



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R16:1990

**Ventilationssystemets funktion,
utformning och drift**

**Thomas Lindvall
Tor-Göran Malmström
Sven A Svennberg**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135421

Bygghforskningsrådet

R16:1990

VENTILATIONSSYSTEMS FUNKTION,
UTFORMNING OCH DRIFT

Thomas Lindvall
Tor-Göran Malmström
Sven A Svennberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860494-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Ramas
Teknik AB, Tyresö.

REFERAT

Statens råd för byggnadsforskning tillsatte år 1987 efter viss förberedande planering en arbetsgrupp för kravspecifikation inom ventilationsområdet. Föreliggande rapport redovisar arbetsgruppens bedömningar och skall ses som ett diskussionsinlägg i den pågående intensiva utvecklingen av nya krav och lösningar för förbättrat inneklimat med individuell påverkans-möjlighet och ändamålsenlig energianvändning. Dessa krav bör kombineras med goda drift- och underhållsrutiner för lägsta livstidskostnad.

Avsnittsvis behandlas de faktorer som påverkar luftkvaliteten, från uteluft och byggnadsutformning till systemkomponenter och återkommande besiktning. Ventilationsfunktionen och dess betydelse för systemens effektivitet beskrivs medelst i och för sig kända men hittills föga utnyttjade samband. Det konstateras att enkla systemlösningar i kombination med en regelbunden kontroll är det bästa hjälpmedlet att upprätthålla god funktion till lägsta årskostnad under byggnadens livstid.

I bilagor redovisas verkan av återluft, terminologi och litteratur.

Material ingående i denna rapport har tidigare publicerats i tidskrifterna VVS & Energi och Bygg och Teknik samt i konferensrapporter från Det sunda huset, Sundare hus och Healthy Buildings.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R16:1990

ISBN 91-540-5162-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1990

INNEHÅLLSÖVERSIKT

1. OM STRATEGISKT TÄNKANDE

2. STRATEGI FÖR UTFORMNING AV VENTILATIONSSYSTEM

- 2.1 Mål för strategin
 - 1 Bakgrund
 - 2 Mål
 - 3 Avgränsning
- 2.2 Föroreningskällor
- 2.3 God inomhusmiljö
- 2.4 Luftkvalitet inomhus
- 2.5 Luftföringsmetoder
- 2.6 Ventilationsfunktionen
 - 1 Frånluft
 - 2 Tilluft
 - 3 Cirkulationsluft
 - 4 Återluft
- 2.7 Behovsanpassat luftflöde
- 2.8 Ventilationssystemets effektivitet
 - 1 Ventilationseffektivitet
 - 2 Luftutbyteseffektivitet
- 2.9 Teknisk-ekonomisk systemlösning
- 2.10 Kvalitetssäkring, certifiering
- 2.11 Sammanfattning av strategiska krav
 - 1 Luftflöden
 - 2 Luftrenhet
 - 3 Luktinivå
 - 4 Styrning, rengörbarhet, mm
 - 5 Drift, underhåll, funktionskontroll

3. HYGIENISKA OCH TEKNISKA FUNKTIONSKRAV

- 3.1 Hygieniska krav
 - 1 Inledning
 - 2 Erfarenhetsunderlag
 - 3 Lukt
 - 4 Människans värmebalans
 - 5 Värme- och kylbehov
 - 6 Skadliga ämnen
 - 7 Sammanfattning av krav
- 3.2 Allmänna tekniska krav
- 3.3 Byggnadstekniska krav
- 3.4 Processtekniska krav
 - 1 Föroreningstyp
 - 2 Användarfunktion
- 3.5 Tilläggskrav på byggnad och installationer för process och människa
 - 1 Klimat
 - 2 Varaktigt god funktion
 - 3 Dimensionering

- 4 Medeltid mellan fel
- 5 Funktionstillgänglighet
- 6 Funktionsnivå
- 3.6 Brukarbeteendets betydelse
- 3.7 Stadsplanens betydelse för en god funktion
- 3.8 Inverkan av långväga transport av luftföroreningar
- 3.9 Allmänna dimensioneringsaspekter
 - 1 Förenklade system
 - 2 Föränderbarhet
 - 3 Förnybarhet
 - 4 Simuleringsmodeller
- 3.10 Riskanalys
- 3.11 Drift, underhåll och service
 - 1 Allmänna samband
 - 2 Drift
 - 3 Underhåll
 - 4 Instruktioner

4. KRAV APPLICERADE PÅ LUFTENS VÄG I ETT VENTILATIONSSYSTEM

- 4.1 Utgångspunkter: "konventionella system"
- 4.2 Tabell över komponenter i ett ventilationssystem
 - 1 - 23 Komponentbeskrivningar

BILAGA 1: ÅTERLUFT - BRA ELLER DÅLIGT?

Synpunkter och underlag för beräkning av verkan av återluft (T-G Malmström, S A Svennberg: särtryck ur VVS & Energi nr 10, 1987)

BILAGA 2: TERMINOLOGI OCH DEFINITIONER

BILAGA 3: LITTERATUR

FÖRTECKNING ÖVER FIGURER: Se nästa sida!

FÖRTECKNING ÖVER FIGURER

<u>Figur nr</u>	<u>Sida</u>	<u>Beskrivning</u>
2.1	2:4	Koldioxidhalt i atmosfären
2.2	2:8	Strategisk föroreningsbehandling
2.3	2:9	Föroreningar i rumsluft, typer och egenskaper
2.4	2:14	Föroreningskoncentration i rum och frånluft i ett ventilerat rum
3.1	3:2	Tillståndsdigram för fuktig luft
3.2	3:4	Kapillärkondensation vid diffusionsspärr
3.3	3:6	Källor för luktande föroreningar
B1.1	B1:4	Principschema för beräkning av systemavskiljningsgrad i system med återluft
B1.2	B1:5	Systemavskiljningsgrad som funktion av återluftsfaktor vid konstant föroreningshalt i uteluften
B1.3	B1:5	Systemavskiljningsgrad som funktion av återluftsfaktor vid varierande föroreningshalt i uteluften
B1.4	B1:8	Godhetstal för återluftssystem

```
*****
* "Dear Lord, please give me the serenity *
* to accept the things I cannot change, *
* the will to change the things I can, *
* and the wisdom to know the difference" *
*****
```

FÖRORD

Statens råd för byggnadsforskning tillsatte år 1987 efter viss förberedande planering en arbetsgrupp för kravspecifikation inom ventilationsområdet.

Arbetsgruppen har bestått av professor Thomas Lindvall, Karolinska Institutet, professor Tor-Göran Malmström, Kungl. Tekn. Högskolan, civilingenjör Sven A Svennberg, Ramas Teknik AB, tillika adjungerad professor i installationsteknik vid KTH.

För utredningsarbetet lämnades ett projektanslag till RAMAS TEKNIK AB, Sven A Svennberg.

Föreliggande rapport redovisar arbetsgruppens bedömningar och skall ses som ett diskussionsinlägg i den pågående intensiva utvecklingen av nya krav och lösningar för förbättrat inneklimat och ändamålsenlig energianvändning.

Stockholm i juli 1989

Författarna

Ledord	UDK
Ventilation	697.9
Rumsluftskvalitet	613
Inneklimat	628.8
Luftföroreningar	614.7
Planering	x.001.1

1. OM STRATEGISKT TÄNKANDE

Strategi kan härledas ur de grekiska orden stratos = armé och ago = leda. Ur dessa har avletts strategos = general. Ordet strategi har alltså ursprungligen en krigisk bakgrund, nämligen med innebörden att utforma och genomföra militära operationer. Idag har ordet också betydelsen att planera och genomföra ett projekt med finesse.

Också ordet taktik kommer från grekiskan, nämligen av taxo = arrangera, ur vilket ordet taktike = konsten att arrangera en krigshär avletts. Strategi är huvudsakligen åtgärder före slaget, taktik åtgärder under slaget, i direkt kontakt med fienden.

Energistrategi

Energistrategi innefattar planering av energihushållning som ett led i att nyttja tillgängliga resurser så bra som möjligt. Här behövs tyvärr också taktik, eftersom vi redan misskött oss så mycket att vi redan har omedelbara problem att hantera, nämligen tillförsel av energiråvaror.

Kommentar: Låt oss hellre använda strategi, dvs planerat genomförande, än improviserade åtgärder.

Ekologisk strategi, miljöstrategi

Med ekologi avses läran om relationerna mellan levande organismer och mellan dessa och omgivningen.

Ekologisk strategi innefattar planering av resursutnyttjande så, att den naturliga balansen i vår omgivning störs så litet som möjligt. Planeringen bör ske på både lång och kort sikt. Tyvärr finner vi här i större grad än under energistrategi, att improviserad bekämpning av redan begångna misstag utgör en stor del av arbetsprogrammet.

Ekonomisk strategi

Inget program kan genomföras utan resurser i form av kunskaper och mänsklig arbetsinsats. I de flesta fall behövs också pengar eftersom insatser endast undantagsvis kan genomföras med ideella krafter.

Ekonomisk strategi innefattar planering av resursanvändning så att ett projekt kan genomföras med bästa ekonomiska utfall. Det är dock sällan som optimering kan ske med endast ekonomi som utgångspunkt. Vanligen inverkar (inskränker) hänsyn till övriga faktorer avsevärt.

Samhällsplaneringsstrategi

Samhällsplaneringsstrategi innefattar åtminstone försök till totaloptimering av samhällsbyggandet med avseende på bl a boende, sociala förhållanden, placering av arbetsplatser, transporter, övrig kommunikation, ekologi, energi och ekonomi. Självfallet är det med utgångspunkt i den enskilda människans behov som planeringen bör ske, även om det inte alltid synes vara detta som ligger planerarna närmast om hjärtat.

Husbyggnadsstrategi

Husbyggnadsstrategi innefattar ställningstaganden beträffande byggnaders utformning med avseende på bla

- luftkomfort
- styrd luftväxling
- vindskydd
- termisk komfort
- isolering mot kyla och värme

Denna form av strategisk planering har gjorts under mycket lång tid och redovisats i t ex Byggnadsstyrelsens Anvisningar till Byggnadsstadgen (BABS) och senare i Svensk Byggnorm (SBN). I samband med Plan- och Bygglagen (PBL) utges Nybyggnadsföreskrifter och Ombyggnadsföreskrifter med förhoppningsvis likartade planeringsunderlag.

Strategi och mål

Ändmålet med strategisk planering är naturligen att planering utförs med tillräcklig framförhållning. I det strategiska tänkandet intar forskning i allmänhet och projektering för det enskilda projektet en naturlig plats. I det efterföljande, taktiska, arbetet ingår kontroll, besiktning, drift- och inderhållsåtgärder samt i tillämpliga fall ingripande från myndigheter. I det strategiska tänkandet skall hänsyn tas till människans behov av god kvalitet och utemiljö, varvid försörjning med luft av god kvalitet är en av de viktigaste uppgifterna. Människan kan leva flera veckor utan mat, åtskilliga dagar utan vatten men endast några minuter utan luft.

2. STRATEGI FÖR UTFORMNING AV VENTILATIONSSYSTEM

2.1 Mål för strategin

Målet vid projektering, byggande och drift av ventilationssystem är att god luftkvalitet skapas och upprätthålles och att luftflöden nyttjas på bästa sätt. Målet kan beskrivas med ett huvudkrav och ett antal delkrav som är inflätade i varandra och faller inom ramen för huvudkravet. Kraven medför också följdkrav på att berörda personer följer pågående utveckling inom klimat- och hygienområdena.

Huvudkravet kan formuleras:

Skapa förutsättningar för att upprätthålla god luftkvalitet inom behandlat utrymme.

Delkraven är följande:

1. Placera människan i centrum, skapa förutsättningar för individuell påverkan på luftkvaliteten
2. Använd förmånligaste teknik för totalfunktionen, bl a genom att nyttja luftflöden på bästa sätt
3. Utforma produktionsutrustning, byggnad och installationer så, att energislöseri motverkas
4. Utforma drift- och underhållsinstruktioner och kontrollrutiner så att bästa funktion erhålls till lägsta livslängdskostnad

I det följande skall vi gå igenom ett antal punkter som bör ingå i den strategiska planeringen av ventilationssystem mot bakgrund av de ovan angivna kraven.

2.1.1 Bakgrund

Inomhusluftens kvalitet har under senare tid tilldragit sig ökad uppmärksamhet. Detta återspeglas bl a i internationellt samarbete och erfarenhetsutbyte, varpå konferenserna 1984 och 1988 i Stockholm, "Indoor Air" och "Healthy Buildings", utgör betydelsefulla exempel.

Bakom intresset för luftkvalitet ligger en ökad medvetenhet om luftkvalitetens betydelse för människans hälsa och om den stora andel tid som tillbringas inomhus.

De medicinska och hygieniska kunskaperna om inomhusluftens inverkan på människan är fortfarande ofullständiga. Detta gäller bl a samverkan mellan olika luftburna gaser och partiklar. Verkan av enskilda föroreningar, som radondöttrar och formaldehyd, har rönt stor uppmärksamhet och därmed också skapat intresse för studium av luftkvaliteten generellt.

Luftkvaliteten utgör en viktig del av inomhusklimatet. Bilden av luftkvalitetens inverkan på hälsan kompliceras av ett flertal andra samtidigt inverkan faktorer, som t ex luftrörelser, värmestrålning och drag.

En översikt behövs över de funktioner som har störst inverkan på luftkvaliteten och över de mest angelägna åtgärderna att vidta i nuvarande och framtida bebyggelse.

En god luftkvalitet inomhus kan erhållas genom begränsning av emissionen av föroreningar, t ex genom materialval i byggnadshöljet, och genom tillförsel av så ren luft som möjligt. Det senare medför krav på uteluftens kvalitet och krav på reningsutrustning samt krav på tätt byggnadshölje, för att tillförsel av ren luft skall begränsas.

Den nödvändiga tillförseln av uteluft ombesörjs av ventilationssystemet. Krav på ventilationssystemet är att det åstadkommer en ökning av luftens kvalitet, inte en minskning. På senare tid har denna aspekt uppmärksamats bl a på grund av att dålig lukt i vissa fall konstaterats från ventilationssystemen och att asbestcement använts i kanalväggar och som brandskydd i ventilationsaggregat. Frågan om lämplig utformning av ventilationssystem har också relevans om återluft övervägs.

Sammanställning av nu kända samband mellan luftkvaliteten och människans välbefinnande har skett inom bl a WHO och IEA.

2.1.2 Mål för föreliggande arbete

Målet med detta arbete är att söka

systematiskt beskriva de faktorer som påverkar luftkvaliteten.

Vidare ingår att ange de möjligheter till förbättring av luftkvaliteten som kan nås genom metodisk analys av systemutformningen.

Som ett led häri och som komplement till de rent tekniska aspekterna ingår också en kompletterad terminologi.

Beskrivningen skall kunna utgöra underlag för sammanställning av en kontrollista som ett led i framtagning av lättillgängliga projektörshjälpmedel.

Samma gäller sammanställning av förslag till beräkningsprinciper.

2.1.3 Avgränsning

I detta arbete har ett antal begränsningar måst göras. Främst gäller detta att endast ventilationssystemets inverkan på luftkvaliteten diskuteras medan hygieniska aspekter i övrigt inte värderas. Vidare har följande avgränsningar gjorts:

- a) Samverkan mellan olika rumsklimatfaktorer utelämnas.
- b) Endast system för de mest frekventa typerna av byggnader(lokalerna) diskuteras.
- c) Beskrivning av systemkrav ansluter till idag vanlig utformning av ventilationssystem och byggnader.
- d) Denna skrift är inte avsedd att utgöra projekteringshandbok.
- e) Klimathöljets inverkan på ventilationsfunktionen berörs endast i avseende på höljets otäthet.
- f) Inverkan av produktionstyp på inneklimatet berörs ej i denna skrift, endast inverkan av personer och deras beteende (t ex rökning).

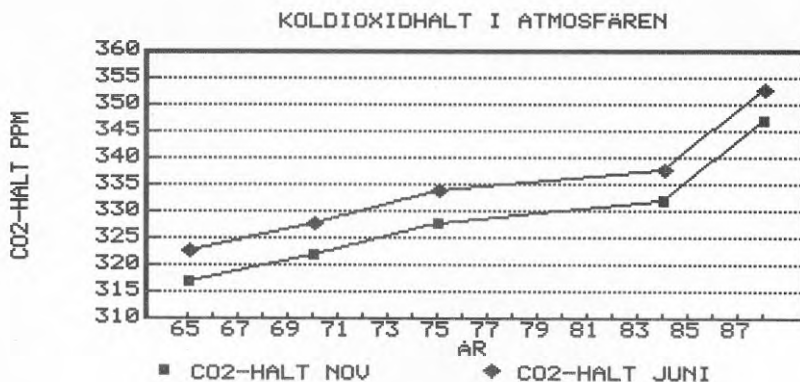
- g) Krav på luftkvalitet, luftflöde etc anges endast där motsvarande underlag för uppställning av krav kunnat påträffas ur undersökningar av inverkan av luftkvaliteten på framför allt människan.

Observera att man noggrant bör skilja mellan värme- och kylbehov å ena sidan och ventilationsbehov å den andra. Värmning och kylning kan ske på många olika sätt utan sammanblandning med ventilationssystemet. Ventilation enligt den definition vi förordar kan endast ske genom tillförsel av uteluft och bortförsl av använd luft.

2.2 Föroreningskällor

2.2.1 Uteluft

Uteluftens kvalitet på en viss plats varierar starkt med bl a vindriktning, årstid och årstidsberoende utsläpp av föroreningar, temperaturskiktning (inversion) och trafik. Om man inte kan välja byggnadsplats bör man alltid se till att luftintag till ventilationssystem placeras där risken för höga halter av föroreningar i uteluften är så liten som möjligt.



Figur 2.1: Koldioxidhalt i atmosfären

Efter den senaste istiden har CO₂-halten i atmosfären successivt ökat. Ökningstakten har blivit större efter år 1800, då industriverksamheten började inverka. Cirka 20000 år f.Kr. var CO₂-halten 180 ppm, år 1800 ca 280 ppm. Ökningstakten har varierat mellan cirka 50 och cirka 200 pphm under senare år.

Källa: Keeling et al, Mauna Loa-observatoriet.

2.2.2 Byggnader och installationer

Byggnaden bör utformas så, att den utgör ett skydd mot yttre skadliga eller olämpliga förhållanden. Skydd mot väder och vind är naturligen den första funktionen. Buller och föroreningar i omgivningen kommer vanligen därefter. Värmeöverskott på grund av sol kan påverka ventilationssystemets utformning. Bland övriga installationer har särskilt värmepump, värmeåtervinnare och reglersystem stor inverkan på det planerade husets driftegenskaper och ekonomi.

Väsentligt för god lufthygien är att byggnadsmaterial i stomme och inredning inte avger skadliga eller retande gaser eller stoftpartiklar.

2.2.3 Inredning och utrustning

Även för material som ingår i ventilationsaggregat, värmeåtervinnare och kanaler gäller naturligtvis, att de inte får avge skadliga eller retande ämnen. Byggnad och system bör vara så utformade att de bidrar till att begränsa toppeffektbehovet för värming och kylning. Ytbeklädnad på bjälklag som hindrar värmeackumulering bör därför undvikas. Material som kan öka risken för brand och brandspridning skall undvikas i största möjliga utsträckning.

Värmealstringen i en lokal kommer till viss del från belysningen. Varje förbättring av belysningsutbytet, genom bättre lampor och armaturer eller genom rumsytor med bättre belysningsteknisk utformning och ytbehandling, är därför väsentlig. Beakta ozonavgivning från bl a kopiatorer och skrivare genom att anordna punktutsläpp.

2.2.4 Människor, djur och processer

Avväg utrymme per enhet så, att normal värme- och luktavgivning kan tas om hand av ventilationssystemet. Beakta sambandet mellan aktivitet och ventilationsbehov. Försök att kapsla in de processer som avger föroreningar och som inte kan undvikas. Då kan avgivning av stoft, ånga och gaser samt värme tas om hand på ett effektivt sätt och med minsta möjliga energiuppslag.

2.3 God inomhusmiljö

En god inomhusmiljö kännetecknas bl a av ett bra termiskt klimat, en hög luftkvalitet och en i övrigt väl anpassad vistelsemiljö. Det termiska klimatet och dess förutsättningar behandlas inte i denna skrift, ej heller övriga miljöfaktorer som faller utanför kravet på god luftkvalitet och frihet från olämpliga luftrörelser.

En god luftkvalitet kännetecknas av låga halter av föroreningar och frånvaro av skadliga, retande och luktdande ämnen. I luften får ej heller finnas bakterier, svampsporer eller andra ämnen i halter som kan ge upphov till sjukdom eller besvär.

En förutsättning för att ventilation skall kunna anses ske med tillfredsställande kvalitet är ofta att tillförd uteluft filtreras. Detta har betydelse inte bara för att stoftpartiklar skall avskiljas innan luften förs vidare in i huset utan också för att tilluftskanalerna skall transportera endast renad luft så att innerytorna kan hållas så rena som möjligt. En konsekvens härav är, att ventilationskanaler i en byggnad inte bör användas för t ex torkvädring under byggnadstiden eftersom man då har mera stoftpartiklar i uteluften och dessutom ofta tvingas köra systemet utan att ventilationsaggregatet försetts med filter.

Krav på uteluften måste som regel begränsas till att avse krav på placering av byggnad, luftintag och avluftsöppning.

Möjligheten att påverka byggnadsplaceringen har hittills vanligen inte fått den tyngd som borde vara naturlig. Den risk man löper vid ev. fel på filtrering av uteluften minskar avsevärt om byggnadsplaceringen är sådan att uteluften är relativt ren.

