

Historia och framtid

Ventilationstekniken är många tusen år gammal



Komfortventilationen har utvecklats med rasande fart under det senaste seklet. Man kan säga att framåtskridande skett parallellt med övrig teknisk utveckling. Men kunskapen om hur ett rum ska ventileras har funnits i tusentals år.

av Eystein Rödahl, Norges Tekniske Høgskole

Förr var man hänvisad till sunt förnuft, erfarenhet och enkla observationer vid utformningen av till- och frånluft i ventilerade lokaler. Nya kvantitativa beräkningsmetoder som utvecklats under senare år har bekräftat att många av de lösningar som man kom fram till på detta sätt var mycket bra.

Teknologin ändrar sig snabbt och till skillnad från historikerna har ingenjörerna alltid haft siktet inriktat på framtiden, inte minst för att kunna se sin egen verksamhet i ett större sammanhang. Men studier av äldre teknisk litteratur kan faktiskt ge både idéer och inspiration till ny verksamhet.

Ventilation före Kristus

Ventilationens historia är mycket lång och man har länge förstått att utnyttja ventilationsluften på ett effektivt sätt. Vitruvius, den berömde romerske arkitekten, beskrev och avhandlade byggnadernas planlösning, läge och orientering med hänsyn till ventilation redan 2 000 år före Kristus. Med vindens hjälp åstadkom han höga lufthastigheter i rummen för att på så sätt öka värmeförlusterna från svettiga innevanare och minska deras obehag.

Det är ganska naturligt att gruvor måste ventileras för att säkra arbetarnas hälsa. Redan på 1500-talet diskuterade Agricola i sin bok *Metallica* hur man skulle kunna förse gruvor med frisk luft.

Herodotus visste antagligen myck-

et litet om ventilation. Hans namn är emellertid förknippat med riktlinjer och bestämmelser för ventilation av krigsfartyg i den dansk-norska flottan kring 1750.

Även när det gäller krigsfartyg har ventilationen till uppgift att säkerställa manskapets hälsa. Dessutom kan ventilationen förhindra fuktskador på skrov, last och ammunition. Ventilationen har alltså olika funktion och olika effektivitetskriterier.

Under denna förvetenskapliga tid byggde utvecklingen på beprövad erfarenhet genom generationer. Om man tittar på antikens byggnader i det heta och torra Mellan-Östern och i det varma och fuktiga Sydost-Asien finner man många utmärkta exempel på klimatanpassade byggnader.

Under sista hälften av förra århundradet kom de universitetsutbildade hygienikerna. De var representanter för en ny tid och bland dem fanns Pettenkofer i Tyskland.

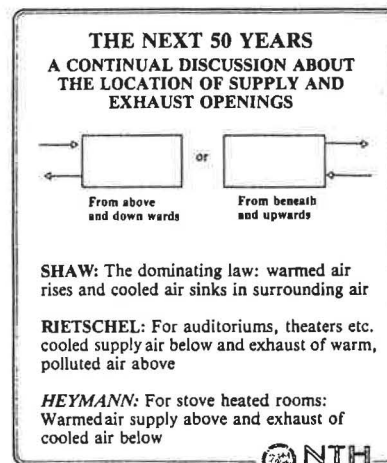
Han — och andra hygieniker i den industrialiserade världen — oroade sig för lufthygien i skolor, sjukhus o.l. och Pettenkofer utvecklade CO₂-indexet för luftkvalitet, ett index som varit i bruk ända till våra dagar.

Bristande kunskaper i fysik

Vid utgången av förra århundradet kan vi säga att vi hade ett rationellt underlag för en utvärdering av luftkvalitet. Kunskaperna i fysik och teknologi var emellertid inte tillräckliga för att uppfylla kriterierna.

Behovet av bättre teknisk utbildning blev uppenbart och det är intressant att notera att de första professorerna i uppvärmning och ventilation inrättades i Berlin och Köpenhamn för praktiskt taget 100 år sedan.

På grund av bristande kunskaper om ventilationsprocessen upptogs första delen av detta århundrade av diskussioner om var till- och frånluftöppningar skulle placeras i rummet. Med tiden utvecklades två skolor. Den ena ansåg att luften skulle ledas nedifrån och upp den andra tvärtom.



Enligt Shaw i England var det konvektionslagen som dominerade i ett ventilerat rum. Framgång eller fiasko för ett ventilationssystem kunde bero på det grundläggande förhållandet att varm luft stiger och kall luft sjunker i omgivande luft. Shaw rekommenderade därför att varm luft skulle tillföras ovanifrån och kall luft nerifrån.

