



# **Råd vid utredning av ventilationssystem i byggnader med innemiljöproblem**

Version 1.0

2017-03-14

## Förord

Denna rapport har sammanställts under 2015 av en arbetsgrupp inom SWESIAQ. Den ska ses som en fördjupning och förstärkning av SWESIAQ-modellen – SWESIAQ:s råd vid inomhusmiljöutredningar.

Dokumentet är i första hand avsett att utgöra stöd dels för den som genomför en ventilationsutredning, dels för den som beställer utredningen. Dokument är grundat på arbetsgruppens samlade erfarenheter och hänvisar i största möjliga mån till etablerade utredningsmetoder.

Arbetsgruppen består av personer med skilda bakgrunder och som tillsammans representerar både bred och djup kompetens och stor erfarenhet från utredning av byggnaders inomhusmiljö och ventilationens funktion.

Detta är ett levande dokument som kan komma att uppdateras efter hand. Skicka dina synpunkter till [ventilationsgruppen@swesiq.se](mailto:ventilationsgruppen@swesiq.se).

I arbetsgruppen har följande personer ingått:

Arne Andersson, Skara kommun  
Britta Permats, Svensk Ventilation  
Erik Österlund, Svensk Ventilation  
Gunnel Emenius, Stockholms Läns Landsting/KI  
Hasse Persson, AB Previa  
Jan Gustén, Installationsteknik, Chalmers  
Joakim Thunborg, Conservator AB  
Lars Ekberg, CIT Energy Management AB  
Pedro Gandra, LOCUM AB  
Per-Eric Hjelmer, Miljöförvaltningen Stockholm  
Pär Fjällström, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm  
Svein Ruud, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Sammanställande har varit Lars Ekberg

## Innehåll

Förord .....	2
1 Bakgrund.....	5
2 Nomenklatur .....	5
3 Krav på ventilation .....	8
3.1 Krav och allmänna råd från myndigheter .....	8
3.1.1 Hygienflöde i bostäder.....	8
3.1.2 Hygienflöde i arbetslokaler, skolor och lokaler för barnomsorg .....	8
3.1.3 Beträffande kontinuerlig eller intermitterent ventilation.....	9
3.1.4 Beträffande luftföring .....	9
3.1.5 Beträffande uteluftsintagets placering .....	10
3.1.6 Beträffande återluft.....	10
3.1.7 Indikatorer.....	10
3.2 Kommentarer till myndighetsreglerna: .....	11
3.2.1 Om ventilationsflöde .....	11
3.2.2 Om luftföring.....	11
3.2.3 Om koldioxidkoncentration.....	11
3.2.4 Om fuktillskott.....	12
4 Funktion och brister hos ventilationssystem.....	12
4.1 Luftens väg genom huset.....	12
4.2 S-ventilation .....	13
4.3 F-ventilation .....	14
4.4 FT- och FTX-ventilation .....	15
4.5 Skyddsventilation .....	16
4.6 Tilluftsfilter.....	16
5 Lämplig utredningsmetod .....	17
5.1 Enkla okulära kontroller.....	18
5.2 Klarlägg avsedd funktion.....	19
5.3 Klarlägg verklig funktion .....	19
5.4 Planera mätningar och fastställ kriterier .....	19
5.5 Genomför och tolka mätningar.....	20

5.6	Redovisa resultat och slutsatser.....	20
6	Litteratur.....	22
	Bilaga 1. Myndigheternas föreskrifter .....	23
	Bilaga 2. Exempel på metoder för ventilationsmätningar .....	24
	Bilaga 3 – Checklista för utredning av ventilationsproblem .....	25
	Bilaga 4 – Checklista för inspektion av bostäder med S eller F-ventilation .....	27
	Bilaga 5 – Råd beträffande ventilationsflöden .....	31

## 1 Bakgrund

SWESIAQ:s styrelse beslutade i september 2015 att tillstyrka bildandet av en arbetsgrupp för ventilationsfrågor, med uppgift att utarbeta praktiskt användbara råd för hur ventilationens funktion bör undersökas inom ramen för SWESIAQ-modellen. Ambitionen har varit att råden påtagligt ska bidra till att ventilationsutredningar kan genomföras med tydlig systematik. Grunden är att undersökningen inleds med enkla kontroller och insamling av uppgifter om ventilationssystemets uppbyggnad och tänkta funktion. I många fall räcker detta. I andra fall kan det bli aktuellt att genomföra mätningar. Det är emellertid en utgångspunkt att arbetet ska hållas på en så enkel nivå som möjligt, och att komplicerade specialmätningar genomförs endast om de kan motiveras mycket tydligt.

Metodiken tar hänsyn till de olika förutsättningar som råder i olika typer av byggnader med olika typer av ventilationssystem. Förutom en generell checklista som är tillämpbar oavsett typ av ventilationssystem presenteras därför även en separat checklista för hus med självdrag och mekanisk frånluft.

Råden är i första hand avsedda att utgöra stöd dels för den som ska genomföra en ventilationsutredning, dels för den som beställer utredningen. Andra aktörer som kan ha nytta av skriften är exempelvis:

- Brukare
- Förvaltare och driftpersonal
- Ventilationskonsulter
- Skadeutredande konsulter inom andra discipliner än just ventilation
- Miljö- och hälsoskyddsinspektörer
- Arbetsmiljöinspektörer
- Arbetsmiljöingenjörer

## 2 Nomenklatur

<b>Ventilation</b>	Utbyte av luft i ett rum eller en byggnad.
<b>Mekanisk ventilation</b>	Ventilation med hjälp av fläkt eller annan mekanisk anordning.
<b>Ventilationssystem</b>	Anordningar för att tillföra, distribuera och bortföra luft i en lokal, byggnad eller motsvarande.
<b>Luftbehandlingssystem</b>	Anordningar för att behandla (t.ex. värma eller kyla) den luft som tillförs en lokal, byggnad eller motsvarande.
<b>Luftdistributionssystem</b>	Fläkt- och kanalsystem med don.
<b>Klimathållningssystem</b>	Anordningar för att hålla ett önskat klimat i en byggnad. I klimathållningssystemet ingår förutom ventilationssystem även värmesystem och kylsystem.
<b>S-ventilation</b>	Ventilation utan hjälp av fläkt eller annan mekanisk anordning

---

<b>F-ventilation</b>	Mekanisk ventilation med hjälp av frånluftsfläkt
<b>FT-ventilation</b>	Mekanisk ventilation med frånluftsfläkt och tilluftsfläkt
<b>FX-ventilation</b>	Mekanisk frånluftsventilation där värme återvinns ur frånluften, vanligtvis med hjälp av en värmepump
<b>FTX-ventilation</b>	Mekanisk ventilation med frånluftsfläkt, tilluftsfläkt och värmeåtervinning ur frånluften
<b>Hybridventilation eller förstärkt självdrag</b>	Självdragssystem kompletterat med fläkt. När ventilationsflödet blir för lågt startar fläkten för att säkerställa ett visst ventilationsflöde
<b>CAV</b>	Mekanisk ventilation med konstant luftflöde (Constant Air Volume)
<b>VAV</b>	Mekanisk ventilation med variabelt luftflöde (Variable Air Volume)
<b>DCV</b>	Ventilationssystem där luftflödet styrs med hänsyn till en eller flera uppmätta faktorer som speglar det aktuella ventilationsbehovet, exempelvis rumstemperatur och/eller koldioxidkoncentration (Demand Controlled Ventilation)
<b>Uteluft</b>	Luft i det fria.
<b>Tilluft</b>	Luft som förs till rum (kan bestå av uteluft, överluft, återluft och cirkulationsluft).
<b>Överluft</b>	Luft som förs från ett eller flera rum till ett annat eller andra rum.
<b>Frånluft</b>	Luft som förs från rum.
<b>Återluft</b>	Luft som återförs till grupp av rum varifrån luften tagits.
<b>Avluft</b>	Luft som förs till det fria.
<b>Cirkulationsluft</b>	Luft som cirkulerar inne i ett rum eller till rummet återförd luft från samma rum.
<b>Inomhusluft</b>	Luft i rum.
<b>Läckning</b>	In- eller utströmning av luft till följd av otäthet.
<b>Infiltration</b>	Läckage av luft in i en byggnad genom otätheter i dess begränsningsytor mot det fria.
<b>Exfiltration</b>	Läckage av luft ut från en byggnad genom otätheter i dess begränsningsytor mot det fria.

