

Att ventilera hus

Kompendium

Fakta och bakgrund om ventilation av hus och lägenheter



Fotot associerar till en allmän uppfattning om vad som är bra luftkvalitet.

Foto: Joakim Achim Friedrich, Göteborg

Förord

Kompendiet "Att ventilera hus" syftar till att inspirera och vägleda för att ventilera hus, lägenheter eller kontor rätt. Det kan bidra till att förbättra inomhusmiljön och samtidigt ge besparingar för både miljön och plånboken.

Det här kompendiet vänder sig till landets kommunala energi- och klimatrådgivare och andra intresserade för att kunna genomföra ännu bättre rådgivning gentemot t ex ägare av småhus eller fritidshus, boende i lägenheter, bostadsrättsföreningar eller förvaltare av kontorshus, flerbostadshus och lokaler som vill veta mer om inomhusmiljö och ventilation. Med detta kompendium hoppas vi ge dig bakgrund om ventilation och inomhusklimat så att du kan ge välgrundade råd till dina klienter i frågan "hur kan man ventilera hus eller lägenheter rätt?".

Inom projektet togs även broschyren "Ventilera rätt" fram som vänder sig till allmänheten och som kan beställas respektive laddas ner på Energimyndighetens webbplats.

Kompendiet är framtaget av Energimyndigheten i samarbete med Hållbar utveckling Väst, Göteborg. Projektledare och författare har varit Joakim Achim Friedrich, Hållbar utveckling Väst. Illustrationer: Bo Reinerdahl. Ett särskilt tack för värdefulla synpunkter riktas till Per Fahlén, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, och Catarina Warfvinge, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Joakim Achim Friedrich, projektledare och författare
Hållbar utveckling Väst, Göteborg
December 2011



Innehåll

Förord	2
1. Inledning	4
2. Bakgrund	4
3. Varför ventilera?	5
4. Regelverk och lagstiftning	7
5. Termiska klimatet	8
6. Lufttillförsel	11
7. Tekniska begrepp och komponenter	13
8. Lågfrekvent buller	16
9. Ventilation och energi	17
10. Ventilationssystem genom tiden	18
11. Olika ventilationssystem	20
12. Värmeväxlare	24
13. Ventilation och passivhus	26
14. Ekonomi	26
15. Råd, myter och tips	27
16. Begrepp	28
17. Mer att läsa	29

1. Inledning

Cirka 30 kilogram eller 25 000 liter – så mycket luft andas en vuxen in och ut varje dag! Det kan jämföras med att en vuxen konsumerar ca 3 kilogram dryck och 1 kilogram mat varje dag. I norra Europa vistas man ofta 90 % av dygnet inomhus och då inser man hur viktig just luftens kvalitet är! För att undvika dålig lukt, mögel och dylikt måste bostäder och lokaler ha en bra ventilation. Den kan även hjälpa till att förebygga astma och allergiproblem samt förbättra vårt välbefinnande och vår koncentrationsförmåga.

Idag sätts mer och mer fokus på ett sunt inneklimat och samtidigt på låga kostnader för uppvärmning. Den här skriften vänder sig till energi- och klimatrådgivare och andra intresserade och avser rådgivning till ägare av småhus, lägenheter och fritidshus som vill veta mer om inomhusmiljö och ventilation.

2. Bakgrund

Ventilation betyder transport av luft till och från rum. Observera att detta inte säger något om varifrån luften kommer. Även om uteluft direkt till rum är det vanliga i bostäder kan komplexa lokaler använda en mycket stor del återluft. Återluft ska helst undvikas för bostäder och kontor. Det viktiga är att luften till rummet i någon mening är bättre än rumsluften. Ventilationen har två huvuduppgifter: Att säkerställa det termiska klimatet (transportera bort överskottsvärme) och att säkerställa luftens kvalitet (transportera bort föroreningar).

Ett ventilationssystem bör ha följande egenskaper för att kunna betecknas som "väl fungerande":

- Skapa en hälsosam och behaglig inomhusmiljö
- Byta ut den luftmängd som krävs för detta ändamål
- Inte skapa drag-, temperatur eller ljudproblem
- Återvinna värme
- Filtrera bra
- Enkelt att hantera och sköta
- Driftsäkert och effektivt (flöde och energi)
- Låg livscykelkostnad (totalkostnad)

Luftsammansättning och människors behov

Generellt ser luftens sammansättning ungefär ut så här: 78,0 % kväve (N_2), 21,0 % syre (O_2), 0,9 % argon (Ar, en ädelgas). Dessutom små mängder av andra gaser, partiklar mm. Andelen koldioxid (CO_2) ligger på ca 0,04 % (alltså 400 ppm (parts per million)), dock kan koldioxidhalten vara betydligt högre inomhus vid otillräcklig ventilation. En för hög CO_2 -koncentration kan medföra allmän trötthet, dålig koncentration, huvudvärk och i värsta fall illamående och yrsel. Ventilationsbehovet är alltså mer kopplat till koldioxidhalten än till syrehalten. Människans metabolism (ämnesomsättning) kräver en kontinuerlig ventilation av lungorna. I vila andas en människa ca 0,5 kubikmeter luft per timme eller 0,14 liter / sekund. Ventilationsbehovet av ett rum är dock mycket större än detta "överlevnadskrav" eftersom luften också innehåller en växlande mängd vattenånga, luktämnen samt mindre och större fasta partiklar i varierande koncentration (vanligtvis innehåller luften en blandning av flera tusen olika partiklar) som behöver ventileras bort. Därför måste inomhusluft kontinuerligt ersättas med ren utomhusluft för att säkerställa ett acceptabelt inomhusklimat. För att leda bort överskottsvärme (från personer, belysning, datorer osv) i ett vanligt rum krävs mellan 0 och 40 liter / sekund, för att ventileras bort emissioner krävs mellan 10 och 70 liter / sekund (beroende på emissionskällor).

Koldioxidhalten i luften

Koldioxidhalten (CO_2 -koncentrationen) har stor påverkan på människans prestationsförmåga och välbefinnande. Halten i utomhusluften ligger på omkring 400 ppm (parts per million). Koldioxidhalten inomhus är i princip alltid högre än utomhus på grund av utandningsluften från dem som vistas i lokalen. För bästa välbefinnande bör man sträva efter halter som ligger under 700 eller 800 ppm.

Normalt anses luften vara dålig när CO₂-halten överstiger 1000 ppm. Det arbetshygieniska gränsvärdet för koldioxid ligger på 5 000 ppm. När CO₂-halten överstiger 20 000 ppm reagerar människor med bl a huvudvärk och ökad andningsfrekvens. Det går att koppla koldioxid-sensorer till ventilationsanläggningen så att luftflödet styrs av bl a CO₂-halten.

Lukt

Människor och djur utsöndrar permanent olika luktämnen från andnings- och matsmältningsorgan, hud osv. Dessa ämnen har inte någon giftpåverkan, men uppfattas ofta som obehagliga. Även byggmaterial och inredning utsöndrar luktämnen vilka delvis kan vara hälsofarliga i för hög koncentration. Näsan vänjer sig mycket snabbt vid en lukt. Personer som vistats en längre tid i ett rum märker till slut inte av den medan en person som precis träder in i ett rum tydligt kan känna lukten. Det är inte lätt att koppla luktkoncentration till några mätvärden. Därför använder man ofta CO₂-koncentration som ett mått eftersom CO₂-halten varierar tillsammans med luktkoncentrationen. En vanlig CO₂-koncentration är ofarlig och kan alltså användas som indikator för luftkvaliteten.

Inomhusmiljö

Begreppet "inomhusmiljö" omfattar olika faktorer som temperatur, buller, radon, fukt, belysning och luftens innehåll av olika ämnen. Många av dessa faktorer är kopplade till ventilation. Sambanden mellan inomhusmiljön och hälsan är komplexa och subjektiva, det vill säga bedöms från en högst personlig upplevd situation (perceptuell) och påverkas till exempel av kön, ålder, känslighet och livsstil. Även byggnadens utformning, installationer, ventilationssystem, materialval samt användning och underhåll av byggnaden påverkar inomhusmiljön.

3. Varför ventileras?

Med ventilation menas att använd ineluft byts ut mot (ren) uteluft. Luftkvaliteten, framförallt inomhus, påverkas av många olika faktorer, bland annat från inredning, byggnadsmaterial, människan och människans verksamhet, ventilationsflödet och uteluft.

Med hjälp av ventilation kan man:

- Föra bort fukt, damm, partiklar, lukt, koldioxid (CO₂) och luktämnen
- Tillföra frisk (och eventuellt filtrerad) luft
- Föra bort värmeöverskott i lokalen
- Styra luftflödet så att luften i huset går från rena till förorenade rum. På så sätt fördelas alltså föroreningar jämnare i byggnaden och späds ut
- Skapa ett behagligt inneklimat
- Skapa lite undertryck i huset, vilket hindrar luftburen fukt från att tränga in i klimatskalet (dvs fuktig luft trycks inte in i väggar och dylikt)

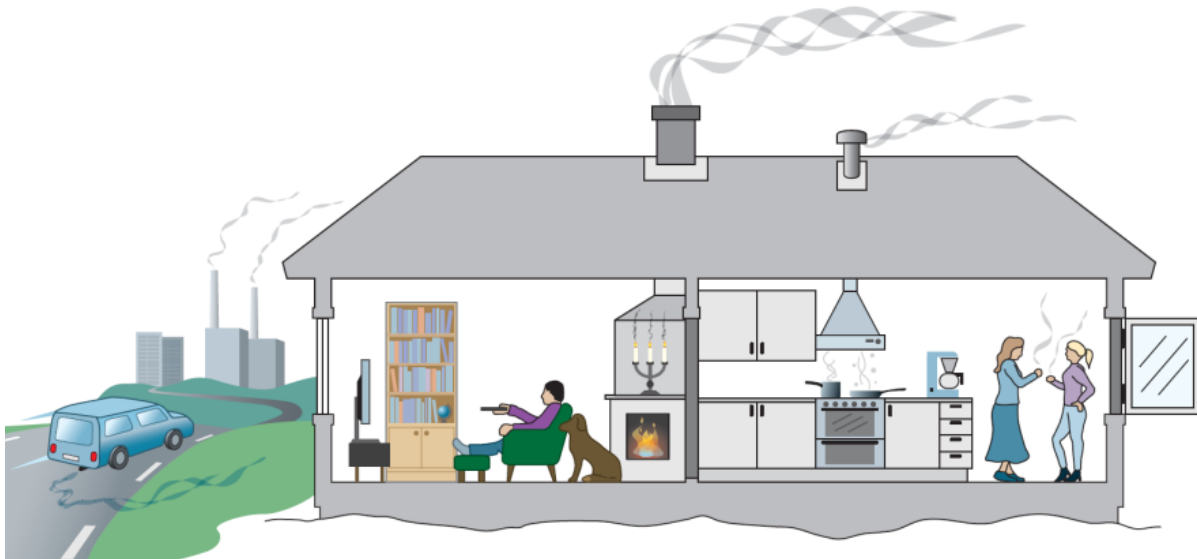
Exempel på problem med inomhusluft är:

- Luft som luktar dåligt och känns unken
- Drag
- Låg temperatur av tilluften
- För hög eller för låg fukthalt
- Partiklar och föroreningar (damm, VOC)

Typiska källor för föroreningar i inomhusluften:

- Avdunstningar från byggmaterial, möbler och inredning
- Kaminer, braskaminer och dylikt
- Matos
- Parfym
- Tobaksrök
- Rengöringsmedel
- Kontorsmaskiner och elektriska apparater (avger ozon)
- Pälsdjur
- Människor som ger ifrån sig bland annat koldioxid

- Föroreningar som redan finns i utomhusluft, så kallad bakgrundsbelastning. Föroreningar i utomhusluften kommer framför allt från trafiken i form av avgaser och partiklar från däck och bromsar samt från förbränningsprocesser i industri och hushåll.



Föroingskällor

Konsekvenser och typiska symptom av förorenad inomhusluft kan vara:

- Klåda, sveda eller irritation av slemhinnor i ögonen och näsan
- Heshet och hosta
- Täppt näsa
- Torr hud (speciellt i ansikte och på händer)
- Klåda och sveda
- Allmän trötthet och dålig koncentration
- Huvudvärk
- I svåra fall illamående och yrsel
- Allergiproblem

Om flera personer drabbas av några av dessa besvär så snart de vistas i ett hus kan det vara ett tecken på sjuka-hus-syndromet eller SBS (Sick Building Syndrome). Ofta försvinner besvären en tid efter att man har lämnat byggnaden men återkommer så snart man vistas i byggnaden igen. Undersökningar visar att särskilt allergiker och kvinnor drabbas oftare. Sjuka-hus-syndromet kan vara ett tecken på bristande ventilation, fukt, mögel, dålig städning osv. Problemen är vanligare i skolor och kontorshus än i bostadshus, eftersom där finns många fler källor för föroreningar (såsom kontorsmaskiner) än i bostadshus.