Frågan om återluft behandlas i bilaga 1. Här skall endast sägas att återluft normalt bör undvikas. Återluft skall inte användas för att begränsa det normala lägsta uteluftsflödet. Däremot kan filtrerad återluft bidra till att förbättra innneklimatet (luftkvaliteten) om ett sådant driftsätt ökar luftflödet och därmed vanligen också ventilationsluftens förmåga att transportera bort föroreningar.

En pågående undersökning i Finland (Finlands Tekniska Högskola, personligt meddelande till TG Malmström), vid vilken samband mellan luftväxling och risk för uppträdande problem ("sjuka hus") studerats, visar att risk för problem föreligger om det nominella luftväxlingstalet är mindre än 0,5.

För byggnader med mer än 0,5 luftväxlingar per timme har inte något problemhus påträffats.

I den finska undersökningen sägs att det inte kunnat konstateras något samband mellan systemutformning och problem med "sjuka hus". Samtidigt konstateras dock att byggnader med självdragsventilation som medeltal visat ett nominellt luftväxlingstal av ca 0,3 medan byggnader med fläktstyrd ventilation legat på ca 0,5.

Det konstateras också att smuts i ventilationskanaler inte synes mätbart påverka rumsluftskvaliteten. Undersökningen kommer att fortsätta, varvid sammanlagt ca 3000 lägenheter i småhus kommer att undersökas.

För industrin är en stor del av luftväxlingsbehovet betingat av samtidig process- och komfortventilation. Denna del kan därför inte behandlas på samma enhetliga sätt som övriga typer av objekt. Undantag kan göras för vissa typer av "ren" industri.

2.4 Luftkvalitet inomhus

Luftkvaliteten inomhus är en funktion av många påverkande faktorer. Den första är naturligtvis uteluftens kvalitet. Bland övriga faktorer märks främst byggnadsmaterial, inredning, personer, maskiner och processer, se figur 2.2.

En summarisk översikt över föroreningarnas egenskaper och källor ges i figur 2.3. En känd, ofarlig, luktande, mätbar förorening är enklare att komma till rätta med än en icke luktande, ej mätbar, som kan vara farlig.

Ventilationssystemet skall skapa förutsättningar för att hålla luftkvaliteten inom godkända gränser genom att avlägsna föroreningarna. I ett system med behovsstyrd ventilation tillkommer dessutom ett styrsystem som kan känna av föroreningshalten och anpassa luftflödet efter behovet. En förutsättning är därvid att föroreningshalten kan mätas på ett betryggande sätt.

Borttransport av föroreningar kan vanligen indelas efter behovet av kontinuitet i transportarbetet. De flesta ventilationssystem är utformade så, att de kan ges begränsat flöde (eller stängas av) under de perioder då en byggnad inte används för sitt produktionsändamål. Man säger att systemet drivs med basventilation. Övriga tider körs systemet med driftventilation, som vanligen ger större luftflöde än basventilationen (undantag kan vara bostadsventilation, som kan ha kontinuerlig ventilation med konstant flöde)



Figur 2.1, Strategisk behandling av föroreningsproblemet inomhus:
Från programstadium till driftstadium.

FÖRORENINGAR I RUMSLUFT

EGENSKAPSBESKRIVNING

FÄRLIG	KÄND	GASFORMIG	LUKTANDE	MÄTBAR
OFÄRLIG	OKÄND	PARTIKELE.	EJLUKTANDE	EJMÄTBAR

KÄLLA

MÄNNISKA "NORMAL" RÖKARE	DJUR HUSDJUR OHYRA MIKROORG.	PROCESS FÖRSÖRJNING VÄRME VENT KYLA VA TILLVERKNING STÄDNING LAGRING	BYGGMATERIAL BÄRVERK INREDNING UTRUSTNING
--------------------------------	---------------------------------------	--	--

Figur 2.2, Föroreningar i rumsluft, egenskaper och källor.

2.5 Luftföringsmetoder

Avgivningen av föroreningar (stoft, gaser, värme) till rumsluften skall givetvis vara så liten som möjligt. Man bör därför välja sådana processer och material som avger så litet föroreningar som möjligt. Först i nästa steg väljs typ av ventilationssystem.

Om föroreningskällan finns i en viss del av ett rum kan den alstrande processen ofta byggas in. Den inkapslade delen kan sedan ventileras speciellt. Föroreningarna transporteras ut med ventilationsluften utan att beröra övriga delar av rummet. Om inbyggnad inte är möjlig kan man dock räkna med att koncentrationen av förorening är större i närheten av källan än i övriga delar av rummet. Det är därför logiskt att placera ett frånluftsdon (ofta benämnt punktutslagningsdon) vid föroreningskällan. Denna systemutformning minskar möjligheten för föroreningarna att sprida sig till övriga delar av rummet. En sådan lösning är dessutom ofta driftekoniskt fördelaktig.

Inkapsling och punktutslagningsdon brukar ofta ingå i de åtgärder för ventilation som benämns processventilation. De kan sägas utgöra gränfall av ventilation enligt den definition som givits i Bilaga 2.

Om man inte kan begränsa spridningen av luftföroreningar måste de transporteras bort med s k allmänventilation. Även här gäller att frånluftsdonen skall placeras där koncentrationen av föroreningar är störst.

Många föroreningar avges samtidigt med värme och har därför en tendens att stiga uppåt. Exempel är tobaksrök och föroreningar från människan. I sådana fall är det lämpligt att placera frånluftsdonen högt i rummet.

Tilluften bör tillföras så direkt som möjligt till andningszonen hos de människor som vistas i rummet. Ett sätt att åstadkomma den önskade funktionen är att tillföra luft med en temperatur som är lägre än rumsluftstemperaturen via ett luftdon som fördelar tilluften vid golvet. När luften sedan värms upp stiger den uppåt med konvektionsströmmarna från de värmeavgivande kropparna. Om sedan frånluftsdonen är lämpligt placerade kan föroreningarna bortföras med frånluften utan att återcirkulation sker i rummet. Denna typ av luftföring kallas i Sverige något oegentligt förträngningsventilation eller deplacerande ventilation.

En nackdel med den beskrivna metoden är att koncentrationen av föroreningar kan bli hög nära källan. Om föroreningen "endast" består av stoft eller gas men inte är kombinerad med värmeavgivning kommer föroreningen att långsamt spädas ut genom de slumpartade luftrörelser som kan finnas i källans närhet. Om föroreningen är förknippad med värmeavgivning blir koncentrationen hög i konvektionsplymen, som då inte bör användas som inandningsluft.

Ett sätt att komma tillrätta med de ovan nämnda nackdelarna är att söka blanda upp den föroreningsbemängda luften med ren luft så snabbt att risken blir liten för att höga koncentrationer skall uppstå lokalt. Denna väg leder i sin extrema form till att all luft och alla föroreningar blandas homogent. Ett sådant system benämns omblandande ventilation.

Egenskaperna hos de två luftföringsprinciperna kan ytterligare belysas genom att man tänker sig dem tillämpade dels i ett s k kontorslandskap, dels i ett rumsindelade kontor som försetts med från- och tilluftsventilation i varje rum. Vi tänker oss vidare att analogi råder mellan avgivning av värme och alstring av förorening. En behovsstyrd ventilation med till- och frånluftsflöden fördelade efter behovet i varje enskilt rum i cellkontoret skulle då motsvara en idealt fungerande förträngningsventilation. En likartad

behovsstyrd ventilation i kontorslandskapet ger som regel upphov till omblandande ventilation, vilket i cellkontoret motsvarar ett system med stort återluftsflöde.

Om återluften renas erhålls en genomsnittligt högre luftkvalitet i cellkontoret än i kontorslandskapet. Naturligtvis är det inget som hindrar att motsvarande förbättring åstadkommes i kontorslandskapet genom att cirkulationsluften renas. Resonemanget förutsätter att återluftskanalerna (cirkulationsluftskanalerna) kan hållas rena eller åtminstone att luften inte förorenas efter reningen under vägen tillbaka till lokalerna.

I praktiken är det svårt att åstadkomma system som fungerar helt entydigt enligt de två angivna principerna förträngningsventilation eller omblandande ventilation. Risken för drag på grund av hög lufthastighet är en starkt begränsande faktor, som har störst inverkan vid omblandande ventilation (observera dock att stor risk för drag föreligger nära luftdonet i system för förträngningsventilation!). I system för förträngningsventilation tillkommer i stället en markerad temperaturgradient i höjddled.

2.6 Ventilationsfunktionen

I avsnitt 2.5 och 2.6 har olika luftföringsprinciper och luftväxlingsfunktioner i rum belysts. Här skall inverkan av de olika luftflöden som förekommer vid ventilation av ett rum diskuteras, nämligen tilluft, frånluft, cirkulationsluft och återluft. Till en del blir detta en upprepning och sammanfattning av vad som tidigare sagts. De egenskaper som diskuteras är de ventilationstekniska, inte de klimattekniska, vilka senare endast berörs för att belysa orsakssammanhang. Vidare förutsätts att ingen förorening av luften sker från smuts i kanalsystemet.

Frånluftens uppgift är först och främst att begränsa spridningen av föroreningar och att transportera bort föroreningar. Den skall därför tas där föroreningskoncentrationen är störst. Ibland skapar luftföringen i rummet, den kombinerade verkan av till- och frånluftssystem, förutsättningar för anrikning av föroreningar. Om detta används så, att koncentrationen ökar i närheten av frånluftsdonet fås en bättre borttransport av föroreningarna.

Tilluften förutsätts vara ren och skall därför om möjligt tillföras direkt till andningszonen. I övrigt kan tilluftens uppgift sägas vara att späda ut föroreningar. Tilluften är ventilationsteknikerns medel att söka säkerställa att koncentrationen av föroreningar ingenstans blir för hög.

Cirkulationsluft är benämningen på luft som tas från en lokal och sedan återförs till samma lokal. Motivet kan vara rening av luften eller temperaturstyrning. Om luften renas medför cirkulationen en förbättring av den genomsnittliga luftkvaliteten i lokalen med avseende på de ämnen som avskiljs. En följdverkan av drift med cirkulation kan dock bli att ventilationseffektiviteten försämras genom ökad omblandning. Detta påverkar fördelningen av kvarvarande föroreningar i rummet.

Kanaler som passeras av luft som skall återföras har ofta visat sig vara förorenade. Detta kan medföra att föroreningar från kanaler tillförs rummet. Kanalerna bör därför rensas regelbundet.

Återluft benämns den luft som tas från flera lokaler, blandas och sedan återförs till lokalerna. Skillnaden gentemot cirkulationsluft är alltså blandningen, som kan medföra att föroreningar som alstrats i ett rum överförs till ett annat.

Blandningen av luft från rummen i återluftszonen medför att ventilationseffektiviteten för hela återluftszonen närmar sig ett. Om zonen hade bestått av en enda lokal skulle ventilationssystemet ha givit funktionen omblandande ventilation.

Återluft medför att den skyddande verkan av rummets väggar mot luftutbyte med andra rum försvinner. Särskilt då återluften blandas med uteluft och förs till rummen som tilluft (vilket är det vanligaste) kan systemet uppfattas som oetiskt. Den förment rena ventilationsluften är inte ren utan kanske bemängd med grannens tobaksrök, som man stängt dörren om sig för att slippa. Dessa och liknande argument talar mot bruket av återluft.

För användning av återluft talar dock att om den renas blir resultatet att luftkvaliteten genomsnittligt höjs inom återluftszonen. För att underlätta analysen av inverkan av filterrad återluft i olika fall har en enkel beräkningsmodell uppställts, se bilaga 2. Utgångspunkten i modellen har varit konstant uteluftsflöde och ett därutöver tillfört återluftsflöde.

För rena rum kan man konstatera att den nedsmutsande verkan av återluft blir störst då återluftsflöde och uteluftsflöde är ungefär lika stora, något som ofta förekommer i praktiken. Man kan också observera att återluft kan vara ett effektivt medel att skydda sig mot t ex damm (eller gaser, jfr skyddsrumsventilation) i uteluften.

2.7 Behovsanpassat luftflöde

I avsnitt 2.5 påpekas att s k förträngningsventilation i en lokal kan medföra att tilluft tillförs föroreningskällorna i proportion till behovet under förutsättning att värmeutveckling och föroreningsalstring är proportionella. Konvektionsströmmarna kommer då att arbeta som transportfordon för föroreningarna.

I en ventilationszon med flera rum måste flödet i kanalerna till varje rum kunna ändras för att motsvarande verkan skall uppnås. Några olika typfall kan därvid särskiljas:

1. Manuell flödesändring
2. Automatisk flödesändring
3. Ändring av totalflödet
4. Konstant totalflöde med omfördelning

Det vanligaste fallet är kanske omfördelning mellan olika rum av ett "konstant" totalluftflöde. Exempel på detta är omfördelning av tilluft från vardagsrum till sovrum i en bostad nattetid. Ett annat enkelt exempel är forcering av frånluftsflödet i badrum i frånluftsventilerade bostäder.

Begreppet "behovsstyrd ventilation" har kommit att förknippas med FT-system där luftflödet varierar automatiskt utöver ett basflöde. Detta sker i enklaste fallet för en hel zon. Då behövs bara en givare, placerad i frånluften. Detta system säkerställer dock på intet sätt luftkvaliteten i de enskilda rummen. Snarast tenderar den att sänka kvaliteten om enstaka rum är hårt belastade, eftersom projektören nyttjar den automatiserade driften som försvar för att välja lägre marginaler.

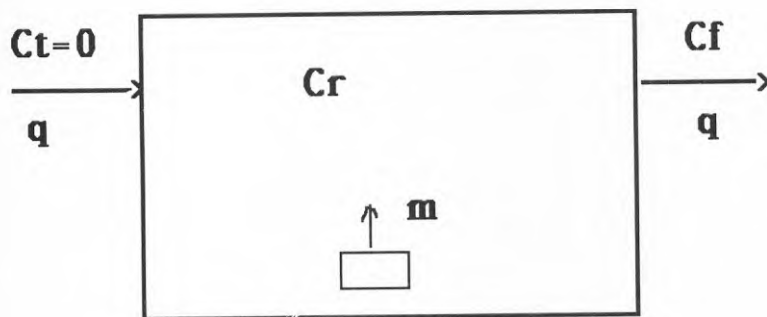
Verkligt behovsanpassad ventilation måste givetvis innebära att varje rum tillförs luft efter sitt behov och att frånluftsflödet ändras på motsvarande sätt. Ett avgörande problem är typ och placering av sond. Vilken förorening skall få styra luftflödet? Var skall sonden placeras? Priset på sönerna har hittills varit en begränsande faktor.

Koldioxid (CO₂) har ofta använts som den flödesstyrande föroreningen, i analogi med hypotesen att föroreningar från människan varit den dimensionerande faktorn. Detta är emellertid en alltför förenklad bild, eftersom material och processer kan avge föroreningar efter andra mönster än de som fås av närvarande personer.

2.8 Ventilationssystemets effektivitet

I avsnitt 2.5 har luftföringsprinciper i rum behandlats. I detta avsnitt skall beskrivas hur dessa principer kan kvantifieras. Som hjälpmedel för beskrivningen används de två begreppen ventilationseffektivitet och luftutbyteseffektivitet.

Begreppen förtydligas bäst genom att man utgår från ett enkelt fall, ett tätt rum med ett tilluftsdon, ett frånluftsdon och en föroreningskälla, se figur 2.4. Det förutsätts att jämvikt råder och att all förorening som avges i rummet måste föras bort med frånluften (sedimentation, vidhäftning, kemiska reaktioner etc som kan åstadkomma lagring eller frigörelse antas alltså ej förekomma).



q	= luftflöde	m^3/s
m	= föroreningsalstring	kg/s
C_f	= föroreningskoncentration i frånluften	kg/m^3
C_r	= föroreningskoncentration i rumsluften, medelvärde	kg/m^3
C_t	= föroreningskoncentration i tilluften, förutsätts vara 0 för den studerade föroreningen	kg/m^3

Figur 2.4, Ventilerat rum med föroreningskälla.

För koncentrationen i frånluften gäller med dessa förutsättningar:

$$C_f = \frac{m}{q}$$

m är alstringen av förorening i lokalen, (kg/s)
q är frånluftsflödet, (m³/s)

Koncentrationen C_f i frånluften är alltså oföränderlig vid givna värden på m och q. Koncentrationen C_r , rumsmedelvärdet, är däremot beroende av hur föroreningen avges och på hur luften strömmar i rummet:

$$C_r = \frac{M}{V}$$

M är rumsluftens totala innehåll av förorening, (kg)
V är rummets luftvolym, (m³)

2.8.1 Ventilationseffektivitet

Självfallet vill man ha så lågt värde som möjligt på C_r . En metod att åstadkomma detta är att undersöka hur koncentrationen av förorening varierar i rummet och placera frånluftsdonet där koncentrationen är högst. Då ligger koncentrationen i rummet i övrigt på en lägre nivå. Det mått som används för att beskriva hur man lyckats är ventilationseffektiviteten $\langle \epsilon \rangle$ för rummet:

$$\langle \epsilon \rangle = \frac{C_f}{C_r}$$

$\langle \epsilon \rangle = 1$ innebär att medelkoncentrationen i rummet är densamma som koncentrationen i frånluften.

$\langle \epsilon \rangle > 1$ innebär ett väl fungerande system

$\langle \epsilon \rangle < 1$ innebär ett mindre väl fungerande system

Fallet med $\langle \epsilon \rangle = 1$ används ofta som referensvärde, bl a eftersom det är enklast att räkna med detta värde vid dimensionering. Värdet på $\langle \epsilon \rangle$ beror på föroreningskällans placering. Två extremfall kan anges:

- a) Föroreningskällan finns i eller invid frånluftsdonet
- b) Föroreningskällan finns i tilluftsdonet

Om fall a) föreligger kan föroreningarna i bästa fall bortföras utan att spridning till rumsluften sker. Ventilationseffektiviteten $\langle \epsilon \rangle$ får då ett mycket högt värde eftersom Cr blir nära noll. Detta är principen för punktutugning. Normalt kan dock en punktutugning inte fånga in alla föroreningarna. När man diskuterar allmänventilationens effektivitet brukar man därför endast räkna med den andel av den totala föroreningsavgivningen som verkligen tillförs rumsluften. Detta ger ett mera användbart mått på ventilationseffektiviteten.

Om fall b) föreligger kommer tilluften redan när den tillförs att vara uppblandad med föroreningen och ha koncentrationen

$$C_f = \frac{m}{q}$$

För detta fall blir således föroreningskoncentrationen konstant i hela lokalen och därmed $\langle \epsilon \rangle = 1$. Från teknisk synpunkt är detta fall speciellt, men det är ändå en god illustration av utspädnings-ventilationens princip: Om föroreningarna inte kan fångas in, späd ut dem så att hälsovådlig koncentration undviks. Man offerar chansen till hög ventilationseffektivitet men vinner ökad säkerhet mot att alltför hög koncentration kan uppstå lokalt i vistelsezonen.

I en industrilokal med många föroreningskällor i vistelsezonen kan det vara svårt att på ett effektivt sätt späda ut föroreningarna. Blandning av luftflöden är som bekant inte alltid så lätt att åstadkomma. Om blandningsförloppet misslyckas är det risk att luftströmmen transporterar föroreningarna till grannens andningszon.

Dålig ventilationseffektivitet ($\langle \epsilon \rangle < 1$) erhålls om föroreningar avges i en del av lokalen där luftutbytet är mindre än det genomsnittliga och därmed också utspädningen sämre än genomsnittet. Samma förhållande uppstår om föroreningar transporteras utspädda till en sådan del av lokalen. En sådan zon karakteriseras av att den endast är indirekt ventilerad. Om man jämför med en

lägenhet motsvarar zonen ett rum som inte har vare sig tillufts- eller frånluftsdon och som endast har EN strömningsväg till resten av lägenheten, t ex en dörröppning eller ett överluftsdon.

Om inga föroreningar avges i ett sådant rum uppstår inte heller någon hög koncentration. Om å andra sidan föroreningar avges blir följdén hög koncentration, om inte det indirekta luftutbytet med resten av lägenheten är mycket stort.

2.8.2 Luftutbyteseffektivitet

Ventilationseffektiviteten blir mindre än 1 (ett) i följande två fall:

- a) Delar av lokalen har dåligt luftutbyte
- b) Föroreningsavgivning sker i lokaldelar med dåligt luftutbyte

Eftersom zoner av detta slag kan innebära en potentiell risk för dem som vistas där, är det värdefullt att mäta det lokala luftutbytet. Men också det genomsnittliga luftutbytet i hela lokalen ger en information om eventuella dåligt ventilerade zoner. Ett sätt att söka bedöma detta är att använda ventilations-effektiviteten för specialfallet att föroreningen avges likformigt i hela lokalens luftvolym.

Man kan därvid göra följande tankeexperiment:

Hela rumsvolymer antas indelad i ett stort antal delvolym, dV , var och en med en egen föroreningskälla, dm . Man tänker sig vidare att varje delvolym är utan förbindelse med övriga delvolym och att luftutbytet i lokalen sker genom att delvolym byts. Man inser att koncentrationen av förorening i en delvolym i detta speciella fall kommer att öka i proportion till den tid som delvolymen befunnit sig i rummet. C_r blir alltså i detta fall samtidigt ett mått på rumsluftens genomsnittliga uppehållstid i rummet.

På motsvarande sätt blir C_f ett mått på frånluftens genomsnittliga uppehållstid i rummet, dvs ett mått på den tid luften befunnit sig i rummet innan den passerar ut genom frånluftsdonet.

Frånluftens genomsnittliga uppehållstid i rummet blir dock alltid

$$T_n = \frac{V}{q}$$

V är rumsvolymen (m³)
 q är luftflödet genom rummet (m³/s eller m³/h)

T_n är den nominella tiden för ett luftutbyte.

