



Behovsanpassad ventilation i samlingsal – ett exempel

Reglering av luftflödet till en lokal baserat på koldioxidinnehållet i lokalluften har provats i ett flertal undersökningar och har genomgående visat sig fungera på ett tillfredsställande sätt. (Referenser 1, 2, 6 och 7.)



David Södergren

David Södergren är civilingenjör och konsult hos Bengt Dahlgren Stockholm AB

1986
**NORDISKT
INNEKLIMATÅR**



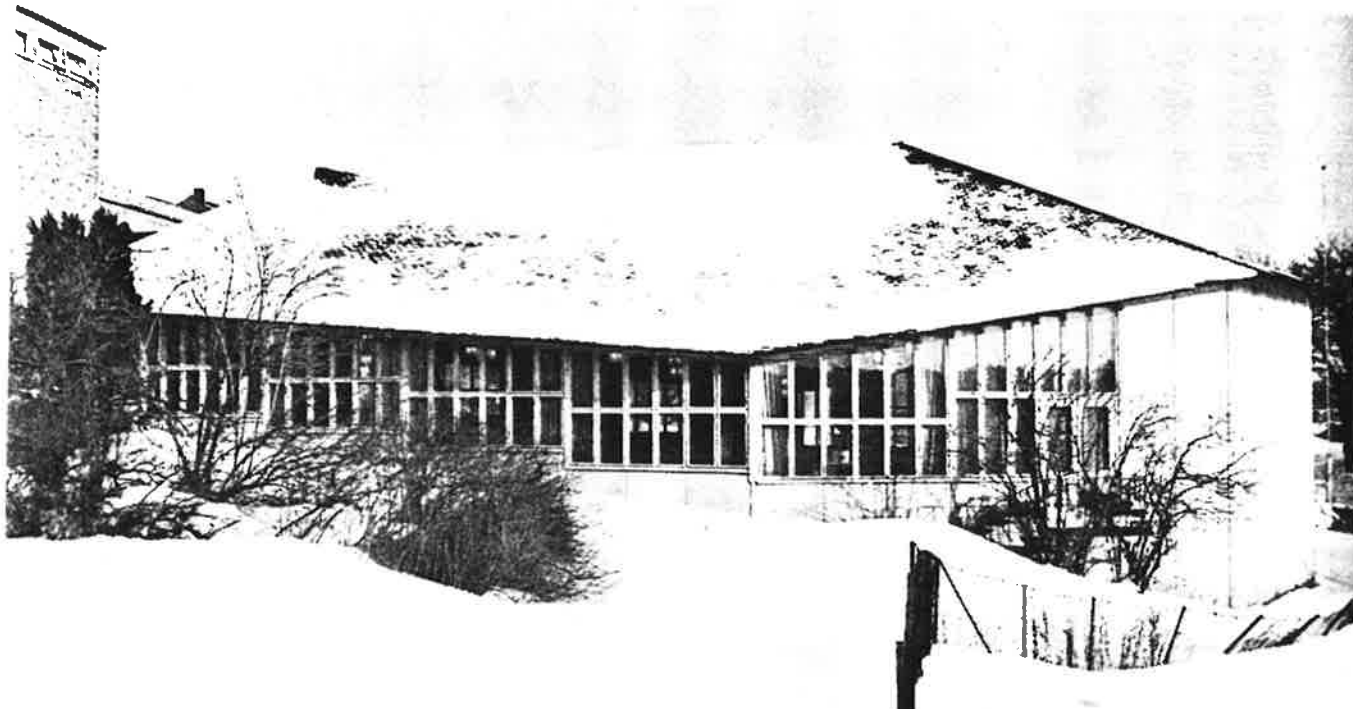


Foto: Bo Seijmen

En av anledningarna till att principen inte ännu har blivit utnyttjad i någon större utsträckning kan vara att koldioxidindikatorn är förhållandevis dyr. Luftflödet behöver därför vara stort för att besparingen i uppvärmningskostnader skall uppväga investeringskostnaderna under en inte alltför lång avskrivningstid.

Det ansågs därför vara av intresse att studera en billigare variant av koldioxidmätare. Stäfa Control System marknadsför en indikator för luftkvalitet vilken man anser kan utnyttjas på samma sätt som en koldioxidmätare. Kostnaden för denna luftkvalitetsindikator är endast några få procent av vad en kvalificerad koldioxidindikator kostar (8).