Allergi och överkänslighet

Om man har allergi eller på annat sätt är överkänslig mot vissa material, kemiska ämnen eller partiklar, kan bristande ventilation och en dålig inomhusmiljö vara mycket påfrestande för kroppen. Ett välfungerande ventilationssystem, inklusive lämpliga filter, kan minska allergibesvär avsevärt. Därför är det viktigt att filter byts regelbundet.

Test av kvalitén på ineluft

Hur kan man testa eller mäta om luftkvalitén är bra eller dålig? Bäst är att utföra noggranna undersökningar där man mäter olika parametrar såsom CO₂-koncentration, antal partiklar o dyl. Men en enkel, bra och pålitlig indikator är den egna näsan: om man kommer in i ett rum och har en känsla av att luften är unken eller man kan känna matos även långt utanför köket så är luftkvalitén och ventilationen inte optimal. Var dock uppmärksam på att näsan vänjer sig fort vid lukten i det specifika rummet, känsligheten avtar fort. En annan indikator är badrumsspeglén: om den är igenimmad även lång tid efter man har duschat är detta ett tecken på bristfällig ventilation.

4. Regelverk och lagstiftning

Boverket föreskriver i sina byggregler, **BBR 2009, kap 6:**

"Ventilationssystem ska utformas för ett lägsta uteluftsflöde motsvarande 0,35 l/s/m² golvarea. Rum ska kunna ha kontinuerlig luftväxling när de används. I bostadshus där ventilationen kan styras separat för varje bostad, får ventilationssystemet utformas med närvaro- och behovsstyrning av ventilationen. Dock får uteluftsflödet inte bli lägre än 0,10 l/s/m² golvarea då ingen vistas i bostaden och 0,35 l/s/m² golvarean då någon vistas där. För andra byggnader än bostäder får ventilationssystemet utformas så att reducering av tilluftsflödet, i flera steg, steglöst eller som intermittert drift, är möjlig när ingen vistas i byggnaden. För en tom bostad accepterar regelverket en reduktion till 0,1 l/s/m² golvarea. Dock får reduktion av ventilationsflöden inte ge upphov till hälsorisker. Reduktionen får inte heller ge upphov till skador på byggnaden och dess installationer orsakade av t ex fukt." I praktiken betyder det att man borde byta ut halva luftvolymen en gång per timme. För vanlig rumshöjd betyder det att man bör tillföra 0,35 l/s per m² rumsareal. Det motsvarar 1,26 m³ luft per m² rumsareal.

Socialstyrelsen skriver i sina författningar, SOSFS 1999:25 Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – ventilation:

"I bostäder bör det specifika luftflödet (luftomsättningen) inte understiga 0,5 rumsvolymer per timme (rv/h). Uteluftsflödet bör inte understiga 0,35 liter uteluft per sekund per kvadratmeter (l/s per m²) golvarea eller 4 l/s per person. I skolor och lokaler för barnomsorg bör uteluftsflödet inte understiga ca 7 l/s per person vid stillasittande sysselsättning. Ett tillägg på minst 0,35 l/s per m² golvarea bör göras så att hänsyn också tas till föroreningar från andra källor än människor. I bostäder och lokaler för allmänna ändamål, där människor vistas stadigvarande, bör inte skillnaden i absolut luftfuktighet ute / inne under vinterförhållanden regelmässigt överstiga 3 g/m³."

Miljöbalken, 9 kap, 9 §: "Bostäder och lokaler för allmänna ändamål skall brukas på ett sådant sätt att olägenheter för människors hälsa inte uppkommer och hållas fria från ohyra och andra skadedjur.

Ägare eller nyttjanderättshavare till berörd egendom skall vidta de åtgärder som skäligen kan krävas för att hindra uppkomsten av eller undanröja olägenheter för människors hälsa."

Lagen om obligatorisk ventilationskontroll, OVK:

Obligatorisk funktionskontroll av ventilationssystem i byggnader där människor vistas infördes i Sverige 1992. Den första kontrollen sker vid byggnadernas och installationernas uppförande och därefter med olika intervaller beroende av byggnadskategori och typ av ventilationssystem, se tabell nedan. Fastighetsägaren ansvarar för att ventilationskontrollen genomförs. Kommunerna är tillsynsmyndigheten.

Byggnader	Besiktningsintervall
Förskolor, skolor, vårdlokaler och liknande med S, F, FX-ventilation	3 år
Förskolor, skolor, vårdlokaler och liknande med FT, FTX-ventilation	3 år
Flerbostadshus, kontorsbyggnader och liknande med FT, FTX-ventilation	3 år
Flerbostadshus, kontorsbyggnader och liknande med F, FX, S-ventilation	6 år
En- och tvåbostadshus med FX, FT, FTX-ventilation	endast nybyggnad / nyinstallation

För rum med specialfunktioner (som till exempel restaurangkök, operationssal, laboratorium, kemikalieförvaring) gäller speciella regler. Industriventilation har ofta gränsvärden för skadliga ämnen som inte får överskridas.

Ansvar och underhåll

Det är husägaren som ansvarar för att ventilationssystemet fungerar bra, sköts och underhålls kontinuerligt så att funktionen säkerställs. Boende i lägenhet ska (om möjligt) rengöra uteluftsventilerna och frånluftsdon och vara observant på hur ventilationen fungerar, men det tekniska

underhållet är fastighetsägarens ansvar. Generellt gäller att bristande skötsel och underhåll av ventilation leder till nedsatt funktion i systemet och ökad risk för fukt och mögel samt eventuella hälsoproblem.



Icke rengjord och därmed dåligt fungerande frånluftsventil.
Foto: Joakim Achim Friedrich

Brand

En brand får ofta förödande konsekvenser för människor, byggnader och även för miljön. Brandskydd är därför en viktig aspekt när en byggnad projekteras. Större byggnader, till exempel flerfamiljshus, kontorshus, skolor eller fabriker, delas in i olika så kallade brandceller. Det ska inte vara möjligt att en brand sprider sig snabbt från en brandcell till en annan. Krav ligger i första hand på att rädda liv. Om människor omkommer så är det oftast pga giftiga brandgaser (rök). Brandgaser är giftiga även när värmen i dem inte är direkt dödande. Därför är det viktigt att ett ventilationssystem är utrustat med godkända säkerhetsspjäll samt godkända ställdon så att röken och heta gaser inte kan sprida sig mellan de olika brandcellerna. Detta gäller även när sprinkler eller annan brandsläckande utrustning har installerats. Ett system som uppfyller brandkrav bör projekteras av en erfaren konsult.

5. Termiska klimatet

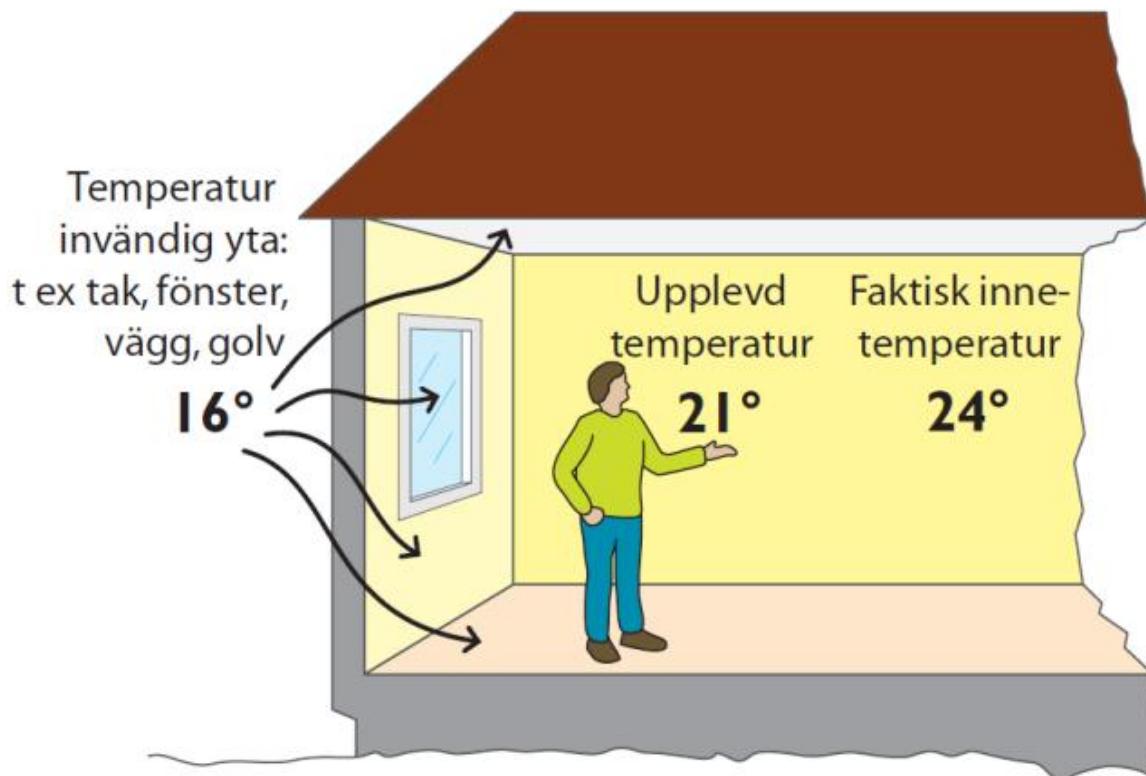
Faktorer som utgör det så kallade termiska klimatet är lufttemperatur, strålningstemperatur, luftfuktighet och lufthastighet. Människans påverkan och förmågor bestäms bland annat av val av kläder och aktivitet samt av luftens temperatur, hastighet och fuktighet och temperaturen på omgivande ytor. Även den vertikala temperaturgradienten spelar roll för hur människor upplever det termiska klimatet.

Lufttemperatur

Luftens temperatur är ett mycket vanligt mått för att beskriva den termiska komforten. Dock tar detta mått inte hänsyn till värmestrålning och lufthastighet. Lufttemperaturen i bostäder och lokaler brukar ligga mellan 18 och 22 grader vintertid, i sovrum kanske lite lägre. Om sommaren accepteras en något högre temperatur. Äldre personer eller personer med funktionsnedsättningar behöver ofta en lite högre temperatur medan yngre, rörliga och friska en lite lägre temperatur.

Operativ temperatur

Begreppet operativ temperatur beskriver inverkan av lufttemperatur och värmestrålning mellan människor och omgivande ytor, som till exempel väggar, golv, fönster. Ett exempel: I ett rum med 24 °C lufttemperatur och ytor som har 16 °C kan den upplevda temperaturen vara 21 °C. Detta kan ha stor påverkan på energiförbrukningen med tanke på att det finns en risk att de boende ökar lufttemperaturen rejält för att motverka kalla och kanske dåligt isolerade ytor.



Exempel för operativ temperatur

Lufthastighet

Ett av de vanligaste klagomålen på ventilation gäller drag. En låg lufthastighet på cirka upp till ca 0,15 m/s bidrar till en temperaturutjämning och upplevs ofta som angenäm. En lufthastighet större än ca 0,15 m/s upplevs däremot av många människor som obehagligt drag. Stora otätheter, felplacerade eller felprojekterade tilluftsdon kan orsaka drag. Åtgärder för att förhindra drag kan till exempel vara att reducera tillufthastigheten eller att sprida luften mer vid inblåsning. Även förvärmning av luften kan åtgärda problem med drag men kan också leda till övertemperatur i rummet och till ökad energianvändning. Kallras upplevs ofta som drag och detta uppstår till exempel vid dåligt isolerade fönster. En åtgärd vid kallras kan vara att installera 3-glasfönster samt nya tätningar mellan karm och båge, alternativt installera nya energiriktiga fönster. Även en låg temperatur vid golv kan uppfattas som drag, trots att lufthastigheten är låg. För att åtgärda detta krävs en bättre vertikal temperaturskiktning. Vid varma förhållanden (lufttemperatur > ca 24 °C) accepteras högre lufthastigheter, som en slags ventilator om sommaren. Det finns även "drag" trots att luften knappt rör sig, så kallat "falskt drag". Ofta är det då fråga om en kall yta som ger obehag om man sitter för nära den.

Vertikal temperaturgradient

Stor temperaturskillnad i höjdlängd kan orsaka obehag hos stillasittande personer. Är temperaturskillnaden av luften vid fötter och huvudet större än 3 °C upplevs detta ofta som obehagligt. Även golvets material har betydelse för hur man upplever temperaturen. Betong- och stengolv upplevs som mycket kallare än t ex trä eller textil trots samma ytemperatur på golvytan.

Luftfuktighet

Luftfuktighet har vid normal innetemperatur vanligtvis bara liten påverkan på människans värmebalans och välbefinnande. Den kan dock spela en större roll vid en kombination av hög omgivningstemperatur och hög luftfuktighet. Kroppen leder bort värme framförallt genom svettning och förmågan att kyla genom avdunstning (svettning) avtar med ökande fuktighet.