---

<b>Luftflöde</b>	Transport av luft. Luftflödets storlek kan mätas och anges med olika enheter, exempelvis (l/s) eller (m <sup>3</sup> /tim).
<b>Luftomsättning</b>	Luftflöde normerat till den fria luftvolymen i ett rum, dvs. kvoten mellan luftflöde och rumsvolym (m <sup>3</sup> /tim per m <sup>3</sup> eller rumsvolymer per timma = luftomsättning per timma).
<b>Specifikt luftflöde</b>	Luftflöde normerat till det ventilerade utrymmets storlek, vanligen golvarean (l/s per m <sup>2</sup> golv).
<b>Hygienluftflöde</b>	Det ventilationsflöde som krävs för att transportera bort föroreningar alstrade inomhus så att inomhusluften ska kunna betraktas som ren.
<b>Luftföring</b>	Luftens väg genom rummet. God luftföring innebär att hela vistelsezonen ventileras och att det inte förekommer kortslutning dvs. att tilluft inte förs direkt ut via frånluftsdonen.
<b>Lokalt ventilationsindex</b>	Kvoten mellan koncentrationen av en förorening i frånluften och koncentrationen av samma förorening i vistelsezonen (%).
<b>Vistelsezon</b>	Den del av ett rum som utnyttjas för människors vistelse. De krav som ställts på inomhusklimatet ska vara uppfyllt i vistelsezonen. Vistelsezonen måste alltså definieras i samband med att kraven på inneklimatet formuleras. I Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus (FoHMFS 2014:17) definieras vistelsezonen som: "zon i rum avgränsad horisontellt 0,1 meter och 2,0 meter över golv samt vertikalt 0,6 meter från innervägg och 1,0 meter från yttervägg". Denna definition kan leda till att vistelsezonen blir mycket liten, varför det under förutsättning att ytterväggen med fönster har tillräcklig värmeisolering kan finnas anledning till en alternativ definition, exempelvis: "Vistelsezonen är området 0,6 m från yttervägg och upp till nivå 2,0 m över golv".

## 3 Krav på ventilation

### 3.1 Krav och allmänna råd från myndigheter

Svenska myndigheter har bemyndigande att skriva föreskrifter och allmänna råd. Dessa ska baseras på de lagkrav som finns, för just ventilation är det Miljöbalken, Arbetsmiljölagen och Plan- och bygglagen som är aktuella. Lagkraven och föreskrifter beskriver ofta en funktion som ska uppfyllas, t.ex. att ingen ska må dåligt på grund av bristfällig ventilation. Lagar och föreskrifter är formulerade som "ska" krav och måste därför uppfyllas i sin helhet. När det gäller de allmänna råden beskriver de däremot ofta tekniska egenskaper eller riktvärden på hur föreskrifterna eller lagkraven kan uppfyllas. De är därför formulerade som "bör" krav. Allmänna råd är inte bindande men de får, enkelt sett, bara frångås om det går att visa att lagkravet eller föreskriften över det allmänna rådet uppfylls. Så ett allmänt råd måste uppfyllas om det inte går att visa att kravet är uppfyllt på ett annat sätt.

Vid tidpunkten för utarbetandet av föreliggande dokument gäller nedan nämnda föreskrifter (fullständiga referenser och länkar till föreskrifterna återfinns i Bilaga 1).

- Folkhälsomyndighetens Allmänna råd om ventilation, FoHMFS 2014:18.
- Arbetsmiljöverkets föreskrift, Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2.
- Boverkets Byggregler, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2015:3.
- Regelsamling för funktionskontroll av ventilationssystem, OVK 2012, Boverket.
- Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer, FoHMFS 2014:14.

Beträffande ventilationsflödets storlek kan föreskrifterna mycket kort sammanfattas med att bostäder bör ha ett uteluftsflöde på minst 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golvarea och att lokaler utöver detta bör ventileras med minst 7 l/s per person. Nedan presenteras en något mer detaljerad sammanfattning av föreskrifterna för bostäder å ena sidan, och lokaler å den andra.

#### 3.1.1 Hygienflöde i bostäder

- Det specifika luftflödet bör ej understiga 0,5 luftomsättningar per timma; råd från Folkhälsomyndigheten.
- Uteluftsflödet får inte understiga 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golvarea då människor vistas i bostaden och 0,1 l/s per m<sup>2</sup> golvarea då ingen vistas där; krav enligt Boverket och råd från Folkhälsomyndigheten.
- Uteluftsflödet bör inte understiga 4 l/s per person; råd från Folkhälsomyndigheten.
- I bostäder bör inte skillnaden i absolut fuktighet inne och ute inne under vinterförhållanden regelmässigt överstiga 3 g/m<sup>3</sup>; råd från Folkhälsomyndigheten (*se kommentarer sist i detta kapitel*).

#### 3.1.2 Hygienflöde i arbetslokaler, skolor och lokaler för barnomsorg

- Koldioxidkoncentrationen bör ej regelmässigt stiga över 1000 ppm vid normal användning av lokalen. Halter över denna gräns anses vara en indikation på att ventilationsflödet är för lågt i



förhållande till antalet personer som vistas i lokalen och att luftkvaliteten inte är tillfredsställande; råd från Arbetsmiljöverket och Folkhälsomyndigheten (*se kommentarer sist i detta kapitel*).

- Uteluftsflödet bör inte underskrida 7 l/s per person vid stillasittande sysselsättning. Högre flöde kan behövas vid högre aktivitetsnivå. Ett tillägg på minst 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golvarea bör göras med hänsyn till föroreningar från andra källor än människor; råd från Arbetsmiljöverket och Folkhälsomyndigheten.
- I lokaler för allmänna ändamål, där människor vistas stadigvarande, bör inte skillnaden i absolut fuktighet inne och ute under vinterförhållanden regelmässigt överstiga 3 g/m<sup>3</sup>; råd från Folkhälsomyndigheten.

### 3.1.3 Beträffande kontinuerlig eller intermittent ventilation

- För andra byggnader än bostäder får ventilationssystemet utformas så att reduktion av tilluftsflödet, i flera steg, steglöst eller som intermittent drift, är möjlig när ingen vistas i byggnaden; Boverkets Byggregler.
- I vissa typer av lokaler kan det vara nödvändigt att ventilationssystemet är i drift kontinuerligt även då ingen verksamhet pågår. Detta gäller t.ex. i lokaler där det pågår processer som alstrar luftföroreningar, eftersom det finns risk att föroreningar via kanalsystemet kan spridas till rum där de normalt inte alstras, eller i byggnader med stora emissioner från byggmaterial; råd från Arbetsmiljöverket.
- Efter en tid med reducerat flöde bör ventilationssystemet vara i drift med normalt luftflöde så länge att rumsvolymen omsätts minst en gång innan rummet återanvänds; råd från Boverket och Arbetsmiljöverket.
- Efter nybyggnad eller invändig renovering bör ventilationen gå kontinuerligt under det första året. Först därefter bör eventuell reduktion göras när lokalerna inte används; råd från Arbetsmiljöverket.

### 3.1.4 Beträffande luftförling

- Ventilationssystemet ska utformas så att hela vistelsezonen ventileras vid avsedda luftflöden; krav enligt Boverkets Byggregler. Föreskriftens krav kan anses uppfyllt om det lokala ventilationsindexet är minst 90 % vid användande av Nordtestmetod NT VVS 114, eller om luftutbyteseffektiviteten är minst 40 % vid användande av Nordtestmetod NT VVS 047; allmänt råd enligt Boverkets Byggregler (*se kommentarer sist i detta kapitel*).
- Spridning av illaluktande eller ohälsosamma gaser eller partiklar från ett rum till ett annat ska begränsas. Avsiktlig luftförling får endast anordnas från rum med högre krav på luftkvalitet till rum med samma eller lägre krav på luftkvalitet; krav enligt Boverkets Byggregler. Kraven på luftkvalitet är vanligen lägre i t.ex. kök och hygienrum jämfört med rum för daglig samvaro samt rum för sömn och vila; allmänt råd enligt Boverkets Byggregler.

### 3.1.5 Beträffande uteluftsintagets placering

- Kvaliteten på luften som tillförs byggnaden bör säkerställas genom lämplig placering och utformning av uteluftsintag, intagskammare, tilluftsrening eller dylikt; råd från Boverket.
- Uteluftsintagen bör placeras så att påverkan från avgaser och andra föroreningskällor minimeras. Hänsyn tas till höjd över mark, väderstreck och avstånd från trafik, avluftsöppningar, spillvattenledningarnas luftningar, kyltorn och skorstenar; råd från Boverket och Arbetsmiljöverket.
- I mer förorenad miljö, t.ex. i stadskärnor, bör uteluftsintag placeras på tak eller mot en innergård och på en sådan höjd att föroreningar från marken inte sugas in. I sådana miljöer behöver uteluften vanligen filtreras; råd från Arbetsmiljöverket.
- Temperaturförhållandena är också väsentliga. Uteluftsintag bör placeras där luften är så kall som möjligt och inte värms upp av t.ex. svarta tak eller soluppvärmda fasader; råd från Arbetsmiljöverket.
- Råd om placering av uteluftsintag och avluftsöppningar finns t.ex. i R1 - Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav utgiven av Miljö- och energitekniska föreningen; råd från Boverket och Arbetsmiljöverket.