Syftet med undersökningen var dels att studera koldioxidstyrningens lämplighet för en lokal av aktuellt slag, dels att jämföra Stäfas luftkvalitetsgivare med Siemens koldioxidmätare vilken är baserad på infraröd absorption.

Undersökningen finansierades med medel från BFR (anslag 840582-0).

Realistisk mätning

Den samlingsal där mätningarna genomfördes tillhör Skanstulls Gymnasium. Den används dels för provskrivningar, dels för samkväm, teaterföreläsningar och dylikt.

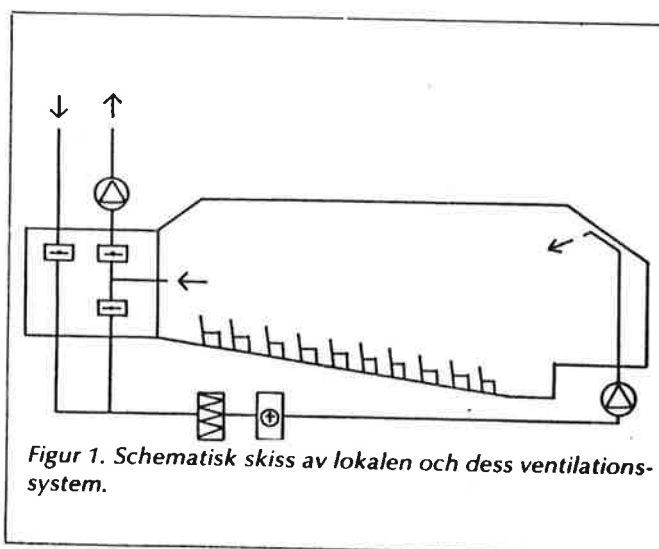
Mätningarna är genomförda under skolåret 1984/85 och måttillfällena har valts för att få information om förhållandena under lokalens normala utnyttjande. Många mätningar har genomförts men i denna rapport redogörs huvudsakligen för resultatet från en mätning.

Samlingsalen för Skanstulls Gymnasium har

plats för 850 sittande personer. Den är utförd som en separat byggnad och uppförd i mitten av 40-talet. Volymen är ca 4 000 m³. Ventilationsanläggningen består av en tilluftsfläkt för uteluft som kan blandas med mer eller mindre återluft. Blandningen filtreras och uppvärms innan den tillföres lokalen från scenen.

Frånluften tas ut i den bakre delen av lokalen och kan antingen återföras som tilluft efter filtrering eller bortföras som avluft via en avluftsfläkt. Både tillufts- och avluftsfläkt har en kapacitet av ungefär 2 m³/s. Arrangemanget framgår av figur 1.

Lokalen kan hållas varm genom att luft cirkuleras genom värmebatteriet. Dessutom finns radiatorer under fönstren. Varje långvägg har ett band av ca 2 m höga fönster.



Figur 1. Schematisk skiss av lokalen och dess ventilations-system.

Oklara funktioner

Det är något oklart hur det från början var tänkt att systemet för uppvärmning och ventilation skulle fungera.

Värmeflödet från radiatorerna varierades genom att vattentemperaturen ändrades och denna styrdes av en utetemperaturgivare. Fläktarna startades manuellt när behov ansågs föreligga och drifttiden inställdes på en timer.

När fläktarna var i drift styrdes rumstemperaturen av en temperaturgivare i frånluftskanalen. Om temperaturen var för låg stängdes utelufts-spjället av en spjällmotor successivt till ett förinställt minimivärde.