Den relativa luftfuktigheten (RF) anger halten av vattenånga i luften vid en viss temperatur i förhållande till halten av mättad luft vid samma temperatur, uttryckt i procent. I dagligt tal pratar man mest om den relativa luftfuktigheten. RF varierar starkt med årstiderna, med låga inomhusvärden på vintern (ca 20 till 40 %) och högre värden på sommaren (ca 60 till 85 %). Optimalt bör den relativa luftfuktigheten inomhus ligga mellan 30 och 65 %. Den relativa luftfuktigheten i utomhusluften ligger ofta mellan 65 till 90 %, högre om vintern och lägre om sommaren. Vattenångan i luften kommer från uteluften. Men också människor avger vattenånga genom andning och svettning. I vila avger en människa ca 40 gram vatten per timme. För att ventileras bort denna vattenmängd krävs ett luftflöde av 2 l/s. Andra betydande källor för vattenånga är aktiviteter som matlagning, duschning, städning och växter. Även byggnaden kan avge stora mängder fukt, till exempel byggfukt vid nybyggnation eller vatten som trängt in i ett otätt klimatskal.

Den relativa luftfuktigheten kan bestämmas med direktvisande RF mätare eller med hjälp av 2 parametrar: den torra och den våta temperaturen. Därefter kan den aktuella luftfuktigheten läsas ut i ett Mollierdiagram.

Alltför torr luft, det vill säga $RF < 20 \%$, är ett känt fenomen inomhus, speciellt under vinterhalvåret (främförallt i den norra delen av landet). En relativ luftfuktighet som understiger 20 % kan leda till problem som torra ögon, torr hud, torra slemhinnor samt allergiproblem. Ju mer luftföroreningar luften innehåller, desto torrare och mer problematisk upplevs luften. Det enklaste sättet att öka RF är att sänka temperaturen med kanske en eller ett par grader. Då upplevs luften även som friskare. Man bör också sträva efter en låg halt av föroreningar och partiklar, som till exempel damm i luften. Med andra ord, det är fel att bemöta torr luft genom att minska ventilationen eller genom att installera en luftfuktare, som i övrigt innebär en viss risk för spridning av bakterier och andra mikroorganismer.

En hög RF (dvs $RF > 70 \%$) ökar risken för fuktskador samt mögel på relativt kalla ytor. Kritiska ställen är ofta väggen i badrummet som ofta har en hög RF vid dålig ventilation och fönster med dålig isolationsförmåga. Även "gömda hörn" bakom ett skåp och liknande är i riskzonen för mögel om klimatskalet är dålig isolerat eller otätt. Dessutom förbättrar en hög RF livsbetingelser för kvalster vilket inte är önskvärt. Emission (i form av gaser) från bygg- och inredningsmaterial ökar också.

Vissa dagar om sommaren går det dock inte att sänka RF med hjälp av ventilation. Varm och fuktig uteluft som kyls ner i huset (som är lite svalare i början av en värmebölja) leder till en ännu högre RF inomhus. Sådana väderlägen är dock relativt sällsynta, framför allt i den norra delen av landet.

Överskottsvärme

Kroppen producerar hela tiden värme. Vid behov kan kroppen leda bort en del av överskottsvärmen genom framförallt konvektion och strålning av värme från kroppsytan. Några exempel på avgivning av värme för vuxna genom konvektion, strålning, andning och svettning är:

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| • Vila | 75 Watt |
| • Kontorsarbete | 140 Watt |
| • Lätt promenad, hantverksarbete | 250 till 300 Watt |
| • Lätt idrott | 500 Watt |
| • Hård idrott | 700 Watt och mer |

Exempel: Överslagsmässigt kan man räkna med följande värmetillskott:

- Kontor:
 - Personvärme = $4 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$
 - Belysning = $8 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$
 - El-apparater = $10 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$
- Skolor
 - Personvärme = $12 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$
 - Belysning = $10 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$
 - El-apparater = $6 \text{ W/m}^2/A_{\text{temp}}$

6. Lufttillförsel

Grundprincip för alla ventilationssystem:

- Luften sugas ut (frånluft) ur fukt- och luktbelastade rum som kök, bad, toalett och tvättstuga eller också i hallen / korridorer på kontoret.
- Luften tillförs (tilluft) rum för daglig samvaro samt rum för sömn och vila, det vill säga vardagsrum, sovrum och dylikt.
- Det är en fördel om värmen i avluft kan återvinnas.

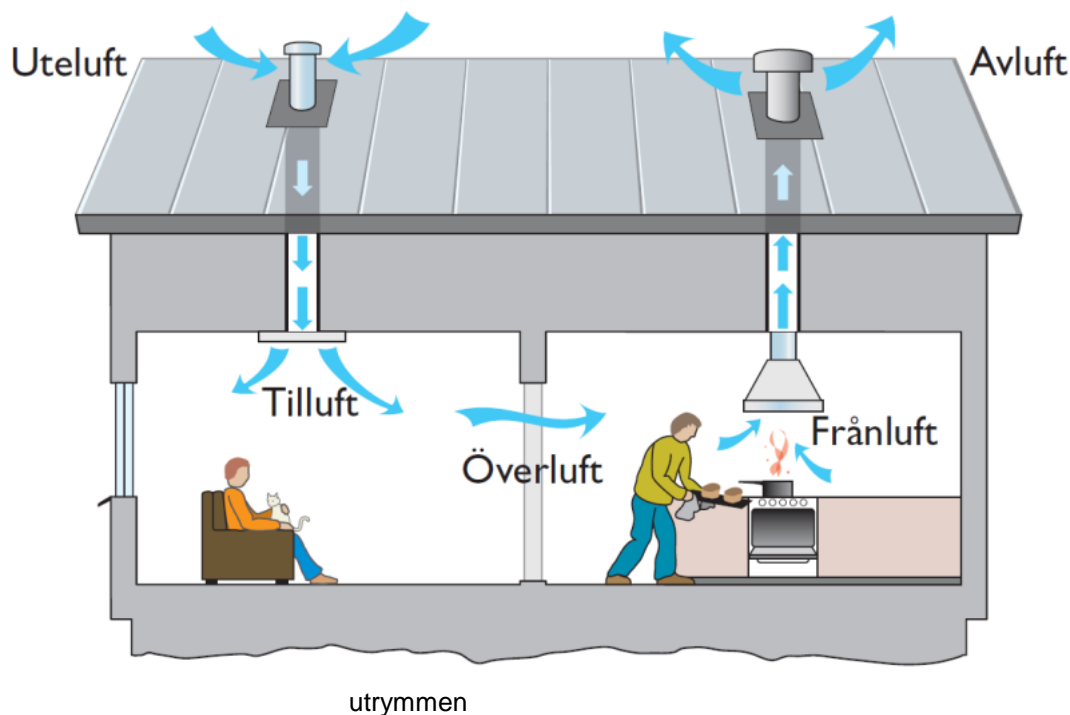
Hur ska luften tillföras?

Ett väl fungerande ventilationssystem skapar ett hälsosamt och behagligt inneklimat utan att skapa drag- eller temperaturproblem, dvs temperaturen i vistelsezonen ska helst vara jämnt fördelad.

Definitionen på "vistelsezonen" enligt Boverket, BBR, avsnitt 6:2: "Vistelsezonen begränsas i rummet av två horisontella plan, ett på 0,1 meters höjd över golv och ett annat på 2,0 meters höjd över golv, samt ett vertikalt plan 0,6 meter från yttervägg eller annan yttre begränsning, dock vid fönster och dörr 1,0 meter."

Luftflödesbegrepp

Avluft är	den luft som lämnar byggnaden, till exempel efter att luften har passerat en värmeåtervinning.
Cirkulationsluft är	den luft som cirkulerar i ett rum med hjälp av en lokal fläkt
Frånluft är	den luft som ventileras ut från bostadens lukt- och fuktbelastade utrymmen som badrum, toalett och tvättstuga
Tilluft är	den friska uteluften som tas in i rum för daglig samvaro som till exempel vardagsrum, kontorsrum och sovrum
Uteluft är	den luft som tillförs byggnaden, till exempel innan luften har passerat ett värmeåtervinningssystem
Återluft är	den frånluft som förs över till tilluften. Mängden återluft i ett ventilationssystem för bostäder och kontor borde vara så lite som möjligt. Återluft kan dock användas i vissa industrifastigheter. Icke visat på bilden nedan.
Överluft är	den luft som cirkulerar från "rena" till "smutsiga" respektive "fuktiga"



Grundprincip för luftflöde

Återluft - ventilation i industrifastigheter eller specialfastigheter

Har man en process som kräver ett rent rum, dvs mycket ren luft med nästan inga partiklar, så kan en effektiv återvinning av återluft vara lösningen. Det innebär att all luft i lokalen cirkuleras genom ett ventilationssystem som har ett bra filtersystem som filtrerar bort föroreningar. Återvinning av värmen är 100 %. Dock ska en del av luften bytas ut för att skapa ett lämpligt inomhusklimat. Återluft från andra lokaler borde inte blandas in. Återluft kan i framtiden vara intressant för bostäder och kontor om det finns bra reningsteknik.

Ppd-värde - "att vara missnöjd"

Det finns inget rumsklimat som alla personer anser vara "lagom". Hur man upplever inneklimatet är mycket individuellt och är beroende av aktivitet, klädsel, ålder, erfarenheter och även av dagsformen. Ett ppd-värde (= predicted percent dissatisfied) uttrycker hur många procent som är missnöjda med inneklimatet. Man bör eftersträva ett ppd-värde på max 10 %, det vill säga att minst 90 % är nöjda med rumsklimatet.

Tillufttemperatur

Vanligtvis blåses luft in som är lite undertempererad, t ex ca 3 °C under vanlig rumstemperatur (FT- och FTX-system). På det sättet uppstår inget drag och luften upplevs som angenämt fräsch. Dessutom bidrar en viss temperaturskillnad till att luften blandar sig.

Tillufttemperatur om värme tillförs huset med hjälp av tilluft

Väljer man att tillföra husets uppvärmning via ventilationsluften är den maximala temperaturen för tilluft ca 50 °C. Värmer man upp luften ännu mer kan den lukta bränt. Ventilationsanläggningar i passivhus värmer tilluften upp till ca 35 °C.

Huvudprinciperna för lufttillförsel

- Omblandande strömning (också kallad för strålluftförsel): Tilluften blandas med befintlig luft i rummet. Temperatur och föroreningar fördelas jämt. Luften tar "flera varv" innan den når fram till frånluftdonet.
- Deplacerande strömning (också kallad för undanträngande strömning): Luften strömmar genom lokalen i bara en riktning, till exempel från tilluftsdonet till dörren eller frånluftsdonet.
- Kolvluftförsel (också kallad för envägsströmning): Denna metod används i lokaler med mycket höga ventilationskrav som till exempel operationsrum men beskrivs inte närmare här i kompendiet.

Kortslutande strömning ska inte förekomma. Med kortslutning menas att en större del av luften går direkt från tilluftsdonet till frånluftdonet utan att ha passerat vistelsezonen.

Omblandande ventilation

Omblandande ventilation är den vanligaste luftföringsmetoden. I en eller flera strålar blåses luft in i rummet med relativt hög hastighet. Inblåsningen kan ske vid olika ställen. Tilluftsdonet är dock placerat så att luften inte blåses in direkt i vistelsezonen. Tilluften blandar sig effektivt med den befintliga luften och temperaturen utjämnas i rummet (en jämn temperatur minskar effektbehovet vid uppvärmning). Frånlufts- eller överluftsdon kan vara placerade var som helst, dock vanligtvis i taket eller i den övre delen av väggen.

Denna typ av luftföringsmetod fungerar för över-, jämn- och undertempererad luft och är okänslig för störningar. Dock innebär denna luftföringsmetod en viss risk för kortslutning, det är alltså viktigt att fundera på hur tilluft- och frånluftsdonet placeras. Det föreligger även en risk för drag vid kyleffekt som kan uppstå vid den här luftföringsmetoden. Blåses för varm luft in med för låg hastighet kan det resultera i en dålig omblandning. Metoden är inte lämplig vid en eller fler kraftiga förorenare eftersom dessa i så fall bara sprids i rummet.

Det finns 4 olika placeringar av tilluftsdon som ger olika typer av inblåsning:

- Bakkantsinblåsning: Tilluftsdonet är placerat i väggen mot korridor, hall el dyl. Luftstrålen är riktad mot fasaden. Kastlängden är så pass lång att luftstrålen böjs vid fasaden. Vid dåligt isolerade fönster respektive fönsterkarmar kyls luftstrålen ner och orsakar drag i golvnivå. Kanalanslutning är enkel.