Liksom C_f alltid har ett fixt värde bestämt av m och q, är T_n alltid fixt och bestämt av V och q. En delvolym med stor uppehållstid kompenseras då i jämvikt av en annan delvolym med kortare uppehållstid.

För specialfallet med jämnt fördelad föroreningskälla kan man naturligtvis tänka sig en situation med mycket hög medelkoncentration C_r. Detta innebär samtidigt en lång genomsnittlig uppehållstid för rumsluften. Denna verkan kan fås vid ett system där tilluften går direkt till frånluftsdonet ("kortslutning").

Vilket är det lägsta tänkbara värdet på C_r för specialfallet? Jo, det värdet erhålls då strömningen är sådan att alla delvolymen i frånluften har större föroreningskoncentration (längre uppehållstid) än någon delvolym som ännu befinner sig i rummet. För att detta skall uppnås får alltså ingen omblandning av luften ske, och luften måste hela tiden röra sig åt samma håll, från tilluftssidan till frånluftssidan. Man brukar kalla denna strömningstyp kolvströmning. Här stiger koncentrationen i rumsluften rätlinjigt längs strömningsvägen. Man får alltså:

$$C_r = \frac{C_f}{2} \quad \text{och} \quad \langle \epsilon \rangle = 2$$

Ventilationseffektiviteten blir ett mått på hur effektivt luftutbytet är om den beräknas för fallet med jämnt fördelad föroreningskälla. För detta fall motsvarar $\langle \epsilon \rangle$ kvoten mellan frånluftens medeluppehållstid i rummet och rumsluftens medeluppehållstid. Detta värde kan maximalt bli 2. Till skillnad från det allmänna fallet för ventilationseffektivitet, med en godtyckligt placerad föroreningskälla, har alltså detta specialfall ett övre gränsvärde. Detta gör att det har karaktär av verkningsgrad. För att framhäva detta har Nordiska Ventilationsgruppen (NVG) rekommenderat att värdet skall normaliseras genom division med 2. Det så erhållna värdet benämns luftutbyteseffektivitet och ges beteckningen ϵ_a .

Luftutbyteseffektiviteten kan således tecknas:

$$\epsilon_a = \frac{T_n}{2 * \langle T \rangle}$$

Här är

T_n = den nominella luftutbyteseffektiviteten (V/q)
 $\langle T \rangle$ = rumsluftens medeluppehållstid i rummet

Det lägsta värde som $\langle T \rangle$ kan få är $T_n/2$, vilket erhålls för kolvströmning. ϵ_a är alltså kvoten mellan rumsluftens medeluppehållstid vid kolvströmning och medeluppehållstiden i det aktuella fallet.

2.9 Teknisk-ekonomisk systemlösning

Byggnadshöljets täthet (frihet från otätheter) och värmeegenomgångsmotstånd samt byggnadens energilagring förmåga har stor betydelse. Det är omöjligt att uppnå goda inneklimatförhållanden ens med den mest avancerade installation om byggnaden är behäftad med svåra fel. En lösning som ger goda driftresultat och ekonomi på sikt (låg livstidskostnad) kräver kvalitet på byggnaden likaväl som på installationerna och på drift och underhåll.

Ventilationssystemet skall bidra till att ett bra inneklimat skapas och upprätthålls. Häre ingår att åstadkomma god luftkvalitet speciellt under de perioder som personer vistas i den behandlade byggnaden eller lokalen.

Exempel på system för individuell anpassning av luftflöde är:

- * Tvåkanalssystem som hjälpmedel för att skapa individuellt valbart uteluftsflöde
- * Tvåkanalssystem som hjälpmedel för att skapa individuellt anpassbart frånluftssystem för riskrum (rökrum)

2.10 Kvalitetssäkring, certifiering

Kvalitetskontroll och styrmedel för att upprätthålla kunskap och etik inom kontrollverksamhet är av stor betydelse för en långsiktig god funktion hos alla typer av system, inklusive ventilationssystem. I det följande ges ett par exempel på arbete som direkt anknyter till det i denna skrift framförda kravet på strategiskt tänkande.

Inom ISO, the International Standardisation Organisation, har ISO TC 176 som ansvarsområde att sammanställa standarder avseende kvalitetssäkring och kvalitetssystem. Med kvalitetssäkring avses ett system för kontroll av produkters kvalitet inbegripande kontroll i alla led av produktionskedjan. De företag som kan dokumentera att de är lämpligt organiserade och har tekniska och personella resurser för att på betryggande sätt driva kvalitetskontroll kan efter ansökan bli certifierade av Sveriges standardiseringskommission.

Inom VVS-tekniska Föreningen har startats ett arbete med certifiering av ventilationstekniker som arbetar med injustering av ventilationssystem. VVS-kvalifikationscertifikat är ett bevis som utfärdas för att visa att en person uppfyller vissa fastställda krav på kunskap och erfarenhet inom ett angivet teknikområde. Certifieringen medverkar till en bättre kvalitet genom att:

- underlätta för den enskilde att styrka sin kompetens
- underlätta för byggherren att kunna ställa krav på att certifierad personal används
- underlätta för entreprenören att visa att kvalificerad personal används

Innehavare av certifikat skall sträva efter att inom sitt teknik- och ansvarsområde alltid utföra ett korrekt arbete med ändamålsenliga metoder. Protokoll och bedömningar i anslutning till utfört uppdrag skall grundas på utförda mätningar och på certifikatinnehavarens yrkeskunskap och etablerad praxis i branschen.

2.11 Sammanfattning av strategiska krav

Inneklimatet bestäms av dels termiska, dels övriga hygieniska faktorer. I detta dokument behandlas i huvudsak endast de hygieniska faktorerna, dvs sådana faktorer som påverkar luftens renhet och fuktighet. I det följande ges i tabell- och punktform de

sammanfattande slutsatser och förslag som framkommer ur övriga kapitel i dokumentet.

2.11.1 Förslag till luftflöden (uteluft) i normalfall

Typ av lokal	Typ av funktion	Styrt luftflöde				Anm. 2)
		Min.oms 1/h	Min. 1/(p.s)	Normal 1/(p.s)	Forc. 1/(ps)	
BOSTAD	Kök	2,0	-	-	-	Överluft
	Badrum	8,0	-	-	-	Överluft
	Sovrum	0,5	8	10	3)	
	Vardagsrum	0,5	8	10	3)	
HOTELL	Hotellrum	0,5	8) 10	20	40	7)
KONTOR	Arbetsrum	0,5	8	15	30	4) 5)
	Sammantr. rum	0,5	8) 10	20	30	4)
	Kommunik. utrymme	0,5	-	-	-	
	Övr.lokal där personer vistas	0,5	10	20	30	4)
	Arkiv	0,5	-	-	-	
SAML.-	Teater- salong	0,2	10	20	40	4)
LOKAL	Förrum	0,2	10	20	40	4)
	Restaur.	0,5	10	20	40	4)
	Servering	0,5	10	15	20	4)
SKOLOR	Klassrum	0,5	8	10	20	6)
	Idrotts hall	0,2	8	20	40	
	Barnstuga	0,5	8	10	20	

1) När lokalen är obemannad

2) Av minsta luftflöde

3) Styrd lufttillförsel till vistelse lokal bör anordnas

4) För borttransport av bl a värmeöverskott, stoft och gaser

5) Max. 50% under period då utetemperaturen är < +5 °C, annars 0% (vanligen under perioden december -mars) 6)

Forcering med fönstervädning förutsätts

7) 60 l/(p.s) där t ex rökning tillåts

8) 1 oms/h om rökning tillåts

Kommentarer till tabellen på föregående sida:

- 1) Luftflöde för lokal där rökning tillåts skall vara lägst 20 l/(p,s) eller det högre värde som kan erfordras för att luftflödet 30 l/(cigarrett,s) ej skall underskridas.
Ex.: Rökning av 3 cigaretter per timme ger ett ventilationsbehov, räknat som uteluft, av 90 l/s.
- 2) Vid projektering skall luftflöden väljas med sådan marginal, att högst 2 % av rummen vid mätning beräknas falla under angivet driftluftflöde, mätfelet inberäknat.
- 3) Det är väsentligt att endast sådana material används som har låg emission av föroreningar och liten benägenhet att adsorbera tillförda partiklar och gaser. Angivna värden har baserats på denna förutsättning.

2.11.2 Krav på luftrenhet

Nedan anges högsta riktvärden för några vanligt förekommande luftföroreningar.

Ämne	Tidvägt medelvärde	Vägningstid	Källa	
Kolmonoxid	100 mg/m ³	15 min	WHO 1987	
	60 -"-	30 min		
	30 -"-	1 h		
	10 -"-	8 h		
Koldioxid	1500 mg/m ³	-	WHO+SNV 87	
Kvävedioxid	400 µg/m ³	1 h	WHO 1987	
	150 -"-	24 h		
	190 µg/m ³	1 h		SNV 1987
	100 -"-	24 h		
Svaveldioxid	50 -"-	vinterhalvår	WHO 1987	
	500 µg/m ³	10 min		
	350 -"-	1 h		WHO+SNV 87
	tills. med	24 h		
	partiklar	50 -"-		1 år
50 -"-	vinterhalvår	SNV 1987		
Ozon	200 µg/m ³	1 h	WHO 1987	
	120 -"-	8 h		
Formaldehyd	100 µg/m ³	30 min	WHO 1987	
Styren	70 µg/m ³	30 min	WHO 1987	
Toluen	1 mg/m ³	30 min	WHO 1987	
Radondöttrar	100 Bq/m ³	1 år	WHO 1987	

WHO = WHO Europe Air Quality Guidelines, 1987.

SNV = Statens Naturvårdsverk, i vissa fall avvikande från WHO. För ämne som saknar svenska gränsvärden för den allmänna miljön rekommenderar Svensk Byggnorm 1/20 av yrkeshygieniskt gränsvärde enligt Arbetarskyddsstyrelsen.

Not 1: Underlag för krav finns i Svensk Byggnorm och i gränsvärdeslista utgiven av Arbetarskyddsstyrelsen. Se också WHO "Air Quality Guidelines for Europe", 1987, och IEA Annex IX, "Minimum Ventilation Rates".

Not 2: Varning för tätt placerade kopiatorer och laser-skrivare i dåligt ventilerade rum utan anpassad punkt-utsugning.

Enligt WHO Europe (1984):

"The application of industrial threshold limit values to nonindustrial occupational and residential spaces is inappropriate. Different, more appropriate guidelines should be developed for such spaces."

2.11.3 Krav på låg luktnivå

I avvaktan på bättre metoder att ange luktnivå baserad på närvaro av personer kan ett högsta tillskott i CO₂-halt i lokal på 700 ppm (över koncentration i tillförd uteluft) användas.

2.11.4 Krav på styrning och rengörbarhet

- 1) Luftflöde skall styras så att avsedd ventilation erhålls inom ett rum eller inom en avgränsad del därav, oberoende av vind- och temperaturförhållanden.

En konsekvens härav är att utveckling av ventilations-system för variabelt flöde (VF-system) erfordras.

- 2) Återluft skall normalt ej användas. Om återluft ändå övervägs skall observeras att återluft ej får tas från lokal i vilken rökning tillåts, ej heller från lokal i vilken andra gaser, ångor eller stoft frigörs, såvida icke tillfredsställande rening (filtrering, tvättning) kan åstadkommas med stor säkerhet. Jfr "Det sunda huset", BFR G20:1987.
- 3) Alla delar i ett ventilationssystem skall vara åtkomliga för rengöring och möjliga att rengöra, om det inte kan påvisas att rensbarhet inte erfordras. I sistnämnda fall skall ständig luftcirkulation upprätthållas. Kanaler bör vara utbytbara.

- 4) Tilluftsdon för tillförsel av uteluft till rum direkt från det fria skall vara försett med filter och reglerdon för luftflödet.
- 5) Fuktning av luft skall normalt ej ske. Jfr "Det sunda huset", BFR G20:1987.

2.11.5 Krav på drift-, underhålls- och funktionskontroll

En regelbunden kontroll är det bästa hjälpmedlet att upprätthålla god funktion till lägsta årskostnad under byggnadens livstid.

Praktiskt taget alla byggnader har installationer som för den oinvigde är omöjliga att genomskåda. Personal för drift och underhåll byts med mer eller mindre tätta intervall. Erfarenhetsöverföringen blir ofta bristfällig. Skriftlig dokumentation är därför ett nödvändigt men inte tillräckligt kriterium för att god funktion skall kunna bibehållas.

Utöver dokumentationen fordras också utbildning (grundutbildning och successiv fortbildning) av personalen, både den tekniska och den administrativa. Härtill kommer, eftersom alla har en tendens att bli hemmablinda, att en utomstående expert med vissa mellanrum bör anlitas för revision (jämför den ekonomiska revision som krävs enligt aktiebolagslagen). Härigenom kan personalen tillföras nya kunskaper och få hjälp med att rätta till eventuella fel och brister i byggnaden (och hos sig själv).

3. HYGIENISKA OCH TEKNISKA FUNKTIONSKRAV

3.1 Hygieniska krav

3.1.1 Inledning

Ett grundläggande krav för ventilationen är att den skall åstadkomma det luftflöde som erfordras för människans andning.

En vilande människa förbrukar cirka 20 liter syre per timme och avger ungefär lika stor mängd koldioxid. Om halten koldioxid i inandningsluften överstiger ca 2 % blir man andfådd genom att andningscentrum påverkas. Vid högre koldioxidhalt får man huvudvärk och blodtrycksstegring.

Det luftflöde per person i vila som erfordras för att koldioxidhalten skall hållas under 2 % är cirka 0,3 liter per sekund (0,3 l/(p.s)). Detta värde kan alltså anses utgöra minimiventilation för överlevnad. Syrebrist på grund av bristande ventilation är inte avgörande eftersom koldioxidförgiftning inträder tidigare. Öppen förbränning (i t ex värmekaminer) inomhus kan dock vara mera känslig för syrehalten i luften än människan. Många husvagnsolyckor har skett genom att kaminen på grund av syrebrist gett upphov till kolmonoxid.

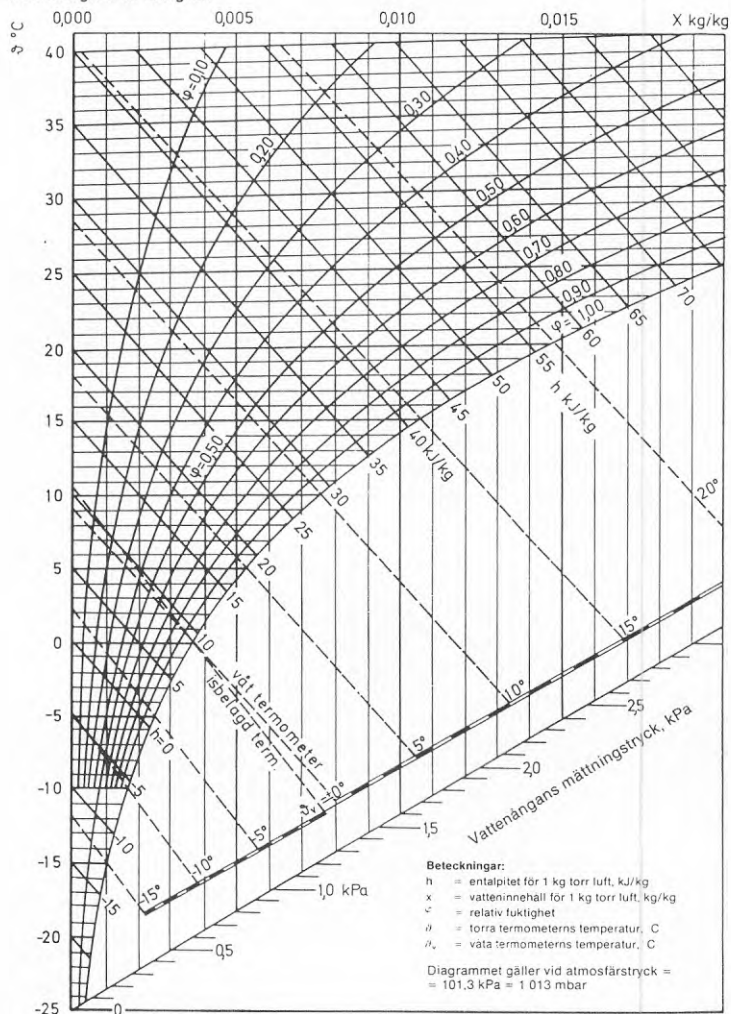
Minimiventilation tillämpas endast under extrema förhållanden, t ex i skyddsrum. Det yrkeshygieniska gränsvärdet för koldioxid är 0,5 %, vilket motsvarar ett uteluftsflöde av ca 1 l/(p.s) vid vila. Förslag på erforderliga ventilationsluftflöden ges i tabell 2.11.1.

Vid en given temperatur kan luften inte innehålla mer än en viss mängd vattenånga. Man säger att luften är mättad med vattenånga. Vattenångans deltryck är då lika med mättningsdeltrycket. Det relativa ångtrycket (ofta benämnt den relativa fuktigheten) i luft som inte är mättad med vattenånga fås ur kvoten av aktuellt deltryck för vattenångan och mättningsdeltrycket vid samma temperatur.

Luftens förmåga att hålla vatten i ångform varierar med tryck och temperatur. Ett av ventilationsteknikerns viktigaste hjälpmedel för studium av luftbehandlingsförlopp är det s k xh-diagrammet, i vilket sambandet mellan luftens vatteninnehåll och energiinnehåll visas.

Ett diagram för rumstemperaturområdet vid normalt luftryck visas i figur 3.1.

Mollierdiagram för fuktig luft



LVS-HANDBOKEN

x = Luftens fukttinnehåll kg/kg
 h = Luftens entalpi kJ/kg
 φ = Luftens relativa fuktighet %
 Vid 100% rel.fukt. fälls vattenånga ut ur luften.

Figur 3.1, Tillståndsdigram (xh -diagram) för fuktig luft.

Vattenångbalansen inomhus är beroende av uteluftens temperatur och relativa ångtryck, inneluftens temperatur, fukttillskottet inomhus och ventilationsluftflödets storlek. Fukttillskott inomhus orsakas av avdunstning från människor, djur och växter, disk, tvätt, dusch, matlagning, avsiktlig fuktning av luften.

Fukt lagras i alla hygroskopiska material, såsom byggnadsmaterial, inredning och kläder men också människans hud. Förändring av ångtrycksbalansen mellan ett hygroskopiskt material och den omgivande luften medför en fuktvandring. Om fukt avges till luften genom övergång från vätska till ånga blir följden en avkylning. Värme för avdunstning tages bl a från materialet. En person som flyttar sig från ett rum med hög luftfuktighet till ett med låg luftfuktighet förnimmar en avkylning, även om lufttemperatur och strålnings-temperatur är lika i de två rummen. Verkan av skillnad i luftfuktighet jämnas ut efter en tid. Vid långvarig vistelse i ett rum har luftfuktigheten obetydlig inverkan på värmebalansen om arbetsbelastningen är måttlig och temperaturen normal.

Människans förmåga att avgöra luftens vatteninnehåll är dålig. Torr luft i ett rum kan dock indirekt ge upphov till obehag genom att dammhalten i luften ökar och att den elektrostatiska uppladdningen av människan och omgivningen blir starkare. Klagomål på "torr luft" försvinner i många fall om lufttemperaturen sänks med någon grad Celsius. När lufttemperaturen sänks ökar luftens relativa fuktighet och minskas dess innehåll av stoftpartiklar. Dessutom minskar avgivningen av slemhinneerätande ämnen från ytmaterial, t ex formaldehyd.

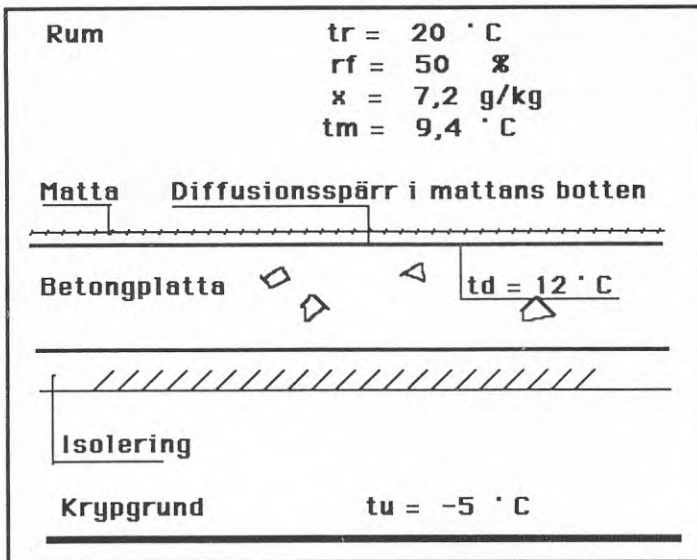
Vid låg lufttemperatur underlättas näsans förmåga att tjänstgöra som funktåtervinnare. De ytor som kylts av inandningsluften kommer nämligen att arbeta som kondensationsytor för vattenågan i utandningsluften.

3.1.2 Erfarenhetsunderlag

Fältstudier i Danmark och Sverige visar, att hög luftfuktighet ökar risken för tillväxt av mögel och dammkvalster, vilket kan medföra bl a allergiproblem. Det relativa ångtrycket i smala spalter och vid tunna fibrer kan vara väsentligt högre än det som uppmättes i rumsluften (jämför undersökningar av korrosion på stål).

