via ventilationskanalerne.

Indtags- og afkasthætter eller tilsvarende riste bør placeres med minimum 3 meters afstand. Afkasthætter skal føres over tagryggen. Hvis der er tale om en indtagsrist, bør den placeres på en nordvendt væg for at opnå køleeffekt om sommeren.

Indtags- og afkasthætter eller indtagsriste bør være 1-2 dimensioner større end de kanaler, som de betjener, for at formindske trykfald.

Indregulering

Når ventilationsanlægget og ventilationskanalerne er monterede, skal det samlede ventilationsanlæg indreguleres, så luftstrømmene, der suges ud og blæses ind, er lige store.

Tryktab over armaturer bør ikke overstige 10 Pa.

Udførelse (fortsat)

Automatik

Det vil være nødvendigt med automatisk styrede vinduer for at opnå følgende:

- Optimalt samspil med mekanisk balanceret ventilationsanlæg med varmegenvinding
- At den naturlige ventilation først er i drift, når varmesystemet (radiator- eller gulvarmesystem) er afbrudt
- Minimalt energiforbrug
- Minimal forekomst af overtemperatur
- Optimalt samspil med udeklimaet

De automatisk styrede ventilationsåbninger kobles sammen med en vejrstation, der måler udetemperatur

og vindhastighed. Det anbefales at udelade en vindretningssensor. Det skyldes, at det kan være problematisk at få fuld effekt af en vindretningssensor, da den ofte placeres på taget, og retningen kan være væsentlig forskellig på de enkelte facader afhængig af garage/carport, nabobygninger samt bevoksning.

Det vil være en fordel, hvis brugeren kan overstyre automatikken med mulighed for forceret ventilation fx på tidspunkter for bad (morgen) og madlavning (aften); men den skal altid kunne nulstilles efter fx en time.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Frostfri placering af aggregat	Er aggregatet placeret frostfrit?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Afløb for kondensvand	Kræver aggregatet afløb for kondensvand?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Underlag for aggregat	Er der et fast og vibrationsfrit underlag, som aggregatet kan stå på?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Plads til servicering af aggregat	Er der god plads foran aggregatet, så man kan komme til at servicere det?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Isolering af ventilationskanaler	Er ventilationskanalerne isolerede?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Isolering af indtags- og afkastkanaler	Er indtags- og afkastkanaler isolerede?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Fald på afkastkanal	Er der fald på kanal til afkast?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Indregulering	Foreligger der en indreguleringsrapport?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8
Manual til ventilationsanlægget	Findes der en manual til anlægget?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 9
Aflevering	Er aflevering udført iht. DS 447?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 10
Åbninger - regn	Er åbningerne påvirkelige over for regn?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 11
Åbninger - klemningsfare	Er der klemningsfare i åbningerne?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 12
Åbninger - tyverisikring	Er åbningerne tilgængelige for indbrud?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 13
Zonestyring - naturlig ventilation	Er anlægget zonestyret?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 14
Automatik	Er automatikken indstillet korrekt?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 15

1. Frostfri placering af aggregatet

Hvis ventilationsaggregatet placeres et sted, hvor der er risiko for frost - fx i tagrum - skal det være sikret mod dette. Dvs., at det skal efterisoleres med minimum 50 mm isolering, eller at der skal vælges et præisoleret aggregat. Evt. vandeftervarme skal være sikret mod frostsprængning, og kondensafløbet skal være isoleret.

2. Afløb for kondensvand

Et ventilationsaggregat med modstrømsvarmeveksler kræver et afløb for kondensvand. Ventilationsaggregatets bund placeres, så der er fald mod afløb på 1-1,5 %. Afløbsrør skal have tilsvarende fald, og afløbet skal ledes til en vandlås. Vandlåsen skal være let tilgængelig for rensning og evt. efterfyldning om sommeren.

3. Underlag for aggregat

En sandwichkonstruktion kan fx opbygges af en gulvfinerplade 22 mm på bjælkelag, 100 mm trædefast mineraluld og en betonflise.