- Framkantsinblåsning: Luftstrålen riktas mot korridorväggen. Risk för drag är mindre än vid bakkantsinblåsning. Dock får kastlängden inte vara för stor eftersom det innebär en risk att luften bara lämnar rummet genom en öppen dörr och därmed ventileras rummet i mindre omfattning än planerat.
- Inblåsning under fönstret resp vid fasaden: Liknar framkantsinblåsning men luften blåses in från golvnivån och upp. Luften passerar fönstret och minskar risk för kallstrålning, dock ökar energianvändningen pga ökade värmeförluster. Inblåsning av övertempererad luft är oproblematisk.
- Inblåsning under taket: Tilluftsdonen är placerade under taket. Tilluftstrålen följer takytan och styrs neråt vid väggar / mellanväggar. Dragrisken är begränsad. Dock finns en risk att två eller fler luftstrålar krockar och orsakar då drag i vistelsezonen.

Deplacerande ventilation

Deplacerande ventilation är en termiskt styrd luftförling. Tilluft (vanligtvis undertempererad tilluft) blåses in med låg hastighet i golvnivå och tränger undan rumsluften. Luften stiger upp vid värmekällor, blandas med föroreningar och strömmar vidare till frånluftsdonet. Denna luftförlingsmetod passar bra till lokaler med varma "föroreningskällor" såsom människor, datorer och eventuellt maskiner. Termiskt styrd luftförling är lämplig för restauranger, konferenslokaler och så vidare. Metoden har den stora fördelen att föroreningar i själva vistelsezonen är låga samt att lufthastigheten och turbulensen är låga. Dock fungerar inte metoden om man tillför övertempererad luft eftersom luften då stiger upp direkt utan att ha passerat vistelsezonen (risk för kortslutning). Donet ska inte placeras i närheten av en radiator och ska inte utsättas för kraftig solstrålning eftersom tilluften värms upp omedelbart i dessa fall och stiger upp utan att ha blandat sig med rumsluften. Metoden kräver dessutom mycket golvutrymme och en annan nackdel är att det finns risk för drag i närheten av tilluftsdonet. Området med en lufthastighet större än 0,2 m/s betecknas som närzon. Ofta har deplacerande ventilation en mindre bra energieffektivitet, speciellt där ventilationsflödet styrs av kylbehov. Pga komfortkrav måste man vissa perioder värma tilluften trots att det är kylbehov i rummet och under andra perioder kyla luften fast det är värmebehov i rummet!

Kylning, undertemperatur av tilluften

Många byggnader som kontor, hotell, skolor, konferensanläggningar och butiker samt nya bostadshus, har under sommarhalvåret ofta ett kylbehov. Kylbehovet uppstår på grund av stor intern värmeutveckling från kontorsmaskiner, belysning, människor och så vidare, men även från solinstrålning. Om man använder komfortkyla gäller generellt att lokaltemperaturen inte bör understiga utetemperaturen med mer än 2 till 3 °C.

7. Tekniska begrepp och komponenter

Filter

Filter har en central roll i ventilationssystem, det är därför viktigt att systemet förses med bra filter. Ett filter har flera uppgifter och är därför mer komplicerat än det ser ut. Filtrens uppgifter:

- Filtrera tilluft för att skydda fläkt, värmeväxlare och kanaler
- Filtrera tilluften för att garantera ren rumsluft, dvs (nästan) inga partiklar, minskade luktproblem osv
- Filtrera frånluft för att skydda fläkt och värmeväxlare (om frånluften passerar ett värmeåtervinningsaggregat)
- Ska släppa igenom så mycket luft som möjligt så att tryckfallet blir så lite som möjligt (vilket sparar el, vanliga filter står för ca 30 % av allt tryckfall i ett typiskt ventilationssystem).

Kontakta producenten av ventilationssystemet eller VVS-installatören för att välja rätt typ av filter. Ett filter bör bytas enligt producentens rekommendation, dock minst 1 gång per år, gärna på hösten efter pollensäsongen. Är fastigheten placerad vid en starkt trafikerad väg kan det medföra att filtren sätts igen snabbare (pga högre partikelhalt i luften) vilket kan medföra att filtren bör byttas ut oftare. Smutsiga filter fungerar inte effektivt, kan bli ett hygieniskt problem, ökar tryckfallet och därmed elbehovet för fläkten.

Uteluften innehåller bland annat partiklar, vissa gaser och dylikt. Exempel på partiklar kan vara pollen, virus, stendamm och partiklar från olika förbränningsprocesser inom transport, industri och uppvärmning. Generellt gäller att ju mindre partiklarna är desto farligare är de för kroppen. Kroppen kan, med hjälp av slemhinnor och flimmerhår, filtrera bort partiklar som är 1 μm stora (som jämförelse kan nämnas att en regndroppe är cirka 1000 μm = 1 mm stor). En del partiklar är dock mindre än 1 μm som t ex virus, bakterier, asbestpartiklar, många partiklar från förbränningsprocesser och transport. Dessa partiklar kan komma in i blodomloppet. Komfortventilation går oftast ut på att filtrera bort partiklar, inte gaser. För att filtrera bort gaser krävs ett kolfilter eller aktiv rening med exempelvis fotokatalytiska metoder.

Det finns olika filterklasser där "F" betyder finfilter och "G" grovfilter. Den efterföljande siffran beskriver reningseffekten, ju högre siffran desto högre reningseffekt och desto större luftmotstånd och tryckfall. Ofta används filterklass F7 eller högre i tilluften och F5 eller högre i frånluften.

Ett filter består typiskt av ett eller flera skikt med tunna fibrer av syntetiskt material (plast) eller dylikt. Dock finns det allt fler filter som är baserade på växtfiber, vilket är bättre ur miljöhänsyn. Materialet är veckat eller ihopsytt till påsar eller till ett kompaktfiler. Ett påsfilter har en stor filteryta vilket är gynnsamt både för tryckfall och avskiljningsgrad. Ett påsfilter behöver dock lite mer utrymme än ett kompaktfiler.

Säkerställ att luftintaget i väggen eller på taket inte är igensatt av löv, snö eller is.

Tryckfallet över ett rent filter kallas för begynnelsestryckfall. När partikelfiltret är i drift ansamlas stoft och därmed ökar tryckfallet tills sluttryckfallet är nått. Senast då bör man byta eller rengöra filter. Men även om man inte har en stor partikelbelastning i uteluften rekommenderas att byta eller rengöra filter en gång per år av hygieniska skäl. Nya filter till en villa kostar ca 400 till 800 kronor / styck. Ofta kan man själv byta ut dessa. Alternativt kan ett avtal tecknas med ett serviceföretag som sköter filterbyte, rengöring och teknisk service. Kontakta producenten av ventilationsaggregatet eller VVS-installatören.

För ett ventilationssystem med konstant varvtal är flödet störst med rent filter. När filtret har nått sitt sluttryckfall är flödet som minst. För ett ventilationssystem med konstant luftflöde betyder ett tilltagande tryckfall i ett smutsigt filter att fläkten regleras upp, dvs energianvändningen i fläkten ökar.

Fläktar

Fläktar bör ha en hög verkningsgrad för att använda mindre el. Generellt gäller att axialfläktar är effektivare än radialfläktar, dock kräver axialfläktar mer utrymme och är dyrare än radialfläktar varför små system ofta drivs av radialfläktar. Sträva alltid efter en fläkt med lågt SFP-värde.

SFP-värde: Specific Fan Power anger den specifika fläkteffekten [$\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$], är ett mått på fläktens / aggregatets el-effektivitet. Ju lägre SFP-värdet är, desto effektivare arbetar fläkten. För FTX-system krävs ofta ett SFP på 1,5 till 2,0 och för ett F-system krävs 0,7 till 0,8. Som jämförelse kan nämnas att på 1980-talet låg SFP-värden ofta på ca 4.

Tilluftsdon

Val av tilluftsdon är viktigt för att minimera risken för drag. Det finns många olika modeller på marknaden som kan vara utformade med spalter, galler, dysor osv. Det finns även tilluftsdon som är avsedda för att blåsa in luften med så låg bulleralstring som möjligt. Dessa kan med fördel användas i t ex sovrum.

Lågimpulsdon används för deplacerande ventilation.

Kastlängd

Med kastlängden menas det största avståndet från tilluftsdonets mitt till den punkten där man kan mäta en lufthastighet på under 0,2 m/s. Denna regel gäller när tilluft har samma temperatur som rumsluft. Denna kastlängd kallas för $l_{0,2}$.

Frånluftsdon

Frånluftsdon finns i många olika utseenden. Ett frånluftsdon påverkar nästan inte alls luftrörelsen. Redan vid ett avstånd på en diameter från frånluftsdonet har lufthastigheten sjunkit till bara 10 % av utsugningshastigheten.

Kanalsystem: Lufthastigheten i ett kanalsystem brukar ligga mellan 2 och 9 m/s och det totala tryckfallet brukar ligga på ca 500 Pa (kan vara högre i äldre system).

Kanaldimensionering

Lathund för kanaldimensionering (vanliga dimensioner för villor resp per lägenhet):

0 till 30 l/s	dimension 100
30 till 50 l/s	dimension 125
50 till 80 l/s	dimension 160

Man kan ha 160 mm i huvudstammen till FTX-aggregatet (t ex villaaggregat), därefter mindre förgreningar ut till de olika rummen vid enklare montage. Det finns dock risk för ljud vid för stora flöden. Vägledande lufthastigheter i kanalen är 4 till 9 m/s i stamkanalen, 2 till 4 m/s i grenkanaler och 2 m/s i anslutningskanaler. Vid lägre hastigheter minskar ljudalstringen.

Kanaler

Det finns cirkulära och rektangulära kanaler på marknaden. Vid små luftflöden används normalt cirkulära kanaler. Rektangulära kanaler används för stora luftflöden och i fall av begränsat utrymme. Cirkulära kanaler har ett lägre tryckfall per meter än rektangulära kanaler vid samma medelhastighet (men inte vid samma utrymmesbehov). Generellt måste det vara möjligt att kunna rensa kanalerna.

Textila kanaler: En textil kanal är i de flesta fall avsedd för en dragfri inblåsning av stora mängder luft, ofta undertempererad. Denna typ av kanaler är lämpliga för klass- och konferensrum, kontor, varuhus och så vidare. De textila kanalerna finns i runda eller halvrunda utföranden. Ett bra förfilter rekommenderas så att textilkanalen inte sätts igen av partiklar. Textilkanaler bör tvättas cirka vart annat år.

Kanalljuddämpare

En vanlig typ av ljuddämpare består av ett perforerat rör på insidan, inklätt i ca 25 mm mineralull (OBS! icke tillräckligt som värmeisoleringen) och ett utvändigt skydd av antingen aluminiumfilm eller plast. De flesta ljuddämpare är böjbara. Montering sker helst i närheten av fläktenheten och gärna just i en böjning för att uppnå bästa ljuddämpning. Längden är vanligtvis mellan 0,5 och 1,5 m och finns i olika diameter. Mindre diameter och långa ljuddämpare har en bättre effekt, dock ökar tryckfallet.



FTX-system med stamkanaler och grenkanaler med ljuddämpare i en villa.
Placeringen på vinden. Isolering påbörjat. Efter avslutat montage är rören övertäckta med ca 300 till 500 mm vindsisoleringen
Foto: Joakim Achim Friedrich, Göteborg

Placering av ventilationshuvar

Placeringen av ventilationshuvar för uteluft och avluft ska väljas så att risken för kortslutning minimeras. Med kortslutning menas att avluften når luftintaget för tilluften. Även en placering av frånluftsdonet i närheten av ett fönster eller takfönster kan också medföra en risk för kortslutande strömning vid öppet fönster.

Radon

När det naturliga grundämnet radium sönderfaller uppstår radon. Radon är en osynlig och luktfri radioaktiv ädelgas som bildar så kallade radioaktiva metallatomer, radondöttrar. Metallatomerna fastnar på till exempel damm och när vi andas in kan dessa atomer följa med ner i lungorna, vilket kan bidra till en ökad risk för lungcancer. Risken ökar framför allt i samband med rökning (gäller även passiv rökning). Radium och därmed radon är naturligt förekommande i naturen, oftast i marken. Det är därför radonkoncentrationen oftast är högst i källare eller i hus byggt med alunskifferbaserad lättbetong, så kallad blåbetong som användes som byggmaterial från cirka 1929 fram till slutet av 1970-talet. Markradon förekommer i princip i hela Sverige i olika koncentrationer, utom möjligtvis på Gotland. Man kan sänka radonkoncentrationen i inomhusluften avsevärt genom att öka luftomsättningen. Ett bra ventilationssystem bidrar alltså till att minska hälsorisken från radon. Dock ska undertrycket i rum med markkontakt inte vara för stort eftersom risken ökar att radon sugas in från marken. En onödigt stor luftomsättning ökar också värmeförlusten – och därmed ökar också energibehovet och kostnaderna för uppvärmning. För mer information: se Boverkets webbplats eller www.radonguiden.se.

8. Lågfrekvent buller

I dag projekteras ventilationsanläggningar med beaktande av låg bulleralstring. Trots detta kan det förekomma anläggningar eller delar av anläggningar som utgör ett betydligt störningsmoment. Generellt gäller dock att bullret ökar med flöde och tryckfall. Därför är det mycket viktigt hur anläggningen och don placeras och utformas.