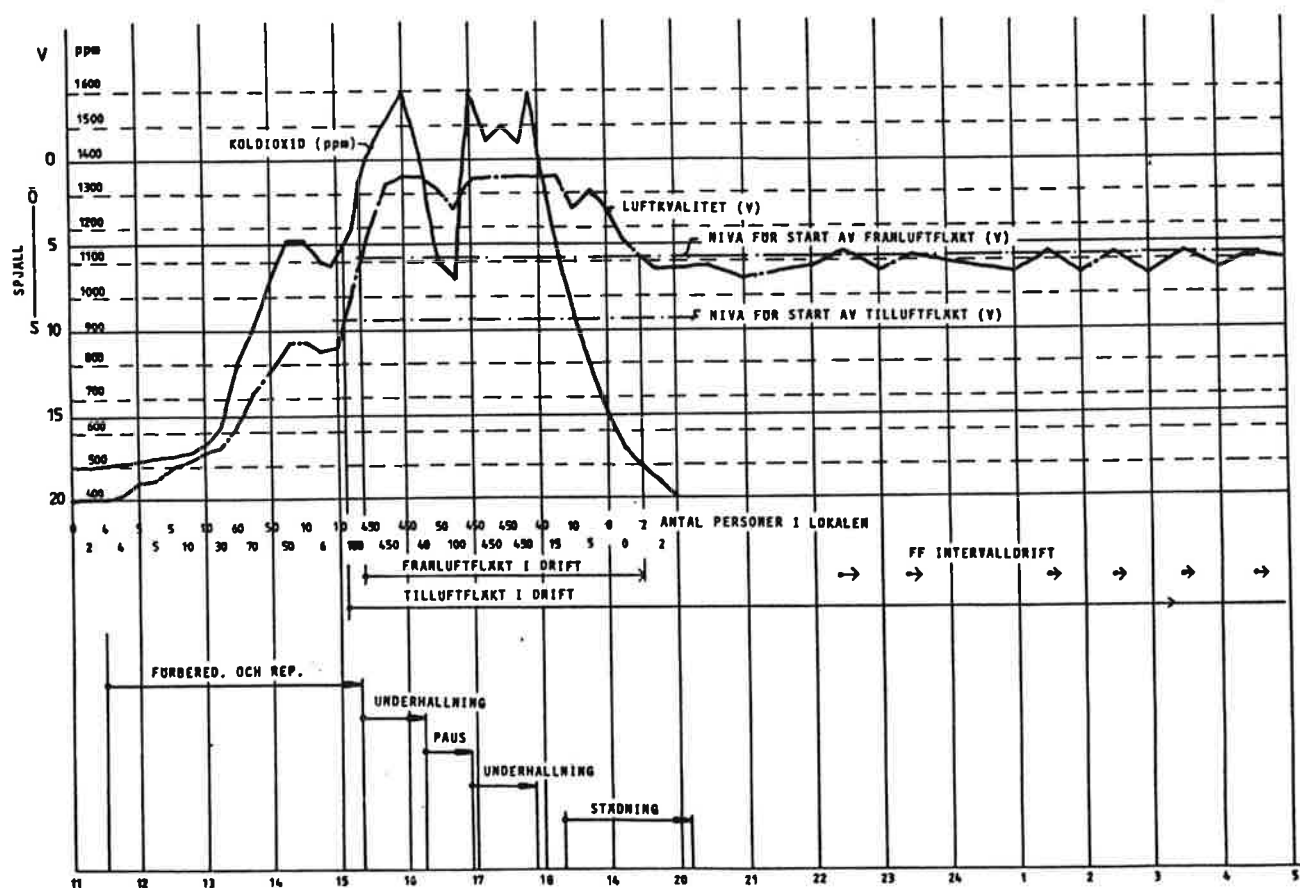
Om temperaturen fortfarande var för låg vid minimum uteluft öppnade en motorventil tillförseln av värmevatten för värmebatteriet.

Tillufts- och avluftsfläktar har alltid varit i drift samtidigt vilket inneburit att avluftsfläkten stundtals arbetat mot ett i det närmaste stängt spjäll.

Temperaturen ger primär styrning

Ett helt nytt reglersystem installerades innan proven startade. Innan dess hade ett försök att mäta förhållandena under tidigare funktionssätt i stort sett misslyckats. Vid något tillfälle registrerades dock en koldioxidhalt på över 3 000 ppm i lokalen.