Det relativa ångtrycket kan också vara högre än i rumsluften intill en diffusionsspärr som är skild från rumsluften genom ett värmeisolerande skikt (se figur 3.2). Heltäckande mattor kombinerar de båda angivna olägenheterna om golvet vetter mot ett kallare utrymme än rummet och är därvid olämpliga. Härtill kommer att

mattornas ytförstoring möjliggör ansamling av kondenserbara ämnen samt partiklar och kvalster. Rumsluftens relativa ångtryck bör mot bakgrund av allmänt förekommande mikroklimatiska avvikelser i rum inte under längre tid överstiga 40 % i omgivning där tillväxt av dammkvalster eller mögel kan befaras. Vattenutfällning kan ske även om rumsluftsförhållandena inte är extrema. I exemplet nedan sker kondensation vid ett relativt ångtryck av 80 % om kapillärdiametern är cirka 10 nanometer (7 g vatten per kg torr luft ger 80 % relativ fuktighet vid 12 °C).



Figur 3.2, Kapillärkondensation vid en diffusionsspärr.

Olämpligt utformade eller dåligt skötta luftfuktare kan bli tillväxtplats för mikroorganismer av olika slag och orsaka "luftfuktarsjuka". Observera också att luftfuktare som arbetar med förstoftning av icke avsaltat vatten sprider saltpartiklar i luften som kan utgöra bärare av mikroorganismer.

3.1.3 Lukt

Ventilationsbehovet i bostäder och arbetslokaler har, när tillförsel av luktande föroreningar inte beror på någon process eller hantering, oftast bestämts med utgångspunkt i "luktkriteriet". Tillförseln av lukttämen till luften i en byggnad sker främst från människor och djur men också i viss mån från byggnaden själv (bl a ytmaterial). Detta behandlas längre fram i detta avsnitt.

I Svensk Byggnorm anges ventilationsbehovet med hänsyn till kroppslukt. För att kroppslukten i en lokal skall hållas på en "måttlig" nivå har man ansett ett uteluftsflöde mellan 3 och 15 l/(p.s) erforderligt, varvid det lägre värdet gäller för större lokal. För skolor, bostäder och liknande byggander har man erfarenhetsmässigt rekommenderat uteluftsflöden som minst uppgår till 4 - 5,5 l/(p.s). För lokaler där flera människor vistas krävs ofta större luftflöden, men luktnivån faller endast långsamt med stigande ventilationsgrad. I allmänhet har man räknat med ventilationsluftflöden inom området 5 - 10 l/(p.s). Som framgår av tabell 2.11.1 rekommenderar vi idag väsentligt högre flöden (10 - 40 l/(p.s)).

Om speciella ämnen, t ex irriterande ånga eller tobaksrök, tillförs rumsluften, kan flerfaldigt större luftflöden än ovan angivna krävas. Ofta är det därvid inte lukten utan behovet av att begränsa gas- och stoftkoncentrationen i luften som avgör ventilationsbehovet (eller behovet av filtrering, om föroreningarna kan avskiljas med filter).

Det har visat sig svårt att hitta en objektiv, fysikaliskt eller kemiskt grundad indikator på luftkvalitet i ventilerade byggnader. En möjlighet är då att utgå från den faktor som oftast orsakar klagomålen över dålig luftkvalitet, nämligen lukten. Krav på luftflöde för ventilation har sedan 1930-talet baserats på vad som krävs för att personer som kommer in i en lokal inte skall tycka att det luktar illa i lokalen. Det är alltså följdriktigt att använda lukt som kriterium på luftkvalitet. Man kan då använda samma metoder som används i andra komfortsammanhang. Observera dock att det är omöjligt då det gäller lukt att använda stationära värden på sinnesintrycket eftersom en snabb tillvänjning sker. I stället använder man det spontana intrycket.

Ole Fanger (1987) har föreslagit ett relativt mått på luftkvalitet som baseras på spontant luktintryck. Basen för systemet är luktavgivningen från en normalperson, som definieras efter de genomsnittsvärden som legat till grund för de tidigare luftflödesrekommendationer som Fanger publicerat. Fanger har infört benämningen OLF (Olfactory Unit) för denna enhet.

Vid tillämpning av kriteriet på 20 kontorshus i Köpenhamn har det visat sig att inredning och även tilluft från ventilationssystemet stått för en större luktbelastning än de personer som vistades i lokalerna. Fanger har därför antagit att en orsak till fenomenet "sjuka hus" helt enkelt är att ventilationsluftflödet varit för litet genom att det baserats på antalet personer som skall vistas i lokalen och ej beaktat hänsyn till luktbidraget från inredning och kanaler.

KONSTATERADE PROBLEM

(Fanger, VVS 3/1988)

Luktande föroreningar kommer till större delen från annat än personer:

Ventilationssystem	58	[25 l/(p.s)]
Rökning	35	
Inredning	28	
Personer (17 st)	17	

Summa	138	[4 l/(olf.s)]

Figur 3.3, Källor för luktande föroreningar

Styrkan med OLF-kriteriet är att det ansluter väl till tidigare praxis, att det ger möjlighet att kvantifiera och jämföra lukt från olika källor och att det utgår från människans skyddsmekanism för att upptäcka dålig luftkvalitet. Svagheten är att det långt ifrån är ett mått på alla skadliga luftföroreningar som finns, eftersom många icke luktande föroreningar med stor skadlighet förekommer, t ex radon. Den tillämpning av begreppet som skett har bringat i blickpunkten faktorer av stor betydelse, såsom föroreningar i inredning och ventilationskanaler. Botemedlet är dock klassiskt, nämligen att avlägsna föroreningskällorna eller öka luftflödet.

3.1.4 Människans värmebalans

Människans värmebalans vid vistelse inomhus påverkas av ett flertal faktorer, varav de viktigaste är:

Aktivitet	(ansträngningsnivå)
Klädsel	(isoleringsnivå)
Lufttemperatur	(konvektiv värmeavgivning)
Medelstrålningstemperatur	(strålningsvärmeavgivning)
Luftrörelse	(konvektiv värmeavgivning)
Strålningsassymmetri	("drag")
Temperaturgradient i höjddled	
Ytemperatur	(värmeavgivning gm ledning)
Diffusionstäthet	("sitsfukt")

Värmeavgivningen från människokroppen fördelas i vila eller lätt arbete på ungefär följande sätt:

Konvektion	40 %
Strålning	40 %
Åv dunstning	18 %
Ledning	2 %

I någon liten utsträckning kan luftens relativa ångtryck påverka värmebalansen. Värmeavgivningen påverkas därvid av i huvudsak ångtrycksskillnaden och lufthastigheten. Viss kompensation fås genom att näsan fungerar som fukt- och värmeåtervinnare med bättre verkan ju kallare inandningsluften är.

Vattenångans deltryck i luft av rumstemperatur uppgår till cirka 0,5 - 1,0 kPa (vid 20 °C, 20 % resp. 50 % rel. ångtryck) medan vattenångtrycket vid hudytan är cirka 4,5 kPa och i utandningsluften cirka 6,5 kPa.

För person i vila utgör värmeavgivning genom avdunstning knappt 20 % av total värmeavgivning från människo-kroppen. Den variation i kroppens totala värmeavgivning i vila som kan uppstå på grund av ändring av relativa ångtrycket med 10 procentenheter uppgår därför till högst 1 %, vilket knappast torde vara förnimbart. Vid ökad kroppsansträngning och värmebelastning ökar dock avdunstningens betydelse, bl a genom svettning.

Om människan betraktas som ett kalorimeterkäril kan följande gränsvärden för energiinnehållet i en kropp med massan 75 kg beräknas:

Människans energibalans

Temperatur läge	Hud-temp. mv °C	Rektal-temp. °C	Energi-innehåll kJ	Rel.energi innehåll %
Övre livsgräns	43	43	10500	119
Opåverk. rektaltemp	36,5	37	9000	102,5
- " -	34	37	8800	100,0
- " -	31,5	37	8500	96,7
Undre livsgräns	17	25	5400	62

För att komfortkriterierna inte skall överskridas får energiinnehållet inte avvika mer än högst ca 1 % från normalvärdet. Eftersom energiinnehållet inte utgör ett relevant mått på komfort måste mätning av andra storheter ske vid bestämning av komforten.

3.1.5 Värme- och kylbehov

Luftens specifika värmekapacitet är cirka 1,0 kJ/kg. För vatten är motsvarande värde cirka 4,2 kJ/kg. Räknet per volym har luft en specifik värmekapacitet av cirka 1,2 kJ/m³ medan vatten har cirka 4200 kJ/m³. Luft är därför en dålig värmebärare jämförd med vatten. Detta kan emellertid kompenseras genom att ett större flöde väljs. I äldre byggnader är detta ofta inte möjligt, dels på grund av utrymmesbrist, dels på grund av risk för luftrörelsedrag om stort luftflöde används.

Hög lufttemperatur kan oftast inte ifrågakomma av komfortskäl eller driftekonomiska skäl. I nya byggnader med lågt transmissionsvärmebehov (låg värmekonduktans W/K) kan värmning med luft som regel ske utan att vare sig komfortgränser eller driftkostnadsgränser överskrids.

Om värmeväxlare används måste systemet utformas på sådant sätt att överföring av gaser, partiklar, lukt och smittämnen inte sker.

För lokaler med hög värmeutveckling eller stor tillförsel av solvärme genom fönster kan kylning av tilluften erfordras under den varmare årstiden. Eftersom kylning är en driftkostnadsmässigt dyr process bör användning därav begränsas. Det är också väsentligt att tilluftsdon utformas så, att luftrörelserna i vistelsezonen inte blir störande eller olämpliga. Inverkan av inredning och möblering får inte förbises.

Innan kylning övervägs bör i första hand begränsning av värme-alstringen, i andra hand energilagring för temperaturutjämning under dygnet undersökas.

3.1.6 Skadliga ämnen

"Dålig luft" är ett av de vanligaste klagomålen på arbetsplatserna. Klagomålet är oftast sammankopplat med brister i luftkvaliteten inomhus i nyare byggnader. Det kan också vara betingat av någon ny process, t ex användning av självkopierande papper. De symptom som rapporterats i dessa sammanhang har ett brett spektrum men där finns vissa gemensamma drag:

- ögon-, näs- och halsirritation
- torrhetskänsla i slemhinnor och hud
- hudrodnad (erytem)
- mental trötthet

Ofta anges psykogena orsaker, men i flertalet fall torde främst fysiska och kemiska miljöfaktorer spela en roll.

Luftens jonisering, dess fukthalt och innehåll av retande partiklar och gaser, elektrostatisk uppladdning, mm har förts fram som orsaker.

Det är rimligt att anta att temperaturförhållanden och luftburna irriterande ämnen spelar en väsentlig roll. Formaldehyd t ex kan med stor sannolikhet ge irritationssymptom från slemhinna hos känsliga individer även i låga koncentrationer. Rapporterade klimatproblem i

daghem synes exempelvis vara relativt vanliga vid formaldehydhalter överstigande 0,1 mg/m³. Det behöver dock inte vara fråga om ett direkt orsakssamband, utan formaldehyd kan spegla t ex avgasning av andra ämnen.

De halter av formaldehyd som orsakats av utsöndring från byggnadsmaterial kan undantagsvis närma sig och även överstiga gällande gränsvärden i arbetslokaler. Byggnadstekniska åtgärder, som byte av ytbeklädnad, kan i sådana fall behövas som komplement till förstärkt ventilation. Med hänsyn till att formaldehyd i inomhusluften även kan komma från ett stort antal andra källor, krävs en viss minimiventilation (nominellt luftutbytestal minst 0,5) oberoende av använda byggnadsmaterial.

Andra irriterande ämnen kan orsaka slemhinnesymptom som i hög grad liknar irritationseffekten av formaldehyd. Även dessa irriterande ämnen kan avges från byggnadsmaterial, ytmaterial, möbler, hobbyprodukter etc. En del av ämnena kan ha biologiskt ursprung, t ex vissa svampar och deras ämnesomsättningsprodukter. För närvarande vet vi mycket litet om vilka dessa ämnen är. Vidare har vi dålig kunskap om och i så fall hur låga halter av irriterande ämnen samverkar. Det är dock möjligt att vissa ämnen, vart och ett i koncentration lägre än den tröskel som medför symptom, tillsammans kan medföra att irritationströskeln överskrids.

I huden och slemhinnorna finns både mekaniska, kemiska och termiska känselorgan som alla under vissa förhållanden kan ge upphov till likartade symptom. Vidare är det känt att förhöjd hudtemperatur gör huden känsligare för retning.

Radon och dess sönderfallsprodukter (radondöttrar) avger joniserande strålning som kan förorsaka främst lungcancer. Radon kommer från radiumhaltiga byggnadsmaterial och ämnen i marken. Halten radon i rumsluften blir därför beroende av använda byggnadsmaterial och markens beskaffenhet samt av ventilationen.

I sammanhanget bör påpekas att även byggnader med lågaktivt byggnadsmaterial (t ex trähus) kan ha hög koncentration av radon och radondöttrar om ventilationen är liten. Som minimiventilation med hänsyn härtill anges en undre gräns för nominellt luftutbytestal av 0,5.

Från smittskyddssynpunkt spelar ventilationen i allmänhet en underordnad roll. Endast i de fall där övriga smittspridningsvägar är noggrant förhindrade eller åtminstone kraftigt begränsade kan ventilationsluften få någon inverkan. I Sverige och utomlands har epidemier av den s k legionärssjukan satts i samband med kyltorn. Toaletterum, badrum, kök och andra luktbelastade utrymmen skall vara frånluftspunkter för att luktspridning skall kunna förhindras. Från sådana utrymmen bör inte heller återluft tagas.

3.1.7 Sammanfattning av krav

Mot bakgrund av ovan presenterad översikt över aspekter på ventilationsbehov ges nedan en sammanfattning av de krav som bör ställas på ett gott ventilationsklimat. De övriga klimatfaktorer som kan ha betydelse för den termiska komforten har här utelämnats.

Riktvärden:

- 1) Luftflöde, räknat som filtrerad uteluft, skall uppgå till lägst 10 l/(p,s). Om rökning tillåts skall värdet vara lägst 20 l/(p,s). Jfr tabell 2.11.1 jämte efterföljande kommentar.
- 2) Luftflödena (och luftkvaliteten) skall hållas inom angivna gränser under 95% av den tid, under vilken den ventilerade lokalen tjänstgör i normal funktion.
- 3) Toppvärden på föroreningar får ej överskrida de i riktvärdeslistan angivna värdena.

3.2 Allmänna tekniska krav

De allmänna funktionskraven på en byggnad från ventilationsteknisk synvinkel kan sammanfattas i följande punkter (byggnad och installation = system):

- 1) Systemet skall ge ett gott rumsklimat under minst 95% av den tid, under vilken den ventilerade lokalen tjänstgör i normal funktion.
- 2) Systemlösningen skall vara enkel
- 3) Systemet skall ha stor driftsäkerhet
- 4) Systemet skall medge snabb analys av ev. fel
- 5) Systemet skall ha låg årskostnad
- 6) Systemlösningen skall ske med, icke mot naturlagarna (exempel: nyttja energilagring för temperaturutjämning hellre än kylning eller värmning)
- 7) Systemet skall enkelt kunna underhållas och renoveras
- 8) Systemet skall enkelt kunna förändras och förnyas

Projektörens, entreprenörens och förvaltarens inriktning skall vara att inom ramen för tillgänglig teknik och marknadsmässiga driftkostnader åstadkomma god ventilationsfunktion under den avsedda brukstiden.

Om den avsedda funktionsnivån, f , och drifttillgängligheten, d , införs som de två huvudfaktorer som inverkar på systemets funktion kan funktionstillgängligheten, F , beräknas ur produkten av de två faktorerna (som förutsättes kunna anges som medelvärden under lång drifttid på basis av erfarenhet):

$$F = f * d$$

Funktionstillgängligheten är ett matematiskt mått på förväntan avseende systemets goda funktion under systemets livslängd.

Vanligen bör funktionsnivån angiven som relationstal, där fullgod funktionsnivå har värdet 1 (ett), icke vara lägre än 0,95. För drifttillgängligheten bör på samma sätt nivån vara lägst 0,99, dvs på årets 8760 timmar bör driftavbrott inte förekomma mer än 90 timmar eller fyra dygn. Funktionstillgängligheten får med de angivna förutsättningarna siffervärdet 0,94.

Det bör noteras, att inverkan av yttre faktorer, såsom avbrott i el- eller fjärrvärmeförsörjning, tillkommer med sina funktions- och tillgänglighetsfaktorer och sänker totalnivån i motsvarande grad.

3.3 Byggnadstekniska krav

Utan en väl utformad byggnad kan ingen ventilationsinstallation förväntas ge fullgod systemfunktion. Byggnadens ytterhölje måste vara tätt och ha god värmeisoleringsförmåga för att byggnaden, speciellt vintertid, skall kunna ge ett gott inomhusklimat. Läckning i byggnaders ytterhölje begränsas till att motsvara ett nominellt luftutbytestal av högst 3 per h vid 50 Pa tryckskillnad. Med hänsyn till driftekonomi är kravet vanligen hårdare (jfr flerbostadshus enligt SBN).

Byggnaden bör ha god värmelagringsförmåga för att utjämning av tillfällig värme- och kylbelastning skall kunna utjämnas utan att stora effekttillskott från värmnings- eller kylningssystem skall erfordras.

Byggnaden eller dess olika delar om det gäller en byggnad som kräver indelning i brandceller skall vara brandhårdig eller brandsäker och ha ytbeklädnad som inte ger upphov till skadliga gaser vid normal eller förhöjd temperatur eller vid brand.

Byggnadsmaterialet skall vara väl uttorkat eller vara så utformat att torkning kan ske på ett driftekonomiskt acceptabelt sätt.

Fukt som alstras under brukandet av byggnaden skall kunna transporteras bort med avlopps- eller ventilationssystem.

Avgränsning mellan olika byggnadsdelar bör ske endast som brandsektionering eller som entreprenadgränser för ansvarstagande under byggnadstiden. Byggnadsdelarna skall i övrigt vara så utformade och anpassade till varandra att byggnaden under brukningstiden ger den föreskrivna funktionen med den projekterade driftkostnaden.

3.4 Processtekniska krav

Processtekniska krav kan indelas efter typen av föroreningar som uppkommer under tillämpning av processen:

- a) Föroreningstyp, såsom stoft och gaser (uteluft, kanaler, lokaler), damm (städning, dammsugning)
- b) Användarfunktion, såsom produktion, lagring, förvaring och transport

3.4.1 Processtekniska krav med hänsyn till föroreningstyp

Processer som alstrar stoft eller gaser skall i första hand utföras inom en kapsling som i möjligaste mån hindrar föroreningen att komma ut i lokal där människor vistas. Där inkapsling inte är möjlig skall koncentrerad utsugning (kåpa) användas, så att dels utsugning sker på den plats där föroreningen alstras, dels erforderligt ventilationsluftflöde begränsas.

Frånluftskanaler och värmeåtervinnare utförs rensbara. Stoftavskiljare utformas på sådant sätt att användning av återluft eller regenerativa värmeväxlare möjliggörs.

Damm som alstras i lokalen på grund av processen eller övrig hantering skall kunna bortföras utan att dammhalten i lokalluften ökas i samband med städning. Som regel innebär detta att centraldammsugningsutrustning erfordras.

Dammsugning av fläktrum och kanaler samt filter kan oftast utföras med någon form av industridammsugare, helst med luftutsläpp till det fria, men även här är centraldammsugningsutrustning att föredra.

3.4.2 Processtekniska krav med hänsyn till användarfunktion

1) Produktion

Ventilationssystem utformas med hänsyn till i första hand människans krav, i andra hand produktionsprocessens. Undantag kan göras för processer i vilka ingen mänsklig närvaro i lokalen krävs under produktionens gång.

2) Lagring, förvaring

Ventilationssystem för lagerlokaler för livsmedel utformas i första hand med hänsyn till processkraven. För övriga lagerlokaler skall i första hand människans krav tillgodoses.

3) Transporter

Transportsystem inomhus bör som regel utformas så, att inga speciella krav på ventilationssystemet uppkommer. Detta innebär att diesel- eller ottomotorer med flytande bränsle utesluts medan gasol drivna fordon oftast kan accepteras. Laddningsstation för batteridrivna fordon förses på vanligt sätt med punktutsugning.

3.5 Tilläggskrav på byggnad och installationer för process och människa

3.5.1 Klimatfunktion

Individuell styrning av rumsklimat skall vara möjlig per rumsenhet eller per grupp av gemensamt nyttjade lokaler.

3.5.2 Varaktighet för god funktion

Ventilationssystem utformas så att beräknad brukstid uppgår till lägst 30 år. Filter och liknande utrustning som kräver regelbunden tillsyn förses med signaldon för markering av tillsynsbehov. Filter bör dimensioneras för en minsta drifttid utan tillsyn av tre månader.

3.5.3 Dimensionering för huvuddelen av drifttiden

Ventilationssystem utformas med hänsyn till driftdata för cirka 95 % av normal drifttid. Övrig tid kan begärda driftdata över- eller underskridas. Dock får absoluta maximalvärden icke överskridas.

3.5.4 Medeltid mellan fel

Medeltid mellan fel inom egen byggnad bör vara lägst sex månader. Detta gäller för både mekaniska och elektriska komponenter.

3.5.5 Funktionstillgänglighet

Funktionstillgänglighet för ventilationssystem med hänsyn till utrustning inom egen byggnad bör vara lägst 90 % räknat på normal drifttid. Som regel bör värdet 95 % ej underskridas.

3.5.6 Funktionsnivå

Ventilationssystemets funktionsnivå, beräknad som sammanvägd nivå för de funktioner som systemet skall uppfylla vid fullgod yttre försörjning med energi, bör ej underskrida 90 %.