### 3.1.6 Beträffande återluft

- Återluft till rum ska ha så god luftkvalitet att negativa hälsoeffekter undviks och besvärande lukt inte sprids. Återföring av frånluft från kök, hygienrum eller liknande utrymmen får inte ske. Återluft i bostäder tillåts endast om installationen utformas så att luft från en bostad återförs till en och samma bostad; krav från Boverket.
- Återluftsflödet bör kunna stängas av vid behov; råd från Boverket.
- En utredning om installation av återluft bör visa hur erforderlig luftkvalitet uppnås och hur systemets tillförlitlighet upprätthålls. Dokumentationen av utredningen bör förvaras i drift- och underhållsinstruktionen; råd från Arbetsmiljöverket.
- Återluftsflödet går vanligtvis att stänga av vid återluftssystem. Däremot har vissa värmeåtervinningssystem en funktion som oavsiktligt innebär en viss återluft. T.ex. kan gasformiga föroreningar i varierande grad överföras i roterande värmeväxlare. Denna återluft går inte att stänga av. Detta förhållande är viktigt att ta hänsyn till i utredningen och när ventilationssystemet utformas; råd från Arbetsmiljöverket.

### 3.1.7 Indikatorer

Vidare omnämns följande indikatorer på bristande luftkvalitet i Folkhälsomyndighetens råd för bostäder och lokaler för allmänna ändamål (FoHMFS 114:18).

- Att tilluften misstänks vara förorenad
- Att det ofta förekommer lukt från en annan plats än den egna bostaden eller lokalen, t.ex. matos eller andra påtagliga eller besvärande lukter

- Att luften i bostaden eller lokalen strömmar från rum med lägre krav på luftkvalitet till rum med högre krav, t.ex. från kök eller badrum till sovrum
- Att rummen är oventilerade eller det saknas överluftsdon mellan rum där människor vistas stadigvarande
- Att mikroorganismer eller mikrobiell lukt befaras spridas från byggnadskonstruktionen eller från t.ex. källare, grund eller vind, till bostadsrum eller andra rum där människor vistas stadigvarande

Vidare så sägs att det vid bedömningen av om olägenhet för människors hälsa föreligger bör en helhetsbedömning göras av byggnadernas eller lokalernas förutsättningar för den aktuella verksamheten. I skolor, lokaler för barnomsorg och lokaler för allmänna ändamål är det betydelsefullt att hänsyn tas till antalet personer som vistas i lokalen, användningssättet, vistelsens längd, vädringsmöjligheter och rutinerna för vädring.

## 3.2 Kommentarer till myndighetsreglerna:

### 3.2.1 Om ventilationsflöde

Kravet och råden beträffande ventilationsflödets storlek avser uteluft. Den tillförda uteluften kan vara obehandlad eller behandlad (värmd, kyld eller filtrerad). I bostäder med S- eller F-ventilation sker mätningar i allmänhet av frånluften, inte tilluften. Således mäter man egentligen inte den faktor som kravet avser och det kan vara svårt att bedöma mängden uteluft. Allt för stora undertryck kan medföra att en betydande del av den luft som tillförs utrymmet inte är uteluft via avsedda ventilationsdon, utan istället luft som tillförs genom läckage från angränsande utrymmen eller konstruktionsdelar. Vid kontroll av ventilationens funktion räcker det alltså inte alltid att mäta flödets storlek. Man måste också förvissa sig om att frånluftsflödet ersätts med uteluft som tillförs på rätt sätt.

### 3.2.2 Om luftföring

I ett allmänt råd beträffande luftföring i rum hänvisar Boverkets Byggregler till mätning, antingen av luftutbyteseffektivitet, eller av lokalt ventilationsindex. I praktiken är det emellertid i de flesta fall fullt tillräckligt att göra en bedömning av donens (framförallt tilluftsdonens) utformning och placering samt tilluftens temperatur i förhållande till rumsluftens temperatur. I normalfallet ska tilluften vara några grader kallare än rumsluften. Bedömningen av luftföringen i rum bör i första hand baseras på en bedömning av dessa faktorer, gärna tillsammans med enkla kontroller med rök. Om det blir aktuellt med spårgasmätningar bör den rätt komplicerade och tidskrävande metoden för bestämning av luftutbyteseffektivitet undvikas. Det är betydligt enklare att mäta lokalt ventilationsindex, dessutom är möjligheterna större att göra en begriplig tolkning av mätresultatet.

### 3.2.3 Om koldioxidkoncentration

Både Folkhälsomyndigheten och Arbetsmiljöverket ger rådet att inomhusluftens koldioxidkoncentration inte varaktigt bör överstiga 1000 ppm. Det handlar här om att man kan utnyttja uppmätt koldioxidkoncentration som en indikator på föroreningar som alstras av människorna i byggnaden.

Eftersom utomhusluftens koncentration av koldioxid normalt ligger runt 400 ppm betyder rådet egentligen att tillskottet av koldioxid från de människor som vistas inomhus inte varaktigt bör överstiga 600 ppm.

I det här sammanhanget utnyttjas koldioxid som en indikator som ger information om ventilationsflödets storlek i förhållande till personbelastningen. Ett rum där koldioxidkoncentrationen stabiliseras vid ett värde som är 600 ppm högre än ute (vilket typiskt innebär att koldioxidkoncentrationen i rummet är cirka 1000 ppm) har ett tilluftsflöde som motsvarar knappt 10 l/s per person.

Rådet om maximalt 1000 ppm koldioxid är inte kopplat till någon förväntad hälsoeffekt. De koldioxidkoncentrationer som uppkommer i ventilerade utrymmen ligger långt under gällande hygieniska gränsvärden. Nivågränsvärdet, som gäller 8 timmars exponering, är 5000 ppm och korttidsgränsvärdet, som gäller 15 minuters exponering, är 10 000 ppm (AFS 2015:7).

### 3.2.4 Om fukttillskott

Folkhälsomyndighetens allmänna råd om att fukttillskottet (skillnaden i absolut fuktighet inne och ute) ej regelmässigt bör överstiga  $3 \text{ g/m}^3$ , är framtaget i samband med en äldre studie. Studien visade på att det genomsnittliga fukttillskottet i byggnader var just  $3 \text{ g/m}^3$ . Nyare studier har visat att denna studie överskattade fukttillskottet och att medelfukttillskottet i småhus är cirka  $1,5 \text{ g/m}^3$ . Ur detta perspektiv samt enligt erfarenhet från skadeutredare så har det konstaterats att fuktrelaterade skador i byggnadens konstruktioner kan uppkomma vid betydligt lägre medelfukttillskott än vad rådet visar. Ett högt fukttillskott indikerar även att luftväxlingen är för låg eller ineffektiv. I självdragsventilerade byggnader bör ett varaktigt fukttillskott över  $1,5\text{--}2 \text{ g/m}^3$  bedömas som indikation på att ventilationen är otillräcklig så att fuktrelaterade skador kan uppkomma om fukten vandrar ut till kallare delar av konstruktionen. För mekaniskt ventilerade byggnader bör ett varaktigt fukttillskott över  $1 \text{ g/m}^3$  räknas som ett riktvärde för otillräckligt fungerande ventilation. Det finns även andra aspekter att ta hänsyn till när det gäller luftfuktighet. Ett exempel är att kvalsterväxt kan uppstå om temperaturen och luftfuktigheten överskrider cirka  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  respektive 45 % RF.

## 4 Funktion och brister hos ventilationssystem

### 4.1 Luftens väg genom huset

I grunden handlar ventilation om utbyte av luft. Principen är enkel: förorenad, fuktig och varm luft transporteras bort och ersätts av ren luft med lämplig temperatur. Så enkelt beskrivet ska friskluft komma in i utrymmen där man vistas länge såsom arbetsrum, vardagsrum och sovrum. Sen ska luften vandra till de utrymmen som producerar mest fukt och lukt såsom toaletter, kök och förråd. Där ska sedan luften transporteras ut igen. Avsikten är att luften ska tillföras och bortföras via avsedda öppningar (uteluftsventiler eller tilluftsdon respektive frånluftsdon och spiskåpor etc.). I praktiken kommer en del av luften dock att ta andra vägar än den avsedda. Luft kan läcka både in och ut genom otätheter i byggnadsskalet. Luft kan också läcka mellan olika delar av huset, t.ex. mellan grundkonstruk-

tion/källare och vistelserum eller mellan vistelserum och vind. Genom inläckage kan vistelsezonen tillföras föroreningar, t.ex. i form av avgaser från garage eller radon och andra föroreningar från grundkonstruktionen. Genom utläckage kan fuktig rumsluft tillföras kalla delar av byggnadskonstruktionen, t.ex. en kall vind, och där kondensera och orsaka påväxt av mikroorganismer.