Trots att den nya reglerutrustningen speciellt är avsedd för behovsstyrd ventilation är temperaturen i lokalen det primära villkoret för ut-



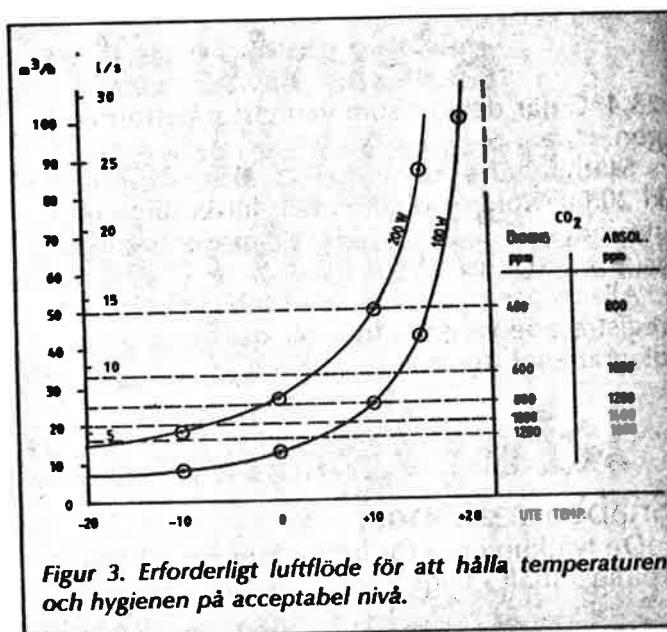
Figur 2. Luftkvalitet i samlingssal under en dag med hög belastning.

rustningens styrning. Om inte värmen från radiatorerna räcker vintertid för att hålla lokalen vid komfortabel temperatur startar tilluftsfläkten och cirkulerar luften genom värmebatteriet så att rätt temperatur uppnås. Om temperaturen är för hög startar både tillufts- och avluftsfläktar varvid lokalen kyles med uteluft. Först sedan temperaturvillkoret är uppfyllt regleras luftflödet med ledning av koldioxidhalten.

Under det prov som här kommer att beskrivas styrdes ventilationsanläggningen förutom av temperaturgivaren av Ståfas luftkvalitetsgivare, medan koldioxidindikatorn endast användes för att kontrollera vilken halt av koldioxid som förelåg. Luftkvalitets- och koldioxidgivarna var placerade intill varandra i närheten av frånluftsgallret.

När luftkvaliteten i salen hade sjunkit till ett förinställt värde startades tilluftsfläkten och uteluftsspjället öppnades successivt. Samtidigt öppnades spjället för avluftning och återluftsspjället stängdes i motsvarande grad. Båda spjällen är kopplade till samma spjällmotor.

När uteluftsspjället var ungefär halvöppet och luftkvaliteten fortfarande försämrades startades även avluftsfläkten. Luftkvaliteten i lokalen styrdes sedan av luftkvalitetsgivaren som via spjällmotorn ställde in uteluftsspjäll, avlufts-



Figur 3. Erforderligt luftflöde för att hålla temperaturen och hygien på acceptabel nivå.

spjäll och återluftsspjäll i sådant läge att den förinställda koldioxidnivån skulle upprätthållas. Temperaturen kontrollerades av termostaten som styrde motorventilen till värmebatteriet.

Även om temperaturen registrerades på ett flertal platser redovisas här huvudsakligen de hygieniska förhållandena. Det kan dock observeras att temperaturen ute under mät dagen var ca +2,5°C och att temperaturen i samlingssalen sakta steg från 19,3°C på morgonen till

LUFTBEFUKTNING devatec

Våra ångbefuktare finns med kapacitet från 4–90 kg/h.

De kan användas friblåsande via fläkt del eller anslutas till kanal.

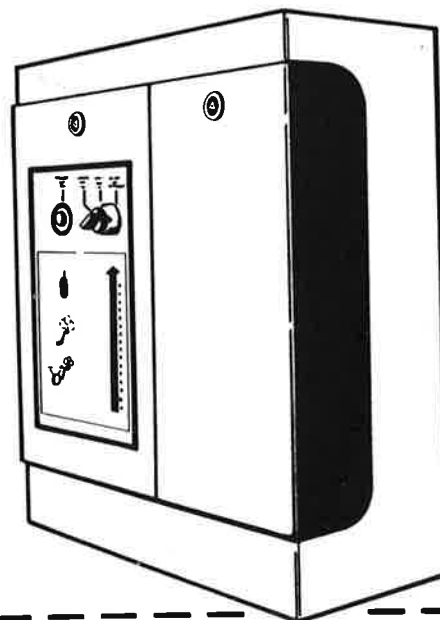
- Enkel installation
- Informativ manöverpanel
- Hög driftsäkerhet
- Lätta att underhålla
- Allt för lägsta livstidskostnad

Skicka in talongen, så får Du veta mer om vårt befuktningsprogram.