4. Plads til servicering af aggregat

Aggregatet skal placeres, så der er mindst 60 cm foran aggregatets front, så det er muligt at komme til at servicere det. Lågen skal desuden kunne åbnes 90° uden at støde på forhindringer.

5. Isolering af ventilationskanaler

Hvis ikke ventilationskanalerne ligger indbygget i isoleringslaget på loftet, skal de isoleres med mindst 50 mm isolering. Isoleringen afsluttes med en beklædning af plast- eller alufolie udvendigt.

6. Isolering af indtags- og afkastkanaler

Indtags- og afkastkanaler skal isoleres med mindst 50 mm isolering afsluttet med en beklædning af plast eller alufolie udvendigt.

7. Fald på afkastkanal

Der skal være et fald på afkastkanal mod ventilationsaggregatet, så evt. kondensvand ledes væk.

8. Indregulering

Der skal foreligge en indreguleringsrapport som dokumentation for, at der har været foretaget en indregulering. Hvis der ikke gør det, skal der foretages en indregulering.

9. Manual til ventilationsanlægget

Brugermanualen skal være gennemgået med og udleveret til beboerne i huset.

10. Aflevering

Aflevering skal ske iht. DS 447 for, at ventilationsanlægget er lovligt installeret.

11. Åbninger - regn

Åbningerne - eller nogle af dem - bør placeres, så de ikke er påvirkelige for regn.

12. Åbninger - klemningsfare

Åbningerne skal placeres, så der ikke er klemningsfare for mennesker. Alternativt kan styringen forsynes med en klemningssikret funktion.

13. Er åbninger tilgængelige for indbrud

Åbninger skal sikres mod indbrud. Det kan anbefales at kontakte bygherres forsikringsselskab for at afklare omfang og nødvendighed af evt. indbrudssikring.

14. Zonestyring - naturlig ventilation

Det vil være en god ide, hvis styringen kan inddeles i zoner med en temperatursensor, så åbningerne kan tilpasses behovet i de enkelte rum.

15. Automatik

Automatikken skal sikre, at den naturlige ventilation først er i drift, når varmesystemet (radiator- eller gulvvarmesystem) er afbrudt. Det skal derfor sikres, at automatikken er indstillet i henhold til dette.

Styringen bør have forskellige driftsformer - fx dag/nat, sommer/vinter samt evt. en 'gæste funktion' for at sikre ekstra ventilation ved mange mennesker - alternativt installeres en CO₂-sensor.

Indeklima

I velisolerede og tætte boliger kan der opstå problemer med overophedning om sommeren.

Ved nybyggeri og energirenoveringer skal det termiske indeklima på solrige dage ifølge Bygningsreglementet dokumenteres gennem beregning. For boliger kan dokumentation ske på grundlag af en forenklet beregning. En forenklet beregning kan eksempelvis foretages med Be15 (tidligere Be10).

Overtemperatur kan undgås ved at anvende et forceret luftskifte i perioder med store varmebelastninger. Ved etablering af hybridventilation skal det indtænkes i design og dimensionering af hybridventilationssystemet.

Virksomhedens stempel og logo:

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Yderligere information

Bygningsreglementet BR15
www.bygningsreglementet.dk

Danske standarder:

- DS 447 Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer
- DS 428 Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg
- DS/EN 308 Varmevekslere. Prøvningsmetoder til bestemmelse af ydeevne for luft til luft- og røggasvarmegenvindingsanordninger

Anden litteratur

- Bygningernes energibehov. SBI-anvisning 213.
- Strategies for controlling thermal comfort in Danish low energy building: System configuration and results from 2 years of measurements. Velux A/S and Esbensen Consulting Engineers.
- Evaluering af energiklasserne 2015 og 2020 i BR10. Oplevelser blandt ejere af nye lavenergi-enfamiliehuse og erfaringer blandt aktører i byggebranchen. SBI 2014:07.

Kontakt Videncenter for energibesparelser i bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 energibesparelser i bygninger