Rietschel i Tyskland förordade att ren, kall luft tillförs vid golv och varm, förorenad luft suges ut vid tak i teatrar, hörsalar etc. Speciellt gällde detta i

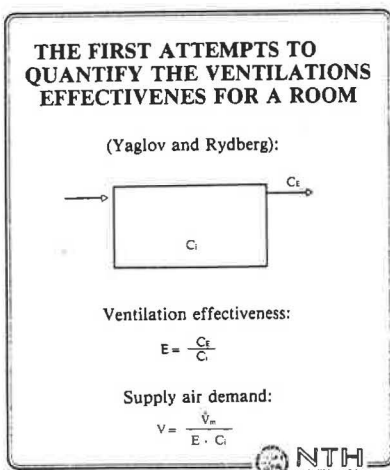
lokaler där tobaksrökning var tillåtet eller där gas användes till belysning. Rietschel ventilerade sin egen föreläsningssal efter denna princip. Han fick elever i många länder och aulan vid Norges tekniska högskola från 1910 ventilerades på samma sätt.

En kopp vatten som bevis

Heyman i Sverige var den förste som klart gjorde åtskillnad mellan ventilation vid förtunning och ventilation vid förträngning. Med hjälp av en kopp färgat vatten påvisade han att det gick åt mer vatten för att avlägsna föroreningarna med förtunning än om man tömde koppen och fyllde den igen med rent vatten, vilket var motsvarigheten till förträngning.

Heyman observerade en kraftig luftcirkulation i rum som värmdes med kakelugn. Varm luft steg uppåt intill kakelugnen och sjönk igen vid rummets kalla väggar. Resultatet blev en ganska jämn CO₂-koncentration i rummet. Däremot blev temperaturskillnaden vid tak och golv mycket stor. För att få ett energieffektivt system förordade Heyman därför att utsugningsöppningen placerades i golvnivå.

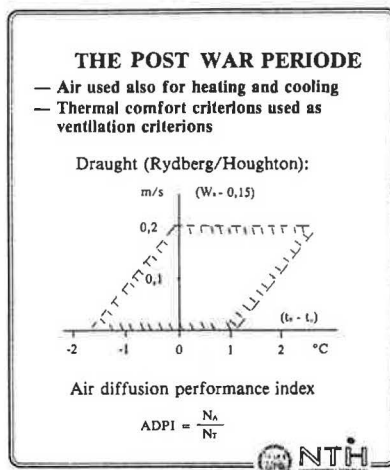
Heyman noterade vidare att folk tätade sina hus bäst det gick vintertid för att slippa drag. Han rekommenderade därför luftintag genom en kanal i golvbjälklaget som i sin tur var ansluten till en kanal i kakelugnen för förvärmning av uteluften.



Den första delen av detta århundrade slutade lovande. De första försöken att kvantifiera effektivitet gjordes av Rydberg i Sverige och Yaglou i USA. Med hjälp av en vattenmodell studerade Rydberg effektiviteten vid olika placering av till- och frånluftsöppningar. Ventilationseffektiviteten uttrycktes som förhållandet mel-

lan koncentrationen i utsugningsöppningen och den genomsnittliga koncentrationen i luften.

Effektiv ventilation innebar hädanefter ett reducerat behov av tillförd luft eller förbättrad kvalitet för en given lufttillförsel.



Efterkrigstiden

På 50- och 60-talet var luftkvalitet och tillförsel av uteluft inget problem. Energin var billig, husen otäta och huvudsaken var att tillgodose termisk komfort.

Luft användes både till värme och kyla till exempel i kontorshus, och kriterierna för termisk komfort användes som ventilationskriterier.

Rydberg utarbetade ett dimensioneringsunderlag för luftfördelningssystem som i sin helhet var baserat på Rydberg/Houghtons dragkriterier.

Kriteriet "Air Diffusion Performance Index", utvecklat i USA, var också baserat på samma kriterium.

Fanger publicerade 1970 en metod för utvärdering av termiskt inneklimat baserad på begreppen "Predicted Percentage of Dissatisfied" och "Predicted Mean Vote". Fangers index prioriterar ett utjämnat inneklimat.

Bruket av luft till avkylning och uppvärmning och begreppet termisk komfort kan vara något av förklaringen till att fullständig omblandning har betraktats som den optimala ventilationsprocessen.