Hur stort läckaget blir påverkas av tryckskillnader över byggnadens olika konstruktionsdelar. En ventilationsteknisk brist i form av allt för kraftig obalans mellan tilluftsflöde och frånluftsflöde kan skapa tryckskillnader som dels orsakar störande luftrörelser och ljud i anslutning till dörröppningar, dels bidrar till ett större läckage genom byggnadskonstruktionen. Läckagets storlek beror också på hur tät byggnadskonstruktionen är. Vilka konsekvenser ett utläckage får beror också på om det finns delar i konstruktionen som är så kalla att fukt i utläckande rumsluft börjar kondensera.

Huruvida problem uppstår på grund av att luften tar fel väg genom huset beror alltså dels på hur ventilationen fungerar, dels på hur byggnadskonstruktionen är utförd. Teknisk utredning av problem av den här arten kräver alltså en förståelse för båda dessa teknikområden.

## 4.2 S-ventilation

Självdagsventilation förekommer framförallt i villor och flerfamiljshus. Denna ventilationstyp innebär att det inte finns någon mekanisk fläkt som driver ventilationen, men termen självdagsventilation är missvisande då luftväxlingen i en bostad/byggnad inte driver sig själv. Historiskt sett har luftväxlingen i självdagsventilerade bostäder drivits av att det funnits en murstock som använts för uppvärmning och matlagning. I dessa fall fungerar självdagsventilation relativt bra då förbränningen skapar ett stort undertryck. Den fungerar även bra i de fall murstocken är uppvärmd eller i relativt höga byggnader, eftersom de termiska drivkrafterna då skapar ett tillräckligt högt undertryck för att driva ventilationsflödet. Det är dock vanligt att förbränningspannorna i villor har plockats bort och att murstockarna är kalla majoriteten av tiden. På grund av förändringar har byggnader med tidigare fungerande självdagsventilation nuförtiden ofta bristfällig ventilation. Exempel på förändringar som kan förväntas påverka ventilationsfunktionen är

- byte av uppvärmningssystem
- installation av spisfläktar och/eller badrumsfläktar
- fönsterbyte
- ombyggnation som innebär att ett rum byter funktion (t.ex. att ett sovrum görs om till kök)
- förändrat antal brukare/boende
- förändrat brukarbeteende
- ändrad rumstemperatur

För att S-ventilationen ska fungera krävs också att det måste finnas tillräckligt med öppningar/ventiler där uteluft kan komma in i byggnaden. Andra problem med självdagsventilation är att det är svårt att styra var luften ska komma in eller ut. Eftersom det inte finns en fläkt (eller förbränning) som skapar ett konstant undertryck och därmed luftrörelse så kan ventilationsöppningarna ibland verka som tilluft och ibland som frånluft. I hus med två våningsplan eller fler är det inte ovanligt att alla ventiler och öppningar

på bottenplan verkar som tilluftsdon medan alla ventiler och öppningar på övervåningen verkar som frånluftsdon, oavsett om det är i sovrum eller wc. Öppningar kan t.ex. vara otäta fönster, murstockar och generella otätheter i klimatskalet. Fördelningen av luften i bostaden/lokalen blir också ofta ojämn vilket kan leda till bristfällig ventilation i vissa av rummen men bra ventilation i andra. Om det inte finns överluftsmöjligheter kan hela ventilationsfunktionen för ett rum förloras om en innerdörr stängs.

Självdragsventilation är tvärt om vad många tror den mest komplicerade ventilationstypen och det är väldigt svårt att förutse hur den fungerar och om den fungerar tillfredställande. Detta eftersom den blir påverkad av så många olika faktorer såsom, inneklimat, uteklimat, nyttjande, uppvärmning m.m. Ventilationen är aldrig likadan två dagar i följd utan anpassas hela tiden efter rådande förutsättningar. Ventilationen skulle därför behöva loggas över tid, eller undersökas vid flera tillfällen, för att det ska vara möjligt att bedöma om den uppfyller kraven på en fungerande ventilation. En modern självdragsventilation utan förbränningspanna eller uppvärmd murstock fungerar sällan tillfredställande. Det krävs kunskap av den som nyttjar byggnaden för att en självdragsventilation ska fungera tillfredställande.

Flera av problemen med S-ventilation gäller även F-ventilation, se nedan.

### 4.3 F-ventilation

En relativt vanlig lösning på ventilationen i bostäder är mekanisk frånluftsventilation. Det innebär att en fläkt är kopplad till frånluftsdonen och att luften ska komma in via ventiler genom ytterväggen. Det är fläkten som skapar undertrycket i bostaden som sedan driver in uteluften i byggnaden. Luften tar alltid den (tryckmässigt) enklaste vägen in. Det innebär att om det inte finns tillräckligt omfattande friskluftsventiler tar sig luften in via andra otätheter och öppningar i konstruktionen, t.ex. otätheter runt fönster, från vinden eller genom murstockar. Om luften kommer in via andra byggnadskonstruktioner kan föroreningar komma in i bostaden.

Vid måttlig tryckdifferens klarar exempelvis en vanlig spaltventil endast 4 á 5 l/s. Det räcker knappt till för en person och det är definitivt för lite i ett rum för flera personer. Luften som kommer in via tilluftsventilerna har uteluftstemperatur. Vintertid är alltså tilluften kall, vilket gör att man måste begränsa luftflödet för att det inte ska uppstå problem med upplevelse av drag (lokal avkylning av kroppen på grund av kall luft som rör sig allt för kraftigt). Väl utformade F-system kan därför tillföra ett ventilationsflöde som motsvarar lite drygt 0,35 l/s per m<sup>2</sup> (cirka 0,5 oms/tim vid takhöjden 2,4 m) inte mer. Om det uppstår problem med drag är det inte ovanligt att brukarna själva försöker reducera problemet genom att blockera uteluftstillförseln på olika vis. Precis som vid S-ventilation måste det finnas överluftsmöjligheter för att luften ska kunna vandra på avsett sätt genom bostaden, även då innerdörrar hålls stängda.

Ett annat problem med F-ventilation är att luften tas in via uteluftsdon som ibland kan vara placerade nära hårt trafikerade gator där koncentrationen av luftföroreningar periodvis kan vara hög.

## 4.4 FT- och FTX-ventilation

En del bostäder och de allra flesta lokalbyggnader har mekanisk ventilation i form av FT- eller FTX-system. I dessa fall förvärms ventilationsluften vilket medger högre luftflöden utan att det uppstår drag, under förutsättning att tilluftsdonen är lämpligt utformade och placerade. Lämplig placering och utformning av donen är också avgörande för att luftföringen ska bli bra - att det inte uppstår kortslutning mellan tilluft och frånluft. Normalt behöver tilluften vara kallare än rumsluften för att luftföringen ska bli bra.

I kontor där behovet av komfortkyla tillgodoses med vattenburna system motsvarar ventilationsflödet ofta runt 1,5 l/s per m<sup>2</sup>. Detta krävs för att luftens kvalitet ska kunna anses uppfylla exempelvis Arbetsmiljöverkets råd beträffande godtagbar luftkvalitet. Där komfortkyllningen sker med ventilationsluft kan luftflödena motsvara 2-3 l/s per m<sup>2</sup>. Då är det behovet att transportera bort överskottsvärme som blir dimensionerande, inte lufthygienien. I skolor krävs upp till 3-4 l/s per m<sup>2</sup> för att uppfylla de råd myndigheterna ger för att ventilationen ska bidra till bra luftkvalitet.

I mekaniskt ventilerade hus finns risken att fläktarna inte har tillräcklig kapacitet, eller att luftdistributionssystemet inte är tillräckligt bra injusterat. Det kan leda till allt för låga luftflöden generellt i huset, eller i vissa rum. Moderna hus har ofta någon form av automatisk behovsstyrning (DCV) vilket innebär att rumsluftens temperatur och/eller koldioxidkoncentration mäts och automatiskt påverkar ett spjäll eller don. Detta leder i sin tur till att fläktarnas varvtal automatiskt ökas för att kunna upprätthålla ventilationens drivkraft – som i det här fallet är trycket i kanalsystemet. Rätt ventilationsfunktion i denna typ av system hänger på att en lång rad mer eller mindre avancerade tekniska komponenter och delsystem fungerar felfritt. För att det verkligen ska fungera krävs att någon har ansvaret för att utföra funktionskontroller och sköta tekniken löpande.