Beräkning av funktionsnivåer kan exempelvis ske med avseende på följande faktorer:

- a) Partikelavskiljning
- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Filtrering av uteluft | Avskiljningsgrad % |
| Filtrering av återluft | Avskiljningsgrad % |
| Föroreningshalt i rumsluft | Antal partiklar per m ³ |
- b) Temperaturstyrning
- | | | |
|------------------------------|---------------|----|
| Temperatur under normaldrift | inom ± 1,0° C | 1) |
| Temperatur i extremfall | inom ± 2,0° C | 1) |
- 1) För större avvikelse räknas med 5% funktionsnedsättning per grad Celsius.

Funktionsvärdering bör utföras individuellt för varje objekt. För partikelavskiljning är t ex partiklarnas storlek betydelsefull.

3.6 Brukarbeteendets betydelse

Vid dimensionering av ventilationssystem förutsättes, att brukare följer ett " normalt " mönster, som för bostäder följer Svensk Byggnorm jämte kommentarer. För processobjekt förutsättes att brukare följer det program som uppgjorts i samband med projekteringen eller det driftschema som sammanställts senast i samband med ibruktagandet. Vid avvikelse från sålunda specificerat normalfall avseende avsett bruk av byggnad och ventilationsinstallation faller varje krav på funktion. Först efter det att normala driftbetingelser åstadkommit kan ev. prov avseende funktionen genomföras.

3.7 Stadsplanens betydelse för en god funktion

Inverkan av stadsplanen på ventilationssystemets funktion kan i korthet anges i följande punkter:

Trafik	(buller, stoft, gaser)
Värmecentraler	(buller, stoft, gaser)
Bebyggelsestäthet	(buller, mikroklimat)
Byggnadshöjd	(mikroklimat)
Parkmark	(mikroklimat, pollen, insekter)
Vattendrag	(mikroklimat, insekter)
Våtmark	(mikroklimat, insekter)

Samtliga punkter beaktas genom god utformning av byggnadens klimathölje, inklusive fönster, och genom placering av uteluftsintag och anpassning av filterkvalitet för tilluften. Speciell hänsyn kan behöva tas till insekter genom tätare rengörings- eller bytesintervall för filter.

3.8 Inverkan av långväga transport av luftföroreningar

Ventilationssystem dimensioneras efter normalförhållandena på orten. Tillfälliga belastningstoppar orsakade av större stofthinnehåll än normalt i uteluften kan kompenseras genom att uteluftsfilter rengörs med tätare intervall än normalt.

Dammsugning får ske endast om centraldammsugningssystem används.

Om radioaktivt stoft befaras, mätes filteraktiviteten med mätare för joniserande strålning. Vid aktivitetsnivå över den tillåtna skall filter bytas, ej rengöras.

3.9 Allmänna dimensioneringsaspekter

2.9.1 Förenklade system

Strävan vid val av systemlösning och dimensionering av systemkomponenter och system bör vara att begränsa investering och årskostnad (livstidskostnad), dock utan att den eftersträlvade funktionen eftersätts. Styrsystem bör vara så enkla och överskådliga att skötsel kan ske utan speciell kunskap i elektronik.

Systemlösningen bör vidare vara så utformad att uppkommande funktionsfel kan upptäckas snabbt. Annars skapas en falsk säkerhetskänsla ("dubbel säkerhet"). Exempel härpå kan vara överdimensionerat värmebatteri som möjliggör drift utan värmeåtervinning.

3.9.2 Föränderbarhetsfunktion

Systemlösningen bör utformas så, att kostnad för ändrad användning blir så låg som möjligt. Detta innebär att installationer som regel skall göras fria från byggnadsstommen. Ett undantag kan vara energilagrande kanalsystem i den bärande betongkonstruktionen.

3.9.3 Förnybarhetsfunktion

Systemlösningen bör utformas så, att kostnad för renovering blir så låg som möjligt. Detta innebär att installationer som regel skall ges så stort utrymme att ny installation med lätthet kan ske inom t ex fläktrum och kanalschakt.

3.9.4 Simuleringsmodeller

Inför val av utformning av ventilationssystem är det oftast fördelaktigt, åtminstone när det gäller stora och komplicerade byggnader, att "köra" byggnaden i ett datorsystem under ett antal tänkta driftfall.

Om inget jämförelseobjekt finns, från vilket faktiska driftvärden kan hämtas, blir körning enligt en deterministisk modell den naturliga. Härvid väljs driftdata i ett utgångsläge och ett datoriserat beräkningssystem (t ex BRIS) får utföra en beräkningssekvens i vilken äldre data successivt nyttjas för att beräkna det fortsatta driftutfallet.

Om ett jämförelseobjekt finns (ofta fallet vid sk totalentreprenad) bör data från den verkliga byggnaden inhämtas och jämföras med data i en modellkörning i en statistisk (indeterministisk) körning.

3.10 Riskanalys

Med riskanalys avses studium av förekommande risker för fel eller brist som kan uppkomma i utformning av system eller vid drift av system. Alla nya system bör riskanalyseras. I analysen ingår att uppskatta eller mäta förekomsten av visst fel samt verkan av fel med avseende på skada på människa, process eller byggnad samt kostnadsföljder. I riskanalysen ingår att

- a) ange den totala verkan av en viss företeelse
- b) kostnaderna för att om möjligt undvika att den studerade företeelsen inträffar
- c) sannolikheten för företeelsen

Exempel på företeelse som bör studeras är risken för nedsmutsning av tilluftssystem på grund av skada på luftfilter eller stoftsläppning vid filterbyte.

3.11 Drift, underhåll och service

3.11.1 Allmänna samband

Alla tekniska system är för sin fortvariga goda funktion beroende av kontinuerliga tillsyner av olika slag. Man brukar härvid ofta skilja mellan

Drift
Underhåll
Service

för ett system under dess normala brukstid.

Härtill kommer vanligen begrepp som

Renovering (återskapande av ursprunglig funktionsnivå)
Ombyggnad (förändring av funktionssätt och -data)
Nybyggnad (nyinstallation)

Se Tekniska Nomenklaturcentralens (TNC) ordlista
Underhållsteknik, preliminär utgåva 1982. (prel. version
1984 bör undvikas).

3.11.2 Drift

Med drift avses den verksamhet som är avsedd att hålla ett system i avsedd funktion med avseende på driftttider, luftflöden mm. I drift ingår också sammanställning av statistik visande driftåtarder och utfallet därav.

3.11.3 Underhåll

Med underhåll avses åtgärder för att återställa ett systems funktion i ursprungligt skick. Underhåll kan vara förebyggande (inköpt tjänst benämns vanligen service) eller avhjälpande.

3.11.4 Service

Med service avses vanligen inköpt tjänst avseende förebyggande eller avhjälpande underhåll. I vissa fall kan även driftåtgärder ingå i ett serviceavtal.

3.11.5 Instruktioner

För varje tekniskt system skall en driftinstruktion finnas. Den skall vara tillgänglig senast i samband med idrifttagandet av systemet (Krav enligt SBN, vid slutbesiktning, är otillräckligt). Utformning av driftinstruktion bör följa någon av de mallar som finns i handböcker vilka i regel utgivits som skrifter från Byggeforskningsrådet.

4 . KRAV APPLICERADE PÅ LUFTENS VÄG I ETT VENTILATIONSSYSTEM

4.1 Utgångspunkter: "konventionella system"

Vid beskrivning av kraven på ventilationssystem synes det vara rationellt och informativt om beskrivningen av kravutformningen anknyter till de komponenter som vanligen ingår i ett ventilationssystem. Det synes också vara rationellt att låta beskrivningen följa luftens väg genom ett ventilerat objekt.

I det följande ges en mall (avsnitt 4.1 - 4.23) för systematisk genomgång av komponenter ingående i vanliga ventilationssystem. Eftersom sådana typer av ventilationssystem skiljer sig från varandra endast med avseende på utformningskrav i smärre detaljer kan som regel en och samma mall användas för de flesta systemöversikter. Vissa detaljer kan behöva behandlas på speciellt sätt med hänsyn till systemets avsedda användning . I dessa fall bör specialkrav anges under den punkt där den aktuella komponenten behandlas.

Under varje avsnitt används indelningen:

- 1) Krav och motiv
- 2) Medel
- 3) Bedömningsunderlag
- 4) Rekommendation eller tillämpningsförslag

På följande sida visas en översikt över mallens innehåll. Därefter ges för vissa av komponenterna synpunkter på vad som kan ingå i en systematisk genomgång av kraven på ett ventilationssystem's olika delar. Observera att siffervärden som anges bör betraktas som exempel, eftersom kraven successivt förändras.

4.2 Vanliga komponenter i ett ventilationssystem

SYSTEMDEL	KRAVSPECIFIKATION
	Bostäder, kontor och samlingslokaler
1. UTELUFT	SBN, IEA, WHO
2. LUFTINTAG	SBN
3. UTELUFTSKANAL	AMA
4. ÅTERLUFTSINBLANDARE	Ej aktuell för bostäder; SBN
5. FILTER	AMA
6. VÄRMEÅTERVINNARE	Rekuperativ för bostäder; Valfri
7. LUFTVÄRMARE	Rensbarhet på luftsidan, temp.begränsn.
8. LUFTFUKTARE	Hinder mot bakterietillväxt
9. LUFTKYLARE	Rensbarhet, hinder mot bakterietillväxt
10. EFTERVÄRAMRE	Rensbarhet, temperaturbegränsning
11. FLÄKT	Rensbarhet, ljudalstring
12. LJUDDÄMPARE	Rensbarhet, frihet fr. stoft- o.gassläppn.
13. TILLUFTSKANAL	Rensbarhet, isolering, brandsektionering
14. TILLUFTSDON/APPARAT	Rensbarhet, ljudalstring, reglerbarhet, tryckfall
15. BEHANDLAD LOKAL	Ventilationseffektivitet, drag
16. FRÅNLUFTSDON/APPARAT	Filter, rensbarhet, ljud, reglerbarhet, tryckfall
17. ÖVERLUFTSDON	Tryckfall, rensbarhet, ljud
18. FRÅNLUFTSKANAL	Rensbarhet, isolering, brandsektionering
19. FRÅNLUFTSFLÄKT	Rensbarhet, ljudalstring
20. AVLUFTSKANAL	Brandsektionering, rökventilation
21. LUFTUTSLÄPP	Placering m h t luftintag, vindriktning
22. STYR-O. REGLERSYSTEM	Individuell anpassning
23. ÖVERVAKNINGSSYSTEM	Kontroll av luftflöde, varningssystem

4.2.1 Uteluft

1) Krav och motiv

Se bl a SBN kap 51. För övrigt bör följande data för ren uteluft tillämpas:

CO	max	100 mg/m ³	(15 min)
	max	60 "	(30 min)
	max	30 "	(1 h)
	max	10 "	(8 h)
NO ₂	max	190 µg/m ³	(1 h)
	max	80 "	(24 h)
	max	50 "	(vinterhalvåret)
SO ₂	max	350 µg/m ³	(1 h)
	max	125 "	(24 h)
	max	50 "	(vinterhalvåret)

Formaldehyd : max 100 µg/m³ (30 min)

Radioaktivitet: max 100 Bq/m³ i rumsluften

2) Medel

Placera luftintag där lägsta föroreningsgrad kan förväntas.

3) Bedömningsunderlag

Se IEA Annex IX, "Minimum Ventilation Rates" , 1986
WHO Air Quality Guidelines for Europe, 1987
SNV Förslag till riktvärden för luftkvalitet, 1987

4.2.2 Luftintag

1) Krav och motiv

Bästa möjliga betingelser med beaktande av vad lokala förhållanden kan erbjuda. Skydd mot inträngning av brandgas

2) Medel

Placera intag fritt från föroreningsalstrare (regionalt, lokalt, trafik) och i område med goda luftväxlingsförhållanden. Utforma och placera så att inverkan av vind på ventilationssystemets funktion begränsas. Förse luftintag eller luftbehandlingsaggregat med brandgasspjäll.

3) Bedömningsunderlag:

Mätning av stoft- och gashalter samt temperatur.
Erfarenhet av mikroklimat på platsen
Kända vind-, stoft- och trafikförhållanden och miljöföroreningar.

4) Rekommendation:

Placera luftintag högt, gärna på tak, och med hänsyn till ev utsläpp från skorstenar. Beakta konvektionsströmmar.

Anordna intags- och avluftsöppningar med vertikal luftföring. Anordna vind- regn- och snöavskärmningar. Där så erfordras anordna solavskärmning.

Utforma uteluftsspjäll som brandgasspjäll.

4.2.3 Uteluftskanal

1) Krav och motiv:

Isolering som skydd mot kondens skall finnas.
Där så är möjligt bör isolering anbringas utvändigt.
Material i kanalvägg får ej avge skadliga ämnen eller ansamla orenheter.
Kanal skall vara rensbar.

4.2.4 Återluftsinblandare

1) Krav och motiv:

Återluft bör ej användas pga risken för spridning av föroreningar, om det ej kan visas att den genomsnittliga hygieniska förbättringen är större än olägenheten p g a spridningen.
Återluft får ej tas från förorenade rum.
God omblandning erfordras.
Filtrering av återluft skall alltid ske, antingen i återluftskanal eller efter inblandaren.
Återluftsinblandare och anslutande kanaler skall vara rensbara.

2) Medel:

Använd värmeåtervinnare i alla nyinstallationer i stället för återluftsinblandare.
Vid ombyggnad av äldre system: beakta möjligheten att filtrera frånluften före inblandning.

4.2.5 Filter

1) Krav och motiv:

Filter skall i huvudsak användas för reduktion av dammkoncentration i tilluften.
Filterval skall ske med hänsyn till typen av förorening som skall avlägsnas (t ex partikelstorlek)
Filter får inte användas för att ta bort luktämnen som kan varna för allvarlig annan förorening.

Elektrostatiska filter: begränsa jonisering

Mikrofilter i vissa fall (för allergiker vanligen som filter för cirkulationsluft).

2) Medel:

Grundfilter eller finfilter F-85 som undre gräns

4.2.6 Värmeåtervinnare

1) Krav och motiv:

Risk för överföring av gaser, ångor och partiklar i regenerativ värmeåtervinnare

Beakta och kompensera för skiktning i kanal efter värmeåtervinnare

2) Medel:

Åtskilda luftvägar i system med förorenad frånluft

3) Bedömningsunderlag:

SP:s, SIB:s och fabrikanter provning av värmeåtervinnare

4.2.7 Luftvärmare

1) Krav och motiv:

Begränsad ytemperatur för att förhindra förbränning av stoft och frigörelse av gaser och ångor
Korrosionsbeständighet
Rensbarhet (värmebatteri uppdelat i enradsdelar med flänsar som tål mekanisk rengöring)

2) Medel:

Använd lågtemperatursystem för värmedistribution och dimensionera luftvärmare så att erforderlig värmeeffekt kan erhållas vid drift med högst 60 °C framledningstemperatur.

3) Bedömningsunderlag:

SP:s, SIB:s och fabrikanter provning

4.2.8 Luftfuktare

1) Krav och motiv:

Luftfukting gör undvikas. Symptom på torr luft bör åtgärdas med andra metoder såsom sänkt lufttemperatur, dammkontroll, byte av ytmaterial som avger slemhinneirriterande ämnen.

Frihet från bakterier och föroreningar i

fuktarvattnet.

Låg salthalt, i synnerhet om fuktare avger vatten i droppform.

2) Medel:

Rengör fuktaren och byt vatten ofta, enligt skötselplan baserad på provtagning under drift

4) Rekommendation:

Undvik fuktare av dropptyp.

4.2.9 Luftkylare

1) Krav och motiv: Se 4.2.8

Kylning bör ske utan avfuktning där så är möjligt.

4.2.10 Eftervärmare

1) Krav och motiv: Se 4.2.7

4.2.11 Fläkt

1) Krav och motiv:

Hög verkningsgrad på fläkt inklusive installationsdetaljer för att begränsa driftkostnad och få låg ljudeffekt.

2) Medel:

Fläkt med bakåtböjda skovlar, kanalanslutningar som följer strömningen och ger liten tryckförlust. Där så erfordras ljuddämpare efter och ev även före fläkten.

4) Rekommendation:

Varvtalsregulator för driftanpassning.

4.2.12 Ljuddämpare

1) Krav och motiv: Se 4.2.7

4.2.13 Tilluftskanal

1) Krav och motiv:

Rensluckor skall finnas i tillräcklig omfattning för full åtkomlighet vid mekanisk rensning

Kanalytor skall vara släta och rengörbara

I vissa fall krävs demonterbart system (operationsrum och andra rum med höga krav på luftkvalitet)

Isolering som skydd mot kondens för kanaler med kyld luft

4.2.14 Tilluftsdon/apparat

1) Krav och motiv:

Tryckfall skall vara så stort att hinder mot brand- och rökspridning erhålls.

Spridningsbild skall finnas redovisad. Det är önskvärt att spridningsbilden kan ställas in efter prov.

4.2.15 Behandlad lokal

1) Krav och motiv:

Ventilationsluftflöde för lokal som inte är i drift skall baseras på alstring av föroreningar och fuktbelastning från byggnadsmaterial och skall lägst vara 0,1 luftväxlingar per timme. (för upprätthållande av grundtillstånd och bevarande av byggnaden)

Fläktstyrd ventilation krävs i bostäder, flöde 0,35 l/(s.m²), dock lägst 8 l/(p.s). För sovplats krävs minst 8 l/s. För badrum krävs 8 oms/h som överluft; forcering till minst 30 l/s skall kunna ske.

Radondöttrar i rumsluft tillåts i äldre byggnader uppgå till högst 200 Bq/m³ (motsvarar cirka 400 Bq/m³ radon). I nybyggda hus tillåts högst 100 Bq/m³.

Luftutbyteseffektiviteten under året skall vara lägst 50%, jfr Nordtest provmetod.

För att god ventilationseffektivitet med avseende på främst fukt, matos och människans utdunstningar skall uppnås, krävs att frånluftsdon placeras i utrymme där föroreningarna alstras.

Tilluft skall tillföras i varje utrymme där person stadigvarande vistas.

Uteluftsdon får ge en lufthastighet i vistelsezonen av högst 0,10 m/s. För övriga don gäller högst 0,15 m/s i vinterfallet.

Klimatskärm utformas för att tåla övertryck i de fall ventilationssystem beräknas arbeta efter denna princip. (gäller ca 50% av alla våningsplan i höghus)

För samlingslokaler o dyl skall luftflödet minst vara 10 l/(s.person), vid rökning dock minst 20 l/(s.person).

4.2.16 Frånluftsdon/apparat

- 1) Krav och motiv:
Krav på begränsning av ljudnivå från kanal och don

Krav på tillräckligt tryckfall för att förhindra brand- och rökspridning

Frånluftsdon skall vara lätt löstagbart och lätt återmonterbart samt tåla maskindisk. Detta gäller även ev. filter i frånluftsdon.

Förinställningsvärdet skall bibehållas efter demontering och återmontering.

4.2.17 Överluftsdon

- 1) Krav och motiv:
Krav på begränsning av ljudnivå från kanal och don
Krav i vissa fall på stängbarhet för att förhindra brand- och rökspridning

Överluftsdon skall vara lätt löstagbart och lätt återmonterbart samt tåla maskindisk. Detta gäller även ev. filter i överluftsdon.

4.2.18 Frånluftskanal

- 1) Krav och motiv:
Kanal skall vara rensbar.
Frånluftskanal från rum där rökning kan förekomma bör inte anslutas till återluftssystem.

4.2.19 Frånluftsfläkt

- 1) Krav och motiv:
Fläkt skall vara rengörbar. Ljudeffekt till kanalsystem och till fläktrum skall ligga inom de gränser som anges i gällande standard
- 2) Medel:
Renslucka
- 3 Bedömningsunderlag:
Undersökningar beträffande försmutsning av kanaler och övriga delar i ventilationssystem.

4.2.20 Avluftskanal

- 1) Krav och motiv:
Avluftskanal skall mynna på sådant sätt att återföring av skämd luft till luftintag icke sker.
- 2) Medel:
Avluftskanal skall företrädesvis dras upp över tak och mynna vertikalt uppåt.

4.2.21 Avluftsöppning (Luftutsläpp)

- 1) Krav och motiv:
Luftutsläpp anordnas med vertikalt uppåtriktad luftriktning (för bästa spridning och för minsta inverkan på luftflödet av vind).

4.2.22 Styr- och reglersystem

- 1) Krav och motiv:
Omställning av del av total lufttillförsel samt forcering bör kunna ske till de rum där verksamhet pågår eller personer vistas (t ex från sovrum till vardagsrum).
- 2) Medel:
Individuellt styrsystem för varje rum eller grupp av rum med likartad användning.

4.2.23 Övervakningssystem

- 1) Krav och motiv:
Kontroll av luftflöde bör kunna ske med fast installerad flödesvakt (ersätter det primära behovet av kontroll av luftkvalitet)

BILAGA 1:

ÅTERLUFT-BRA ELLER DÅLIGT?

(Särtryck ur VVS och Energi nr 10, 1987)



Sven A. Svennberg är civilingenjör och bedriver egen konsultverksamhet - Ramas Teknik AB - inom VVS- och energiområdet. Åren 1973-74 var han ordförande i VVS-tekniska Föreningen. Från 1 juni 1989 är han adjungerad professor i installationsteknik vid KTH.

Sven A Svennberg



Tor-Göran Malmström är professor i installationsteknik vid Kungl. Tekn. Högskolan i Stockholm.

**Tor-Göran
Malmström**

Ett debattinlägg mot bakgrund av pågående undersökningar och förslag till nya riktlinjer för att åstadkomma god luftkvalitet inomhus.