Skandinavien leder utvecklingen

Billig energi i överflöd tog plötsligt slut på 70-talet. Ännu en gång blev det tal om att skapa ett effektivt, optimalt inneklimat och bättre kunskaper om ventilationsprocessen blev ett krav för att kunna spara energi vid reducerad uteluftstillförsel.

Under de senaste tio åren har ven-

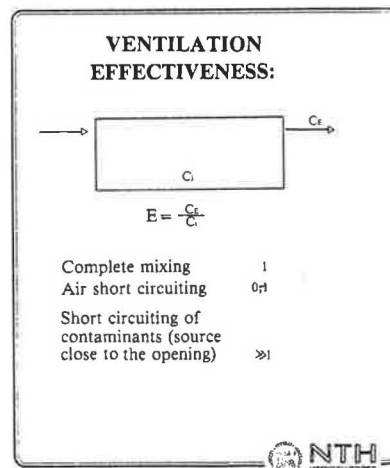
tilationsprocessen varit föremål för omfattande studier i Skandinavien. Speciellt bör Sandberg och Skåret nämnas i detta sammanhang. En intressant aspekt i denna utveckling är överföringen av teori och praktik från kemiskt tekniska blandningsprocesser till ventilation av rum.

Skåret och Sandberg införde begrepp som luftväxlingseffektivitet och ventilationseffektivitet. De påvisade vidare att dessa begrepp kan uttryckas med tidskonstanter som lätt kan mätas med hjälp av spårgas.

Vidare visade Sandberg och Skåret att den komplicerade strömbilden i ett rum, orsakad av varma och kallå ytor och luftströmmar, med ganska god noggrannhet kan simuleras med en tvåzonsmodell.

Luftväxlingseffektiviteten visar hur väl ventilationsluften genomströmmar rummet. God genomströmning är en förutsättning för att undgå stagnationszoner där föroreningar kan ackumuleras.

Kolvströmning ger den ideala genomströmningen och effektiviteten vid kolvströmning används som referensvärde. Vid fullständig omblandning är luftväxlingseffektiviteten lika med 0,5. Den ligger mellan 0,5 och 1,0 för förträngningsventilation och är mindre än 0,5 vid kortslutning.



Ventilationseffektiviteten anger hur effektivt luften transporterar föroreningar ut ur rummet. Effektiviteten är uttryckt som förhållandet mellan koncentrationen i frånluftskanalen och koncentrationen i rummet.

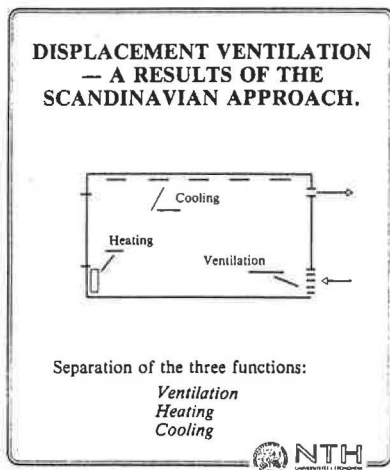
Ventilationseffektiviteten är lika med 1 vid fullständig omblandning. Vid jämnt fördelade föroreningsskällor är den lika med 2 vid kolvström. Om föroreningsskällan kortsluts, speciellt om den placeras rakt över utsugningsöppningen (lokalt utg),

blir ventilationseffektiviteten väsentligt större än 1.

En form av kortslutning äger också rum vid deplacerande ventilation. Varm, förorenad luft stiger upp i den övre delen av rummet där den suges ut och effektiviteten blir därför väsentligt bättre vid deplacerande ventilation än vid fullständig omblandning.

Nytt intresse för deplacerande ventilation

Ett resultat av undersökningarna här i Skandinavien är ett förnyat intresse för deplacerande ventilation. Denna ventilationsprincip används idag i kontor, sjukhus, restauranger, församlingssalar etc. Luften tillförs i golvnivå med låg hastighet och med en temperatur som ligger några grader under rumstemperaturen. Den rena luften sprider sig därmed längs golvet liksom vatten i ett badkar.



Enligt denna princip kan luft inte användas till uppvärmning. Den varma luften skulle stiga rakt upp och bli liggande under taket där den suges ut. Det är därför nödvändigt med ett separat värmesystem vid deplacerande ventilation. Om det även krävs en viss kylkapacitet utöver det som tilluften kan ge (variabel volym) installeras kylpaneler i taket.

Ett ventilationssystem baserat på förträngningsprincipen drivs med 100 % utluft. Värmeåtervinnare hör självklart till ett sådant system.