Det behöver inte vara komplicerat att designa en ventilationsanläggning som har bra ventilationsprestanda och samtidigt låg bulleralstring. Allmänt gäller att åtgärder som effektiviserar ventilationsanläggningen även bidrar till lägre buller (lägre kanalhastighet ger lägre tryckfall och mindre buller, effektivare fläktar och don alstrar mindre buller osv). Det finns en rad konsultföretag som kan utföra projekteringen och beräkningar.

Nedan följer några enkla tips, som även i vissa fall, kan tillämpas på befintliga anläggningar.

- Välj en lämplig ljuddämpare. Det finns många olika på marknaden.
- En fläkt med lågt varvtal och få blad ger lågfrekvent ljud. En fläkt med högt varvtal och många blad ger högfrekventare ljud – vilket kan vara lättare att dämpa.
- Befintliga rektangulära kanaler kan eventuellt göras stabilare genom montering av till exempel små L-stålprofiler. Denna åtgärd ger ljudet en högre frekvens som enklare kan dämpas.
- Mindre ljudkänsliga rum, som kök eller toaletter, bör placeras intill fläktrum eller ventilationsschakt.
- Om ett ljudkänsligt rum till exempel sovrum, vardagsrum, vissa kontorsrum, eller vilorum placeras intill fläktrum eller ventilationsschakt bör väggen ha en bra ljuddämpande förmåga. En vanlig regelvägg är inte lämplig som skiljevägg eftersom den vid låga frekvenser har en låg ljuddämpningsförmåga. En tung betongvägg dämpar låga frekvenser effektivare. Se till att anslutningar mellan väggen och golvet resp taket är täta!
- Kanaler bör inte ha kontakt med lätta byggnadsdelar, som till exempel en regelvägg. Genomföringar (t ex genom en vägg) bör utföras elastiskt.
- Kanaler bör inte placeras i ljudkänsliga rum. Placera istället kanalstråket i korridoren.
- Fläktarna / ventilationsaggregaten måste skiljas från bjälklaget med lämpliga vibrationsdämpare, annars kan det leda till stomljud. För att även vibrationsdämpare skall fungera som förväntat krävs tillräckligt med massa under vibrationsdämparen. Ibland kan det vara en lösning att hänga upp ventilationsaggregatet i en stabil takkonstruktion med mjuka fjäderelement eller kanske går det att placera aggregatet i källaren.

- Ljudkällan kan även komma från en fläkt på grannhusets tak, därför bör man tänka på att placera fläktar i ett ljudavskärmat läge.

Bakgrund om ljud, lågfrekvent buller och frekvens

Ljud: Att bedöma ljud är svårt eftersom det upplevs mycket individuellt och bedöms subjektivt. Generellt kan man dock säga att en ljudreduktion med ca 6 dB(A) upplevs som en halvering av "ljudstyrkan". En förändring med 1 dB(A) är den minsta hörbara skillnaden, en förändring med 0,5 dB(A) upplevs alltså vanligtvis inte som en förändring.

Lågfrekvent buller: I vissa fall kan buller från ventilationsanläggningen upplevas som mycket störande trots att den godkänts enligt uppmätta resultat. Detta beror bland annat på att ljud upplevs högst individuellt. Dessutom upplevs lågfrekvent buller som en ventilationsanläggning alstrar mer störande ju längre man är utsatt för den. Det mänskliga örat har mycket svårt att lokalisera ljudkällor till lågfrekvent buller – vilket ibland upplevs som extra obehagligt. Dessa och andra faktorer bidrar till att lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar upplevs av vissa människor som mycket mer störande än av andra och därför är det svårt att bara lita på mätresultat.

Frekvens: Människans hörområde sträcker sig från cirka 20 till 20 000 Hz. Lågfrekvent buller rör sig runt frekvenser under 200 Hz.

9. Ventilation och energi

I en typisk bostad går cirka 15 % av all energi förlorad genom ventilation. Beroende på husets ålder och tekniska kvalitet kan relativt stora mängder uppvärmd luft försvinna genom springor och otätheter i väggar, fönster och dörrar. Även den önskade ventilationen tar med sig en del värme – vilket sedan ska ersättas av uppvärmningssystemet. Om huset är tätt och värmen i ventilationssystemet återvinns kan man spara mycket energi. Men det finns fler möjligheter för att göra ett ventilationssystem energisnålt.

För nyproducerade eller framtida hus är andelen energi som går förlorad genom ventilation mycket högre eftersom husets övriga energiförluster genom klimatskalet är mycket mindre. En effektiv ventilation kommer att spela en viktigare roll.

Fläkt

En möjlighet att spara energi är att välja en lämplig fläkt så att motorn inte behöver gå med 100 % effekt. Exempel:

flöde [m ³ /s]	flöde [% av maximum]	el-effekt [% av maximum]
10	100	100
8	80	50
5	50	12

I övrigt bör man välja en effektiv fläktmotor, det vill säga en motor som tillhör klassen IE2, IE3 eller (i framtiden) IE4. På det sättet får systemet ett lågt SFP-värde (se avsnitt tekniska begrepp och komponenter).

Återvinningsaggregat

Om systemet har ett återvinningsaggregat gäller det att välja ett aggregat med hög total verkningsgrad. Aggregatet ska dessutom ha en bra värmeisolering. Se avsnitt Värmeväxlare.

Kanaler och filter

Ju lägre luftmotståndet i systemet är desto mindre fläkteffekt behöver systemet. Det gäller alltså att ha tillräckligt stora kanaler samt från- och tilluftsdon som är anpassade till behovet. Ännu mer fokus borde

man ha på bra och framförallt rena filter och bör därför göra regelbundna filterbyten. I övrigt ska även kanalerna ha en bra värmeisolering.

Behovsstyrning respektive behovsanpassad ventilation

Det finns flera möjligheter att reducera eller öka luftflöden till den nödvändiga mängden luft. Dock ska ventilationen i bostäder aldrig understiga 0,10 l/m².

- Status-reglage där man väljer ett program som passar till den rådande status, till exempel borta, normalt eller forcerat
- Tidur / timer där ventilation slår av och på enligt inställda tider
- Närvarodetektor som känner av när någon vistas i lokalen eller rummet (VAV-system, Variable Air Volume)
- CO₂-sensor, ett system som kontinuerligt mäter CO₂-koncentrationen i luften och anpassar luftflödet efter det. Det är ett effektivt men dyrt system och används mest för kommersiella lokaler, sjukhus och skolor.

Kommentar till möjligheten status-reglage: Möjligheten att använda statusreglage är mycket effektiv för att anpassa luftflödet till det aktuella behovet. Det är även positivt att boende kan ha inflytande på sitt eget inneklimat. Olika tester från praxis visar dock att boende sällan använder sig av denna möjlighet. Vanligtvis står reglaget på "normal"-läge.

Ibland försöker man att spara energi genom att reducera luftflödet eller genom att helt stänga av systemet. Det leder dock till att bostaden eller lokalen är dåligt eller inte alls ventilerad. Man skapar då stora problem med dåligt inneklimat, risk för mögel och för hög luftfuktighet och så vidare. Det ska säkerställas att ventilationsflödet i bostäder aldrig understiger 0,35 l/s per m² golvarea när de boende är hemma. Problem kan också uppstå om man reducerar luftflöden i bostaden nattetid. Reduceringen (till ca 0,10 l/s per m² golvarea, enligt Boverkets byggregler) av luftflödena bör endast ske när ingen vistas i bostaden eller lokalen.

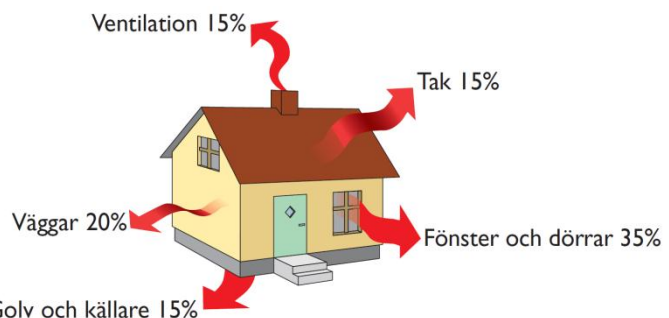
Det finns också många exempel på hus med självdragsventilation där man har permanent stängda ventiler eller att man har tapetserat över från- och tilluftdonen, vilket betyder att det finns ingen eller bara liten möjlighet till ventilation.

10. Ventilationssystem genom tiden

Innan centralvärmes slog igenom värmdes hus och lägenheter med lokala eldstäder, ofta i köket. Luftmängden som sögs ut genom förbränningen tillfördes genom springor och otätheter i väggar och fönster. Dessa system hade en bra luftomsättning, men var inte energi- och kostnadseffektiva. Med ökade energisparkrav byggdes husen allt tätare. Ventilationen anpassades dock sällan, vilket ledde till problem med inomhusmiljön.

Beroende på husets ålder och skick kan relativt stora mängder uppvärmd luft försvinna genom springor och otätheter i väggar, fönster och dörrar. Även den önskade ventilationen tar med sig en del värme ut ur huset – vilket sedan ska ersättas av uppvärmningssystemet. Genom lämplig teknik och skötsel kan energi-användningen sänkas betydligt.

Genom tiderna har olika typer av ventilationssystem använts. Här ges några exempel på typiska system. För alla system gäller dock att användningen av huset eller



Bilden visar exempel på var värmen kan försvinna ur ett hus (villa byggt på 1970-talet).

rummen kanske har förändrats med tiden, men att ventilationen inte har anpassats till den nya situationen. En mer teknisk beskrivning av systemen finns i avsnittet "Olika ventilationssystem" längre fram i kompendiet.

Före 1970-talet

I hus byggda före 1970, som inte blivit genomgripande renoverade, används oftast självdrag, se senare kapitel. Man kan se att huset har självdrag om det finns tilluftsventiler i ytterväggen eller vid fönster i vardagsrum och sovrum och frånluftsventiler vid inre väggar i kök, badrum och toalett, ofta placerade högt upp. De flesta ventiler brukar kunna öppnas och stängas. I äldre hus sögs luften också in till eldstaden vilket bidrog till en bra luftomsättning.

1970-talet

Vid denna tid byggdes husen mycket tätare med syfte att spara energi. Ofta har dock inte ventilationen ändrats jämfört med tidigare perioder, det vill säga många hus från första hälften av 1970-talet har ett självdragsystem vilket i vissa fall inte fungerar bra. Under andra hälften av 1970-talet dominerade frånluftssystemet (F-system). Hus med fläktförstärkt självdrag, FT- eller FTX-ventilation förekommer också under den här perioden, men då mest i lokaler, skolor, hotell och dylikt.

1980-talet till cirka 2000-talet

De flesta hus från denna period har system med fläkt och kanaler. Vanligast är ett mekaniskt (dvs fläktstyrt) frånluftssystem (F-system), men det finns även system för mekanisk till- och frånluft (FT-system). I många fall kan värme återvinnas, antingen genom att värma tappvarmvatten och vatten till uppvärmning (frånluftvärmepump) eller genom att värma tilluften (FTX). Många hus och lägenheter försågs med aggregat som placerades ovanpå spisen. Enligt SBN 80 (svensk byggnorm 1980) måste 50 % av allt värmeinnehåll i frånluften återvinnas (med vissa undantag för hus kopplat till förnybar fjärrvärme).

2000-talet och framåt

De flesta hus som är byggda under 2000-talet och framåt har en mekanisk ventilation med värmeåtervinning, såsom frånluftsvärmepump eller FTX-system.

Varför bör man sträva efter ett visst undertryck i huset?

Man strävar alltid efter att ha ett visst undertryck i huset. En viss luftmängd kommer alltid in genom små otätheter i klimatskalet, även hos helt nya hus. Med hjälp av undertrycket i huset sugas den torra uteluften in i huset och risk för bildning av kondens blir därmed mindre. Om däremot den fuktiga inneluften skulle tryckas in i klimatskalet finns det under den kalla årstiden en stor risk för kondensbildning i konstruktionen – vilket kan leda till byggsador, till exempel i form av rötangrepp. S- och F-system arbetar genom att generera ett undertryck i huset och därmed suga in frisk luft genom otätheter eller ventiler. Ett FT-system (med eller utan värmeåtervinning) däremot borde vara injusterat på så sätt att frånluftflödet är ca 10 % större än tilluftflöde. På det sättet säkerställs ett visst undertryck i huset. Var dock uppmärksam på att igensatta filter har stor påverkan på luftflödet! Även temperatur av från- resp uteluften har påverkan på balansen eftersom densiteten är olika.

Varför bör husen vara så täta som möjligt?