Dagens heta potatis bland inomhusmiljöforskare är frågan om huruvida återluft skall tillåtas eller icke. En sak är säker: Återluft skall *inte* användas för att ersätta det minimiflöde av uteluft som varje del av en byggnad skall ha.

Erfarenheter från fältet talar ofta för att återluft slopas. Sven Andersson, Malmö Kommunala Bostadsbolag, har vid upprepade tillfällen pekat på problem orsakade av återluft.

Men med ett väl utformat och underhållet system kan återluft användas som komplement till uteluftsflödet och bidra till att sänka föroreningshalten i rumsluften. Priset är en ökad spridning av föroreningarna. Om detta innebär en förbättring av luftkvaliteten är en bedömnings sak.

Man bör därför överväga i vilken utsträckning för-sämring av luftkvaliteten i ett rum skall få ske för att kvaliteten i andra rum skall bli avsevärt bättre. Här återstår ännu ett antal undersökningar innan ett någorlunda klart besked kan ges.

Systemutformning i dagsläget

95 % av dagens byggnader är byggda för mera än 10 år sedan. Dessa byggnader planerades ofta för mera än 20 år sedan och projekterades för 10-15 år sedan, alltså före den period som brukar kallas energikrisen. Ingen av dessa byggnader var från början dimensionerad för ekonomisk drift vid den högre energiprisnivån. Åtgärder vidtogs för att rätta till dessa brister men vissa av åtgärderna som var alltför kostsamma fick anstå. Till de försummade åtgärderna hör tyvärr förbättrad värmeisolering till skydd mot transmissionsförluster. Denna åtgärd vidtogs egentligen endast på vindsbjälklag där den var ekonomiskt försvarbar.

Av de tre stora energiomställningsposterna - transmission, ventilation och varmvattenberedning - åtgärdades i bostadshus endast ventilationsdelen främst genom minskning av uteluftsflödet. Med

dåligt isolerade ytterväggar och fönster blev följden utfällning av kondensvatten på kalla ytor. Förstärkande faktorer var att rumstemperaturen samtidigt sänktes, varigenom yttemperaturen på ytterväggarna blev lägre än tidigare, samt eventuellt även att fuktavgivningen ökade på grund av ökad duschanvändning.

Efter en tids (i vissa fall flera års) drift uppstod fuktskador och i många fall även mögelskador av delvis obotlig karaktär. Den minskade driftkostnaden gav alltså upphov till väsentligt ökad underhållskostnad på byggnaden. Dock är naturligtvis den dominerande nackdelen den försämrade luftkvalitet som blev följden. *Paradoxalt nog synes det som om denna olägenhet för människorna har uppmärksamats mycket mindre än skadorna på byggnaderna.*

När reaktionen på skadorna så småningom kom var förstahandsåtgärden att öka luftflödet och införa värmeåtervinning ur avluften. Andra, mindre lönsamma åtgärder t ex användning av värmepumpsystem, var ännu icke aktuella på grund av hög kapitalkostnad i relation till ett fortfarande inte tillräckligt högt energipris.

Värmeåtervinning är dock för lönsamhet starkt beroende av att avluften verkligen kommer till värmeväxlaren och att den försörjda byggnaden är fri från läckning (ostyrt luftflöde). Endast en relativt liten del av de äldre byggnaderna klarar moderna täthetskrav. Otätheterna leder visserligen till större luftomsättning men tyvärr inte på rätt plats. De medför också lokal avkyllning och därmed ökas risk för utfällning av vatten ur rumsluften.

Återluft som medel att minska driftkostnaden i t ex kontorshus har fått dåligt rykte, i många fall med rätta. Det finns all anledning att kritisera de drifttekniker som minskat uteluftsflödet under den basnivå som erfordras för att föroreningar i inneluften skall hållas på godtagbar nivå.

Förståelsen för noggrannhet vid framställning av ett gott klimathölje och goda installationer har successivt ökat. Nybyggda hus har en god klimatskärm och i de flesta fall också tätta distributionssystem för ventilationsluften. Många av de moderna apparaterna lider emellertid av "kilogramsjukan" = fabrikanterna förutsätter att totalekonomi uppnås om den levererade produkten är så lätt som möjligt.

I själva verket utgör produktpriset (för ett luftbehandlingsaggregat eller en värmepump) bara en

bråkdel av totala livstidskostnaden för en byggnad. Det måste därför till ett ökat medvetande om hur livstidskostnaden för en byggnad ser ut och hur en korrekt beräkning av lönsamhet och belåningsvärde skall göras.

Ventilationens syfte

Ventilation nyttjas ofta som ett led i temperaturstyrningen i en byggnad. Ventilationens egentliga syfte är emellertid att tillföra ren luft till utrymmen där människor vistas (eller produkter förvaras) och att så effektivt som möjligt bortföra de luftburna föroreningar som avges i lokalerna. Tilluften bör därför om möjligt tillföras i proportion till antalet människor.

Om en sådan fördelning inte är möjlig kan i stället tillförseln styras i proportion till den tid personerna vistas i lokalen. Frånluft bör självfallet tas från de punkter eller lokaler där mesta alstringen sker. Ventilationseffektiviteten är ett begrepp som kvantifierar hur man lyckats. God ventilationseffektivitet innebär att koncentrationen av förorening i t ex en lägenhet genomsnittligt är låg i förhållande till koncentrationen i frånluften. Den senare bestäms helt av kvoten mellan föroreningsavgivningen och frånluftsfödoet och kan inte påverkas av hur ventilationen anordnas.

Ibland vet man inte i förväg hur lokalerna skall användas. Då bör ventilationen anordnas så att luften byts ut så snabbt som möjligt. Ett mått på denna snabbhet är luftutbyteseffektiviteten. För fallet att föroreningskällornas styrka är proportionell mot de olika rummens volym är också luftutbyteseffektiviteten ett mått på ventilationseffektiviteten. Ett sådant fall kan vara det där föroreningar avges från byggnadsmaterial.

Luftutbyteseffektiviteten blir störst om de olika rummen i t ex en lägenhet seriekopplas. Då utnyttjas all tilluft för luftväxling i samtliga rum. Ett sådant förfarande kan vara svårt att arrangera i praktiken. Om man vill prioritera att nominell luftväxling med största möjliga säkerhet upprätthålls överallt bör varje rum ha direkt tillförsel av tilluft i proportion till sin storlek. Avgörande för hur många frånluftsställen som skall väljas blir den utsträckning i vilken man tolererar att föroreningar transporteras från det ena rummet till det andra med överluft.

Som framgår av ovanstående är det av största vikt att såväl flödet som fördelningen av tilluft kan styras. Självdragssystem medger normalt ingen möjlighet att styra vare sig flöde eller fördelning. Frånluftssystem medger styrning av flödet och, om varje rum är försedd med frånluftsdon, också viss styrning av den lokala luftväxlingen. Eftersom luften som sugts in i ett rum redan kan ha använts i ett annat rum medför detta ingen gardering mot att det i vissa rum kan förekomma låga värden på luftutbyteseffektiviteten som ju tar hänsyn till hur "ny" luften i rummet är.

För att luftutbyteseffektiviteten skall bli bra fordras också styrning av tilluften. En sådan styrning kan dock erhållas även med ett frånluftssystem under förutsättning att byggnaden är mycket tät så att ersättningsluften verkligen tas genom de projekterade tilluftsöppningarna. Problemet att värma ersättningsluften så att risk för drag undviks kvarstår dock. Den bästa styrningen erhålls följaktligen med FT-system. Ett sådant system bör justeras så att frånluftsfloppet är något större än tilluftsfloppet (fiktivt undertryck i huset) för att risk för kondenserings-skador i ytterväggarna skall minskas. Mot bakgrund av det ovan redovisade synes det väsentligt att definiera begreppet ventilation och begränsa termens innebörd så att system som tar tilluft via t ex otätheter mot mark, inte, som nu är fallet, skall kunna kallas ventilationssystem. Följande definition föreslås:

"Styrd tillförsel och bortförsel av luft i avsikt att upprätthålla god luftkvalitet i ett utrymme"

Allmänna grunder för systemutformning

Bostäder

Dimensionerande för luftflödet är i bostäder fukt- och luktkriterier samt föroreningsavgivningen från byggnaden och dess inredning. I Sverige är det undre gränsvärdet satt på basis av föroreningsavgivningen från byggnaden och uppgår till 0,5 luftväxlingar per timme (nominellt luftutbytestal = kvot av luftflöde och rumsvolym = 0,5). I enlighet med de principer som nämnts strävar man ofta efter att tillföra luften i sovrum och vardagsrum och bortföra luft där föroreningsavgivningen är störst dvs i kök, badrum och andra våtutrymmen. Alla utrymmen

måste vara ventilerade, dvs försedda med tilluftsdon eller frånluftsdon eller genomströmmade av överluft. FT-system och därmed möjlighet till styrd luftfördelning är fortfarande ovanliga.

Kontor

I kontor är kylbehovet ofta dimensionerande för ventilationsbehovet. Detta ställer krav på sättet att tillföra luften eftersom dragrisken i allmänhet blir den begränsande faktorn. Fördelningen av tilluften är också betydelsefull eftersom den lokalt utvecklade värmen är den "förorening" som skall avlägsnas. Kylbehovet tillfredsställs oftast med kyld luft. I många fall används ett ökat luftflöde som komplement till temperatursänkningen. Det ökade luftflödet kan delvis bestå av återluft, speciellt i de fall utelufts-temperaturen är högre än rumstemperaturen. Användning av återluft i kontor är som bekant mycket diskuterad. Anledningen är bl a spridningen av tobaksrök inom zonen. Resultat från Danmarks Tekniska Högskola tyder på att filtrering av återluften kanske inte hjälper mot spridning av tobakslukt eftersom rökpartiklarna i filtret alstrar lukt. Man vet också, bl a genom erfarenheter från Malmö, att det förekommer att frånlufts- och överluftskanaler blir starkt förorenade. Detta kan givetvis inte accepteras. Andra invändningar är den homogenisering av inomhusluften som återluften åstadkommer och som säges kunna dämpa människans vaksamhet gentemot luftburna föroreningar.

Driftgenskaper hos system med återluft

För att spara energi i kontor används ofta återluft. Besparing kan nås vid kylning om utetemperaturen är högre än rumstemperaturen och vid värmning om utetemperaturen är lägre än rumstemperaturen. Från ventilationssynpunkt motsvarar detta en ökad blandning av luften i den aktuella zonen. Genomsnittligt sett ökar luftkvaliteten genom att en del föroreningar – särskilt partikulära – avskiljs vid filtreringen av återluften.

Nackdelen är självklart den ökade spridningen av föroreningar inom zonen. Den ökade omblandningen av luften medför dock mindre risk för att höga föroreningskoncentrationer skall uppträda lokalt. Från ventilationssynpunkt är en zon med återluft att betrakta som en enda lokal med relativt god omblandning. Detta innebär att de genomsnittliga ventilations- och luftutbyteseffektiviteterna ligger nära 1 resp 0,5.

Det faktum att frånluftens kvalitet ligger nära rumsluftens har lett till att korridorerna ofta används som frånluftskanaler i de fall återluft nyttjas. Kontorsrummen förbinds med korridorerna medelst överluftsdon. Detta bör som regel undvikas eftersom den

kan leda till ytterligare ökad förorenings-spridning inom zonen.

Systemavskiljningsgrad som värderingsgrund för återluftssystem

Är det över huvud taget etiskt riktigt att tillföra annat än renast möjliga luft via ventilationssystemet? Ibland är det faktiskt så att filtrerad återluft kan medverka till att ge bästa resultat. Så är t ex fallet då man vill skydda sig mot föroreningar i uteluften. Det vore därför bra att kvalitativt kunna värdera nytan av återluft. Eftersom det förekommer många olika föroreningar med olika egenskaper, källstyrka, avskiljbarhet m m, är detta omöjligt annat än för varje förorening för sig. Detta hindrar dock inte att en storhet som mäter nytan av återluft vid en förorening kan underlätta diskussion och analys av olika systemutföranden.

En storhet av den typ som ovan diskuterats skulle kunna vara en "systemavskiljningsgrad" enligt följande:

$$g_a = 1 - \frac{\Delta C_{ia}}{\Delta C_i}$$

där ΔC_{ia} = ökning av föroreningshalten utöver halten i tilluften i rum nr i utan återluft vid uteluftsflödet q_u

ΔC_i = ökning av föroreningshalten i rum nr i vid återluftsflödet $a \cdot q_u$ och uteluftsflödet q_u

Det förutsätts att stationära förhållanden råder. Man kan observera att definitionen inte gäller för $\Delta C_i = 0$, vilket motsvarar det fall att ingen förorening alstras i det studerade rummet.

De preliminära studier som utförts med en i i det följande beskriven beräkningsmodell tyder bl a på följande egenskaper hos g_a :

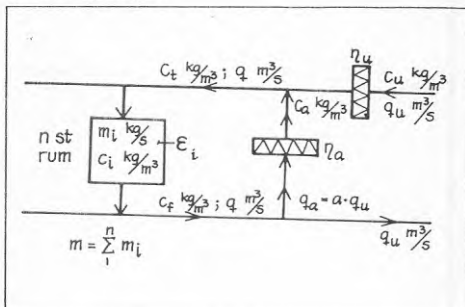
- $g_a < 0$ återluften medför försämring av luftkvaliteten i det studerade rummet
- $0 < g_a < 1$ återluften medför förbättring av luftkvaliteten i det studerade rummet, motsvarande en minskning av emissionen i rummet
- $1 < g_a$ återluften ger bättre kvalitet i rummet än i den filtrerade uteluften

En beräkningsmodell för återluft

Nedan beskriven beräkningsmodell är analog med den som angivits av Gustafsson (1977). Gustafsson

har i sin modell valt att presentera återluftsflödet som en andel av totalluftflödet. I här beskriven modell ges återluftsandelen som kvoten av återluftsflöde och uteluftsflöde, som i det följande benämns återluftsfaktor. Härigenom kan anslutning enkelt ske till normkraven som ju baseras på uteluftsflöden. Då man som här sätter de hygieniska aspekterna i förgrunden är det alltså naturligt att utgå från uteluftsflödet och undersöka om en ökning av totala luftflödet medelst återluft innebär förbättring av rumsluftskvaliteten eller ej.

Beräkningsuttryck

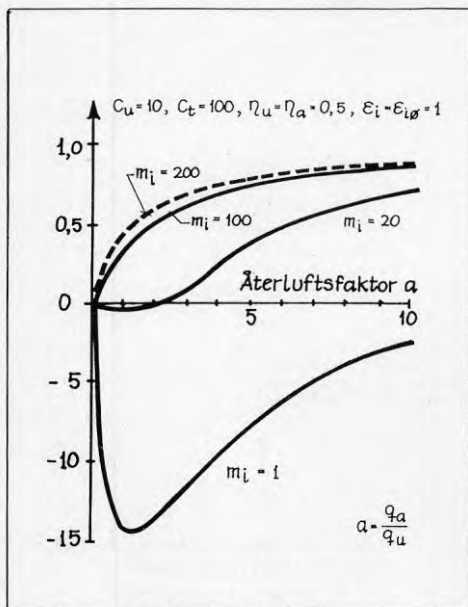


Figur 1. Principschema för beräkningar av systemavskiljningsgrad i system med återluft.

Utgångspunkten för beräkningen visas i figur 1 som innehåller ett studerat rum inom ett stort system av rum. Man finner följande beräkningsuttryck för att beskriva koncentrationen av en förorening i det studerade rummet:

$$C_i = \frac{m_i \cdot n}{q_u \cdot (1 + a) \cdot \epsilon_i} + \frac{1}{1 + a \cdot \eta_a} \cdot \left[\frac{m \cdot a \cdot (1 - \eta_a)}{q_u \cdot (1 + a)} + C_u \cdot (1 - \eta_u) \right]$$

- i rum nummer i
 c koncentration
 m föroreningsalstring
 n antal rum i zonen
 q_u uteluftsflöde
 a återluftsfaktor
 ϵ ventilationseffekt
 η_a avskiljningsgrad för återluftsfilter
 η_u avskiljningsgrad för uteluftsfilter
 m total föroreningsalstring i zonen m
 c_u koncentration i uteluft före filter



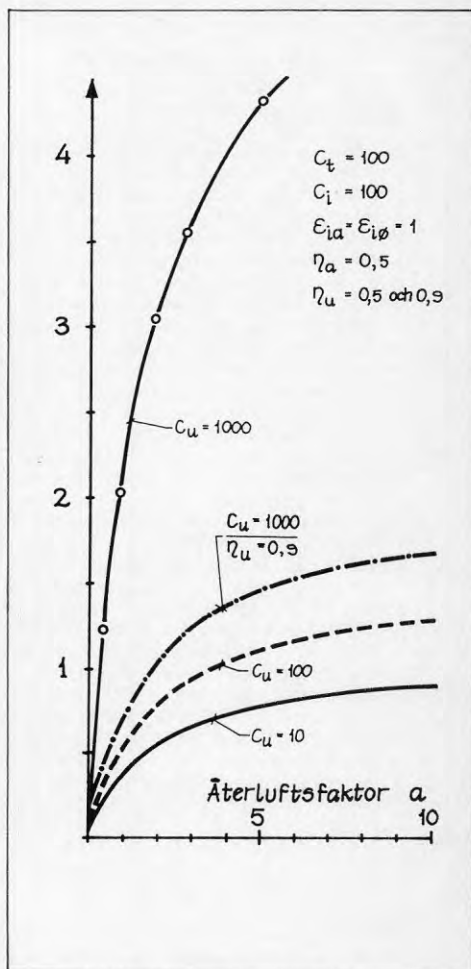
Figur 2. Systemavskiljningsgrad som funktion av återluftsfaktor. $m_i = 1$ motsvarar rent rum; $m_i = 100$ motsvarar medelkoncentrationen i tilluften.

Grafisk presentation med kommentarer

I figur 2 och 3 visas hur systemavskiljningsgraden beror av återluftsfaktorn vid i figurtexten angivna förutsättningar.

Den nedre delen av figur 2 visar förhållandena för ett rum som kan betraktas som rent (siffravärdet 1 % av föroreningskoncentrationen i medeltal inom zonen). Som synes medför ökande återluftsfaktor till att börja med försämrade förhållanden i det studerade rummet. Ett minimum i luftkvalitet uppstår vid återluftsfaktorer mellan 1 och 2, vilket motsvarar en återluftsandel i tilluften av 50 resp 67 % (i praktiken "normala" värden). Vid ytterligare ökning av återluftsfaktorn förbättras förhållandena i rummet på grund av avskiljningen i återluften. I just detta fall – med ett "rent" rum – medför återluft alltid en försämring av rumsluftskvaliteten.

Den övre delen av figur 2 visar förhållandena vid föroreningsalstring motsvarande 20 resp 100 % av den som gäller i medeltal inom den zon vari det stu-



Figur 3. Systemavskiljningsgrad som funktion av återluftsfaktor vid varierande föroreningshalt i uteluften.

derade rummet ingår. För 20 %-kurvan kan konstateras att en viss försämring uppstår om återluftsfaktorn är mindre än 3. För större återluftsfaktor blir luftkvaliteten bättre med återluft än utan. Detta förhållande accentueras vid högre föroreningsalstring i det studerade rummet.

I figur 3 visas förhållandena då uteluften är förorenad. Som synes medför återluft i detta fall en för-

bättring – som kan vara mycket stor – av de genomsnittliga förhållandena inom hela zonen.

Diskussion

Det förda resonemanget har skett med den förut-sättningen att föroreningar inte lösgörs i kanalsyste-met. Sådant kan inträffa om däri ackumulerad smuts släpper och förs med luftströmmen. För att sådant inte skall kunna inträffa måste filtreringen av tilluften vara effektiv och kanalsystemets alla delar vara åtkomliga för rengöring. Utredningsarbete med fältstudier erfordras för att bestämma lämpliga ren-göringsintervall (en gång per år?) och uttröna om fil-ter i anslutning till frånluftsdonen i system med möj-lighet till återluft kan var en lämplig komplettering. I exemplen har avskiljningsgraden valts så låg som 50 % för återluftsfiltret, vilket är ett lågt värde för partikulära föroreningar. Man måste emellertid beak-ta att vissa föroreningar inte alls kan avskiljas med normala filter. Om ingen avskiljning äger rum blir re-sultatet av återluft endast en ökad omblandning inom ventilationszonen. En sådan funktion kan na-turligtvis försvaras med samma argument som an-vänds för system med omblandande ventilation (den i särklass vanligaste i våra byggnader), nämligen att risken för mycket höga koncentrationer av en föro-rening blir mindre. Nackdelen i fallet med återluft, nämligen att de personer som vistas i en viss lokal berövas möjligheten att själva skydda sig mot föro-reningarna, blir dock mera markerad eftersom de till synes skyddande väggarnas inverkan sätts ur spel. Om återluftssystemet förses med filter i återluften medför användning av återluft alltid en förbättring av de genomsnittliga förhållandena inom zonen. I rum med liten intern föroreningsalstring – såg 30 % eller mindre av medeltalet inom zonen – medför dock återluft en försämring utom vid stor återluftsfaktor och hög avskiljningsgrad. Om inomhusluften är ren i förhållande till uteluften medför återluft en ökad luftkvalitet i zonen. Beräkningar visar att återluftsfaktor bör väljas an-tingen lika med noll eller lika med åtminstone cirka 3. Härigenom undviks den "svacka" på luftkvalitets-kurvan som erhålls under vissa driftbetingelser. Självfallet är en utgångspunkt för resonemanget om användning av återluft att återluftsfaktorn är ett komplement till och inte en ersättning för uteluft.