Generellt ventilerar vi för att få acceptabel luftkvalitet, värmer upp för att få acceptabel termisk komfort under eldnings säsongen och kyler för att få acceptabel termisk komfort vid värmeöverskott. I princip borde var och en av dessa funktioner täckas in med ett eget system för att säkra ett bra inneklimat under alla belastningsförhållanden.

Deplacerande ventilation blir ofta betecknad som "mjuk-ventilation" på grund av mindre damm, mindre drag och bättre luftkvalitet. Men det visar sig också att deplacerande ventilation är fördelaktig med tanke på rök kontroll, speciellt vid pyrande brand. Då röken samlas i den övre delen av rummet upptäcks den tidigare av rökdetektorer. Den rena zonen längs golvet gör det också lättare att evakuera rummet något som har stor betydelse när det t ex gäller vårdhem.

En del betraktar deplacerande ventilation som ett steg tillbaka på grund av temperaturgradienten vid golv och tak. En icke enhetlig temperaturbild innebär emellertid inte det samma som dålig komfort. Om temperaturgradienten ligger inom det område som ASHRAE, ISO, NKB och andra har fastslagit som acceptabelt innebär inte detta något problem.

Framtiden domineras av datatekniken

När det gäller framtiden skall vi speciellt rikta uppmärksamheten mot förbättrade metoder att utvärdera luftfördelningssystem under projekteringskedet.

När det gäller vanliga lokaler, under enkla förhållanden kan ventilationssystemen projekteras enligt erfarenhet och generella riktlinjer. I mer komplicerade fall, t ex industrihallar, har man använt sig av fysiska modeller. Sådana modeller har uppenbara fördelar. Först och främst är de instruktiva och ger iakttagaren en god insikt i ventilationsprocessen. Modellerna är dock dyra och de har en begränsad flexibilitet.

Tack vare utvecklingen av hård- och mjukvara inom datasektorn har det nu blivit vanligt att simulera fysiska fenomen numeriskt. Framtidens metod för utvärdering av ventilationsprocessen kommer också att baseras på numerisk simulering med hjälp av data.

Som exempel kan nämnas simulering av gasläckage i en produktionsmodul på en plattform i Nordsjön. Modulen ventileras enbart med vindkraft. Koncentrationsfördelningen ökar risken för explosion. Gaskoncentrationen mättes också i en fysisk modell och överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta värden var tämligen god.

Den numeriska modell som ligger till grund för beräkningen kan alltså

lösa strömningsproblem i så komplicerade omgivningar som en produktionsmodell utgör. För övrigt ser det ut som de dataprogram som utvecklats för detta ändamål ger resultat med tillfredsställande noggrannhet.

Slutsatser och framtidsmål

Innehållet i denna presentation kan i korthet sammanfattas som följer:

— Man har länge intresserat sig för optimal luftförling i rum.

— Betydande framsteg har gjorts under senare år.

— Nya system och ny utrustning har utvecklats.

— I framtiden blir utvärderingen av luftfördelningssystem väsentligt förbättrad med hjälp av numeriska modeller av ventilationsprocessen.

Vi kan förvänta oss en integrering av numeriska modeller för uteklimatet, för byggnadskonstruktionen, för klimatanläggningen och för ventilationsprocessen så att vi kan simulera energibehov, effektbehov, luftkvalitet och termisk komfort på årsbasis. Denna integrerade numeriska modell ger upphov till nya mål och spekulationer.

Expertsystem är idag en realitet inom flera områden och vi vet att den första generationen av expertsystem för projektering av klimatsystem, belysningsanläggningar etc redan existerar. Det kan också nämnas att expertsystem omfattande hela byggnaden kommer att finnas tillgängliga inom en inte alltför avlägsen framtid. Ett sådant hjälpmedel gör det möjligt för arkitekten att totalprojektera byggnaden precis som på den "gamla goda tiden".

Framtidens VVS-ingenjörer, byggnadsingenjörer och el-ingenjörer kan med en sådan utveckling övergå från projektering till att utveckla och förbättra expertsystem för arkitekten.

Man har sagt att det finns två sätt att finna sanningen på. Det ena är det vetenskapliga, det andra det konstnärliga. Kreativitet kan antagligen inte ersättas av en dator och man har därför sagt att man i framtiden bara kommer att behöva arkitekter och datafolk vid projektering av byggnader.

Utvecklingsmöjligheterna är emellertid många och självklart är det omöjligt att säga hur framtiden kommer att se ut. Framtiden tillhör nämligen den som skapar den. ■