Husen idag kräver ett tätt klimatskal. Ett lufttätt klimatskal bör innehålla ett diffusionstätt skikt, ofta en åldersbeständig folie eller kakel) på den varma sidan (insidan) och ett vindtätt (men diffusionsöppet) skikt på utsidan av isoleringen. Detta leder till följande positiva effekter:

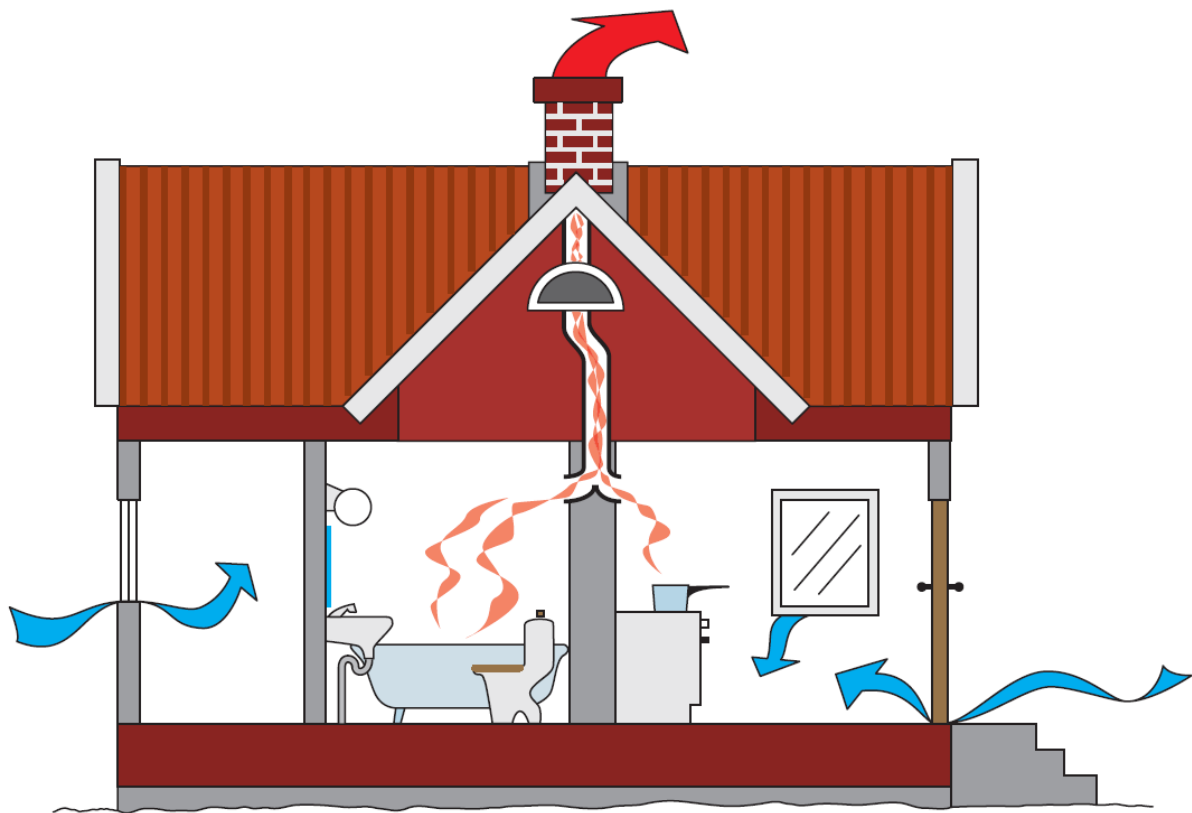
- Det kommer (nästan) ingen uteluft okontrollerat in i huset. Därmed är det mycket enklare att styra en bra ventilation. Inneklimatet blir också mer behagligt då det inte finns drag från otätheter och sprickor.
- Vid ett mycket högt vattenångtryck, till exempel i samband med matlagning, städning eller duschning, kan vattenånga inte diffundera in i konstruktionen.
- Vind kommer inte in i isoleringen, på det sättet kan värme inte "blåsas bort".

11. Olika ventilationssystem

Självdrag (S-system)

I ett självdragsystem finns inga fläktar för till- eller frånluft. En viktig drivkraft för systemet är temperaturskillnaden mellan ute och inne (termiska stigraster). Vanligtvis är inneluften varmare än uteluften och den varmare luften stiger uppåt. Frånluft leds genom ventilationskanaler uppåt som ofta mynnar ut i en takhuv på taket. Vind kan skapa undertryck vid kanalmynnningen på taket och bidrar till att suga ut luften. Tilluften, dvs. frisk uteluft, tar sig in genom ventiler i väggar eller fönster, men även genom springor och otätheter. Systemet fungerar bättre i flervåningshus (skorstenseffekt) än i enplanshus. I ett flervåningshus fungerar självdrag bäst i den nedersta våningen och blir mindre effektivt ju högre man kommer pga minskad skorstenseffekt.

Det är svårt att reglera luftflödet i ett självdragsystem. Under vindstilla varma sommardagar är luftflödet ofta för litet eller obefintligt med risk för dålig inneluft, fuktig luft och mögel. Det finns även risk för att ventilationsluften byter riktning under vindstilla varma dagar och därmed fördelar lukt och partiklar i huset istället för att leda bort dessa. Under blåsiga och kalla vinterdagar kan luftflödet vara alldeles för stort med risk för drag, torr inneluft samt onödigt stor energiförlust. Det finns också många exempel på hus med självdragsventilation där uteluftsventiler stängts på grund av drag och därefter inte öppnats igen. Ventiler kan även vara övertapetserade. Därmed finns ingen eller bara liten möjlighet till ventilation. Det finns självdragsystem som är kompletterade med en fläkt i en huv vid avluftskanalen, s.k. fläktförstärkt självdrag. Detta hjälper till att förbättra ventilationen under sommaren, dock finns en risk för överventilering under vinterhalvåret. Självdragsystem väljs idag mycket sällan vid nybyggnation på grund av svårigheten att säkerställa rätt luftflöde till rätt rum vid rätt tid samt att de har väldigt låg verkningsgrad.



Självdragsystem

Fördelar:

- Enkelt system med billig installation och litet underhållsbehov
- Tyst (bortsett från buller utifrån som kan tränga in genom friskluftventiler)
- Kräver ingen fläkt och därmed ingen el vilket gör att systemet är okänsligt för elavbrott

Nackdelar:

- Det krävs stora mängder värme för att upprätthålla luftflödet
- Återvinning av värme är inte möjlig, vilket betyder stora energiförluster och ökade kostnader
- Svårt att reglera luftflödet
- Utrymmeskrävande på grund av stora ventilationskanaler
- Sämre ventilation i de översta våningarna
- Risk för drag vid tilluftsventiler samt risk för bakdrag vid påslagen köksfläkt
- Hus med självdrag i vindutsatta lägen kan bli överventilerade och får högre energianvändning

Att tänka på vid systemändring eller renovering:

Vid byte till ett värmesystem som inte kräver en skorsten (till exempel värmepump eller fjärrvärme) finns effekten av den varma skorstenen inte kvar, därmed blir självdraget sämre. Det är viktigt att vara uppmärksam på dålig inneluft, mögel och kondens så att man vid behov kan förbättra ventilationen t.ex. genom en frånluftsfläkt. Vid byte av fönster tänk på att nya eller renoverade fönster ofta är tätare än de gamla, vilket kan minska luftflödet rejält. En lösning är att kombinera fönster med spaltventiler eller att sätta in väggventiler. Ventilationssystemet kan ses över och eventuellt bytas vid renoveringen.

Frånluft (F-system)

Detta system är i princip ett självdragsystem som kombineras med en fläkt i frånluftkanalen.

Fördelar:

- Måttligt utrymmesbehov
- Ventilationsflödet kan kontrolleras bättre än för S-system
- Klarar kraven på luftflöde även sommartid
- Kan kombineras med filter direkt vid friskluftventilen
- Systemet är mindre beroende av väderleken än S-system
- Undertryck i huset minimerar risken för fuktintrång på insidan av klimatskalet
- Sommarnätter kan byggnaden ventileras med sval nattluft
- Kan ofta kompletteras med frånluftsvärmepump för värmeåtervinning

Nackdelar:

- Värme återvinns inte, vilket ger stora energiförluster
- Beroende av yttre förhållande (t.ex. en stängd eller ströpt friskluftventil, köksfläkt)
- Risk för kallras och drag vid friskluftsventiler, speciellt kalla dagar
- Fläkten drar el
- Ljud från utemiljön, till exempel trafikbuller kan lätt tränga in genom ventiler
- Om uteluften ska filtreras, till exempel med ett pollenfilter, krävs flera filter - ett i varje friskluftventil
- Systemet skapar undertryck, vilket kan ge problem vid braseldning
- Undertryck i huset ökar risk för hög radonkoncentrationen i inneluften vid markradon.

Frånluftsventilation med värmepump (FVP-system)

Här kompletteras F-ventilationen med en värmepump, det vill säga den varma luften passerar en värmepump där en del av värmen återvinns. Den återvunna värmen lagras oftast i vatten och kan på det sättet återföras husets värmesystem respektive användas till att värma tappvarmvatten. En frånluftsvärmepump behöver dock en viss luftmängd för att kunna arbeta och värma vatten till tappvarmvattensystem (och ibland även till uppvärmning). Det är därför inte alltid möjligt att utföra en behovsanpassad ventilation i kombination med en frånluftsvärmepump. Vid kalla dagar krävs en kompletterande värmekälla.

En frånluftsvärmepump kostar cirka 20 000 till 45 000 kronor inkl moms (år 2010). Projektering, installationskostnaden och material för kanaler, don osv tillkommer och kan variera mycket beroende

på hustyp, planlösning, material osv. Energianvändningen kan minskas med cirka 3 000 kWh / år för en frånluftsvärmepump som enbart värmer tappvarmvattnet och med cirka 6 000 kWh / år för en frånluftsvärmepump som både värmer huset och tappvarmvattnet. Besparingen i norra Sverige är generellt större än i mellersta och södra Sverige pga en lägre genomsnittlig utetemperatur i norra Sverige. Det är viktigt att justera systemet väl för att utnyttja hela besparingspotentialen. En besparing på 6 000 kWh motsvarar en besparing på upp till cirka 9 000 kronor / år (beroende på elpriset och värmekälla i övrigt).

Fördelar:

- Värmen återvinns effektivt, vilket sparar energi
- Övriga fördelar: se Frånluft (F-system)

Nackdelar:

- En frånluftsvärmepump är inte okomplicerad
- En frånluftsvärmepump drar el
- Övriga nackdelar: se Frånluft (F-system), dock återvinns värmen

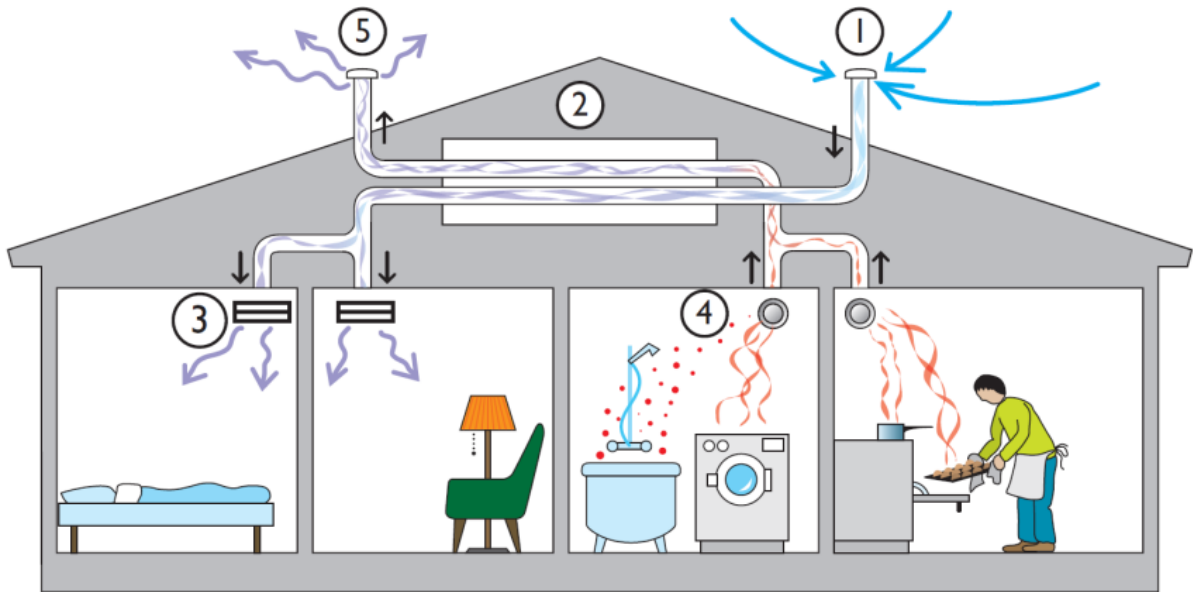
Mekanisk från- och tilluftsventilation (FT-system)

Systemet är jämförbart med F-system, dock med 2 fläktar, en till frånluftsventilation och en till tilluftsventilation. Om rätt temperatur ska blåsas in även om vintern krävs ett värmebatteri. Systemet är mindre känsligt för ändringar (t.ex. en stängd eller strypt friskluftventil, köksfläkt) än F-systemet och ljud från utemiljön (t.ex. trafikbuller) kan inte så lätt tränga in. Systemet är i princip uppbyggt som ett FTX-system, dock utan värmeåtervinning. Kan eventuellt kombineras med en värmeväxlare till ett komplett FTX-system.

Mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX-system)

FTX betyder fläktstyrd frånluft (F), fläktstyrd tilluft (T) och värmeväxlare (X) som återvinner energi ur frånluften. Systemet kallas ibland även för balanserad ventilation med värmeåtervinning eftersom det inte skapas någon större tryckskillnad. För att systemet ska fungera bra måste klimatskalet därför vara lufttätt och i bra skick. Energibesparingen för att värma ineluften kan bli 60 till 80 % jämfört med system som saknar värmeåtervinning. Energibesparingen kan ökas ytterligare om man väljer aggregat med el-effektiva fläktar och kanaler med en bra värmeisolering. Filter bör bytas regelbundet för att minska luftmotståndet i systemet. FTX-system installeras ofta för att kunna möta det ökade kravet på energieffektivitet.

Ett FTX-aggregat för en vanlig villa kostar cirka 15 000 till 35 000 kronor inkl. moms (år 2010). Projektering, installationskostnad och material för kanaler, don osv tillkommer och kan variera mycket beroende på hustyp, planlösning, material osv. Det finns stora skillnader i aggregatens effektivitet (verkningsgrad för värmeåtervinning och fläktens el-effektivitet) samt ljudalstring. Ett modernt FTX-system kan spara mellan cirka 3 000 och 6 000 kWh / år, beräknat för ett hus på cirka 130 m². Besparingen i norra Sverige är generellt större än i mellersta och södra Sverige pga en lägre genomsnittlig utetemperatur i norra Sverige. Det är viktigt att justera systemet väl för att utnyttja hela besparingspotentialen. En besparing på 6 000 kWh motsvarar en besparing på upp till cirka 9 000 kronor / år (beroende på elpriset och värmekälla i övrigt).



FTX-system.

Huset ventileras via två kanalsystem, en tilluftskanal (3) och en frånluftskanal (4), med var sin fläkt. I värmeväxlaren (2) överförs värmen från den varma frånluften (använd inneluft) till den kalla uteluften (1). Den friska och förvärmade tilluften leds till rum som sovrum och vardagsrum. Den nerkylda avluften (5) leds bort.

Fördelar:

- Temperaturen på den tillförda uteluften är vanligtvis bara lite lägre än rumstemperaturen vilket betyder hög komfort samt minimerad risk för drag eller kallras
- Filter placeras centralt vid luftbehandlingsaggregatet
- Filterbyte är ofta enkelt (beroende på aggregatets placering)
- Pollenfilter är möjligt
- Fungerar oberoende av väderlek
- Sommarnätter kan byggnaden ventileras med sval nattluft (frikyla)
- Bra verkningsgrad för värmeåtervinning

Nackdelar:

- För att eliminera ljudproblem krävs ljuddämpare, lämpliga luftkanaler och don
- Underhåll krävs i form av filterbyte och rengöring av kanaler och värmeväxlare
- Systemet kräver noggrann injustering för att inte riskera övertryck i huset eller i delar av huset och för att minimera dragrisk
- Systemet drar el

Vid byte till FTX-system

Om man i ett äldre hus byter från ett självdragsystem till FTX så krävs det att huset är relativt tätt annars kan man inte utnyttja hela potentialen av FTX-systemet, varken energimässigt, komfortmässigt eller ekonomiskt. Om huset är tätt garanterar det att till- och frånluften passerar FTX-systemet och luften tränger därmed inte in eller lämnar huset okontrollerat. Fönster och dörrar kan vara en svag punkt, därför kan byte av tätningslister vara ett bra sätt för att minska luftläckaget. Befintliga friskluftventiler (t.ex. i väggen eller fönster) ska tätas (och isoleras).

FTX-ventilation i flerbostadshus

Det finns 2 grundsystem som man kan välja mellan: många små lägenhetsaggregat eller ett stort centralaggregat exempelvis ett aggregat per trapphus.

Fördel med centralaggregat:

- Det är enkelt att byta filter.
- Filterbyte och service utförs av förvaltare, man behöver inte ha tillgång till lägenheter.

Nackdel med centralaggregat:

- Filterbyte ofta dyrare jämfört med lägenhetsvist aggregat eftersom filterbyte inte kan utföras av den enstaka boende (som ju inte skulle ta betalt för att byta filter).

Centralaggregat placeras ofta på vinden eller i källaren. Kanalerna som installeras i samband med ett centralaggregat kan ha en dimension på upp till Ø 500 mm. Förgreningar är mindre. Typisk storlek på ett centralaggregat: L x B x H = 1000 x 1500 x 1500 mm, vikt: 300 till 800 kg.

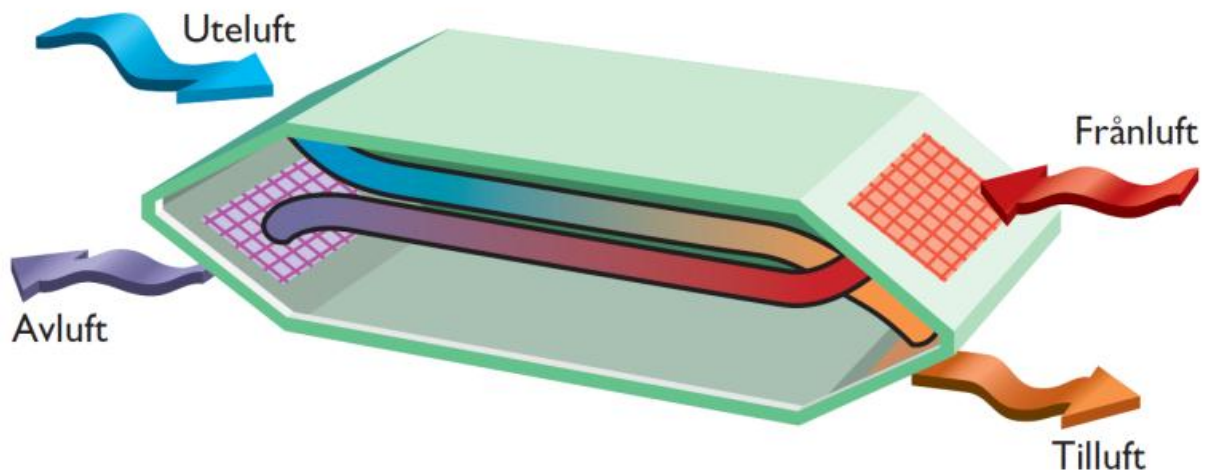
Boende ser ofta positivt på om man involverar dem i det "dagliga" arbetet. Att t ex byta filter kan utföras av de flesta boende själv.

12. Värmeväxlare

Värme i luften kan återvinnas på olika sätt. Här beskrivs de tre vanligaste tekniska lösningarna som används i FTX-system. Alla typer bör alltid kombineras med ett bra och lämpligt filter. Generellt gäller att temperaturverkningsgraden kan ökas genom att välja en större värmeväxlare i förhållande till ventilationsflödet.

Plattvärmeväxlare

Plattvärmeväxlare finns av typerna korsströmsvärmeväxlare och motströmsvärmeväxlare. Till- och frånluft passerar varandra i ett lamellpaket. Lamellerna har en stor yta så att värmen kan överföras från frånluften till tillluften. Själva luften blandas inte. En plattvärmeväxlare är en enkel konstruktion utan rörliga delar som ofta används i enfamiljshus eller flerbostadshus med separata ventilationsanläggningar. Rengöring kan ske genom spolning med varmvatten eller dammsugning. Vid låg temperatur av utomhusluften finns för många typer en viss risk för kondens och isbildning. Avisning sker i regel automatisk, t ex genom att ventilationen stoppas ett par minuter. Kondens- eller smältvatten måste omhändertas, t ex genom att vattnet leds till avlopp, samlas upp eller kokas bort (vilket också kräver energi).



Plattvärmeväxlare

Fördelar:

- Minimal överföring av föroreningar
- Enkel driftsäker konstruktion utan rörliga delar

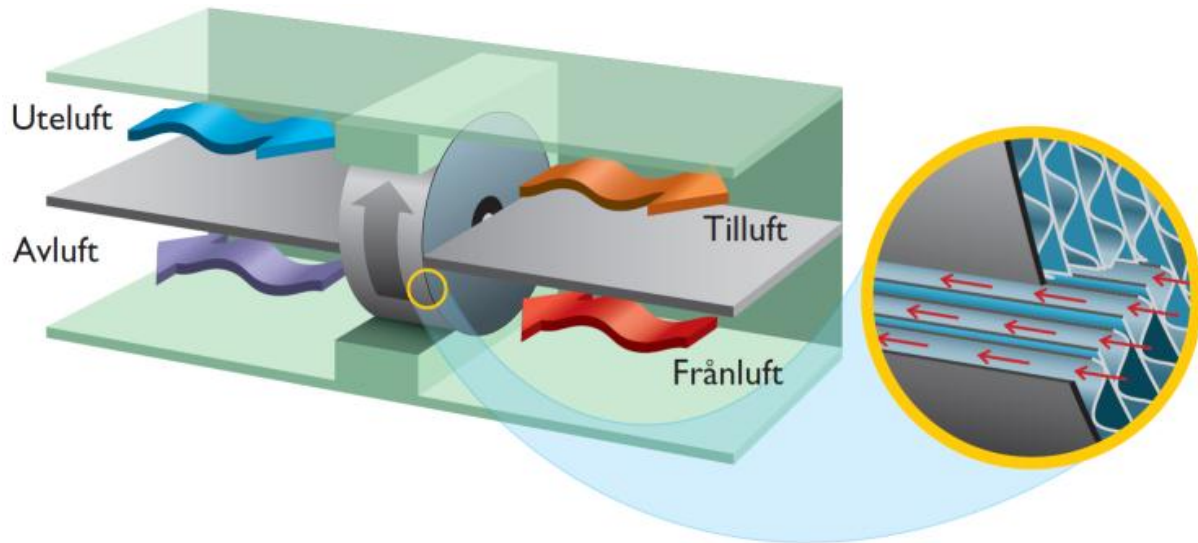
Nackdelar:

- Verkningsgraden är ofta relativt låg
- Relativt högt tryckfall (kräver större fläkteffekt)

- Måste frostas av vid minustemperaturer i utomhusluften. Detta sker i regel automatisk genom att ventilationen stoppas ett par minuter.
- Platskrävande

Roterande värmeväxlare

Denna typ värmeväxlare består framför allt av roterande hjul bestående av tunna profiler, ofta aluminium. Rotorena värms upp i frånluftskanalen, "roterar in" i tilluftskanalen och värmer på så sätt upp tilluften. Därefter roterar de nedkylda profilerna vidare till frånluftskanalen och värms upp igen. Roterande värmeväxlare har ofta en något högre verkningsgrad än plattvärmeväxlare. Avfrostning är sällan nödvändigt. Denna typ används i enfamiljs-, flerfamiljs- och kontorshus.



Roterande värmeväxlare

Fördelar:

- Utrymmeseffektivt
- Hög verkningsgrad
- Temperaturverkningsgraden kan regleras ner (t ex under vår, sommar eller höst) genom att minska rotorns varvtal från ca 20 till 0,5 varv per minut.
- Låg risk för att kondenserad frånluft fryser till is (vid behov kan avisning ske genom att sänka rotorns varvtal)
- Lågt tryckfall över värmeåtervinningsaggregatet, ca 100 Pa (till- och frånluft).

Nackdelar:

- Visst läckage uppstår vid återluft / luftöverföring (kan dock minskas genom en s k renblåsningssektor)
- Rotorhjulet ska kontrolleras och rengöras regelbundet.

Vätskekopplad värmeväxlare

I detta system cirkulerar en frostskyddad vätskelösning mellan från- och tilluftssystemet. Den varma frånluften värmer upp vätskan som sedan avger värme till den kalla tilluften. Används ofta i kontorshus, sjukhus och liknande.

Fördelar:

- Inget läckage av återluft / luftöverföring)
- Den återvunna värmen kan transporteras till exempel om tilluftsaggregat är placerat i källaren och frånluftsaggregaten på vinden
- Fler återvinningsstationer kan kopplas samman

Nackdelar:

- Dyr
- Relativt låg verkningsgrad

Generellt om verkningsgraden av värmeväxlare i ett FTX-system: Boverket skriver i broschyren "Energihushållning enligt Boverkets byggregler" under kapitlet värmeåtervinning: "När man använder ventilationsvärmeväxlare är det viktigt att man gör sin effekt- och energiberäkning med utgångspunkt från realistiska data. Den verkningsgrad som anges för värmeväxlaren kan vara svår att uppnå i praktiken. Detta kan exempelvis bero på kanalförluster, nedsmutsning eller läckage i växlaren eller avfrostning."