Slutsatser

Frågan om huruvida återluft kan accepteras eller ic-ke är, som ovanstående genomgång visar, knuten till om spridning av föroreningar inom zonen kan godtas. Vi förutsätter naturligtvis att hälsovådliga ämnen inte får förekomma i skadliga koncentratio-ner. Med detta som utgångspunkt finner vi att pro-

blemet är etiskt snarare än tekniskt. Om emissionen i de olika rummen är likartad utom till styrkan är nackdelen från luftkvalitetssynpunkt liten utom i de rum som har mycket liten emission, såg 10 % eller mindre jämfört med den genomsnittliga inom ventila-tionszonen. Fördelen är givetvis den ökade avskilj-ningen och den större utspädningseffekten på grund av det större luftflödet.

Återluft skall givetvis inte användas okritiskt. Att för-bjuda återluft måste dock betraktas som överilat. En rimlig kompromiss är kanske att lägga bevisbördan på förespråkarna för återluft. Kan de i ett en-skilt fall visa att återluft innebär fördelar vad gäller kända föroreningar och att risken för skador på grund av okända föroreningar är liten bör återluft kunna användas.

Litteraturreferenser:

1. "Vent Tjugohundra", pågående utredningsarbete med stöd från BFR, projekt nr 860827-8.
2. Gustavsson Jan: "Återluft". Tekn Medd 106, Uppv- & venti-lationsteknik KTH, Stockholm 1977.
3. "Det sunda huset". Konferens 31 mars – 1 april 1987 an-ordnad av BFR.
4. Malmström Tor-Göran: "Hvordan ventilation?" Föredrag in-gående i "Indeklima- Ventilasjon- Energi". Nordiskt Seminar A/S, mars 1987.
5. Svensson Sven A: "Ventilationsstrategi". Artikel ingående i dokumentation från "Det sunda huset" (ref 3).
6. Berglund, Lindvall, Sundell, m fl: "Indoor Air". Proceedings of the 3rd International Conference on Indoor Air Quality and Climate, BFR Stockholm 1984.

Ett särtryck av artikeln kompletterat med fullständiga beteck-ningar och benämningar, beräkningsuttryck samt härledning av dessa kan erhållas efter hänvändelse till författarna eller VVS-tekniska Föreningen.

0. RÄTTELSE

V g notera följande korrigeringar av artikeltexten:
Formel jämte text sid 86 (sid 4 i särtryck!) skall lyda:

$$g_a = 1 - \frac{\Delta C_{ia}}{\Delta C_{ie}}$$

där ΔC_{ia} = ökning av föroreningshalten i rum nr i utöver halten i filterrad uteluft p g a föroreningsalstring i rummet och tillförelse via filterrad återluft.

ΔC_{ie} = ökning av föroreningshalten i rum nr i utöver halten i filterrad uteluft p g a föroreningsalstring i rummet i system utan återluft.

Det tredje konstaterandet skall lyda:

Om $1 < g_a$ återluft ger bättre kvalitet på rumsluften i det betraktade rummet än den kvalitet som filterrad uteluft har.

1. BETECKNINGAR OCH BENÄMNINGAR

Bet	Benämning	Dim
a	återluftsfaktor $a = q_a/q_u$	-
c_a	koncentration i återluft efter filter	kg/m ³
c_i	koncentration i frånluften (medelvärde)	kg/m ³
c_r	koncentration i rum nummer i	kg/m ³
c_t	koncentration i tilluften	kg/m ³
c_u	koncentration i uteluft före filter	kg/m ³
g_a	1) systemavskiljningsgrad $g_a = 1 - \frac{\Delta C_{ia}}{\Delta C_{ie}}$	
Δk_i	2) koncentrationsökning p g a föroreningsalstring i rum	kg/m ³
Δk_t	3) koncentrationsökning p g a total föroreningsalstring	kg/m ³
m_i	föroreningsalstring i rum nummer i	kg/s
m	total föroreningsalstring i zonen $m = \sum m_i$	kg/s
n	antal rum i zonen	-
q	tilluftsflöde $q = q_u + q_a$	m ³ /s
q_a	återluftsföde	m ³ /s
q_u	uteluftsflöde	m ³ /s
x	återluftsfaktor $x = q_a/q_u = \frac{a}{1+a}$	-
ϵ	4) ventilationseffektivitet $\epsilon = \frac{c_i - c_t}{c_i - c_r}$	-
η_a	avskiljningsgrad för återluftsfiltter	-
η_u	avskiljningsgrad för uteluftsfilter	-

- $\Delta C_{ie} = \frac{m_i \times n}{q_u \times \epsilon_{ie}}$; av föroreningsalstring i rummet
 $\Delta C_{ia} = c_{ia} - c_u \times (1 - \eta_u)$; av tot föroren exkl uteluft
- $k_i = m_i \times n / q_u$
- $k_t = m / q_u$
- Medelvärde för hela rummet för $a = 0$ sätts $\epsilon_i = \epsilon_{ie}$; för $a > 0$ sätts $\epsilon_i = \epsilon_{ia}$

Se också figur 1 för information!

2. BERÄKNINGSUTTRYCK OCH KOMMENTARER

Man finner att, vid den valda modellen enligt figur 1, följande beräkningsuttryck beskriver koncentrationen av en förorening i det studerade rummet (rum nummer i):

$$c_i = \frac{m_i \times n}{q_u \times (1+a) \times \epsilon_i} + \frac{1}{1+a \times \eta_a} \times \left[\frac{m \times a \times (1 - \eta_a)}{q_u \times (1+a)} + c_u \times (1 - \eta_u) \right]$$

I beräkningsuttrycket förutsätts att totalt luftflöde fördelas lika över de n st rummen i zonen. Undersökning av funktionen m a p maxima och minima ger, om det studerade rummet är "rent", dvs $m_i \approx 0$, och uteluftens koncentration av förorening likaså är $c_u \approx 0$, följande resultat för koncentrationens beroende av återluftsfaktorn:

$$\frac{\delta c_i}{\delta a} = \frac{m \times (1 - \eta_a)}{q_u \times (1 + a \times \eta_a) \times (1 + a)} \times \left[1 - \frac{a}{1+a} - \frac{a \times \eta_a}{1 + a \times \eta_a} \right]$$

Denna funktion har en nollpunkt för $a = \sqrt{1/\eta_a}$

Om en viss förorening alstras i det studerade rummet fås derivatan av koncentrationen m p återluftsfaktor vid $c_u = 0$:

$$\frac{\delta c_i}{\delta a} = \frac{m \times (1 - \eta_a)}{q_u \times (1 + a \times \eta_a) \times (1 + a)} \times \left[1 - \frac{a}{1+a} - \frac{a \times \eta_a}{1 + a \times \eta_a} - \frac{n \times m_i \times (1 + a \times q_a)}{\epsilon_i \times (1 + a) \times m \times (1 - \eta_a)} \right]$$

Systemavskiljningsgraden beräknas ur uttrycket:

$$g_a = 1 - \frac{\Delta C_{ia}}{\Delta C_{ie}}$$

Här är:

$$\Delta C_{ia} = c_{ia} - c_u \times (1 - \eta_u),$$

dvs konc i rumsluften vid återluft för det fall att ingen förorening tillförs utifrån

$$\Delta C_{ie} = m_i \times n / (q_u \times \epsilon_{ie}) = k_i / \epsilon_{ie},$$

dvs konc i rumsluften orsakad av i rummet alstrad förorening för det fall att ingen återluft tillförs. Härvid ändras som regel ventilationseffektiviteten från ϵ_{ie} till ϵ_{ia} .

3. HÄRLEDNING AV BERÄKNINGSUTTRYCK

3.1 Massflödebalans för rum nummer i:

$$(q/n) \times (c_i - c_t) = m_i \quad (1)$$

eller

$$c_i = c_t + m_i \times n / q \quad (1a)$$

Med $q = q_u \times (1 + a)$ fås

$$c_i = c_t + \frac{m_i \times n}{q_u \times (1 + a)} \quad (2)$$

3.2 Ventilationseffektivitet för rum i:

$$\epsilon_i = \frac{c_i - c_t}{c_i - c_r} \quad (3)$$

Efter ins av ekv (2) fås:

$$c_i = \frac{m_i \times n}{q_u \times (1 + a) \times \epsilon_i} + c_t \quad (4)$$

3.3 Massflödesbalans totalt för ventilationszonen:

$$c_i \times q = q_a \times c_a + q_u \times c_u \times (1 - \eta_a) \quad (5)$$

Med $q = q_u \times (1 + a)$, $q_a = q_u \times a$ och $c_a = c_i \times (1 - \eta_a)$ fås:

$$c_i = \frac{a}{1 + a} \times c_i \times (1 - \eta_a) + c_u \times \frac{1 - \eta_u}{1 + a} \quad (6)$$

Med ins av ekv (2) och med $m_i \times n = m$ fås:

$$c_i = \frac{1}{1 + a \times \eta_a} \times \left[\frac{m \times a \times (1 - \eta_a)}{q_u \times (1 + a)} + c_u \times (1 - \eta_u) \right] \quad (7)$$

Med ins av ekv (7) i ekv (4) fås:

$$c_i = \frac{m_i \times n}{q_u \times (1 + a) \times \epsilon_i} + \frac{1}{1 + a \times \eta_a} \times \left[\frac{m \times a \times (1 - \eta_a)}{q_u \times (1 + a)} + c_u \times (1 - \eta_u) \right] \quad (8)$$

För $a = 0$ fås, med ventilationseffektiviteten ϵ_{ie} :

$$c_i = m_i \times n / (q_u \times \epsilon_{ie}) + c_u \times (1 - \eta_u) \quad (9)$$

3.4 Återluftssystemets systemavskiljningsgrad

Om endast uteluft används kommer alstringen av förorening i det studerade rummet att ge upphov till en nominell koncentration, exklusive uteluftstillskott, som kan tecknas:

$$\Delta k_{ie} = \frac{m_i \times n}{q_u} \text{ kg/m}^3 \quad (10)$$

Eftersom ventilationen sker med en viss effektivitet som sannolikt är lägre vid det lägre flöde som blir följden om återluft ej används bör effektivitetens inverkan på koncentrationen i rummet beaktas:

$$\Delta c_{ie} = \frac{\Delta k_{ie}}{\epsilon_{ie}} \text{ kg/m}^3 \quad (11)$$

Även för det fall att återluft används bör tillskott av förorening från

uteluften elimineras vid jämförelse av inverkan på rumsluftskvaliteten:

$$\Delta c_{ie} = c_{ia} - c_u \times (1 - \eta_u) \quad (12)$$

Systemavskiljningsgraden kan nu tecknas:

$$g_a = 1 - \frac{\Delta c_{ie}}{\Delta c_{ie}} = 1 - \frac{c_i - c_u \times (1 - \eta_u)}{k_{ie} / \epsilon_{ie}} \quad (13)$$

Denna funktion har följande egenskaper:

- $g_a < 0$ återluftssystemet ger sämre rumsluftskvalitet än systemet utan återluft i det betraktade rummet
- $0 \leq g_a \leq 1$ återluftssystemet medför förbättring av rumsluftens kvalitet som om emissionen i rummet hade minskats i det betraktade rummet
- $g_a > 1$ återluftssystemet ger bättre kvalitet på rumsluften i det betraktade rummet än den kvalitet som filtrerad uteluft har.

Observera att funktionen inte kan användas om ingen föroreningsalstring sker i det studerade rummet.

4. BERÄKNINGSPROGRAM

Ett enkelt beräkningsprogram i basic har sammanställts, som möjliggör snabb beräkning av ett antal värden och som även grafiskt visar beräkningsresultatet. Figur 4 visar exempel på utskrift. Programmet (för IBM och liknande persondatorer) kan fås på diskett till självkostnadspris och kan disponeras fritt.

BERÄKNING AV INVERKAN AV ÅTERLUFT PÅ FÖRORENINGSKONCENTRATION I ETT RUM INOM EN VENTILATIONSZON MED LIKA LUFTFÖRDELNING MELLAN RUMMEN.

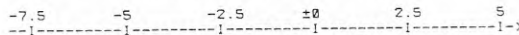
VALDA INDATAVÄRDEN:

cu	ki	kt	εia	εi0	eta-a	eta-u	a
100.00	10.00	200.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00

BERÄKNADE LUTDATAVÄRDEN:

Nr	a	ci	cf	ca	ct	ga
1.00	1.00	71.67	71.67	35.83	66.67	-1.17
2.00	2.00	61.67	61.67	30.83	58.33	-0.17
3.00	3.00	52.50	52.50	26.25	50.00	0.75
4.00	4.00	45.33	45.33	22.67	43.33	1.47
5.00	5.00	39.76	39.76	19.88	38.10	2.02
6.00	6.00	35.36	35.36	17.68	33.93	2.46
7.00	7.00	31.81	31.81	15.90	30.56	2.82
8.00	8.00	28.89	28.89	14.44	27.78	3.11
9.00	9.00	26.45	26.45	13.23	25.45	3.35
10.00	10.00	24.39	24.39	12.20	23.48	3.56

GODHETSTAL FÖR ÅTERLUFTSSYSTEM



Återluftsfaktor

BILAGA 2:

TERMINOLOGI OCH DEFINITIONER

Se bl a TNC 69 och kompletteringar till denna samt av Nordiska Ventilationsgruppen sammanställd terminologi. Nedan redovisas ett urval av viktiga såväl gamla som nya termer. Om en tidigare given definition förändrats, anges detta.

Ventilation:

Styrd tillförsel och bortförsl av luft i avsikt att hålla god luftkvalitet i ett utrymme.

Kommentar:

(TNC 69: transport och utbyte av luft)

- 1) Förloppet skall vara styrt på både tilllufts- och frånluftssidan.
- 2) Styrning skall ske i rummet och i tiden.
- 3) Inverkan av vindhastighet skall kunna kompenseras.
- 4) Uteluft är den luft som tillförs ett ventilationssystem via luftintag mot det fria. (Anm. Hur behandlas inglasad gård?).
- 5) Definitionen av begreppet styrd ventilation är en logisk följd av definitionen av luftutbytes-effektivitet, se nedan.
Ett bra luftutbyte kan upprätthållas endast om både tilllufts- och frånluftsflödena är styrda i tid och rum.
- 6) Den föreslagna definitionen utesluter inte självdragsventilation eller frånluftsventilation, men systemen måste vara så utformade att ventilationsförloppet kan styras.
Detta utesluter användning av självdrag utan hjälpfläkt för drift sommartid (eller andra tillfällen då självdragsverkan är otillräcklig eller obefintlig). Också frånluftssystem i vilka tilluftstillförseln är ostyrd utesluts.
- 7) Krav på ventilation kan ges för olika belastningsfall i det ventilerade objektet, t ex enligt följande belastningstyper:
 - a) personbelastning
 - b) processbelastning
 - c) person- och processbelastning
 - d) oanvänd lokal

Arbetsmiljö :

Sammanfattande beteckning för de biologiska, medicinska, fysiologiska, psykologiska, sociala och tekniska faktorer som i arbetssituationen eller i arbetsplatsens närmaste omgivning påverkar individen.

Källa: TNC 79, Arbetsmiljöordlista . TNC 1983

Anm. Arbetsmiljö kan vara inom- eller utomhus. (Sbg nov. 87)

Avskiljningsgrad: (för filter och system):

Kvot av avskilt material och totalt tillfört material
Vanlig beteckning är n (uttalas eta).

Källa: TNC 69

Fuktbalans:

Balansräkning avseende tillförd, lagrad, avgiven och bortförd fukt i ett material eller en lokal under en studerad tidsperiod.

(förslag Sbg dec. 87)

Hygieniskt inneklimat:

Klimat som bestäms av biologiska, fysiska eller kemiska hälsopåverkande faktorer i en lokal.

Biologiska faktorer kan vara mikroorganismer, t ex virus och bakterier, och insekter, t ex kvalster.

Fysiska faktorer kan vara partiklar, t ex damm och asbestfibrer, eller gaser, t ex radon och formaldehyd.

Kemiska faktorer kan vara ångor, t ex styren, eller gaser, t ex cyanväte, eller vätskor, t ex bensin och nikotin, eller vätskedroppar, t ex färglösningsmedel.

Hög luftfuktighet kan inverka på t ex tillväxten av kvalster. Låg luftfuktighet kan inverka på frigörelsen av dammpartiklar. (förslag Sbg nov. 87)

Hälsa:

Tillstånd av välbefinnande och fullgod kroppsfunktioner (Svensk ordbok1986)

Jfr WHO

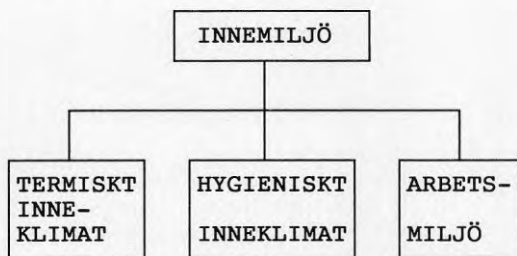
Innemiljö, inomhusmiljö

Sammanvägning av termiskt inneklimat, hygieniskt inneklimat och vistelse- eller arbetsmiljö i en lokal

Bland innemiljöfaktorerna kan följande anges som exempel:

Ljus	Belysningsstyrka Bländning
Ljud	Ljudavskärmning Ljuddämpning Vibrationsdämpning
Arbetsplatsplanering	Ergonomisk planering
Lokalplanering	Klimathölje Byggnadsmaterial Ventilation Energilagring Logistisk planering

Komponenter i innemiljö:



(förslag Sbg nov 87)

Klimat

Genomsnittliga väderleksförhållanden inom ett större (land)område, vanligen omfattande strålning, temperatur, lufttryck, fuktighet, vindstyrka, nederbörd och molnighet

(av grek. klima= trakt, zon, lutning)

Utvidgat: Drivhusklimat, Inomhusklimat

Källa: Nordisk Familjebok, Bra Böckers lexikon och Ångström: Meteorologi

(Petit Larousse, övers.): Sammanlagd verkan av meteorologiska fenomen (temperatur, lufttryck, vindar, nederbörd) som karakteriserar medeltillståndet hos atmosfären och dess förändring på en viss ort.

Klimatologi

Läran om klimatet, grundad på statistisk behandling av observationsmaterialet från klimatstationer, vanligen under internationellt rekommenderade normalperioder.

Källa: Bra Böckers lexikon

Luftbehandling

Behandling av luft genom luftberedning, luftdistribution och luftväxling. Luftbehandling som reglerar luftens temperatur, fuktighet, renhet och hastighet i ett utrymme kan benämnas luftkonditionering. (TNC 69)

Luftutbyteseffektivitet (ny, ur NVG):

Kvot av nominell luftväxlingstid och dubbla medelåldern för luftmolekylerna i ett utrymme

Uttrycket kan tecknas:

$$\epsilon_a = \frac{T_n}{2 * < T >}$$

T_n = Nominell luftväxlingstid

$< T >$ = Medelålder för luftmolekylerna i rummet

Anm.: Luftutbyteseffektiviteten kan högst uppnå värdet 0,5 vid fullständig omblandning och 1,0 vid förträngningsventilation.

Luftväxlingstal: Se nominellt luftutbytestal

Metabolism: se Ämnesomsättning

Miljö

(inom biologin) Den omgivning, inklusive alla dess enskilda faktorer, som inverkar på en viss växt- eller djurart, däribland människan.

(inom psykologin) Summan av, eller någon del av, de fysiska, psykologiska och sociala fenomen som omger eller påverkar en organism eller del av organism.

Källa: Bra Böckers lexikon

Nominell luftväxlingstid: (jfr nominellt luftutbytestal)
Kvot av rumsvolym och luftflöde

Även: Medelålder för luften i rummet mätt i frånluftsöppningen

Uttrycket kan tecknas:

$$T_n = \frac{V}{q} = \frac{1}{L_n}$$

(förslag Sbg nov. 87)

Nominellt luftutbytestal:
Kvot av luftflöde och rumsvolym

Uttrycket kan tecknas:

$$L_n = \frac{q}{V}$$

(förslag Sbg nov. 87)

Reglering:

Styrning med återkoppling (avkänning av resultatet av styrningen)

Se figur B2.1
(ur Svennberg: Värmeåtervinning ur ventilationsluft)

Relativ uppehållstid: Se Ventilationseffektivitet

Styrning:

Avsiktlig påverkan av egenskap i önskad riktning

Se figur B2.2
(ur Svennberg: Värmeåtervinning ur ventilationsluft)

Systemavskiljningsgrad för återluftssystem:

Ett minus kvot av koncentrationsändring vid återluft och koncentrationsändring utan återluft.

Uttrycket kan tecknas:

$$\phi_a = 1 - \frac{\hat{C}_{ia}}{\hat{C}_i}$$

där

$$\hat{C}_i = \frac{m_i}{(q_u/n)} * \frac{1}{\epsilon}$$

och

$$\hat{C}_{ia} = C_{ia} - C_u \cdot (1 - \nu_u)$$

ν_u = avskiljningsgrad för filter i uteluften

Anm.: Systemavskiljningsgraden blir större än 1,0 om koncentrationen av föroreningar sjunker när återluft används.

(förslag T-G Malmström april 87)

Termiskt inneklimat

Klimat som bestäms av lufttemperatur, strålnings-temperatur och lufthastighet i en lokal.

Anm.: Luftfuktighet kan viss, vanligen kortvarig, verkan på en persons temperaturintryck genom att kondensation eller avdunstning påverkar värmebalansen.
(förslag Sbg nov. 87)

Ventilationseffektivitet

(även relativ uppehållstid;ny, ur NVG):

Kvot av nominell luftväxlingstid och medelålder på föroreningar i rumsluften, mätt i frånluftsöppningen

Uttrycket kan tecknas:

$$\epsilon = \frac{C_f - C_t}{C_i - C_t} = \frac{T_n}{T_{ct}}$$

T_{ct} = medelålder på föroreningar i rumsluften, mätt i frånluftsöppningen

Anm.: Ventilationseffektiviteten kan högst uppnå värdet 1,0 vid fullständig omblandning sker. Detta värde kan nås även med andra ventilationsförhållanden. Som framgår av formeln kan ventilations-effektiviteten få värden som går mot oändligheten.