I lokalbyggnader, t.ex. skolor och kontor, är det vanligt förekommande att ventilationen stängs av under nätter och helger. Under sådana perioder kommer koncentrationen av ämnen som avges från interna föroreningskällor, exempelvis bygg- och inredningsmaterial, att öka. För att luftens kvalitet ska vara godtagbar när verksamheten startar igen måste ventilationssystemet starta i god tid innan verksamheten startar. Enligt myndigheternas föreskrifter skulle det kunna räcka att ventilationen startar så pass tidigt att lokalerna hinner ventileras med en luftmängd som motsvarar lokalernas/rummens volym. Detta innebär att lokalerna ventileras under en tidsrymd som motsvarar en luftomsättning. Om detta verkligen är tillräckligt lång tid kan diskuteras. Teoretiskt återstår då nämligen hela 37 % av den koncentration som rådde när fläktarna startades. Detta kanske är acceptabelt om det handlar om en byggnad utan nämnvärda förorenings- eller fuktkällor.

Byggnader med behovsstyrd ventilation har ofta ett grundflöde som är tämligen lågt. Flödet ökar när en närvarosensor detekterar att folk träder in i ett rum. Därefter ökar luftflödet i takt med att rummets temperatur och koldioxidkoncentration ökar. När ventilationen startar vid ett visst klockslag på morgonen efter en natt med avstängd ventilation ger systemet normalt det låga grundflödet, som i många fall motsvarar Boverkets krav på 0,35 l/s per m<sup>2</sup>. Detta motsvarar på sin höjd 0,5 luftomsättningar per timme. Det betyder att det tar minst två timmar att åstadkomma en luftomsättning, som i sin tur

alltså leder till att föroreningskoncentrationen sjunkit till 37 % av "startvärdet". Om ventilationen i det här exemplet istället startas fyra timmar innan verksamheten startar så kommer koncentrationen teoretiskt att ha sjunkit till 14 %. Efter sex timmar är cirka 5 % kvar. Hur tidigt ventilationen behöver starta, eller om den alls bör stängas av, varierar från fall till fall, beroende på interna källor till fukt och luftföroreningar och beroende på hur tätt klimatskalet är. Om det förekommer klagomål på dålig luftkvalitet på morgonen skulle förklaringen kunna hänga samman med det som beskrivs ovan.

En annan orsak till att luftflödet inte räcker till är att hyresgästen ibland tillåter fler personer i en lokal än vad ventilationen är dimensionerad för. Detta leder till att det blir för varmt och att luftkvaliteten upplevs som dålig.

## 4.5 Skyddsventilation

I laboratorier och skolor med kemisalar och slöjdsalar används punktutsug, dragskåp, kemikalieskåp och andra lösningar för att fånga in luftföroreningar där de alstras. Sådana ventilationstekniska lösningar hör till kategorin skyddsventilation, eftersom de har till uppgift att skydda personer från att exponeras för hälsovådliga ämnen, och/eller att skydda de produkter som hanteras i verksamheten. Den här typen av ventilation är intermitterent och kräver stora luftflöden när den används. När skyddsventilationen är aktiv påverkas även systemet för allmänventilation. Antingen måste tilluftsflödet ökas tillräckligt för att kunna ersätta den luft som evakueras via exempelvis ett eller flera dragskåp, eller så får allmänventilationens frånluftsflöde minskas. Om det saknas fungerande automatisk reglering av luftflödena kan det periodvis bli mycket kraftig obalans mellan till och frånluftsflöden med stora tryckskillnader mellan olika rum och mellan rum och det fria.

För att ett dragskåp eller ett punktutsug ska fungera som avsett måste luftflödet vara tillräckligt stort. I arbetsöppningen i exempelvis ett dragskåp behöver lufthastigheten vara åtminstone cirka 0,5 m/s. Hastigheten bör dock inte överstiga 1,0 m/s eftersom turbulens då kan orsaka utläckage av förorenad luft. Vidare behövs ett kontinuerligt grundflöde för att förhindra spridning av luftföroreningar som kan finnas kvar i dragskåpet och anslutande kanaler efter avslutat arbete. I punktutsug kan det krävas lufthastigheter på 10-20 m/s. Alltför låg lufthastighet kan ha flera olika orsaker, exempelvis att luftflödesregleringen är bristfällig eller att frånluftskanalen är igensatt. Utformning av och krav på skyddsventilationslösningar behandlas bland annat i Arbetsmiljöverkets föreskrift, AFS 2009:2.

## 4.6 Tilluftsfilter

I system som innefattar mekanisk tilluft kommer partiklar att deponeras på tilluftsystemets inre ytor om tilluftsfiltern är skadade eller bristfälligt installerade. Deponerade partiklar binds rätt hårt till ytan och risken torde vara liten för att de skulle lossna igen och senare tillföras rumsluften. Om dammansamlingen är omfattande kan detta tänkas leda till ett ökat flödesmotstånd med allt för låga luftflöden som följd. Detta sker normalt inte i tilluftskanaler där tilluftsaggregatet är utrustat med fungerande filter. I frånluftskanaler kan det dock bli aktuellt, eftersom dessa exponeras för ofiltrerad rumsluft som ofta innehåller en betydande mängd stora partiklar.



Det är normalt inte meningsfullt att mäta partikelhalten i tilluften för att avgöra om kanalsystemet är nedsmutsat. Däremot kan sådana mätningar visa om luftfiltrens funktion motsvarar den aktuella filterklassen. Gasmätningar i tilluften kan bl. a. ge indikationer på felaktigt placerade uteluftsintag. Rekommendationen är dock att i första hand genomföra okulära kontroller.

Tilluftsfilter som inte byts tillräckligt ofta kan ge upphov till luktproblem. Bland de mest långtgående riktlinjerna för att råda bot på detta potentiella problem återfinns de finska inneklimatriktlinjerna. Dessa rekommenderar bytesintervaller på ½ till 1 år beroende på hur filtret är placerat i luftbehandlingsaggregatet. Samma riktlinjer rekommenderar att filter som varit blöta under en längre tid (någon vecka i sträck) skall bytas. I samband med kontroll av ventilationssystemet kan det vara aktuellt att klarlägga hur länge filtren varit i drift och hur ofta filtren brukar bytas i det aktuella huset. Om det finns misstanke om att de aktuella innemiljöproblemen beror på dålig tillufts kvalitet och tilluftsfiltern varit i drift i mer än ett år bör dessa bytas mot nya filter, om möjligt av lägst filterklass F7. Filtrens kvalitet bör vara säkrad enligt SP:s P-märkning eller motsvarande.

Notera att en ny standard för klassning av ventilationsfilter gäller sedan januari 2017 (SS-EN ISO 16890-1:2017). I och med det har ett helt nytt system för beteckning av filterklasser införts. Det går dessvärre inte att göra någon direkt översättning av de gamla filterklasserna till de nya. Grovt uppskattat motsvaras dock ett P-märkt filter av den gamla filterklassen F7 av en ny filterklass som benämns ISO ePM<sub>1</sub> 60 %. Den gamla standarden, SS EN 779, och den nya standarden kommer att gälla parallellt till och med mitten av 2018.

## 5 Lämplig utredningsmetod

Ventilationsutredningen ska genomföras systematiskt och inledas med enkla kontroller och insamling av uppgifter om ventilationssystemets uppbyggnad och tänkta funktion. Därefter kan det bli aktuellt att genomföra mer detaljerade mätningar. Vad som ska kontrolleras beror på vad det är för typ av ventilationssystem och om det finns en driftorganisation eller inte. En lämplig arbetsgång är:

1. Enkla okulära kontroller.
  - a. Luftflöden:
    - Är det flöde i donen?
    - Verkar det råda ofördelaktiga tryckskillnader mellan utrymmen?
    - Går eventuell överluft åt rätt håll?
  - b. Inspektera fläktrum.
  - c. Uteluftsintag.
2. Klarlägg avsedd funktion.
  - a. Granska driftkort och annan dokumentation.
  - b. Samtala med driftpersonal.
  - c. Vilken verksamhet är ventilationen projekterad för?
3. Klarlägg verklig funktion.
  - a. Granska OVK-protokoll och annan dokumentation av genomförda kontroller (t.ex. besiktningsprotokoll).
  - b. Hur sköts och underhålls anläggningen?