13. Ventilation och passivhus

Idén till att bygga passivhus kommer från Tyskland där man efterhand har byggt tiotusentals passivhus. Ett passivhus utmärker sig genom:

- Minimala värmeförluster genom klimatskalet
- Ta tillvara värme från de boende, elektriska apparater och instrålad sol (därför begreppet *passivhus*)
- Värmetillskott från en "klassisk" värmekälla sker bara mycket kalla dagar
- Energieffektiv ventilation
- Klimatskalet är i stort sett vindtätt så att vinden inte blåser in i isoleringen och för bort värme
- Klimatskalet är i stort sett lufttätt så att varm luft inte kan läcka ut och all ventilationsluft måste passera värmeväxlaren.

Ett tätt hus betyder inte att huset är dåligt ventilerat och att man måste räkna med mögelangrepp. Tvärtom! Ett tätt hus med ett välfungerande ventilationssystem (oftast ett FTX-system) är en förutsättning för att slippa mögel, se avsnittet om luftfuktighet. I övrigt är ett passivhus byggt, övervakat och dokumenterat efter en hög standard som säkerställer att en hög kvalitet kan garanteras. I praktiken upplevs inneklimatet i ett passivhus som angenämt: fräsch luft, jämn temperatur, inget drag, inget kallras.

14. Ekonomi

Totalkostnaden för ett ventilationssystem omfattar inte bara kostnaden för inköp och montering utan även för energianvändning, drift och underhåll. Inköpspriset för ett vanligt luftbehandlingsaggregat står bara för ca 10 till 15 % av den totala livscykelkostnaden. Med andra ord: Driftkostnad och underhåll står för ca 85 till 90 %. Ta hänsyn till följande punkter vid nyinstallation eller större ombyggnad:

- Sköt och underhåll systemet regelbundet, byt filter regelbundet, dammsug donen.
- Välj rätt aggregat med värmeåtervinning. Studier visar att det minsta möjliga aggregat (lägsta investeringskostnaden) sällan är den lösning som har de lägsta totalkostnaderna. Ett lite större aggregat har ofta en mycket kortare återbetalningstid eftersom tryckfallen i aggregatet minskas samt att värmeåtervinningen förbättras.
- Val av rätt fläkt. Det bör väljas ett system med lågt SFP-värde (SFP = Specific Fan Power). Nya FTX-system bör ha ett SFP-värde av ca 1,5 kW/m³/s eller lägre, nya frånluftsvärmepumpar bör ha ett SFP-värde av ca 0,8 kW/m³/s eller lägre.
- Kanaler ska vara välisolerade, både till- och frånluft.
- Kanalsystem ska vara optimerat för att minska motstånd och andra olägenheter (såsom buller).
- Använd behovsstyrning om så finns, exempelvis statusreglage där man t.ex. kan välja "borta", "hemma" eller "forcerat" eller en timer.
- Använd VAV- eller DCV-system.
- Välj återvinnare som har möjligheten till frikyla

- För lokal eller kontor: välj ett aggregat som är optimerat för kylåtervinning (för att kunna kyla bort internlasten)
- Hela projekteringen bör genomföras av professionell personal.

Nya filter till en villa kostar ca 400 till 800 kronor / styck. Ofta kan man själv byta ut filtren. Men vill man så kan man teckna ett avtal med ett VVS-företag som sköter filterbyte, rengöring och teknisk service.

Tips på energisparande åtgärder och deras ekonomiska bedömning

- | | |
|---|------------------|
| ▪ värmeåtervinning (som i FTX eller FVP) | mycket lönsamt |
| ▪ väl dimensionerade aggregat med lågt tryckfall | mycket lönsamt |
| ▪ behovsanpassade drifttider (timer, närvarogivare) | mycket lönsamt |
| ▪ kontroll på flöden | mycket lönsamt |
| ▪ anpassad rumstemperatur | mycket lönsamt |
| ▪ byte av filter | mycket lönsamt |
| ▪ rengöring av kanalsystem och ventiler | ofta lönsamt |
| ▪ utnyttja nattkyla, kylåtervinning | ofta lönsamt |
| ▪ byte av fläktar och fläktmotorer | kan vara lönsamt |

15. Råd, myter och tips

- *"Moderna, täta hus eller passivhus har ett dåligt inneklimat."* Nej, det behöver inte vara sant. Det är relativt enkelt att justera ett ventilationssystem så att det fungerar bra och som effektivt byter ut luften i alla rum. Då kan luften styras noggrant och man slipper dålig luft och drag. Så det som gäller är "build tight, ventilate right" / "bygg tätt, ventileras rätt".
- *"Mekaniska ventilationssystem alstrar mycket buller."* De flesta system arbetar mycket tyst. Eventuellt buller är ofta ett tecken på att luftkanal eller don inte är anpassade till luftflöde. För att komma tillrätta med problemet kan dels luftflödet kontrolleras och eventuellt justeras, dels kan man välja lämpliga don. Systemet bör även omfatta ljuddämpare, ofta vid fläkten eller luftbehandlingsaggregatet.
- *"Mekaniska ventilationssystem orsakar obehagligt drag."* Alla system som tar in uteluft genom väggventiler o dyl kan medföra risk för drag i närheten av ventilen, speciellt i samband med låg utetemperatur. Om man placerar ventilen klokt och väljer rätt tilluftsdon kan dock drageffekten reduceras avsevärt. Risken för drag i samband med ett bra injusterat FT- eller FTX-system är liten.
- *"Kan jag spara energi genom att reducera eller stänga av luftflödet nattetid?"* Energi kan man spara på det sättet. Dock skapa man andra problem om ventilationssystemet stängs av eller luftflödet reduceras permanent: dålig inneklimat i form av hög relativ luftfuktighet (risk för mögel), hög CO₂-koncentration, hög partikelbelastning (allergibesvär) osv. Ventilationen i bostäder ska aldrig understiga 0,35 l/s per m² golvarea när de boende är hemma. I en tom lägenhet kan man låta det sjunka till 0,10 l/s per m² golvarea (enligt Boverkets byggregler). Reduceringen av luftflödena får endast ske när ingen vistas i bostaden eller lokalen.
- *"Vad är tilluftsdon och vad är frånluftsdon?"* Vad som är ett till- eller frånluftsdon går bra att testa med hjälp av ett mjukt papper: om pappret "fastnar" på ventilen är det ett frånluftsdon. Man kan även testa tryckförhållanden mellan olika rum. En tunn strimma mjukt papper visar åt vilket håll luften strömmar i en smal dörrspringa. Med hjälp av rök kan en tilluftstråle visualiseras.
- *"Att öppna fönstret förstör ventilationen."* Ett öppet fönster har bara liten påverkan för ett väl injusterat FT- eller FTX-system. Däremot kan S- eller F-system slås ut vid ett öppet fönster. Om man måste vädra regelbunden eftersom luften upplevs som dålig så är redan det ett tecken på att ventilationen inte fungera tillfredsställande.
- *"Det är krångligt och dyrt att göra rent luftkanaler och don."* För att undgå problem med smuts i ventilationssystemet bör man välja ett lämpligt filter som byts ut regelbundet. Luftkanalen i närheten av donen kan dammsugas ibland (dock ska donens injusterings inte ändras!). Själva donen putsas med en trasa. Även fläkten och värmeväxlaren bör göras rena, följ producentens drift- och skötselanvisning.

- *"Kan jag koppla köksfläkten till systemet för att inte slösa energi?"* En köksfläkt suger ut matos som vanligtvis innehåller fett. Om fettet kommer in i värmeväxlaren minskar dess verkningsgrad med tiden avsevärt! En köksfläkt bör vara separat med en egen kanal och bör inte kopplas ihop med husets ventilationssystem. En variant är att använda en köksfläkt med aktivt kolfilter som cirkulerar luften runt i rummet. På det sättet behåller man värmen.
- *"Hjälper ett mycket stort luftflöde mot allergier?"* Baserat på en lång rad undersökningar är rekommendationen att ineluften byts ut 0,5 gånger per timme i en vanlig bostad. Större luftflöden skulle visserligen reducera halten av partiklar, VOC och CO₂, men då skapar man samtidigt nya problem. Allt för stora luftflöden kan betyda torr luft som irriterar hud och slemhinnor, mer ljud alstras, mer el går åt och leder också till större värmeförlust. Det finns dock finfilter till de flesta system som är bra ur allergisynpunkt. Se till att luftintaget är placerat på taket eller mot renaste sidan av huset så att inte avgaser (t.ex. från husets skorsten) eller störande lukter (från t.ex. rökning, grillning) kan sugas in.

16. Begrepp

CAV	Konstant luftflöde (Constant Air Volume). Luftflöden är konstanta under drifttiden oavsett faktiska behoven.
DCV	Behovstyrt luftflöde (Demand Controlled Ventilation). Luftflödet kan anpassas till behoven. Det sker automatisk (t ex en CO ₂ - eller temperaturgivare) eller manuellt av de personer som använder rummet (t ex forcerat ventilation i ett samlingslokal).
Don	Ventil, t.ex. friskluftsventil eller frånluftsventil. Finns i många olika utseenden och med olika funktioner för att reducera drag- eller ljudproblem.
IE1, IE2, IE3 eller IE4	Ange effektiviteten av el-motorer. IE1 är sämst, IE3 är bäst. I framtiden kan man förvänta ännu effektivare motorer som tillhör klassen IE4 eller högre.
Klimatskal	Alla byggdelar som skiljer varma (uppvärmda) mot kalla (ouppvärmda) områden, t.ex. vägg, fönster, tak, golv. Klimatskalet ska vara väl isolerat och lufttätt.
Kvalster	Små spindeldjur som trivs i rum med hög luftfuktighet. Dåligt ventilerade bostäder har ofta en hög luftfuktighet. Avföring från kvalster kan orsaka allergier.
Mögel	En grupp av svampar som finns i alla inomhusmiljöer och som lätt kan växa på ytor eller inne i material om den relativa luftfuktigheten är konstant större än 70 %.
Passivhus	Ett passivhus behöver nästan ingen tillförd energi för uppvärmning, utan värms upp passivt genom att ta tillvara värme från personer, elektriska apparater, solinstrålning osv. Värme i frånluft återvinns ofta med hjälp av ett FTX-system.
Relativ luftfuktighet	Den relativa luftfuktigheten talar om hur mycket vattenånga luften innehåller i förhållande till hur mycket den maximalt kan innehålla vid en viss temperatur, uttryckt i procent. Värden kan variera starkt mellan ute och inne.

SFP-värde	Specific Fan Power anger den specifika fläkteffekten [$\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$] och är ett mått på fläktens / aggregatets / systemets el-effektivitet. Ju lägre SFP-värdet är, desto effektivare arbetar fläkten.
VAV	Variabelt luftflöde reglerat efter behov (Variable Air Volume). Luftflödet kan variera under drifttiden och regleras efter t ex temperatur, CO_2 eller personnärvaro. På det sättet ventileras inte tomma rum i onödan. Används mest i kontor, hotell, skolor osv.
VOC	Volatile Organic Compounds (flyktiga organiska ämnen) är ämnen som avges till luften. VOC:s kan avges från exempelvis bygg- och inredningsmaterial, rengöringsmedel eller parfym. Kan vara allergi-utlösande eller allergiförstärkande.
Värmeåtervinning	Återvinning av värme i ventilationsluften sker vanligtvis med hjälp av en värmepump eller en värmeväxlare. Detta kan reducera kostnaden för uppvärmning reduceras avsevärt. Miljöpåverkan minskar också på grund av minskad energianvändning.

17. Mer att läsa

"Energihandboken" från Svensk Ventilation, Stockholm

"Energiboken" från Kungliga IngenjörsvetenskapsAkademien, IVA, ISBN: 978-91-7082-815-7 eller www.iva.se

generell information från:

- Energimyndigheten, www.energimyndigheten.se
- Boverket, www.boverket.se
- Socialstyrelsen, www.socialstyrelsen.se
- Naturvårdsverket, www.naturvardsverket.se
- Boverket och Konsumentverket: www.omboende.se
- Astma- och Allergiförbundet: www.astmaoallergiforbundet.se

Vårt mål – en smartare energianvändning

Energimyndigheten är en statlig myndighet som arbetar för ett tryggt, miljövänligt och effektivt energisystem. Genom internationellt samarbete och engagemang kan vi bidra till att nå klimatmålen. Myndigheten finansierar forskning och utveckling av ny energiteknik. Vi går aktivt in med stöd till affärsidéer och innovationer som kan leda till nya företag. Vi visar också svenska hushåll och företag vägen till en smartare energianvändning.

Energimyndigheten i samarbete med:

Hållbar Utveckling Väst, Västra Götalands regionala energikontor, Göteborg
Lunds Tekniska Högskola, Lund
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås

Joakim Achim Friedrich, författare och projektledare
Hållbar utveckling Väst, Göteborg