Essén
Company

08-714 0880

Havregatan 8, 116 59 Stockholm



Ja tack! Jag vill veta mer om:

- ☐ Devatec befuktare
☐ Airwell klimataggregat
☐ Euromate luftrenare

Företag:

Namn:

Adress:

Postnr/postadress:

Telefon:

23,4°C när det var som varmast på eftermiddagen.

Mätningarna startade kl 11.00 och upphörde kl 20.00. Koldioxidhalten och luftkvaliteten registrerades dock till kl 06.00 på morgonen dagen efter mätningen.

Alla avläsningar är visade i tabellen och de registrerade värdena framgår också av diagrammet, figur 2.

Snabba reaktioner

De två kurvorna för luftkvalitet respektive koldioxidhalt i figur 2 följer varandra relativt

väl under begynnelseskedet när föroreningshalten steg. Det är intressant att konstatera hur väl båda mätarna reagerade på antalet personer som vistades i lokalen.

Redan kl 12.00 när endast 4–5 personer fanns i lokalen visar instrumenten att de registrerar en ökning av föroreningarna. När antalet personer ökar till upp emot 70 kl 14.00 stiger kurvorna brant. Under denna period förekom repetitioner och en sångkör övade på scenen. Lokalen tömdes sedan i det närmaste på folk vilket också kan avläsas på båda kurvorna.

Underhållningsprogrammet skulle inledas kl 15.30 och redan 20 minuter över 15.00 fanns 450 personer i lokalen. Strax efter kl 15.00 passerade föroreningshalten den gräns som in-

► 74

Luftkvalitetsprov – Skanstulls gymnasium

21 april 1985

Utetemperatur +2,5°C

Dag	Tid	Spjäll öppet ≤ 2 V stängt ≥ 10 V	Motorvent stängt ≤ 10 V öppet ≥ 15 V	CO ₂ ppm	Antal pers i aulan	Temp	Anmärkning
21.4	11.00	20.0	0.0	500	0	18.8	
	.15	20.0	0.0	500	2	18.8	
	.30	20.0	0.0	500	4	19.3	Allmän belysning tänds. Spotlights tänds.
	.45	19.9	0.0	510	4	19.9	
	12.00	19.0	0.0	510	5	20.4	Olika belysningssystem provas. Varierande aktiviteter.
	.15	19.0	0.0	510	5	20.2	
	.30	18.2	0.0	520	5	20.2	
	.45	17.9	0.0	540	10	20.2	
	13.00	17.2	5.0	550	10	20.1	Många deltagare kommer och går. Viss belysning släcks.
	.15	17.0	6.5	590	30	20.3	Repetitioner pågår. Belysn 50 %.
	.30	15.5	8.5	790	160	20.8	Rörelse bland deltagarna.
	.45	13.8	9.0	900	70	21.8	
	14.00	12.0	9.0	1000	50	21.8	
	.15	10.9	7.0	1170	50	22.1	
	.30	10.9	9.0	1170	10	21.7	Allm belysn släckt. De flesta spotlights släckta.
	.45	11.1	9.0	1100	6	20.8	Allm belysn tänd. Inga spotlights.
	15.00	11.0	9.4	1090	10	20.7	Åhörare börjar komma in. Tilluftsfläkt startar.
	.15	7.0	9.4	1180	100	21.2	Frånluftsfläkt startar.
	.30	5.5					
	.45	3.5	9.5	1400	450	22.3	
	16.00	1.5	9.5	1500	450	22.7	
	.15	1.0	9.0	1600	450	23.3	
	.30						
	.45	1.0	9.0	1400	40	23.1	16.10 Paus.
	17.00	2.0	9.3	1100	50	21.9	16.40 Åhörarna kommer in igen.
	.15	3.0		1050	100	21.9	
	.30	1.0	9.0	1600	450	23.3	Underhålln programmet inleds. Åhörarna sitter inaktiva.
	.45	1.0	9.5	1450	450	23.3	
	.15	1.0	9.6	1500	450	23.4	
	.30	1.0	9.2	1450	450	23.3	
	.45			1580			17.55 Programmet slut, åhörarna lämnar aulan, dörrarna öppnas.
	18.00	1.0	9.2	1480	40	23.1	
	.15	1.0		1150	15	21.1	
	.30	3.0	9.2	990	10	20.9	Mycket folk i foajén, dörrarna till aulan öppna.
	.45	1.8	9.2	820	5	20.8	
	19.00	2.5		750	–	20.7	Endast några få personer kvar.
	.15	4.5		580	–	20.8	Ljuset släcks, dörrarna stängs.
	.30	5.5	9.2	500		20.5	Ljuset tänds, några personer kommer in.
	.45	6.5			2	26.6	19.40 Frånluftsfläkten stannar. Städning, två personer.

ställt för start av tilluftsfläkten varvid även utelufts-spjället öppnades något.