- c. Fortsatt diskussion med driftpersonal.
  - d. Intervjua brukare.
  - e. Alstrar verksamheten mer föroreningar än vad ventilationen är avsedd för?
4. Planera mätningar och fastställ kriterier för godkännande.
5. Genomför och tolka mätningar av:
  - a. luftrörelser genom rökvisualisering
  - b. luftflöden
  - c. luftförling i rum
  - d. tryckförhållanden
  - e. luftrörelser mellan utrymmen
  - f. temperaturer (tilluft, rumsluft)
  - g. fukttillskott
  - h. filterfunktion
  - i. överläckning (i värmeväxlare samt mellan avluft och luftintag)
6. Redovisa resultat och slutsatser.

Utredningsarbetet ska utföras med stöd av de checklistor som redovisas i Bilaga 3-4.

Utredningsmetodikens moment behandlas i tur och ordning nedan.

## 5.1 Enkla okulära kontroller

- Fastställ vilken typ av ventilationssystem byggnaden har.
- Styr luftflödet med hänsyn till temperatur, koldioxidkoncentration eller någon annan parameter?
- Är det flöde i uteluftsventiler, tilluftsdon och frånluftsdon? Testa med rök eller ett tunt papper (t.ex. servett eller näsduk) vid både till och frånluftsdon. Detta försök behöver göras dels när fönster och dörrar är stängda, dels när de är öppna.
- Rör sig luften åt fel håll, t.ex. genom att luft tillförs via frånluftsdon, kaminer eller andra olämpliga vägar. Även detta kan kontrolleras med rök, dels när fönster och dörrar är stängda, dels när de är öppna.
- Föreligger risk för kortslutning mellan till- och frånluftsdon? Kan vara självklart utifrån placering, men kan även testas med rök.
- Verkar luftförlingen lämplig? Kan man känna att luftrörelserna når ut i rummet?
- Känns luften instängd? Förekommer dåliga lukter? Näsan kan ge värdefull vägledning men enbart en subjektiv bedömning kan inte ligga till grund för ett utlåtande huruvida det föreligger ett ventilationsproblem eller ej.
- Verkar det råda ofördelaktiga tryckskillnader mellan utrymmen? Testa genom att öppna ytterdörrar och fönster. Det ska varken vara tydligt baksug (undertryck) eller så att dörren/fönstret blåser upp (övertryck).
- Går eventuell överluft åt rätt håll? Luftrörelser ska gå från rum med högre krav på luftkvalitet till rum med lägre krav. Testa med en tunn pappersremsa alternativt med rök vid springan under toalettdörr eller vid kontor ut mot korridor.

- Mät temperaturen på tilluften och rumsluften. Tilluften bör vara 2-3 grader kallare än rumsluften.
- Inspektera fläktrum. Är filter och kanaler smutsiga? Verkar filterinfästningar vara täta? Verkar fläkttmotorer fungera tillfredsställande (kraftiga vibrationer, missljud etc.).
- Inspektera uteluftsintag. Finns det fungerande avskiljare så att inte snö, regn eller organiskt material som löv och kvistar kan komma in i ventilationskanalen? Hur är intaget placerat? Finns det risk för att t.ex. avgaser från trafik kommer in i ventilationskanalen? Invändig isolering av mineralull i uteluftskanal är ett stort problem vid intermittent drift. Risk för organisk tillväxt under tiden ventilationen är avslagen (t.ex. helger) efter att regn och snö fuktat ner mineralullen på botten i kanalen.
- Bedöm avluftsdonens placering i relation till uteluftsintag. Finns det risk för kortslutning?

## 5.2 Klarlägg avsedd funktion

- Granska driftkort, ritningar. Om det saknas driftkort och relationsritningar kan det vara en god idé att efterlysa handlingar från projekteringen, exempelvis bygghandling VVS och STYR.
- Samtala med driftpersonal. Vilken verksamhet är ventilationen projekterad för? Är systemlösningen och funktionen ändamålsenlig med hänsyn till huset och verksamheten?

## 5.3 Klarlägg verklig funktion

- Granska OVK-protokoll och annan dokumentation av genomförda kontroller (t.ex. besiktningsprotokoll). Fortsatt diskussion med driftpersonal.
- Har driftsstörningar observerats?
- Finns det tydliga fel som driftpersonalen noterat?
- Finns loggade data (flöden, tryck, temperatur, styrsignaler etc.).
- Finns och följs rutiner för skötsel och underhåll?
- Är rutinerna rimliga med avseende på filterbyten, städning, kontroll av vattenlås vid dräneringspunkter etc.

Har brukarnas upplevelse av inomhusmiljön undersökts genom en enkät? Vad blev resultatet? Om inte, intervjua brukare.

## 5.4 Planera mätningar och fastställ kriterier

Behovet av mätningar beror på arten av de problem som ska utredas, och på resultatet av de föregående utredningsstegen. Ofta blir det fråga om att mäta luftflöden och/eller koldioxidkoncentration. Luftförlust i rum, luftströmmar mellan utrymmen, och filterfunktion är exempel på andra delar av ventilationens funktion som kan behöva undersökas genom mätningar.

Generellt gäller att mätningar av inomhusmiljöparametrar och ventilation så långt som möjligt bör genomföras med etablerade/standardiserade metoder. Det finns en rad publicerade metodbeskrivningar som kan utnyttjas i detta sammanhang, exempelvis sådana från Nordtest.

Mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer ska utföras med ledning av standarden SS-EN 16211:2015. Samma metoder beskrivs även i den äldre skriften T9:2007 som alltså också kan användas som vägledning. Hänvisningar till denna standard och andra etablerade metoder återfinns i Bilaga 2. En generell checklista för utredning av ventilationsproblem finns i Bilaga 3. Den är tillämpbar oavsett om det är fråga om självdragsventilation, mekanisk frånluft eller mekanisk till- och frånluft. En checklista speciellt för inspektion av S- eller F-ventilerade bostäder visas i Bilaga 4.

Innan mätningarna startar måste utredaren noggrant tänka igenom vad syftet är och hur mätarbetet ska genomföras. Om uppdragsgivaren så önskar ska utredaren kunna redovisa en mätplan som preciserar:

- Vad som skall mätas och med vilken metod.
- På vilka platser mätningar skall göras och varför dessa platser valts ut (tytrum, väderstreck, försörjande aggregat, verksamhet).
- När varje mätning skall utföras.
- Vilka omständigheter som kan påverka resultatet (exempelvis väder och vind, tekniska installationers driftstatus och personbelastning).
- Vilket resultat som förväntas, vilket innefattar bl.a. en sammanställning av kriterier och krav som skall verifieras.

## 5.5 Genomför och tolka mätningar

Mätningarna ska genomföras med ledning av den framtagna planen. Ibland räcker det med ganska enkla stickprovsvisa mätningar. För att mätresultatet ska kunna tolkas är det dock normalt nödvändigt att mätteknikern dokumenterar systemets driftstatus, verksamhetens omfattning i lokalerna och väderleksförhållandena vid mättillfället eller under mätperioden. Mätpunkternas läge måste dokumenteras. Mätteknikern ska föra protokoll som tillsammans med ritningar, skisser och eventuellt även foton klargör när, på vilka platser och under vilka förhållanden mätningarna genomförts. Materialet ska verifiera att man följt mätplanen, eller klargöra om, och i så fall varför, man tvingats göra avsteg från planen. Av mätrapporten ska använd mätapparat framgå (modellbeteckning, serienummer) och uppgift om senaste kalibrering (kopia av giltigt kalibreringsbevis ska kunna bifogas).

## 5.6 Redovisa resultat och slutsatser

Utredningen ska leda fram till en bedömning av huruvida ventilationssystemet har brister som kan bidra till missnöje eller ohälsa bland dem som vistas i huset. Till grund för redovisningen läggs de svar som framkommer med ledning av checklistorna i Bilaga 3 och 4.

Om ventilationssystemets funktion inte befunnits fullgod ska observerade brister och deras orsak anges. Slutsatserna formuleras så att det framgår om den bristande funktionen beror på:

- att ventilationssystemets uppbyggnad och utformning är olämplig i förhållande till byggnaden och den verksamhet som bedrivs där idag
- att någon enskild komponent fungerar felaktigt eller är feldimensionerad
- brister i styr- och reglersystemet

- felaktig injustering av luftdistributionssystemet
- bristande underhåll

Om utredningen pekar på att det föreligger ventilationstekniska funktionsbrister ska förslag på åtgärder alltid ges. Vilken grad av detaljering åtgärdsförslagen ges beror på hur uppdraget specificerats.

## 6 Litteratur

Enberg, H., Minimikrav på luftväxling – En tolkning av Boverkets Byggregler, Arbetsmiljöverkets föreskrifter, Folkhälsomyndighetens allmänna råd och andra dokument, Utgåva 10, 2015.