Verkligt luftutbytestal:

Nominellt luftutbytestal multiplicerat med luftutbyteseffektiviteten

Uttrycket kan tecknas:

$$Lv = Ln * \epsilon_a$$

(förslag Sbg nov. 87)

Värmebalans:

Balansräkning för tillförsel, lagring, avgivning och borttransport av värmeenergi.

Värmebalans kan uppställas för t ex en människa, en process eller en byggnad.

(förslag Sbg dec. 87)

Värmeisolering (för kläder):

Förmåga hos kläder att begränsa värmetransport.

Anm.: Värmemotstånd hos kläder anges i enheten clo.

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

(förslag Sbg dec. 87)

Ännesomsättning (metabolism):

Kvot av energiomsättning i en levande organism och tid.
Ännesomsättningen kan anges i W eller met.

Anm.: 1 met = 100 W

(förslag Sbg dec. 87)

BILAGA 3: LITTERATUR

OMRÅDESIKDELNING:

1. Allmänna hygieniska krav
2. Hälsorisker
3. Byggnader och installationer
4. Drift och underhåll; funktionskrav
5. Modeller, mätmetoder och mätresultat
6. Standarder och terminologi; projekteringshjälpmedel
7. BFR:s seminarium 31 mars- 1 april 1987
8. Samlingsverk: internationellt arbete och konferenser

1. Allmänna hygieniska krav

Svennberg Sven: Sundare hus.

Rapport från seminarium anordnat av Institutionen för Installationsteknik vid KTH tillsammans med Malmö stads fastighetskontor och SPRI. Stockholm 1989.

Zürcher Hans: Europa 1992 - der Beitrag der Normung.
Swiss Contamination Control nr 1, 1989, pp 7-13.

Gail Lothar: Zielsetzung der Richtlinie VDI 2083,
Reinraumtechnik.
Swiss Contamination Control nr 1, 1989, pp 15-18.

Room-Vent - 87: Air Distribution i Ventilated Spaces.
Internationell konferens anordnad av Föreningen
Ventilation-Klimat-Miljö. Stockholm, juni 1987.

Peterson F., Sonoda T.: A sonic method for measuring air
leakage in buildings.
KTH, Uppv. & Vent med stöd av BFR, A4-serien nr 132.
Stockholm 1987. ISSN 0349-5388

Lögdberg A, Adling A: Luftkvalitet i småhus - en studie
av behovsanpassad ventilation.
BFR R69-1986. ISBN 91-540-4600-9

Levy Finn: Helsemessige konsekvenser av dårlig
inneklime - Kvalitetssikring av inneklime.
Norsk VVS nr 3- 1986, pp 158 - 173.

Mål og aktivitetsplan for SIKNORD-projektet.
VEKST Bransjeforskning, Oslo 1986.

Friberg L, Rylander R (redaktion): Fysikaliska
miljöfaktorer.
Miljömedicin - en lärobok i hygien, Kapitel 4, pp 51-64.
Institutet för MiljöMedicin (tidigare SML), Stockholm.

Lindvall Thomas: Exposure limits for office
environments.
Ann.Am. Conf.Ind. Hyg. Vol 12 (1985), pp 99-108.

Vad innehåller avgasutsläppen? Energifakta 17.10 Svensk Energiförsörjning Stockholm 1985

Katalytisk avgasrening- vad innebär det?
Energifakta 17.11.
Svensk Energiförsörjning Stockholm 1985

Johnsson L, Strindehag O: Luftjoner i ventilerade lokaler.
BFR R69-1983. ISBN 91-540-3950-9

Temperatur och luftfuktighet - kontorslokaler.
Byggnadsstyrelsen, Tekniska byråns information nr 42
Stockholm 1983

Luftfuktighet - kontorslokaler.
Byggnadsstyrelsen, Tekniska byråns information nr 45
Stockholm 1983

Malmström T.G.: Luftflöden i byggnader.
KTH, Installationsteknik, FK 1, VK 215.

Sandberg Mats: Luftkvalitet - två beräkningsmodeller.
KTH, Uppv.& Vent med stöd av BFR, A4-serien nr 94.
Stockholm 1984. ISSN 0349-5388

Woods J.E., Maldonado E, Reynolds G: How ventiaition influences energy consumption and indoor air quality.
ASHRAE Journal Sept 1981, pp 40-43.

Wolgers B., Wiedling K.: Kontorsmiljöutredningen 1 - Attityder till kontorslandskaps- och storrums miljö. PARådet Stockholm 1970

2. Hälsorisker

Fischer M, Seifert B, Wegner J: Selected Organic Substances, Especially Formaldehyde and Pentachlorophenol.
IEA Annex 9, Chapter 6, AIVC, Univ.of Warwick, Coventry, G.B. 1987.

Westerholm Peter: Asbest i inomhusluften.
Utbildningsdag på Statens miljömedicinska laboratorium (nu Institutet för miljömedicin)
BFR R6 - 1986. ISBN 91-540-4510-X

Passiv rökning. 4 referenser, 6 litteraturhänvisningar.
Socialstyrelsen, Stockholm 1982, 1986

Farliga ämnen.
Arbetskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1985:17,
Stockholm 1985. ISBN 91-38-09023-6.

Hallenberg N., Gilert E.: Svamp och mögellukt - ett byggnadstekniskt problem sett ur en biologisk synvinkel. Statens Provningsanstalt, lab. för byggandsfysik. SP-INFO 1983:03, Borås 1983

Magnusson Egon: Klorfluorkolväten.
LO, Miljön i arbetslivet nr 10, Stockholm 1983.

Gustafsson H, Isaksson I, Muameleci E: Formaldehyd till inomhusluft. Statens Provningsanstalt tekn. rapp. 1985:29, Borås 1985. ISBN 91-7848-005-1

Ge inte svamparna en chans!
Statens planverk och Bostadsstyrelsen, Stockholm 1985.

Fuktskydd i småhus.
Statens planverk, Stockholm 1983. ISBN 91-38-07710-8

Bresle Åke: Varför luktar det pyton?
VVS & Energi nr 11 och 12, 1982

Emission av svavel vid eldning av kol och olja. Rapport med anledning av tilläggsdirektiv till Projekt KHM. Vattenfall, Projekt Kol-Hälsa-Miljö, Vällingby dec. 1981

En bok om byggavfuktning.
Frico, Partille, 1979.

Energi, hälsa, miljö.
SOU 1977:67, Jordbruksdep. Stockholm 1977

Werner Jan: Formaldehyd i bostäder. Sammanfattning från konferens 17. nov. 1976.
BFR T10 - 1977. ISBN 71-540-2651-2

Bestämning av formaldehyd i luft.
ASS metod nr 1003. Stockholm 1977

Bestämning av kvävedioxid i luft.
ASS metod nr 1004. Stockholm 1977

Bestämning av ammoniak i luft.
ASS metod nr 1006. Stockholm 1977

Bestämning av ozon i luft.
ASS metod nr 1009. Stockholm 1978

Bestämning av benso(a)pyren i luft.
ASS metod nr 1011. Stockholm 1978

Ericsson S.O., Lindvall Th, Månsson L.G.: Indoor ionizing radiation -Technical solutions and Remedial Strategy.
BFR D7-1986. ISBN 91-540-4554-1

Peterson Folke: Radon från byggnadsmaterial.
KTH, Uppv.&Vent, Tekniska Medd.1980:5 (nr 188).
Stockholm 1980.

Radon i bostäder.
Socialstyrelsen, Statens Planverk och Statens
Strålskyddsinstitut Stockholm 1982.

Radon. Meddelande nr 8 från
Byggnadsstyrelsen, Tekniska byrån, VVS- och
driftsektionen, Stockholm 1979

Radonförekomst - översiktlig kartläggning. Meddelande nr
20 från Byggnadsstyrelsen, Tekniska byrån, VVS- och
driftsektionen, Stockholm 1980

Infraljud, luftjoner. Meddelande nr 44 från
Byggnadsstyrelsen, Tekniska byrån, VVS- och
driftsektionen, Stockholm 1983

Allhammar G., Korostenski J.: Tekniska
företagshälsovårdens behov av arbetshygieniskt stöd inom
området kemiska hälsorisker.
ASF-projekt 82-0543.

U.S. Dep. of Health, Education and Welfare: Recirculation
of Exhaust Air.
Proceedings of seminar Oct 1975 and Presentation of
criteria for recirculation of exhaust air.
HEW Publication No (NIOSH) 76-186, Washington D.C. 1976.

Illiff N.A.: Organiska kemikalier i vår omgivning.
Artikel och ordlista. Sammanfattning av föredrag vid
konferens om "Chemical and Toxicological Aspects of
Environmental Quality" i München 1971. Shell Fakta nr
16, 1972.

3. Byggnader och installationer

Svennberg Sven A.: Värmeåtervinning ur ventilationsluft.
VVS-tekniska föreningen i samarb. m. BFR, Handbok nr 2.
Stockholm 1989. ISBN 91-971262-0-9

Skistad Hakon: Deplacerande ventilation.
VVS-Tekniska föreningen, Stockholm 1988.

Wyon David: Byggnader att bo och verka i. VVS & Energi
nr 7-8.1987

Södergren David: Behovsstyrd ventilation i ett varuhus.
Slutrapport BFR- projekt nr 821314-9, Stockholm 1986.

Klimatproblem i byggnader. Sjuka byggnader,
undersöknings- och åtgärds metodik.
Nordiska Ventilationsgruppen dec. 1985.
Arbetskyddsstyrelsen H12:1986

Jacobsson Staffan, Lindgren Sören: Kallras vid fönster - förstudie; Inventering och sammanställning av problem. Slutrapport BFR-projekt 820624-6, Stockholm 1982. 30 referenser.

Backvik, Bo, m fl: Utvärdering av ventilation mmed självdrag i nybyggda flerbostadshus. Projektbeskrivning BFR-projekt 821325-5, Stockholm 1983.

Wärmetchnische Gebäudesanierung: Planung und Projektierung.
Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern 1980.

Bigelius A., Taesler R.: Projektering av luftbehandlingsanläggningar - metoder för val och tillämpning av klimatdata.
BFR R69-1973. ISBN 91-540-2213-4

4. Drift och underhåll; funktionskrav

Energiläget 1988.
Statens Energiverk, Stockholm, juni 1988

Berglund B, Berglund U, Lindvall Th:Dags för funktionskrav på hälsosäkra hus.
Tidskriften Byggeforskning nr 3, april 1988, s.12-14.

Westling Hans: Idrifttagning av byggnader.
BFR R16-1986. Stockholm 1986. ISBN 91-540-4530-4

Driftinstruktioner, underhållsinstruktioner.
Idéhandbok från Statens energiverk, Stockholm 1985.

Bättre luft. Handledning om ventilationsunderhåll för bättre arbetsmiljö.
Arbetarskyddsfonden, Stockholm 1985(?)

Ventilation för en bättre arbetsmiljö.
Arbetarskyddsfonden ASF 1983:1, Stockholm 1983

Driftinstruktion.
Byggnadsstyrelsens administrativa föreskrifter, BAF 9111
Byggnadsstyrelsen Stockholm 1983

5. Modeller, mätmetoder och mätresultat

Gustén Jan: Wind pressures on low-rise buildings - an air infiltration analysis based on full-scale measurements. Chalmers Tekn. Högsk. publikation nr 1989:2. Göteborg 1989. ISSN 0281-1863

Fanger P.O.: Introduction of the OLF and the DECIPOL units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors.
Energy And Buildings, Vol 12,1988,No1,pp 1-6.

Fanger P.O., Lauridsen J.: Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the OLF unit. Energy and Buildings, Vol.12,1989,No 1,pp 7-19.

Willman Henry, HEWAB AB och Jagemar Lennart, CTH
Installationsteknik: Ett förvaltarorienterat VVS-system för bostäder. VVS & Energi nr 4-86, s.27-29. BFR-projekt 860735-6 (pågående mätningar).

Niemelä Raimo: Characterization of the performance of industrial ventilation systems by the tracer gas technique.

Helsingfors Universitet, Avdeln. för fysik, 1986.
ISBN 951-801-556-2

Hult Marie m fl: Utvärdering av klimatet i försöksbarnstuga. Stockholms socialförvaltning.
Etapprapport Byggforskningsrådet R94-1986.

Kristensson Jan: Air ventilation measurements by diffusive sampling technique.
Sth Univ, analytisk kemi, 1985

Malmström Tor-Göran: Ventilations- och luftutbyteseffektivitet.
VVS & Energi nr 10 1985, pp 23-24.

Malmström T-G, Strindehag O: Effektiv industri-ventilation.
VVS & Energi nr 10 1985.

Guillaume M.,CSTC Belgien: Ventilation mécanique contrôlée et la récupération d'énergie sur l'air extrait.
ATIC, ETB-TUG no 568 dec. 1984, pp 12-17.

CSTC NIT 153: Problèmes d'humidité dans les bâtiments.
ATIC, ETB-TUG no 566 okt. 1984, p.37 (utdrag)

Jergling A, Schechinger B: Kontorsbyggnaders lufttäthet - Jämförelse mellan olika ytterväggskonstruktioner.
C T H, Byggnadskonstr. 1983:12, Göteborg 1983.

Ossenbruggen Paul: Systems analysis for civil engineers.
Joh Wiley & Sons, New York 1983.

Bergström B., Clavensjö B.: Metod för beräkning av radondotterhalter i bostäder.
BFR R88 - 1982. ISBN 91-540-3754-9

Elmroth A., Nylund P-O: Fukt, täthet och ventilation.
Byggindustrin nr 24-1981 och KTH Byggtkn. nr 138,
Stockholm 1981. ISSN 0346-5918

Malmström Tor-Göran: Enkel modell för beräkning av luftväxlingar i ett rum.
KTH, Uppv.&Vent, Tekniska Medd.1980:5 (nr 183).
Stockholm 1980.

Lindh A., Lindsoug N-E, Nylund P-O: Byggnaders lufttäthet.
BFR R38-1979, Stockholm 1979. ISBN 91-540-3000-5

Höglund I., Wångren B.: Funktionsstudier av tätningslistor.
BFR T7-1979, Stockholm 1979. ISBN 91-540-2979-1

SBI:s Indeklimatiska undersökningar, BIM 71.
Statens Byggeforskningsinstitut Rapp. 90, Köpenhamn 1972
ISBN 87-563-0083-2

Dito:

BIM 72, 1973, ISBN 87-563-0111-1

BIM 73, 1974, ISBN 87-563-0170-7

6. Standarder och terminologi; projekteringshjälpmedel

TNC 69: Luftbehandlingsordlista.
Tekniska Nomenklaturcentralens publikationer nr 69,
Stockholm 1978. ISBN 91-7196-069-4

TNC 79: Arbetsmiljöordlista.
Tekniska Nomenklaturcentralens publikationer nr 79,
Stockholm 1983. ISBN 91-7196-079-1

TNC 81: Energiordlista.
Tekniska Nomenklaturcentralens publikationer nr 81,
Stockholm 1984. ISBN 91-7196-081-3

TNC 89: Plan- och byggtermer.
Tekniska Nomenklaturcentralens publikationer nr 89,
Stockholm 1988. ISBN 91-7196-089-9

Miljöklassificering. IEC standard 721,
Utarbetad av IEC TC/75, omfattar standarder för lagring,
transport, fasta installationer inom- och utomhus,
installation i markfordon, fartygsmiljö samt bärbar och
flyttbar utrustning.

ISO 9000: Kvalitetssystemstandarder - Vägledning för val
och användning.
Sveriges Standardiseringskommission Stockholm 1987.

ISO 9001: Kvalitetssystem - Krav vid konstruktion,
utveckling, produktion, installation och service.
Sveriges Standardiseringskommission Stockholm 1987.

SS 02 01 04 (ISO 8402-1986) : Kvalitet - Terminologi
Sveriges Standardiseringskommission Stockholm 1987.

Försvarsstandard FSD AQAP: Krav på kvalitetssystem inom industrin.
Försvarets Materielverk, Stockholm 1988.

Air Infiltration and Ventilation Centre, AIVC. Operating Agent for International Energy Agency: Publikationer avseende ventilationssystem och infiltration kan erhållas efter prenumeration.
Univ. of Warwick Science Park, Barclays Venture Centre, Sir William Lyons Road, Coventry CV 7EZ, Great Britain.

Herrlin Magnus: MOVECOMP - A Multizone Infiltration and Ventilation Simulation Program.
Air Infiltration Review Vol.9 No 3 Maj 1988.
AIVC, Coventry, England 1988.

Nevander L-E, Elmarsson B: Fukthandbok - Teori, dimensionering, konstruktion.
Sv Byggtjänst, Stockholm 1981. ISBN 91-7332-158-3

VVS-Handboken, Tabeller och diagram. Förlags AB VVS, Stockholm 1974.

VVS-Handboken.
Förlags AB VVS, Stockholm 1963.

Riktlinjer för luftvård. Statens Naturvårdsverk, publikationer 1973:8. ISBN 91-38-01731-8

7.Dokument som inlämnats vid BFR:s seminarium i
Upplands-Väsby den 31 mars-1 april 1987

Abel Enno Inneklimatet ur VVS-teknisk synpunkt
CTH

Andersson Johnny Hälsosäkra hus - ett försök till
Scandiaconsult probleminventering
Stockholm

Björhus Torolf Inneklimatbestämmelser i Norge
Stat.bygn.tekn.
etat, Oslo

Christophersen E. Den sunde bygning - ventilations-
SBI, Hörsholm tekniske aspekter

Hult Marie Miljövänlig barnstuga - system- och
Socialförvaltn. materialval
Stockholm

Jaakkola Juoni Room temperature in relation to
Heinonen Olli symptoms and complaints in an office
Nat.Publ.Health building: Need for individual Helsinki
thermoregulation

Johansson Ingegerd, SML Stockholm	Sunda hus och kemiska luftföroreningar
Korsgaard Jens Lungeklinikken Aarhus	Minirisk-boliger og luftvejsallergi Konsekvenser for fremtidens bolig- byggeri
Kronvall Johnny Byggn.tekn.Lund SPA Borås	What is a healthy building?
Levy Finn E.S. Arbetsmed.o. Yrkeshyg.,Oslo	Sykdommer assosiert med bygninger
Lundqvist Gunnar Hyg.Inst. Aarhus	Indoor climate in kindergartens
Nielsen Peter A. SBI Hörsholm	Klimaskaerm og materialer i det sunde hus
Ryd Harriet Formlära KTH Rödahl Eystein NTH Trondheim	Att korrelera hård- och mjukdata vid utvärdering av "det sunda huset". Det sunda huset
Sammaljärvi Esko Tekn.Högsk.VVS, Helsingfors	Heating delivery systems, indoor temperature, room lining materials - and the health of occupants
Sammaljärvi Esko Nat.Publ.Health Inst. Helsinki	How to build a healthy house
Samuelsson Ingemar SPA, Borås	Inlägg till seminariet "Det sunda huset"
Seppänen Olli Tekn.Högskol. Helsingfors	Recommended values for good indoor air quality and climate
Svennberg Sven A. RAMAS TEKNIK AB Tyresö	Ventilationsstrategi
Södergren David B.Dahlgren AB Stockholm	Värme- och ventilationssystem för sunda hus
Valbjörn Ole SBI Hörsholm	Hvordan måles bygningers sundhed?

Vuorelma Helena Finska inneklimatbestämmelser
Miljöministeriet
Byggn.tekn.byr.
Helsingfors
Wyon David Building fit for people to live
SBI Gävle and work in

8. Samlingsverk, internationellt arbete och konferenser

Berglund B, Lindvall Th: Healthy Buildings -88.
CIB-konferens, Stockholm september 1988.
BFR D19, D20, D21:1988, Stockholm 1988.
ISBN 91-540-4931-8. -4933-4, -4935-0

Proceedings of the 1988 European Aerosol Conference,
30 aug.-2 sept 1988, Lund
Journal of Aerosol Science Vol 19, No 7, 1988

IEA Annex 11: Energy Conservation in Buildings and
Community Systems Programme, Source Book for Energy
Auditors.
BFR D11:1987 Vol 1 och 2, Stockholm 1987.

Indoor Air -87. Proceedings of the 4th International
Conference on Indoor Air Quality and Climate. Berlin
(West) 17-21 aug. 1987. 4 delar.
Inst für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des
Bundesgesundheitsamtes, Berlin 1987.
ISBN 3-89254-032-2 (saml.nr). ISSN 0175-4211

Room-Vent -87: Air distribution in ventilated spaces.
Konferens 10-12 juni 1987. Konferensrapport i 6 delar.
Föreningen V inom Sveriges Mekanförbund, Stockholm 1987.

Indoor Air -84. Red.: Berglund B, Lindvall Th, Sundell J.
BFR D16, D17, D18, D19, D29:1984, Stockholm 1984.
ISBN 91-540-4191-0, -4193-7, -4195-3, -4199-6, -4197-X

Dawidowicz N, Lindvall Th, Sundell J: Det sunda huset,
konferens 31 mars-1 april 1987.
BFR G20-1987, Stockholm 1987.

BFR: Energi i byggd miljö - 90-talets möjligheter.
BFR G16-1987, Stockholm 1987.

Ingenjörsvetenskapsakademien: Teknik att satsa på.
IVA-meddelande nr 221, Stockholm 1979.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860494-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Ramas
Teknik AB, Tyresö.**

R16: 1990

ISBN 91-540-5162-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801016

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirkapris: 51 kr exkl moms