När föroreningshalten fortsatte att stiga öppnades utelufts-spjället allt mer och kl 15.20 var föroreningshalten så hög att gränsen för frånluftsfläktens start hade uppnåtts. Tjugo minuter senare var utelufts-spjället helt öppet och anläggningens maximala kapacitet för tillförsel av uteluft var utnyttjad. Koldioxidhalten fortsatte dock att stiga och nådde kl 16.00 ca 1 600 ppm.

Strax efter kl 16.00 var det en paus i programmet och en stor del av publiken gick ut i foajén. Detta kan avläsas på såväl koldioxid- som luftkvalitetsgivaren. Kl 17.00 var lokalen på nytt fylld av folk och koldioxidhalten var återigen uppe i 1 600 ppm. Den sjönk något under den timme publiken satt stilla men ökade igen till toppvärdet kl 18.00 när programmet var slut och lokalen tömdes på folk.

Efter 2 timmar kl 20.00 var koldioxiden utvädrad. Efter denna tidpunkt skiljer sig kurvorna väsentligt från varandra. Luftkvalitetsgivaren registrerar tydligen någonting som finns kvar i lokalen vid en förhållandevis hög nivå trots att koldioxidhalten har gått ner till bakgrunds-nivån.

Emedan luftkvalitetsgivaren var den som styrde fläktar och spjäll innebar det uppkomna läget att tilluftsfläkten fortsatte att arbeta. Spjället stannade i ungefär halvöppet läge och avluftsfläkten gick från och till hela natten eller så länge förhållandena registrerades. Det kan tilläggas att det tog ca ett dygn innan luftkvaliteten sjunkit till ett sådant värde att båda fläktarna stannade.

Mängden koldioxid som avges från en sittande person i vila kan uppskattas till 20 liter/timme. När 450 personer vistades i lokalen innebar detta att det genererades ca 9 m³ koldioxid/timme. Luftflödet genom lokalen var ca 7 000 m³/timme.

Detta innebar att koldioxidhalten skulle ha ökat 1 280 ppm. Om uteluftens koldioxidhalt var 400 ppm skulle den totala halten i lokalen blivit något över 1 600 ppm vilket är i det närmaste exakt vad koldioxidmätaren visade.

Vad styr ventilationsbehovet?

Ja, det beror naturligtvis på vilka krav som ställs på luftkvaliteten i lokalen och vilka temperaturkraven är. Det beror dessutom på differensen mellan temperaturen i avgående och inkommande luft.

Om uteluften är den enda möjligheten för kylning kan man i ett diagram redovisa vilka koldioxidhalter som erhålles vid olika utetemperaturer. Det förutsättes att den önskvärda innetemperaturen är 22°C.

I diagram *figur 3* visas vilka koldioxidhalter som erhålles dels i ett rum där endast en person avger värme, här antaget till 100 W (stillasittande), dels i ett rum där det dessutom finns en lampa på 100 W som avger sin värme till rummet.

Väljes gränsvärdet 800 ppm som maximalt acceptabel koldioxidhalt kommer luftkvaliteten att bli bestämmande för luftflödet om utetemperaturen är under +15°C för en stillasittande person och under +10°C om dessutom en lampa avger värme till rummet. Om gränsvärdet sättes till 1 200 ppm blir hygienien för den ensamma personen bestämmande om temperaturen är under +10°C och med en lampa i rummet under 0°C. Över dessa temperaturer är det värmeavgivningen som bestämmer det erforderliga luftflödet.

"Atmosfären" ger utslag

Den indikerade koldioxidhalten följer mycket väl den sannolika emissionen och kan anses som en tillförlitlig faktor för kontroll av det erforderliga ventilationsflödet. När föroreningshalten är i ökningsskedet följer luftkvalitetsgivaren koldioxidhalten relativt väl.