Faraguna, C., Självdragsventilation i flerbostadshus, Förutsättningar och möjliga förbättringsåtgärder, Lunds Universitet, Rapport TVIT--12/5039, 2012. <http://www.hvac.lth.se/fileadmin/hvac/files/TVIT-5000/TVIT-5039CFweb.pdf>

Att handla upp OVK-besiktningar, Funktionskontrollanterna i Sverige, 2007. <http://www.funkis.se/wp-content/uploads/dokument/ovk-uhm.pdf>

God inomhusmiljö – en handbok för fastighetsägare, Fastighetsägarna, Stockholm, 2009.  
[http://www.fastighetsagarna.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=e5d69047-f45d-42ea-957d-0506c7a98390](http://www.fastighetsagarna.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=e5d69047-f45d-42ea-957d-0506c7a98390)

R1 – Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav, EMTF Förlag, 2013.

Severinsson, H., Byggvägledning 7 Ventilation, En handbok i anslutning till Boverkets byggregler, Utgåva 5, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm, 2015.

Självdragsventilation, Handbok, Boverket, 1995.  
<http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/1995/sjalvdragsventilation-handbok.pdf>

SS-EN ISO 16890-1:2017, Luftfilter för allmän ventilation - Del 1: Tekniska specifikationer, krav och klassificeringssystem för partikelavskiljningsgrad (ePM), Svensk Standard.

## Bilaga 1. Myndigheternas föreskrifter

Folkhälsomyndighetens Allmänna råd om ventilation, FoHMFS 2014:18.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/documents/publicerat-material/foreskrifter1/fohmfs-2014-18.pdf>

Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer, FoHMFS 2014:14.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/documents/publicerat-material/foreskrifter1/fohmfs-2014-14.pdf>

Arbetsmiljöverkets föreskrift, Arbetsplatsens utformning, AFS 2009:2.

[http://www.av.se/lagochratt/afs/afs2009\\_02.aspx](http://www.av.se/lagochratt/afs/afs2009_02.aspx)

Boverkets Byggregler, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2015:3.

[http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad\\_bbr\\_2011-6.pdf](http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf)

Regelsamling för funktionskontroll av ventilationssystem, OVK 2012, Boverket.

<http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2012/regelsamling-for-funktionskontroll-av-ventilationssystem-ovk.pdf>

Hygieniska gränsvärden, Arbetsmiljöverket, AFS 2015:7.

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvarden-afs-2015-7.pdf>

## Bilaga 2. Exempel på metoder för ventilationsmätningar

### *Verifiering av krav på hygienluftflöden*

Rapport T9:2007, Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer, Formas.

Svensk Standard, SS-EN 16211:2015, Luftbehandling - Fältmetoder för mätning av luftflöden.  
(Standarden bygger på T9 (se ovan) och är utgiven både på engelska och på svenska).

### *Återföring av avluft:*

Nordtestmetod NT VVS 063, Air transference: Intake and inlet air.

<http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/air-transference-intake-and-inlet-air-nt-vvs-063.html>

### *Luftomsättningsmätning:*

Nordtestmetod NT VVS 055, Buildings: Total outdoor air inflow.

<http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/buildings-total-outdoor-air-inflow-nt-vvs-055.html>

### *Spårgasmätning för bestämning av luftflöde i rum*

Nordtestmetod NT VVS 074, Total ventilation rate: Continuous measurement – constant flow technique.

<http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/total-ventilation-air-flow-rate-continuous-measurement-constant-flow-technique-nt-vvs-074.html>

### *Koldioxid och lokalt ventilationsindex:*

Nordtestmetod NT VVS 114, Indoor Air Quality: Measurement of CO<sub>2</sub>.

<http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/indoor-air-quality-measurement-of-co2-nt-vvs-114.html>

### *Passiv spårgasteknik:*

Nordtestmetod NT VVS 105, Flow rate, total effective by single zone approximation.

<http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/ventilation-flow-rate-total-effective-by-single-zone-approximation-nt-vvs-105.html>

### *Luftutbyteseffektivitet:*

Nordtestmetod NT VVS 047, Buildings – Ventilating air: Mean age of air (20).

<http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/buildings-ventilating-air-mean-age-of-air-nt-vvs-047.html>. (Det bör här påpekas att denna metod är tämligen tidskrävande och kräver hög grad av expertkunnande. Ett alternativ som bör övervägas är Nordtestmetod NT VVS 114, se ovan. Detta alternativ beskriver mätning av lokalt ventilationsindex med hjälp av koldioxid, vilket är betydligt enklare).

### *Filterfunktion:*

Nordtestmetod NT VVS 128, Ventilation filters: Field test of efficiency.

<http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/ventilations-filters-field-test-of-efficiency-nt-vvs-128.html>



## Bilaga 3 – Checklista för utredning av ventilationsproblem

- 1. Är luftflödena tillräckligt stora med hänsyn till:**
  - a. Personbelastning?
  - b. Verksamhetens art?
  - c. Fuktbelastning?
  - d. Påverkan från annat:
    - i. Bygg- eller inredningsmaterial?
    - ii. Kemikaliehantering?
    - iii. Kontorsmaskiner och annan utrustning?
    - iv. Värmealstring?
  
- 2. Är ventilationens drifttider lämpliga med hänsyn till:**
  - a. Verksamhetens tider/vistelsen längd?
  - b. Eventuella nya bygg- och inredningsmaterial?
  
- 3. Finns det risk för spridning av föroreningar via kanalsystemet?**
  - a. Återluftsföring?
  - b. Läckage eller annan överföring i luftbehandlingsaggregat?
  - c. Yttre överföring från avluft till uteluftsintag?
  - d. I samband med att ventilationen är avstängd, exempelvis under kvällar och helger?
  
- 4. Finns det risk för föroreningar eller onödigt varm luft vid uteluftsintaget?**
  - a. Från avluftsanordningar, avloppsluftningar eller andra lokala föroreningskällor?
  - b. Från trafik eller andra utsläpp i omgivningen?
  
- 5. Finns det andra risker för förorenad tilluft?**
  - a. Felaktigt skötta filter, filter av olämplig typ eller felaktigt monterade?
  - b. Annan utrustning, t.ex. ozongeneratorer eller joniseringsutrustningar?
  - c. Invändigt smutsiga luftbehandlingsaggregat och ventilationskanaler?
  - d. Invändig mineralull i uteluftskanal?
  
- 6. Är luftföringen i varje rum godtagbar?**
  - a. Finns det risk för kortslutningseffekter; att tilluft förs bort utan att först ha passerat vistelsezonen?
  - b. Finns det risk för stagnationszoner; att delar av rummet har högre föroreningshalt och/eller högre temperatur?
  - c. Sker luftinblåsningen på lämpligt sätt:
    - i. Finns risk för att det uppstår drag eller buller?
    - ii. Är don och ventiler av rätt typ och storlek?

- iii. Är don och ventiler rätt placerade?
- iv. Har inblåsningsslufden lämplig temperatur (normalt några grader under rumsluftens temperatur)?

**7. Är luftföringen mellan rum godtagbar?**

- a. Rör sig luften från rum med högre krav på luftkvalitet mot rum med lägre krav; från vistelserum mot kök och toaletter etc.?
- b. Sker transporten av överluft via avsedda öppningar av lämplig typ och storlek?
- c. Förekommer störande spridning av lukter mellan olika rum/utrymmen, t.ex. matos?

**8. Finns det möjlighet att vädra?**

- a. Är vädringsmöjligheterna godtagbara?
- b. Finns det behov av vädring?
- c. Utnyttjas vädringsmöjligheterna?

**9. Finns det risk för spridning av förorenad luft till rum där människor vistas stadigvarande:**

- a. Från byggnadskonstruktionen?
- b. Från källare, grund eller vind?
- c. Från andra utrymmen?

**10. Finns det risk att fukt kondenserar?**

- a. Vid kalla installationer, speciellt rör och kanaler?
- b. Vid fönster, fönsterkarmar eller andra invändiga ytor med låg temperatur vintertid?
- c. Vid kalla ytor i konstruktionen, t.ex. i kalla vindsutrymmen?

**11. Hur är tryckförhållandena i byggnaden?**

- a. Risk för kraftiga över- eller undertryck med stängda dörrar och fönster?

**12. Hur säkra slutsatser går det att dra av de gjorda observationerna?** Skulle det bli väsentligt annorlunda resultat exempelvis vid annan utetemperatur och andra vindförhållanden.

## Bilaga 4 – Checklista för inspektion av bostäder med S eller F-ventilation

Ärende: \_\_\_\_\_

Plats (byggnad, lägenhetsnr. etc.): \_\_\_\_\_

Kortrollen utförd av: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

### Utrustning

- Luftflödesmätare av typen stofsörsedd anemometer.
- Lufthastighetsmätare (varmtrådsanemometer).
- Differenstrycksmätare.
- Rökpenna/rökflaska.

### Väderförhållanden

- Temperatur utomhus: \_\_\_\_\_ °C
- Vindriktning:            N - NO - O - SO - S - SV - V - NV
- Medelvind:                svag - medel - stark
- Vindbyar:                 inga - måttliga - starka
- Nederbörd: \_\_\_\_\_

### Bostaden

- Lägenhetens area är \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- Antal rum                 \_\_\_\_\_ st + kök
- Antal boende             \_\_\_\_\_ personer

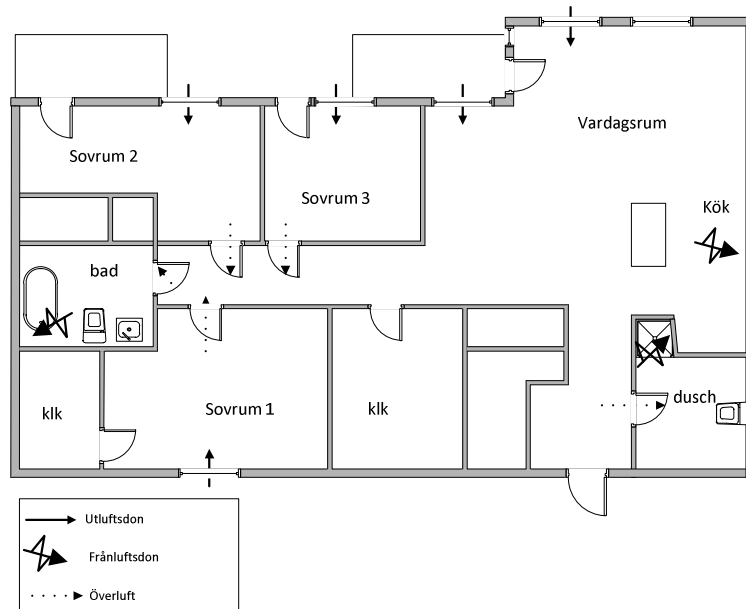
- Rita en principiell skiss över lägenheten – på separat blad om platsen nedan inte räcker.

Ange på skissen:

- Frånluftsdonens placering
- Uteluftsdonens/öppningarnas placering

- Utluftsdonens fabrikat, typ och storlek.

### Exempel på skiss över lägenheten:



### Kontroller

- Kontrollera att samtliga fönster och dörrar till lägenheten är **stängda**.
- Öppna** samtliga utluftsdon och kontrollera om det kommer in uteluft eller ej. Ange resultatet i *Tabell B4.1* för respektive rum. Ange om det är tydligt drag eller svagt drag.
- Kontrollera med rök i samtliga frånluftsdon för att se åt vilket håll luften förs och för att få en uppfattning om dragets styrka. Ange resultatet i *Tabell B4.2*. Ange om det är tydligt drag, svagt drag eller "bakdrag" om det går åt fel håll.
- Vid självdrag och om utluftstemperaturen understiger  $+10^{\circ}\text{C}$  gör en luftflödesmätning på varje frånluftsdon och ange mätvärden i *l/s* i *Tabell B4.3*.
- Kontrollera gärna minst en utluftsventil/öppning för att bedöma om den håltagna öppna arean är tillräckligt stor för utluftstillförseln. Om det är hål borrade i karmen – mät diametern och räkna hålen. I vissa hus har fönsterkarmens utsida försetts med en skyddsplåt, notera i så fall detta och se om det finns motsvarande antal hål eller öppningar i denna som för utluftsventilen i fönsterkarmen.
- Kontrollera med rök eventuella oönskade inläckage (takvinkel, golvvinkel, genomföringar etc.).

- Komplettera med en tryckmätning. Koppla mätslangen till mätuttaget för högt tryck och se till att andra änden av slangen hamnar utomhus. OBS! Fönster eller dörrar får ej vara öppna. Mäter du genom brevlådan så se till att ytterdörr eller fönster i trapphus är helt öppet för att få trycket mellan lägenhet och utomhus. Normalt värde är 5-10 Pa.

**Tabell B4.1.** Uteluftsdonens funktion.

<b>Rum</b>	<b>Funktion (svag, tydlig, inget etc.)</b>	<b>Fabrikat på uteluftsdon</b>	<b>Uppskattad fri öppningsarea (cm<sup>2</sup>)</b>

**Tabell B4.2.** Frånluftsdonens funktion.

<b>Rum</b>	<b>Funktion (svag, tydlig, inget, bakdrag etc.)</b>
Kök	
Bad	

**Tabell B4.3.** Uppmätta luftflöden:

<b>Rum</b>	<b>Flöde med öppna uteluftsdon och stängda fönster/dörrar</b>	<b>Flöde med öppna fönster/dörrar</b>
Kök		
Bad		

## Bilaga 5 – Råd beträffande ventilationsflöden

Här återges tidigare råd från Boverket beträffande hygienluftflöden. Uppgifterna har hämtats från R1 – Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav, Energi & Miljötekniska Föreningen.

Till och med år 2006 omfattade Boverkets byggregler följande råd om hygienluftflöden. Uteluftsflödet till rum eller del av rum bör anordnas med lägsta kapacitet enligt Tabell B5.1. Frånluftsflödet vid mekanisk ventilation bör anordnas med lägsta kapacitet enligt Tabell B5.2.

**Tabell B5.1** Uteluftsflöde enligt råd i BFS 1998:38.

<b>Utrymme</b>	<b>Minsta luftflöde</b>
Bostäder Rum eller del av rum för sömn och vila	4 l/s per sovplats
Samlingslokaler, butikslokaler o.d. Rum eller del av rum där personer vistas mer än tillfälligt	7 l/s för varje person som samtidigt kan förväntas vistas där

*Bilagan fortsätter på nästa sida.*

**Tabell B5.2** Frånluftsflöde enligt råd i BFS 1998:38.

Utrymme	Minsta frånluftsflöde	Anm.
<i>Bostäder, vårdlokaler, hotell o.dyl.</i>		
Kök	10 l/s, forcering med minst 75 % uppfångningsförmåga för luftföroreningar	
Pentry, kokvrå	15 l/s	
Bad- eller duschrum med öppningsbart fönster	10 l/s	1
Bad- eller duschrum utan öppningsbart fönster	10 l/s med forcering till 30 l/s eller 15 l/s	1
Toaletterum	10 l/s	
Fritidslokal	10 l/s	1
<i>Samlingslokaler, butikslokaler o.dyl.</i>		
Rum särskilt avsett för rökning	20 l/s per person	
Hygienrum avsett för allmänheten	20 l/s per toalettstol	
<i>Serviceutrymmen</i>		
Städrum	3 l/s per m <sup>2</sup> golvarea, dock minst 15 l/s	
Tvättstuga, torkrum	10 l/s	1
Avfallsrum	5 l/s per m <sup>2</sup> golvarea	
Avfallsrum avsett enbart för torra sopor	0,35 l/s per m <sup>2</sup> golvarea	
Sopnedkast	50 l/s	
Hisschakt	8 l/s per m <sup>2</sup> schaktarea	2
Garage (antal parkeringar/plats ≤ 1 per 8 tim.)	0,9 l/s per m <sup>2</sup> golvarea	3
Garage (antal parkeringar/plats > 1 per 8 tim.)	1,8 l/s per m <sup>2</sup> golvarea	3

**Anm. 1** Om golvarean är större än 5 m<sup>2</sup>, bör frånluftsflödet ökas med 1 l/s för varje tillkommande m<sup>2</sup> därutöver. Om man skall kunna installera tvättmaskin, torktumlare eller liknande i badrum, bör ökade krav ställas på luftväxling.

**Anm 2.** Om hisschakt ventileras med självdrag, bör ventilationsöppningarnas sammanlagda area vara minst 0,01 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> schaktarea.

**Anm 3.** Om garage ventileras med självdrag och golvarean är större än 50 m<sup>2</sup> bör ventilationsöppningarnas sammanlagda area vara minst 0,03 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> golvarea när antal parkeringar/ plats ≤ 1 under den mest belastade 8-timmarsperioden. Vid livligare parkeringstrafik bör ventilationsöppningarnas sammanlagda area vara minst 0,06 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> golvarea. Om garage ventileras med självdrag och golvarean i garaget är mindre än 50 m<sup>2</sup>, bör ventilationsöppningarnas sammanlagda area vara minst 0,002 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> golvarea.