När koncentrationen minskar stannar kvalitetsgivaren på ett relativt högt värde trots att koldioxidhalten sjunker. Detta kan bero på en kvarvarande emission från ytor som blivit förorenade när föroreningshalten var hög i lokalen. Denna förklaring kan möjligen bekräftas av den "atmosfär" som ofta kan märkas i vissa typer av lokaler. Gymnastiksal, militärbaracker och skolor är typiska exempel.

Skillnaden mellan koldioxidindikering och luftkvalitetsmätning behöver inte innebära en nackdel för luftkvalitetsgivaren om utrustningen används för att behovsstyra ventilationen.

Det kan vara önskvärt att ventilerar bort den sekundära emission som förekommer när en lokal blivit förorenad av en hög koncentration av människor. Det kan vara ett sätt att minska eller undvika den kvarvarande lukten från en hög aktivitet som tidigare förekommit även om

Det totala luftflödet genom den uppvärmda byggnadsvolymen i Sverige kan uppskattas till cirka 400 000 m³/s. Om ventilationen skulle kunna anpassas till det aktuella behovet för de åtta miljoner människor som finns i landet och var och en alltid skulle ha den luftväxling som normalt krävs (ca 5 l/s), så skulle det totala luftflödet ändå bara bli cirka 40 000 m³ per sekund.

det luftflöde som erfordras för att hålla koldioxidhalten under ett på förhand inställt värde.

REFERENSER

1. WOODS, J.E., WINAKOR, G., MALDONADO E.A.B., KIPPS, S., 1981 Januari 1982, *Subjective and Objective Evaluation of a CO₂-Controlled Variable Ventilation System*, (Iowa State University), Preprint for presentation at the ASHRAE Semi-annual meeting in Texas.
2. SÖDERGREN DAVID, A CO₂-controlled ventilation system. *Environment International*, Vol. 8, pp 483-486, 1982.
3. FANGER, P.O., 1982, *Menniske og Indeklimat - Ny Videns, Nye Muligheder*, föredragsresuméer, XII Nordic HEVAC Congress, Copenhagen.
4. BERG-MUNCH, B., 1982, *Ventilationsbehov og Kropslugt, Nya Data för acceptabel luftkvalitet*, föredragsresuméer, XII Nordic Congress, Copenhagen.
5. BERGLUND, B., BERGLUND, U., LINDVALL, T., *Characterization of Indoor Air Quality and "Sick buildings"*, ASHRAE Transactions 1984, 90, Pt. 1, 1045-1055.
6. BERG-MUNCH, B., FANGER, P.O., *Kuldioxid som indikator för kropslugt*, Seminarium i Göteborg, mars 1984. Behovsstyrd ventilation.
7. DRANGSHOLT, F., *Behovsstyrt ventilation, Erfaringer fra prosjekt i Norge*, Seminarium i Göteborg, mars 1984. Behovsstyrd ventilation.
8. OLSSON, Stig, *Behovsstyrt ventilation*, Seminarium i Göteborg, mars 1984. Behovsstyrd ventilation.

detta innebär högre driftkostnader. Det skulle vara värdefullt att få reda på vilka ämnen luftkvalitetsgivaren reagerar på och vilka ämnen det är som finns kvar i en lokal sedan en grupp människor vistats där.

Koldioxidindikeringen synes ge en mycket säker information om föroreningshalten från människor och den typ av koldioxidmätare som användes vid försöket anger mycket exakt

LUFTRENING euromate®

Euromate luftrenare ger Dig ren, fräsch luft. Den klarar rök, lukt, gaser, damm, smuts, färg- och oljedimma, bakterier, m m. Luftrenaren arbetar i tre steg. Tar effektivt bort även de allra minsta partiklarna, samt lukt. Alla filter är lätt åtkomliga för byte eller rengöring.

Du väljer mellan golv-, bords-, vägg-, och takmodeller.

Skicka in talongen, så får Du veta mer om våra luftrenare.

Essén Company

Havregatan 8, 116 59 Stockholm

08-714 0880



Ja tack! Jag vill veta mer om:

- ☐ Euromate luftrenare
- ☐ Devatec befuktare
- ☐ Airwell klimataggregat

Företag:

Namn:

Adress:

Postnr/postadress:

Telefon: