

4/65

**KLIMAT- OCH VENTILATIONSMÄTNINGAR I OLIKA SKOLOR
NÅGRA VVS-TEKNISKA SYNPUNKTER PÅ SKOLBYGGNADER**

Särtryck ur tidskriften VVS 3:1965

Rapport från Byggforskningen, Stockholm

Klimat- och ventilationsmätningar i olika skolor

av ingenjör Bengt E. Erikson, Statens institut för byggnadsforskning

Några VVS-tekniska synpunkter på skolbyggnader

av civilingenjör Arne Boysen, Statens institut för byggnadsforskning

Utgivare: Statens institut för byggnadsforskning

Denna rapport utges med medel från fonden för byggnadsforskning enligt byggforskningsrådets beslut; försäljningsintäkterna tillfaller fonden.

Klassrumsklimatet i våra skolor är ofta en källa till irritation. Stora glasytor och orienteringar mot soliga väderstreck, i förening med ineffektiva avskärmingsanordningar ger, framför allt höst och vår, drivhusklimat i klassrummen. Ventilationsstandarden är oftast dålig. En ritningsinventering av skolor som runt om i landet skulle börja byggas år 1960 visade att ca 70 % var planerade att ventileras med enbart mekanisk evakuering, 18 % med självdrag och endast 11 % med tillförsel av förvärmad ersättningsluft. Utredningen har utförts av ingenjörerna Bengt E. Erikson och Sven Mandorff vid Statens Institut för Byggnadsforskning. I artikeln som presenteras av ingenjör Erikson redovisas endast delresultat från två undersökta skolor. Fullständig redovisning kommer att ges ut av institutet i form av rapport. Artikeln är en bearbetning av informationsföredrag hållet i samarbete mellan Statens Råd för Byggnadsforskning och AB Svensk Byggtjänst, hösten 1964.

Klimat- och ventilationsmätningar i olika skolor

Synpunkter på skötseln av VVS-installationerna

För att försöka få en uppfattning om hur olika utföranden av värme- och ventilationsanläggningar fungerar från klimathygenisk synpunkt har mätningar av temperatur, luftfuktighet, ventilationens storlek m. m. gjorts i 14 skolor.

Urval

Vid urvalet av skolorna har främst eftersträvat att få gängse utförandetyper med avseende på värme- och ventilationstekniska utföranden representerade.

Av naturliga skäl är det i första hand skolorna i Stockholm med omnejd som varit föremål för studium. Det behövdes nämligen en rätt omfattande mätutrustning för mätningarnas genomförande och vidare måste vissa instrument ha åtminstone daglig tillsyn.

De orter där mätningar företagits utanför Stockholmsområdet är Norrtälje, Västerås, Malmö och Östersund.

De två sistnämnda, Malmö och Östersund, har tagits med av hänsyn till att någon ort i söder respektive norr borde vara med, eftersom det från utomhusklimatsynpunkt är rätt stor skillnad mellan norr och söder.

Använda mätinstrument

Temperatur och luftfuktighet registrerades kontinuerligt under en tid av två till tre veckor med hjälp av termohygrografer. Dessa instrument var placerade:

ett vid golv,

ett ca 1,2 m över golv (ungefär huvudhöjd på sittande elev),

ett vid tak.

697.9
Avsikten med att mäta med tre instrument i varje sal var att få en uppgift om temperaturgradienten (dvs. skillnaden i temperatur på olika höjd i salen).

Luftomsättningen har i de flesta fall uppmätts med den s. k. spårgasmetoden. Metoden (som är rätt omständig) går ut på att man släpper ut en viss mängd spårgas i rummet, i detta fall vätgas. Gasen får diffundera ca 10 minuter, varefter mätningarna kan påbörjas. Med en gasanalysator mäter man härvid med vilken hastighet utspädningen av gasen sker. Värdena avläses ungefär var 3:e minut under ca 1/2 timmes tid. Med hjälp av en formel fås sedan luftomsättningen i rummet. Med denna metod mäter man den totala luftomsättningen. Använder man sig av en mätmetod där man endast mäter i utsugningskanalen får man ej ett mått på den totala luftomsättningen.

Förutom dessa mätningar har momentanmätningar av rumstemperaturer, ytemperaturer samt lufthastigheter utförts i salarna.

För rumstemperaturmätning användes instrument av termoelektrisk typ. För lufthastighetsmätning användes termoelektriskt varmtrådsinstrument med kompensering för varierande lufttemperatur och med mätområde speciellt avsett för låga lufthastigheter. För mätning av ytemperatur användes snabbtermometer.

Dessutom har vissa mätningar av rumstemperaturen gjorts med globtermometer.

Tidpunkt och omfattning

Mätningarna har utförts under tiden 1961—1964 och omfattar ett mycket stort material. För varje skola

finns det ca 30 termohygrografkurvor över vecko-registreringar samt ett flertal dygnskurvor.

Bearbetning av mätresultat

Beträffande termohygrografkurvorna har bearbetningen utförts på så sätt, att medeltemperaturen har beräknats för varje timme. Med andra ord en slags planimitrering. Ett medelvärde för hela mätperioden har härefter beräknats, dels för temperatur vid golv, dels vid 1,2 m över golv samt vid tak. Temperaturgradienterna har härefter beräknats.

Av vissa kurvor har uppritning av temperaturförloppen under skoltid utförts. På samma diagrampapper har även utomhustemperaturen samt relativ och ekvivalent relativ fuktighet ritats in. Dessa diagram har med avseende på klimathygieniska synpunkter bearbetats vid professor Ronges institution för hygien vid Lunds universitet. Bearbetning jämte bedömning har utförts av med. kand. Börje Löfstedt.

Redovisning

(Här har valts delresultat av 2 av de 14 undersökta skolorna.)

Fullständiga resultat kommer att publiceras från institutet i form av rapport.

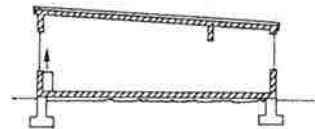
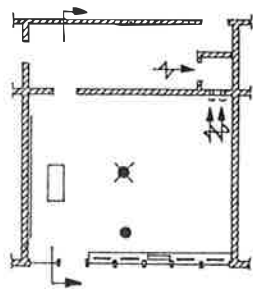
Skola nr 1

Byggnadsår	1961
Byggnadsmaterial	trä + tegel
Antal plan	ett
Salarnas storlek	60 m ²
„ volym	178 m ³
„ orientering	öster
Fönster	2-glas
Glasyta	17 m ²
Avskärmningsanordning	solgardiner

Uppvärmnings- och ventilationssystem

Samtliga skolsalar, gymnastik- och matsal samt expeditionslokaler uppvärms och ventileras med s. k. enhetsapparater.

Apparaterna består av en enhet med värmebatteri, filter och fläkt. Apparaterna är utrustade med pneumatisk automatik. I dessa ingår bland annat en minibegränsningstermostat, som hindrar att utblåsnings-temperaturen understiger ett visst inställt värde (omkring 11–13° C). Vidare ingår rumstermostat. Höst- och vårmånaderna, då utetemperaturen stiger upp mot 10 ° C och högre, förmår dock ej apparaten att



SKOLA 1

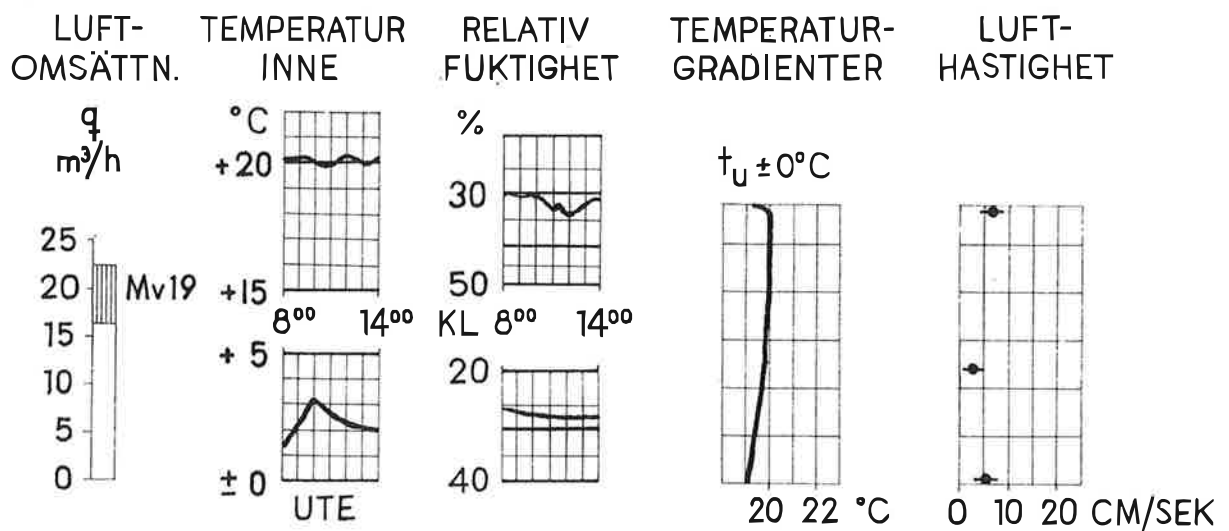


Fig. 1.

◀ 120 Klimat och ventilation

hålla temperaturen i klassrummen vid 20° C. En förutsättning härför är nämligen att temperaturen vid uteluftsintaget ej överstiger ca + 10° C.

Vid lektionstidens början öppnar uteluftspjället och rummet börjar att ventileras. Evakueringsfläktarna startas manuellt av läraren. I varje klassrum finns en s. k. enhetsapparat och en evakueringsfläkt. Luften från enhetsapparaten blåses via en trumma ut under fönstren i riktning mot taket. Härigenom hindras s. k. kallras vintertid.

En nackdel på denna skola är, som framgår av fig. 1, att ytterväggen är försedd med en fönsterdörr och bortom denna mot kortväggen räknat finns ett fönster, där utblåsning av luft ej förekommer. Eftersom det under fönstret också saknas radiator har klagomål på kallras framförts från lärarnas sida. I sammanhanget förtjänar påpekas, att därest läraren sitter mot en yttervägg bör åtgärder vidtagas så att ytttemperaturen på väggen ej blir för låg vid låg utetemperatur. En värmeslinga i väggen eller en radiator på väggen synes vara en lämplig preventiv åtgärd.

Tabell 1

Utetemperatur	% tid för innetemperatur 120 cm över golv inom respektive temperaturzon			
	lägre än +18° C	18—20° C	20—24° C	högre än +26° C
— 5° C o. lägre		13	87	
— 5° — +15° C	1	10	89	
+15° C o. högre	0	0	0	

Redovisning av mätresultat

Nedan redovisade resultat är dels medelvärden från tre undersökta salar under en tidsperiod av 14 dagar, dels värden från momentmätningar.

Maximal temperaturgradient (5—120 cm över golv) i vistelsezonen	1,6° C
Maximal lufthastighet i vistelsezonen	20—30 cm/s vid golvet
Allmän luftrörelse	3—5 cm/s
Ytttemperatur	{ golv 18—20,5° C fönster 12,7—15,9° C
Luftkub	7,7 m ³ /elev
Luftväxling	2,3—2,8 oms./h
Ventilation	16—22 m ³ /elev, h
Luftfuktighet	22—35 %

Löfstedts bedömning

Lufttemperaturerna är under större delen av mätperioden inom komfortzonen och når aldrig under det lägsta acceptabla värdet. Temperaturgradienterna når inga besvärande värden. Lufthastigheterna invid golvet överskrider säkerligen dragtröskeln under det att den genomsnittliga luftrörelsen i lokalen är lägre än önskvärt. Ventilationssiffrorna tillfredsställande. Luftfuktigheten är under hela mätperioden låg.

Egna kommentarer

Enhetsapparaterna verkar robusta och oömma. Ljudnivån ligger på ca 40 dB(A), och några klagomål på att denna ljudnivå skulle vara för hög har ej framförts.

Däremot var ljudet från evakueringsfläkten rätt störande för de elever som satt närmast evakueringsventilerna i vissa salar. Sträckan från evakueringsventilen till fläkten var nämligen här mycket kort, och några ljuddämpande arrangemang fanns inte.

I de anläggningar som numera utförs ligger returluftintaget i enhetsapparaternas överkant, och nyligen gjorda mätningar på ett dylikt system har visat låga lufthastigheter vid golvet och därmed torde obehaget med golvdrag ha försvunnit.

Apparaterna skall, för att fungera på avsett vis, vara utrustade med tillförlitlig och utprovad automatik. Varje firma som säljer dessa apparater bör själva svara för igångkörning och intrimning av anläggningarna. Det bör således ej få förekomma att apparater utan automatik säljs och att entreprenören skall försöka finna lämplig automatik. Erbjudande om servicekontakt bör vara en självklar sak. Kopplingsur med veckoskiva och gångreserv bör vara standard. Detta för att lokalerna ej skall ventileras på tider då lektioner ej förekommer.

Skola nr 10

Byggnadsår	1954
Byggnadsmaterial	tegel
Antal plan	tre
Salarnas storlek	60 m ²
„ volym	198 m ³
„ orientering	öster
Glasyta	11,0 m ²
Avskärningsanordning	papperspersienner mellan glaset

Uppvärmnings- och ventilationssystem

Salarna uppvärms med radiatorer. Ventilationsluften tillförs salarna genom en ljudfälla över dörren till klassrummet. Inblåsningen sker i centralkaprummet.

SKOLA NR 1

TIDSPERIOD 10/1-13/1+15/1-16/1 1962
 INSTRUMENTPLAC. SAL 3 1,2mög

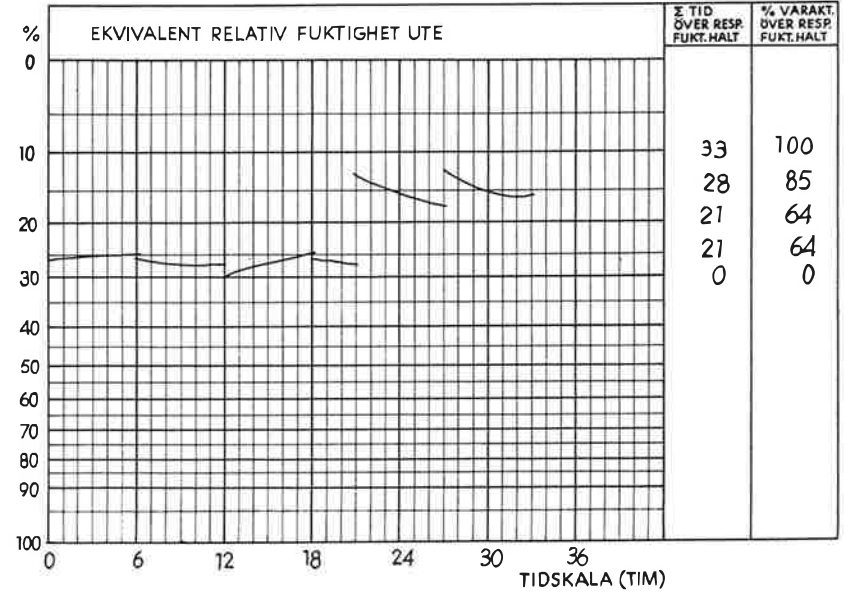
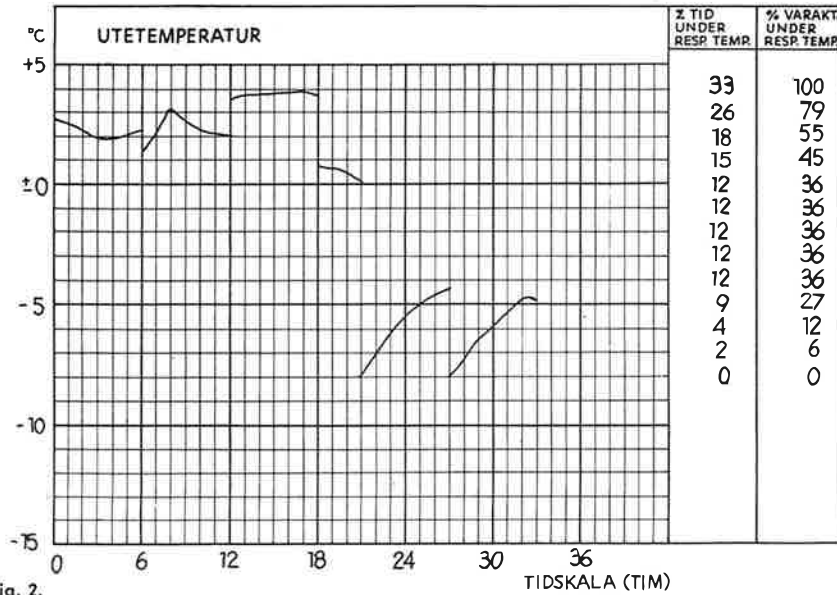
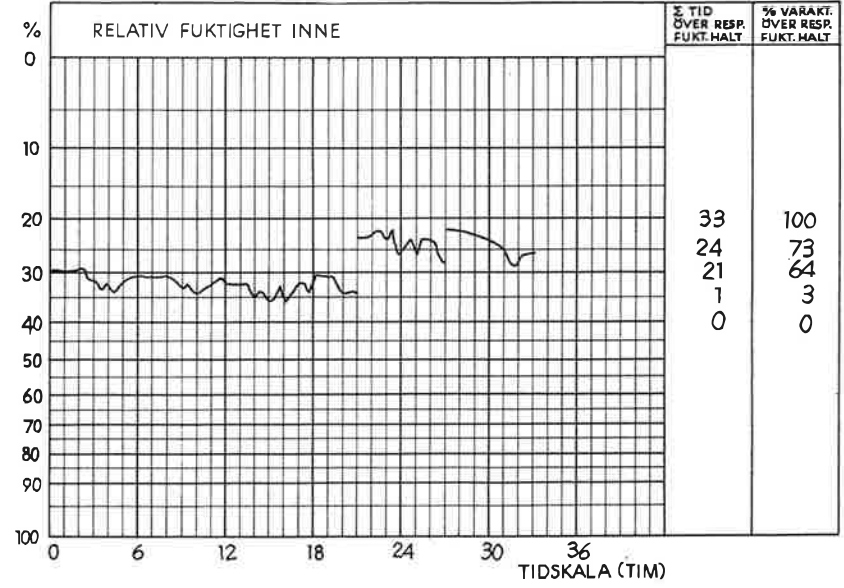
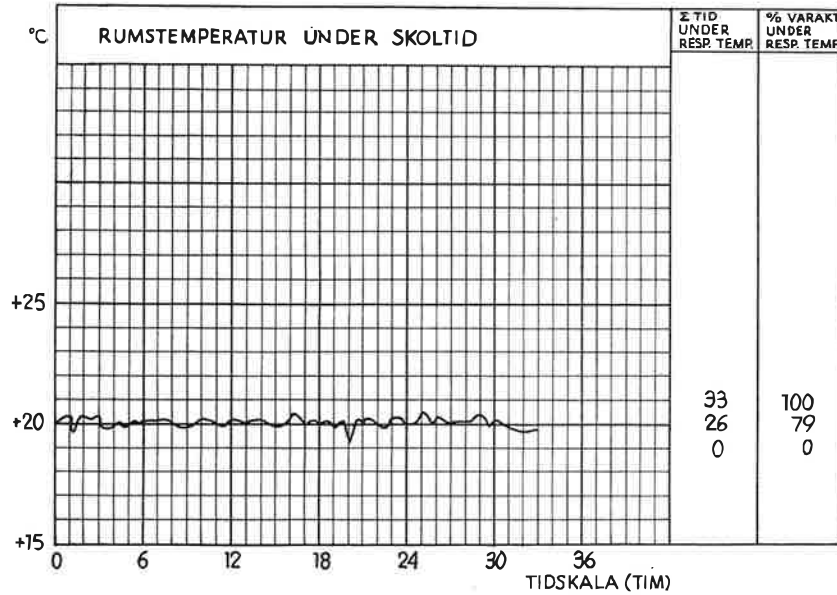
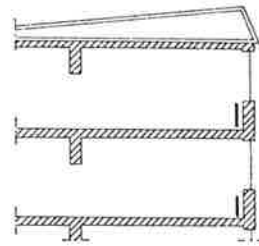
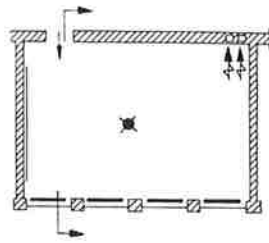
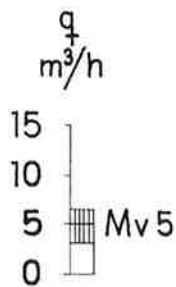


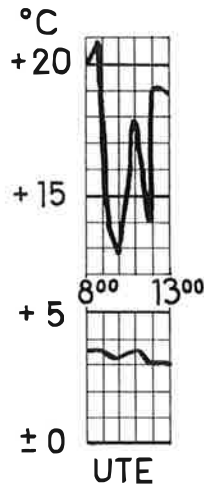
Fig. 2.



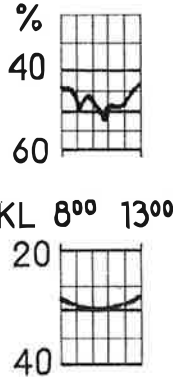
LUFT-OMSÄTTNING



TEMPERATUR INNE



RELATIV FUKTIGHET



TEMPERATUR-GRADIENTER

$t_U - 2^\circ\text{C}$



20 22 °C

LUFT-HASTIGHET



0 10 CM/SEK

Fig. 3.

Tabell 2

Utetemperatur	% tid för innetemperatur 120 cm över golv inom respektive temperaturzon			
	lägre än +18°C	18—20°C	20—24°C	högre än +26°C
— 5°C o. lägre				
— 5° — +15°C	22	36	42	
+15°C o. högre				

Redovisning av mätresultat

Nedan redovisade resultat är dels medelvärden från tre undersökta salar under en tidsperiod av tre veckor, dels värden från momentanmätningar.

Maximal temperturgradient

(5—120 cm över golv)

i vistelsezonen 1,4° C

Maximal lufthastighet i vistelse-

zonen 5—10 cm/s

Allmän luftrörelse 3—10 cm/s

Yttemperatur { golv 17,7—20,8° C
fönster 11,7—15,2° C

Luftkub

5,7 m³/elev

Luftväxling

0,6—1,1 oms./h

Ventilation

3,1—6,3 m³/elev, h

Luftfuktighet

35—61 %

Löfsteds bedömning

Lufttemperaturregistreringarna hänför sig till mellanområdet för utetemperatur, men trots detta uppnår klassrumstemperaturen endast under 42 % av tiden komfortzonen och underskrider under mer än en femtedel av tiden det lägsta acceptabala värdet. Beträffande de uppmätta värdena på temperaturgradienter och lufthastigheter är intet annat att anmärka än att högre genomsnittliga lufthastigheter i rummen skulle vara önskvärda. Fönsterytorna har så låga temperaturer att de elever som sitter nära fönstren vintertid kan besvärmas av strålningsdrag. De låga yttemperaturerna kan förklaras av inblåsningssystemet som tillför förvärmad luft via centralkapprum och korridor genom galler ovan dörrarna. Ventilationssiffrorna 3—6 m³ per elev och timme vid en luftkub av 5,7 m³ per elev

SKOLA NR 10

TIDS PERIOD 5/11-10/11-62
 INSTRUMENTPLAC. SAL 7A 1,2 m_{ög}

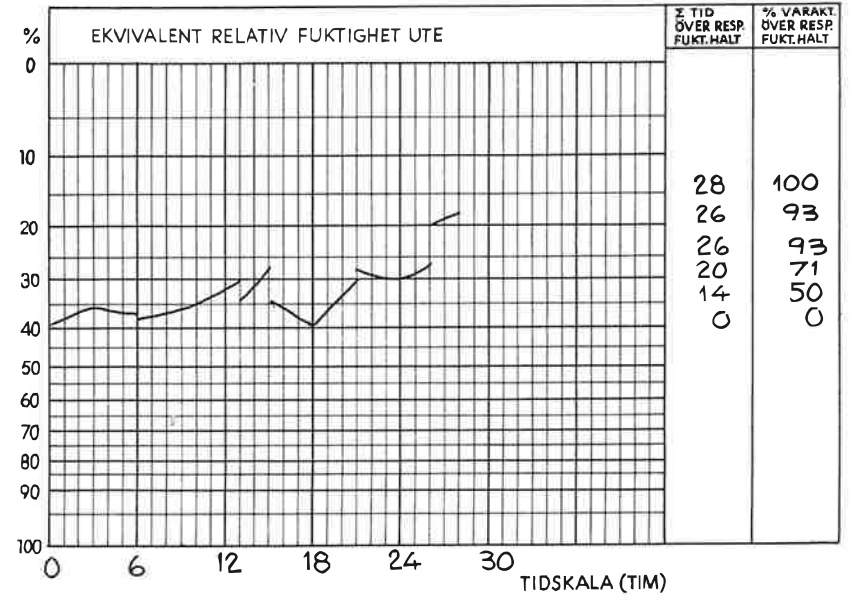
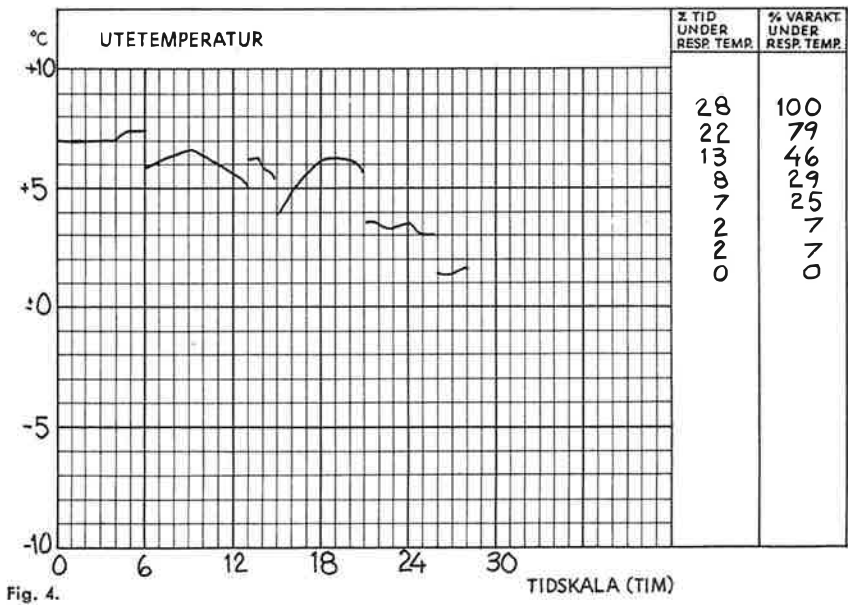
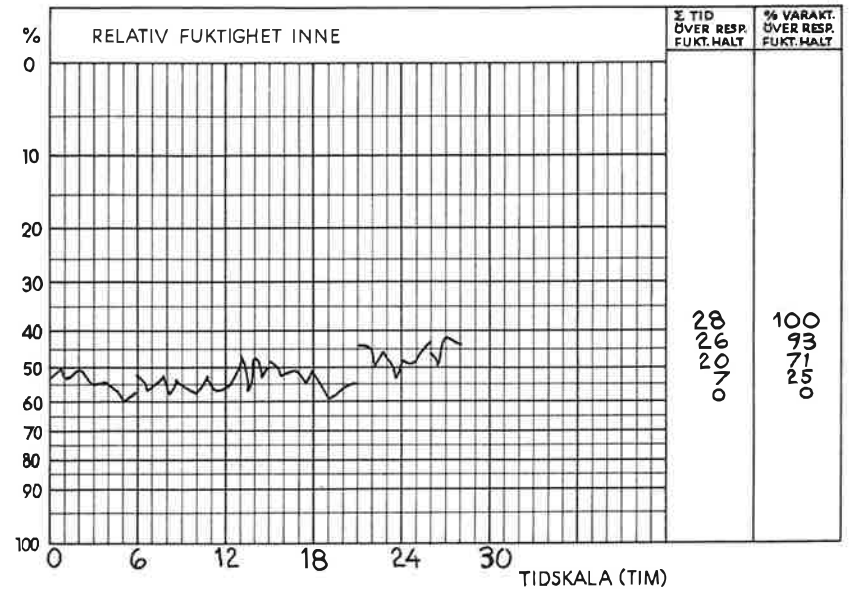
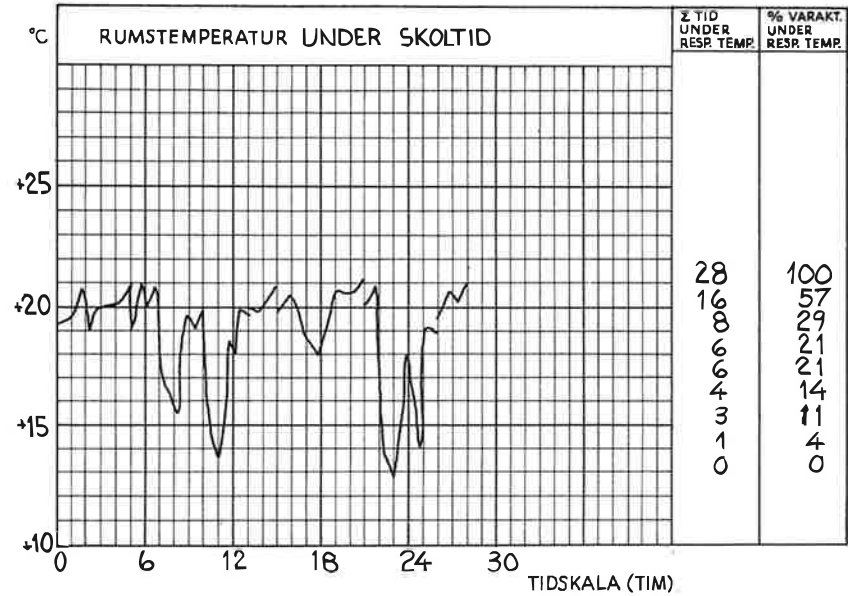


Fig. 4.

ligger långt under det acceptabla. Luftfuktighetsvärdena är ganska höga vartill ventilationsförhållandena kan ha medverkat. Ingen köldperiod ingår i registreringsmaterialet.

Egna kommentarer

Från ventilationsteknisk synpunkt måste det anses i högsta grad olämpligt att utföra en ventilationsanläggning som fungerar på sätt som här angivits. I centralkapprummet hänger ofta våta ytterkläder, och eleverna uppehåller sig där även ofta på rasterna. Luften blir därmed mer eller mindre "skämd" redan innan den tillförs klassrummen.

Även från brandskyddssynpunkt måste det anses olämpligt att ventilera på detta sätt. Skulle mot förmodan en eldsvåda utbryta i centralkapprummet, skulle röken omgående sprida sig till samtliga trappuppgångar och därmed även till samtliga salar, och utrymningsvägarna skulle vara mer eller mindre blockerade.

Vunna erfarenheter

Det är nödvändigt att reglera in och trimma in anläggningarna på ett noggrannare sätt än vad som nu tyvärr ofta är fallet.

Exempel härpå är en skola som ej kunde få lägre klassrumstemperatur än 23–25° till följd av att den förvärmade luftens temperatur var för hög.

I en skola som ventilerades enligt principen att förvärmad luft blåstes in i centralkapprummet kördes ventilationsanläggningen endast när det rädde speciellt kylig väderlek. Ventilationsanläggningen användes då för att det skulle bli tillräckligt varmt i centralkapprummet. Termostaten i utblåsningstrumman var inställd på +25° C. I skolans skrivsäl satt ca 100 elever i en temperatur av ca 26° C. En omställning av temperaturen i ventilationstrumman till +18° C medförde betydande förbättringar.

En tredje anläggning skulle enligt vvs-konstruktörens ritning ha inblåsning av förvärmad luft parallellt med fönstren upp mot taket. Tyvärr fanns en ca 5 cm hög springa mellan radiatoren och fönsterbrädan. Luften kom härigenom delvis att ändra riktning och åstadkom härigenom drag på de elever som satt närmast. Se fig. 5.

Vid mätningarnas början hade anläggningen stått oanvänd i flera år. Genom att med en träribba täta utrymmet mellan radiator och fönsterbräda kunde anläggningen åter tas i bruk.

Undersökningarna har också visat nödvändigheten av att ventilationsanläggningarna ej har för hög ljudnivå. För närvarande synes det rätt svårt att få en lägre

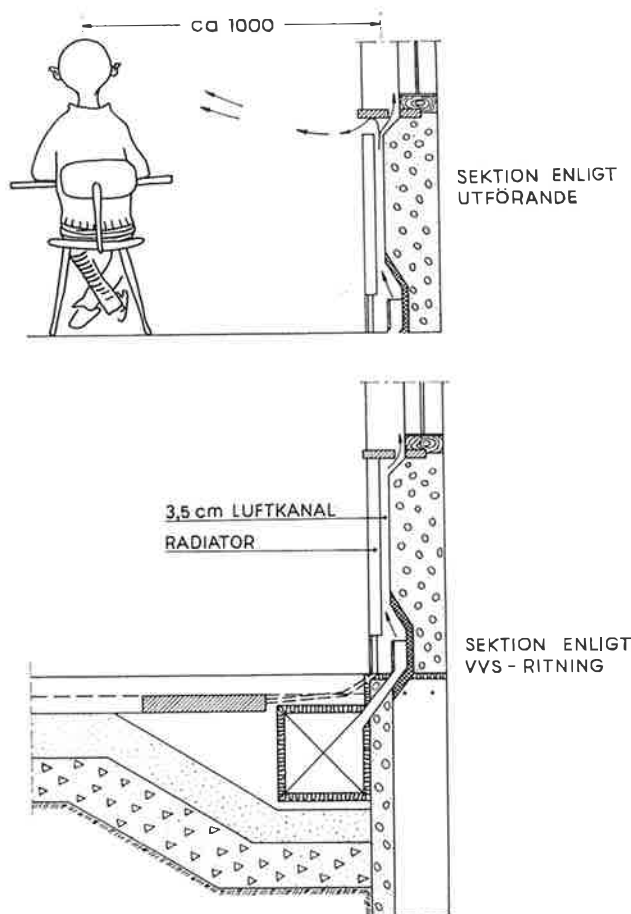


Fig. 5.

ljudnivå i klassrummen än ca 40 dB (A) om man använder sig av s. k. enhetsapparater. Men man får naturligtvis ej föreskriva en evakueringsfläkt vars ljudnivå, uppmätt i klassrummet, ligger högre än enhetsapparaten, utan att vidtaga åtgärder för att erbjuda en effektiv ljuddämpning.

Vädring under raster synes vara en åtgärd som ej sällan ger upphov till allt för låga klassrumstemperaturer, i synnerhet vid låg utetemperatur. När det gäller skolor med ämnesrum synes systemet med fönstervädring vara direkt olämpligt under en stor del av läsåret. Här kan nämligen klassrummet stå oanvänt under kanske både en och två timmar. Härigenom kan klassrumstemperaturen vid kylig väderlek bli så låg att det blir ytterst besvärligt att hålla lektion.

Vädring under städning sker ofta i sådan utsträckning att klassrummen blir helt nerkylda. Det finns exempel på vädringsperioder som varit så långa, att klassrumstemperaturen nästa morgon ej hunnit återgå till normala värden. Se fig. 6. För att inte slösa med bränsle i onödan bör regler utfärdas över hur fönstervädring under såväl raster som vid städning skall utföras.

SKOLA 11

DATUM: 28/2-1/3 1962

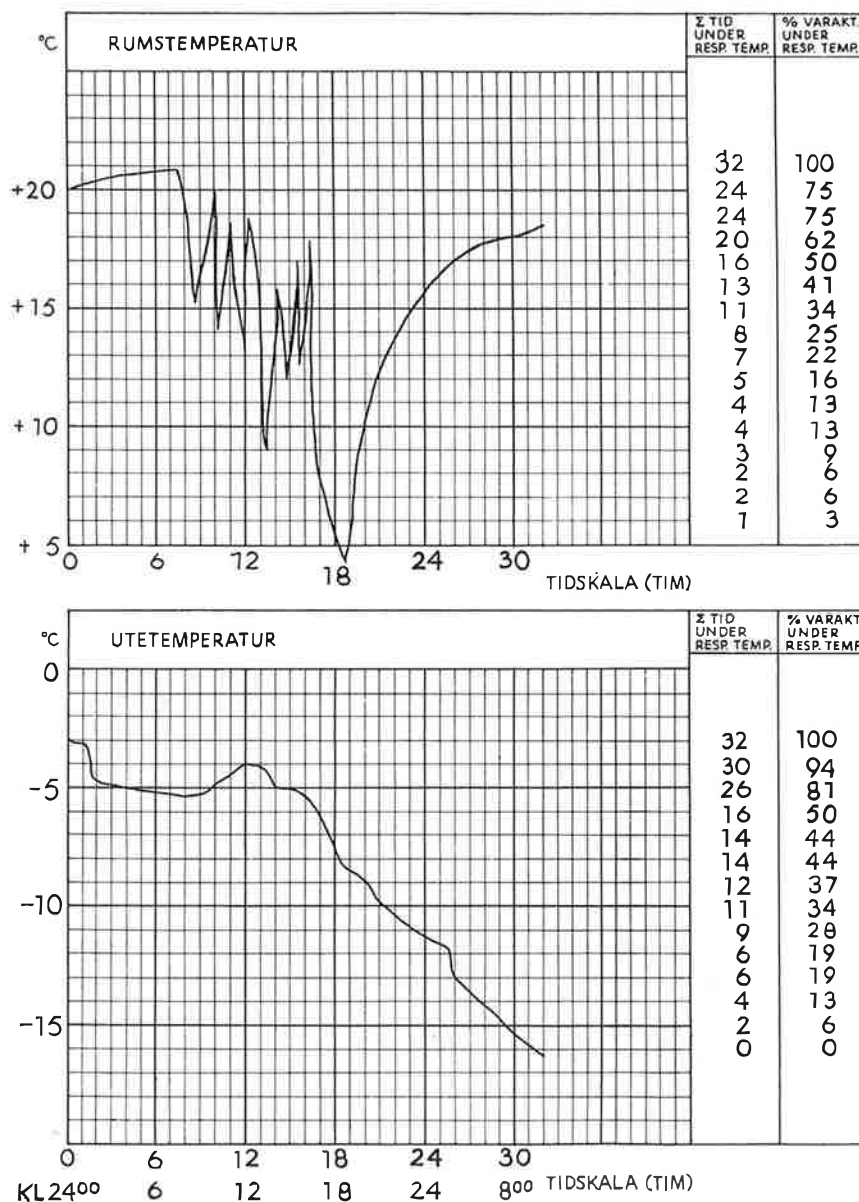


Fig. 6.

Den viktigaste faktorn som bör rättas till är emellertid de höga övertemperaturer som uppstår i vissa klassrum till följd av solinstrålning. Detta kan drabba salar i väderstrecken öster till sydväst, som har stora

fönsterytor mot nämnda väderstreck och som saknar effektiva avskärningsanordningar

Skillnaden i effektivitet mellan å ena sidan markiser och å andra sidan solgardiner visas i fig. 7. Den övre

Exempel på uppmätta temperaturer i några av de undersökta skolorna.

Skola	Vanlig termometer skugga		Globtermometer		Fönsteryta	Datum
	Ute	Inne	Skugga	Sol		
7	20,8	28,9	31,6	44,7	12,5 s + 6,4 n	25/5
8	20,7	28,7	30,1	37,8	5,7 vsv + 8,0 ono	26/5
9	17,0	25,3	27,1	39,2	6,5 s + 3,5 n	21/5
10	19,2	25,6	27,6	38,6	11,0 o	26/5

streckade kurvan i de nedre diagrammen visar tillskottet från sol, uttryckt i procent, där maximivärdet är satt som 100 %. Provet är utfört den 9 april. Väderleksförhållanden: sol (mycket lätt dis), svag vind. Klassrummen orienterade mot söder. Nettoglasyta mot söder 12,5 m².

Det finns flera rektorer som har sagt: "Det som eleverna inte hinner lära sig till maj månad, det förblir också olärt under den terminen om våren är solig och varm. Temperaturen i klassrummen brukar nämligen bli i det närmaste olidlig".

Synpunkter på skötseln av VVS-anläggningar

Det kan inte vara lätt för en skolvaktmästare, som väl oftast ej är insatt i vvs-frågor, att sköta en anläggning som helt eller delvis saknar skötselanvisningar.

Det kan kanske råda delade meningar om vem som skall upprätta skötselanvisningarna, men det synes dock som om vvs-konsulten är den bäst lämpade, eftersom denne är väl insatt i en anläggnings funktion.

Skötselanvisningarna bör avse anläggningen i sin helhet, men dessutom vad som är speciellt för en viss anläggning.

Hur översyn av enskilda detaljer, såsom pumpar, fläktar etc., skall utföras bör respektive tillverkare utfärda föreskrifter om. I dessa föreskrifter bör tydligt anges vilken skötsel de olika enheterna fordrar samt hur ofta tillsyn är nödvändig. Det kan beträffande vissa detaljer vara nödvändigt att föreslå service av specialutbildad serviceman. Denna service bör vara regelbundet återkommande. Lämplig intervall föreslås.

Skriftliga anvisningar ges t. ex. beträffande

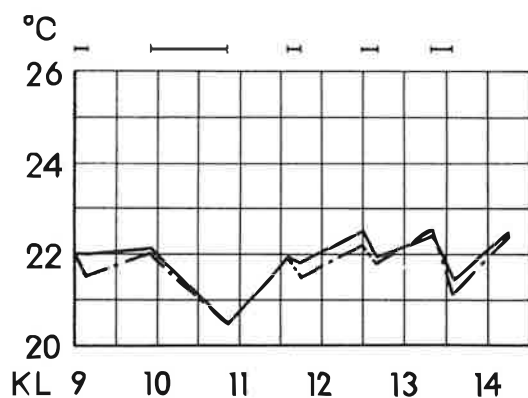
- daglig tillsyn, t. ex. start och fränslag av fläktar, kontroll av oljebrännarens låga samt drag i pannorna,
- tillsyn som återkommer med längre intervall, t. ex. byte eller rengöring av filter, kontroll av att koppelingsur visar rätt tid, sotbeläggning i pannorna,
- åtgärder som skall vidtas när sommarlovets börjar respektive slutar, t. ex. avstängning av ventilerna i de pannor som ej används under sommaren, avstängning av vissa fläktar.

Avstängningsventilerna numreras på ritning och varje ventil förses med en bricka med motsvarande nummer. På ritningen anges om ventilerna normalt skall vara öppna eller stängda.

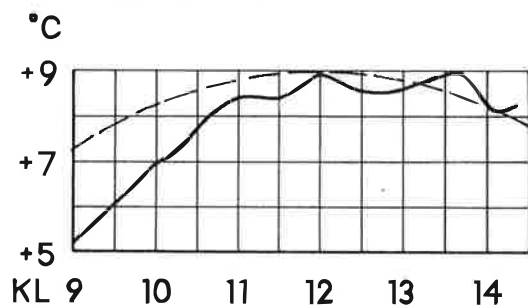
SKOLA 7

FÄLLDA MARKISER

KLASSRUMSTEMPERATUR



UTETEMPERATUR



EJ FÄLLDA MARKISER

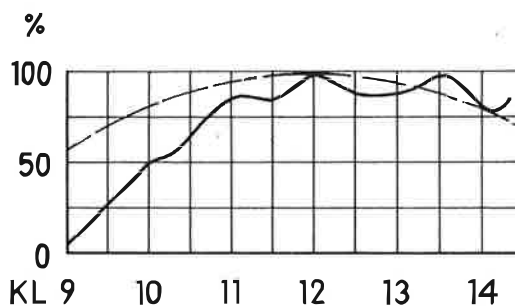
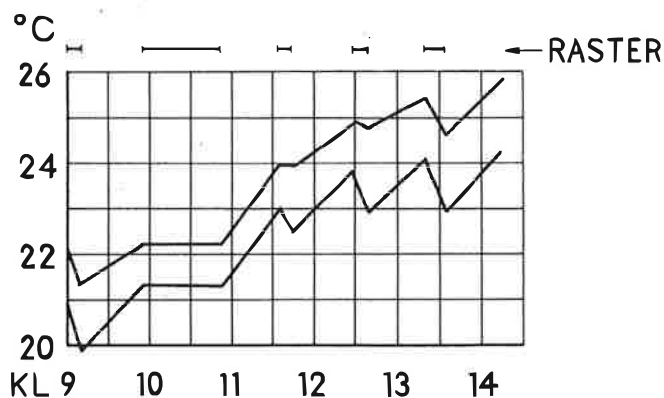


Fig. 7.

För att snabbt kunna stänga av en del av en viss del av systemet, t. ex. om en läcka uppstår, anges vid respektive ledningars avstängningsventiler vilken del av anläggningen som ledningarna betjänar.

Rörsystemet bör förses med märkning, exempelvis till sal 1—10 bv och 101—110 vån. 1 tr. osv.

En schematisk ritning över anläggningen med teckenförklaring bör utföras, varav klart framgår vilka lokaler som respektive pumpar, shuntar, fläktar osv. betjänar. Finns central strömställartavla bör förslagsvis schemat anslås vid denna. Under varje strömställare skall finnas en tydlig skylt av varaktigt material som anger vilken fläkt e. d. som respektive strömställare betjänar, exempelvis VA 1, EV 1 bottenvåning, sal 1—10. Detsamma skall även anges på nämnda schema. Fig. 8 visar exempel på text till sådant schema.

En skriftlig skötselinstruktion skall av fläktfirma respektive automatikfirma överlämnas till byggherren i minst två exemplar. I denna skall klart och tydligt framgå de åtgärder som bör vidtagas om fel på anläggningen uppstår.

För att vaktmästaren skall kunna bedöma vilken entreprenör (fackman) som skall avhjälpa ett upp-

kommet fel, upprättas om möjligt en checklista till hjälp vid felsökning. Checklistan bör ange vilken firma som skall kontaktas för service i de olika fallen.

För att skötseln skall underlättas skall anläggningen vid övertagandet vara ordentligt intrimmad och inreglerad. Beträffande ventilationsanläggningen bör vid besiktningstillfället till besiktningsmannen överlämnas protokoll över i de olika lokalerna uppmätta luftmängderna. Här bör även anges vilken mätmetod som använts.

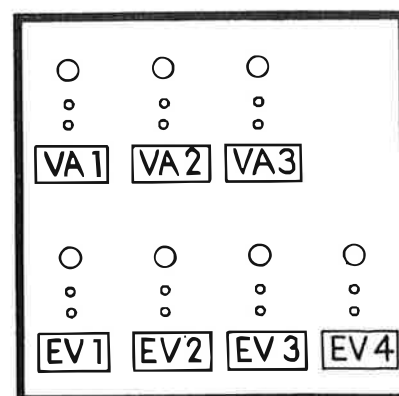
Att de krav som här nämnts skall bli tillgodosedda beror till stor del på vvs-konstruktören. Denne bör i sitt program klart ange hur dessa för skötseln så viktiga faktorer tillgodoses.

Besiktningsmannen har sedan ansvaret att se till att erforderliga schemata, sköselföreskrifter, märkning av ventiler och rörledningar osv. verkligen blivit utfört.

Först när samtliga dessa krav blivit tillgodosedda finns förutsättning för en effektiv skötsel och kontroll av anläggningarna. Häri införstås även driftkostnaderna, som för närvarande utgör en rätt betydande post för en skolas utgifter på drift- och underhållskostnadssidan.

AGGREGAT	PLACERING	FILTERTYP	SKÖTSEL FILTER	INBLI RUM	DRIFTSTID
VA 1	RUM 13	VILEDON	RENG. VAR 14: E DAG	1 - 10	8 ⁰⁰ -16 ⁰⁰ M-F 8 ⁰⁰ -13 ⁰⁰ L
VA 2	RUM 113	OLJEFILTER (RÖTERANDE)	SMUTS UR OLJAN BORTTAGES 4 GGR	101 - 105	8 ⁰⁰ -17 ⁰⁰ M-F 8 ⁰⁰ -13 ⁰⁰ L
VA 3	RUM 113	— —	PER ÅR, OLJEBYTE 1 GÅNG PER ÅR	106 - 110	8 ⁰⁰ -17 ⁰⁰ M-F 8 ⁰⁰ -13 ⁰⁰ L

EVAK. FLÄKT	PLAC.	EVAK. RUM	DRIFTSTID
EV 1	TAK ÖVER RUM 101	1 - 10	8 ⁰⁰ -16 ⁰⁰ M-F 8 ⁰⁰ -13 ⁰⁰ L
EV 2	TAK ÖVER RUM 105	101 - 105	8 ⁰⁰ -17 ⁰⁰ M-F 8 ⁰⁰ -13 ⁰⁰ L
EV 3	TAK ÖVER RUM 110	106 - 110	8 ⁰⁰ -17 ⁰⁰ M-F 8 ⁰⁰ -13 ⁰⁰ L
EV 4	TAK ÖVER RUM 112	TOALETTER 11, 12 - 111-112	DYGNET RUNT



STRÖMSTÄLLARTAVLA

SE FÖR ÖVRIGT FLÄKTFIRMANS RESPEKTIVE AUTOMATIKFIRMANS SKRIFTLIGA SKÖTSEL- OCH SERVICE-REKOMMENDATIONER

Fig. 8.

Exempel på dålig funktion

Skolan består av en vinkelbyggnad med 14 klassrum med radiatorsystem samt en paviljong med 6 rum med varmluftsuppvärmning. Paviljongen värms via kulvert från huvudbyggnaden.

Värmesystemet är uppdelat på 3 handshuntade undergrupper med gemensam variatorstyrd motorventil.

Utgångsläge

Klagomål hade bland annat framförts på att värmen i paviljongen var otillräcklig. En extra pump inmonterades, vilket gav någon förbättring. Lärarna fick, enligt egen uppgift, under den föregående vintern tidvis sitta med ytterkläderna på.

Enligt fastighetsingenjören var temperaturfördelningen i huvudbyggnaden något ojämn. Enligt vaktmästaren fungerade värmeledningarna där perfekt, så när som på att några radiatorer i slöjdsalen i källarvåningen var kalla. Det visade sig att skillnaden mellan varmaste och kallaste klassrummet var ca 5° C.

I vinkeldelen (belägen längst bort från pannrummet) hölls ca 10° högre framledningstemperatur än i övriga byggnaden.

Efter inregleringen kunde samma framledningstemperatur hållas i huvudbyggnaden och i flygeln. Även radiatorerna i slöjdsalen fungerade utan anmärkning. I paviljongen erhöles tillräcklig värme även under de kallaste dygnen under vintern, trots att utetemperatur ibland sjönk under -20° C.

Beteckning på fläktar

Tre olika beteckningar användes på fläktarna.

I I lärarrum fanns strömställartavla med klassrummens nummer vid respektive startknapp. Numreringen stämde dock inte med klassrummens numrering. Elinstallatören hade efter inkoppling av de olika fläktarna tydligen ej kontrollerat att respek-

tive startknapp överensstämde med avsett klassrum.

II Anläggningens kontaktmotorskydd var placerat i pannrummet. Numreringen vid dessa var lika med den som återfanns på arkitektens och vvs-konsultens ritningar. Salarna var i verkligheten ej numrerade efter dessa ritningar.

III I elentreprenörens tablå över de olika grupperna betecknades fläktarna med EI, EII osv. enligt vvs-ritningarna. Vilka rum de olika fläktarna betjänade fanns dock ej angivet. Även om så skulle ha varit fallet, så hade som exempel II visar numreringen varit felaktig.

Vaktmästaren, som tillika skötte värmeanläggningen, kände inte till sambandet mellan dessa tre olika beteckningssätt. Några ritningar fanns inte tillgängliga i skolan.

Förfrågan gjordes beträffande vem som skötte ventilationsanläggningen varvid

fastighetsingenjören	uppgav	vaktmästaren
vaktmästaren	„	lärarna
lärarna	„	vaktmästaren

Överenskommelse gjordes med vaktmästaren att han skulle sköta fläktarna. Vid besök i skolan visade det sig emellertid att fläktarna var i drift även under helgdagar. Detta förklarades med att vaktmästaren var ledig på lördagarna.

Klassrummen blev härigenom utkylda. Tidströmställare med gångreserv och veckoskiva för fläktarna torde vara att rekommendera i en anläggning av denna typ, där vaktmästaren har flera anläggningar att sköta och sin bostad förlagd till annan plats. Härigenom undviks obehag till följd av utkylda klassrum. Onödiga värmeförluster undviks även och en inte obetydlig bränslebesparing bör uppnås.

Detta är ett exempel bland *otaliga* som visar, att detaljerade skötselansvisningar, speciellt uppgjort för *varje* skola (ej muntlig information), är en nödvändighet. ●



Vid de konferenser rörande skolbyggnaders klimatfrågor som ordnades hösten 1964 av Statens institut för byggnadsforskning i samarbete med AB Svensk Byggtjänst framfördes de allmänna synpunkter som återges nedan. Dessa synpunkter strider delvis mot de regler och anvisningar som nu finns i BABS 1960 och i Skolöverstyrelsens skriftserie 20 och måste därför i första hand uppfattas som ett personligt utformat debattinlägg av föredragshållaren, civilingenjör Arne Boysen, Statens Institut för Byggnadsforskning.

Några VVS-tekniska synpunkter på skolbyggnader

727.1/2:696/697

VVS-teknikernas uppgift är att skapa sådana inomhusförhållanden som är fördelaktiga från arbets- eller trivselsynpunkt. Detta innebär att han skall sörja för tillförsel av

- dels livsviktiga förnödenheter, såsom syre,
- dels arbetsfrämjande förnödenheter, såsom varmvatten och kallvatten,
- dels komfortviktiga förnödenheter, såsom värme.

Han skall vidare sörja för borttransport av föroreningar, vilka även de kan indelas i tre grupper, nämligen *livshotande*, t. ex. giftiga gaser o. d., *arbetshindrande*, t. ex. avfall, *komfortnedsättande*, t. ex. värmeöverskott.

Dessa uppgifter skall lösas med utgångspunkt från en rad förutsättningar, över vilka han ej har kontroll. Arkitekten ger en del av de byggnadsmässiga förutsättningarna, och är i sin tur bunden av det arbete som skall bedrivas i den aktuella lokalen och den arbetsorganisation som finns. Andra förutsättningar för vvs-mannens arbete ges av klimathygienikern, som kan säga oss vilka förhållanden människor kan tåla och vilka som uppfattas behagliga.

I det följande lämnas några synpunkter på hur dessa förutsättningar inverkar på vvs-mannens arbetsuppgifter.

Av de tre nämnda kategorierna är det svårast att bedöma de komfortfrämjande och komfortnedsättande faktorerna. Dessa kommer därför att behandlas mera fylligt än de övriga.

Grundläggande för komforten är lokaltemperaturen, och mycket av den kritik som riktas mot moderna skolbyggnader bottnar i att värme problemen inte blivit tillfredsställande lösta. Problemet svårighet framgår bäst av en bild av ett vanligt klassrums värmebalans (fig. 1).

Bilden är uppgjord för ett normalt klassrum i en skolpaviljong. Thansmissionsförlusterna är vid -20° ute drygt 4.000 kcal/h och sjunker rätlinjigt med en stigande utetemperatur (den översta linjen). Under pågående lektion, då elever och lärare avger betydande värmemängder, förändras värmebalansen drastiskt (näst översta linjen). Om klassrummet därtill är så beläget att det är solbelyst erhålls stora värmetillskott på grund av solinstrålningen. De tre nedersta linjerna visar värmebalansen om man har persienner mellan rutorna, om man använder fördragsgardiner och längst ner om inget skuggningsarrangemang an-

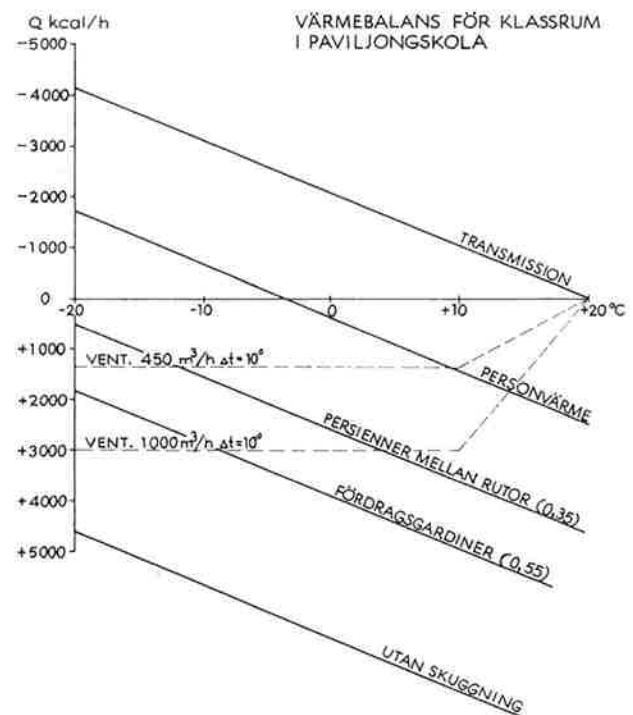


Fig. 1.

vänds. Utöver de nämnda värmestillskotten kan klassrummet erhålla värme genom transmission från angränsande lokaler, genom belysningen och genom värmealstrande maskiner eller apparater i klassrummet. Dessa värmestillskott har inte visats i diagrammet, då bilden därigenom skulle bli svåröverskådlig.

Praktiskt taget alla de nämnda värmekällorna kan variera mycket snabbt. Klassrummets värmebalans kan därför på kort tid pendla mellan de båda yttre begränsningslinjerna i diagrammet. Trots detta skall rumstemperaturen hållas något så när konstant. Svårigheterna är uppenbara.

Vilka åtgärder kan man då vidtaga för att förenkla värmeproblemen och skapa bättre förutsättningar för en behaglig inomhustemperatur?

Byggnadsorienteringen

Den mängd solvärme som tränger in genom väggar och yttertak är relativt liten jämfört med den mängd solvärme som tränger in genom fönstren. Byggnadsorienteringen, eller rättare fönstrens orientering, får därför stor betydelse för den värmemängd som tränger in. Självfallet är en orientering mot norr den från värmesynpunkt mest fördelaktiga, men detta strider mot de rekommendationer som Skolöverstyrelsen har givit ut. En orientering rakt mot söder är lika påfallande olämplig. Detta framgår av figurerna 2 och 3.

I fig. 2 finns angivet de maximala värmemängder som på grund av direkt solinstrålning tränger in genom en 2-glasruta, månad för månad. För samtliga orienteringar gäller att maximalvärdena (ca 480 kcal/m², h)

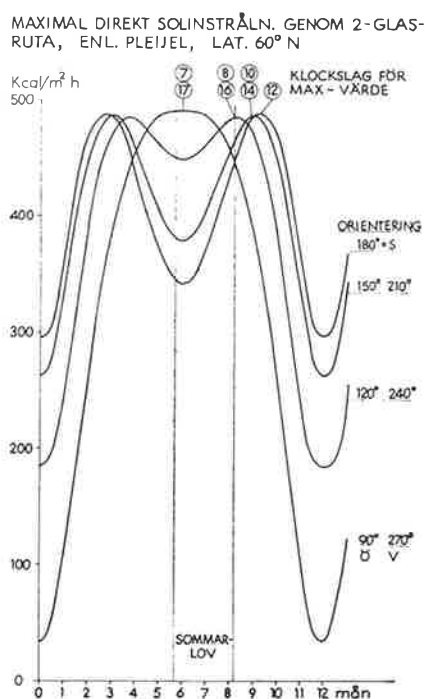


Fig. 2.

MOMENTAN DIREKT SOLINSTRÅLNING GENOM 2-GLASRUTA, ENL. PLEIJEL, LAT. 60° N, 20 april

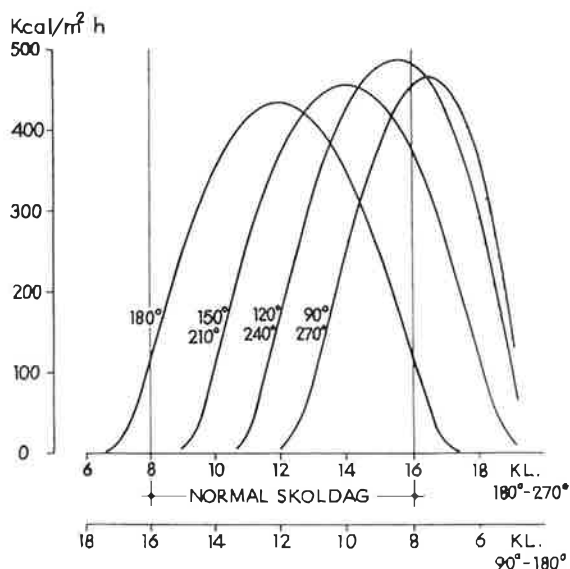


Fig. 3.

är desamma. Trots detta är de olika orienteringarna mer eller mindre besvärliga, beroende på att maximalvärdet inträffar vid olika tidpunkter under dagen. Detta framgår mer i detalj av fig. 3, som visar förhållandena den 20 april.

Den solvärme som tränger in resulterar inte omedelbart i en temperaturstegring. Väggar, golv, tak och inredning har ett värmemagasin som ger en dämpande och fördröjande effekt. Med hänsyn till denna skulle man kanske kunna acceptera sådana orienteringar där värmetoppen inträffar upp till en timme före skoldagens slut, dvs. man skulle acceptera orienteringar 210° till 220° från norr och däröver.

Av samma skäl skulle man kanske vara frestad att utesluta alla orienteringar där värmetoppen inträffar mindre än en timme före skoldagen. Vid sådana tidpunkter har man dock praktiskt taget alltid ett kylmedium till förfogande, nämligen uteluften, vars temperatur då ligger under den önskade rumstemperaturen. Kan detta kylmedium tillföras i tillräcklig mängd skulle man alltså kunna acceptera orienteringar upp till ca 120° från norr.

Från psykologisk synpunkt är det en tilltalande tanke att ha ett soligt klassrum under solfattiga vintermånader. Som regel har emellertid eleverna möjlighet att vistas i solen under rasterna, framför allt under den längre frukostrasten, och man kan därför ifrågasätta om denna psykologiska fördel uppväger de pedagogiska och ekonomiska nackdelarna, speciellt som man under en stor del av året ändå måste stänga ute solen med hjälp av olika skuggningsarrangemang.

Solskydd

Så snart klassrumets fönster är orienterade i väderstrecken mellan 60° och 270° , räknat från norr, bör frågan om solskydd övervägas. Gränsen 60° nämns därför att det på morgonen kan komma in så stora värmemängder genom fönstren att det är svårt att snabbt få ner rumstemperaturen till behaglig nivå när skoldagen börjar.

Solskydd belägna inne i klassrummen är självfallet minst effektiva. Värmen tränger då in i rummet innan den hejdas, och den enda minskning man erhåller är den återreflexion som uppstår vid mycket ljusa solskydd. Mycket ljusa bomullsgardiner kan återkasta ända upp till ca 40 % av värmen, men mörkare gardiner och gardiner (även ljusare) av konstfibrer har betydligt sämre effekt. Kan man arrangera en utsugning av den uppvärmda luften bakom gardinerna är detta givetvis till stor fördel, men i allmänhet är denna lösning svår att realisera. Man kan därför som regel utgå från att invändiga solskydd bör undvikas. Deras största förtjänst är att de förhindrar att eleverna blir utsatta för direkt påstrålning, men lufttemperaturens ökning i rummet minskas endast i ringa mån.

SKUGGNING FRÅN MARKIS EL. HORIZONTELL SKÄRM
FASADENS ORIENTERING 210° ; KL 14° DEN 20 MARS. LATITUD 60° N

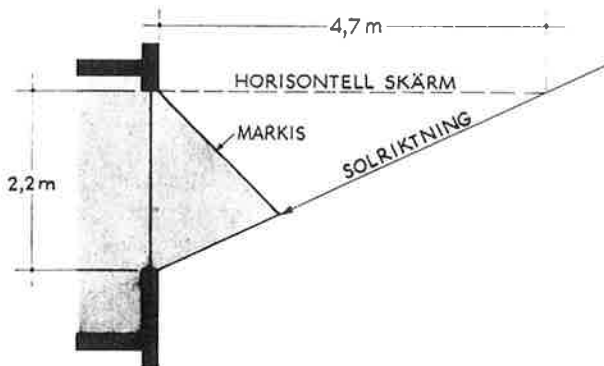


Fig. 4.

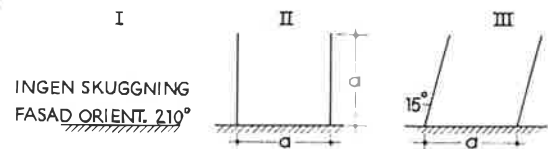
Utvändiga solskydd är å andra sidan de mest effektiva under förutsättning att de skuggar hela fönstret. Med markiser är detta krav svårt att uppfylla, eftersom vi i Sverige har ett relativt lågt solstånd, särskilt under vårvintern då de flesta orienteringarna har ett solvärmemaximum. För att under denna tid helt skugga ett fönster, vars övre kant har höjden tre meter över golv och vars undre kant har höjden 0,8 meter över golv, krävs att markisens yttre begränsning har ett läge enligt fig. 4. Av denna figur framgår också att en horisontell skärm endast kan göras

så stor att den får en mycket begränsad effekt. Det bästa utvändiga solskyddet är därför en utvändigt persienn, vilken endast släpper igenom ca 20 % av solvärmens. Kostnaderna för en sådan persienn är dock så stora att den väl knappast blir aktuell för skolor. Av detta skäl är det kanske mera realistiskt att föreslå en persienn mellan rutorna, varvid ca 35 % av solvärmens tränger in i rummet.

Ett utvändigt arrangemang som från värmesynpunkt har intressanta egenskaper är utvändiga vertikala skivor. Dessa påverkar ej den momentant maximalt inträngande solvärmens vid vinkelrät instrålning, såvida skivorna inte är ställda i vinkel mot fasaden, men de påverkar den totalt inträngande värmemängden genom att skugga fönstren före och efter tidpunkten för maximal solvärme. Temperaturstegringen i klassrummet blir därför begränsad. Av fig. 5 framgår vilka värmemängder som utestängs, varvid hänsyn ej tagits till den eventuella reflexionen från skivan mot fönstren.

Dessa skivor blir ju av praktiska skäl permanenta, och kan inte som de övriga arrangemangen avlägsnas vid mulen väderlek. De medför därför vid mulen väderlek en minskning av den naturliga belysningen.

Dessa synpunkter på orientering och solskydd har sammanfattas i fig. 6, som visar vilka orienteringar som bör undvikas och för vilka orienteringar som solskydd bör övervägas. I figuren är också de orienteringar angivna vilka under skoltid ger minst en timmes solinstrålning vid midvintersolståndet, varvid har



MOMENTAN DIREKT SOLINSTRÅLNING GENOM
2-GLASRUTA, LAT. 60° N, 20 mars

I UTAN SKÄRM II o. III MED VERTIKAL SKÄRM ENL. OVAN

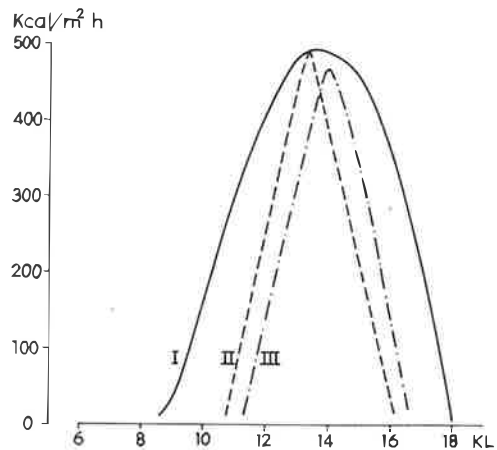


Fig. 5.

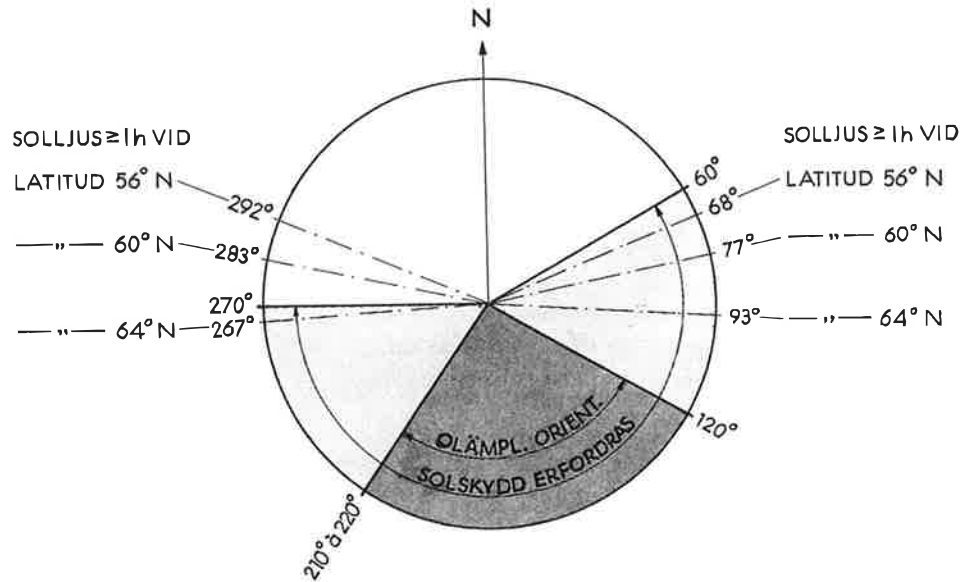


Fig. 6. Synpunkter på orientering och solskydd.

förutsatts att solstrålarna måste ha en vinkel av 10° i förhållande till fasaden för att nå in i rummet. Dessa orienteringar torde därför fylla Skolöverstyrelsens krav på solbelysning "under någon del av den tid skolarbetet pågår". Observera att detta krav alltså inte behöver innebära att endast orienteringar mellan Ö-S-V kan komma i fråga.

Byggnadskonstruktionen

Som tidigare har antytts fördröjer byggnadskonstruktionen och inredningen effekten av solvärmen liksom för övrigt också av andra variationer i värmetillförseln till klassrummen. Det vore därför mycket värdefullt om man kunde göra en enkel beräkning av denna fördröjande och dämpande effekt. Sådana beräkningar har utförts med hjälp av datamaskiner, men det är enligt min mening knappast lönande att tillgripa sådana metoder för varje skola som skall byggas. Även om effekten inte beräknas bör man emellertid ta hänsyn till den och utforma byggnadskonstruktionen för lokaler med starkt varierande värmebalans med större värmetröghet än för lokaler med mera stabil värmebalans.

De materialkonstanter som inverkar på värmemagasineringsen är i första hand specifika värmen och specifika vikten. För att värmemagasinet skall kunna utnyttjas fordras emellertid också att värmen snabbt avleds från ytan in i materialet. Värmeledningstalet har alltså också betydelse. Vid relativt snabba värmeändringar kan dessa tre materialkonstanter enligt tyska källor sammanfattas i det s. k. värmeinträngningstalet $b = \sqrt{c \cdot \alpha \cdot \lambda}$. I nedanstående tabell anges dessa materialkonstanter för några vanliga byggnadsmaterial.

Vill man konstruera en byggnad med stort inre värmemagasin skall man alltså välja sådana material

Tabell 1.

Material	Spec. värme c kcal/kg/ $^\circ\text{C}$	Volym vikt α kg/m ³	Värmeledningstal λ kcal/m, h, $^\circ\text{C}$	Värmeinträngningstal $b = \sqrt{c \cdot \alpha \cdot \lambda}$	
Betong	0,2	2.000	1,0	20	100 %
Tegel- murverk	0,2	1.600	0,6	13,8	68 %
Trä	ca 0,5	ca 500	0,15	6,1	30,6 %
Lätt- betong	0,2	500	0,12	3,5	17,3 %
Mineralull	0,18	ca 100	0,04	0,85	4,2 %

som betong och tegel även i mellanväggar. Trä är också ett relativt bra material, men regelväggar bestående av trä, mineralull och luft är direkt olämpliga.

I fråga om golvbeläggningar är de moderna plastmattorna med underlag av filt mindre lämpliga, och i taken kan ett ljudabsorberande undertak avsevärt minska värmetransporten in i själva byggnadsmaterialet och därigenom leda till snabbare stegringar av lufttemperaturen.

Utnyttjar man dessa konstruktionsprinciper måste man uppmärksamma att det föreligger en fara för alltför låga yttemperaturer under morgontimmarna om skolan varit nerkyld under natten. Uppvärmningen av skolan måste därför börja tidigare på morgonen än om en lätt byggnadskonstruktion hade valts. Å andra sidan kan emellertid även uppvärmningen avbrytas tidigare på dagen, varigenom de totala värmeförlusterna under dygnet inte behöver påverkas nämnvärt.

Fönstrens utformning

Av det ovanstående framgår klart att fönstertyornas storlek har direkt betydelse för de värmeproblem som eventuellt uppstår. Fönstrens storlek har likaså en direkt betydelse för de värmeförluster som uppstår, och från värmeteknisk synpunkt finns det därför endast en slutsats man kan dra, nämligen att fönstren bör göras så små som rimligt. Kan fönster arrangeras på mer än en av klassrumsväggarna är detta till stor fördel. Dels uppnår man därmed att samma belysningsstyrka av dagsljus erhålls med totalt mindre fönsteryta, dels att hela den totala fönsterytan aldrig kan vara solbelyst samtidigt. Med fönster jämnt fördelade på två motstående sidoväggar reduceras solvärmeinflödet även utan särskilt solskydd ungefär lika mycket, som om fönstret använts endast på en vägg men där försetts med persienner mellan rutorna.

Belysningen

Som bekant varierar belysningsstyrkan avsevärt beroende på armaturens utformning. Den belysningsstyrka som önskas är därför inte heller något riktigt mått på den värmemängd som tillförs till rummet på grund av belysningen. Man måste också ta hänsyn till om lysrör eller glödljus skall användas, eftersom glödljus med samma märkeffekt som lysrör endast ger halva belysningsstyrkan. Eftersom värme problemen i klassrummen oftast beror på alltför höga temperaturer bör man därför välja lysrör.

Har man möjlighet att med evakueringsluften kyla lysrörsarmaturen bör denna möjlighet utnyttjas av två skäl: Genom kylningen sänks rörens temperatur, vilket ökar belysningsstyrkan, och genom den direkta borttransporten av värme förhindrar man en höjning av rumstemperaturen.

Klassrummens värmebalans

Fig. 1 visade ett klassrums värmebalans under hela året. Fig. 7 visar värmebalansen för samma klassrum under en viss dag, nämligen den 9 april. Liksom i fig. 1 har endast värme posterna transmission, sol- och personvärme visats. Diagrammet har dessutom förenklats på så sätt att transmissionsförlusterna visats konstanta under dagen, vilket inte är helt korrekt. Som framgår av solvärmekurvan är klassrummet tänkt orienterat rakt mot söder. Fördragsgardiner används för att utestänga solvärmen.

Av fig. 1 och fig. 7 kan man dra viktiga slutsatser, nämligen:

1. *Värmeöverskott måste kunna bortföras.*
Enklarest görs detta med hjälp av ventilationsluft, varvid ventilationsluftmängden måste kunna varieras inom ganska betydande gränser.

VÄRMEBALANS FÖR KLASSRUM I PAVILJONGSKOLA, 9 april

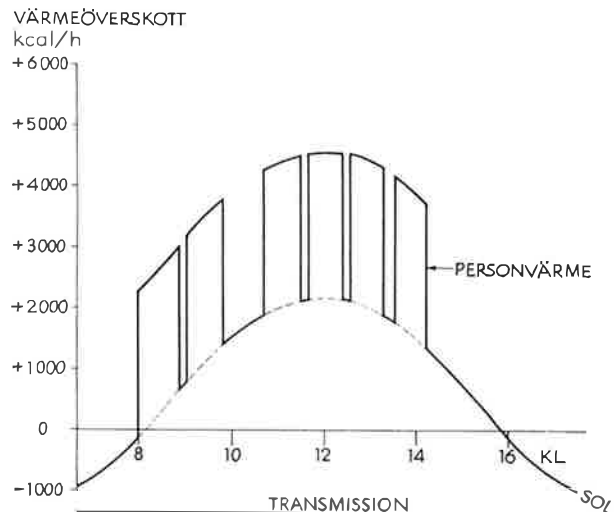


Fig. 7.

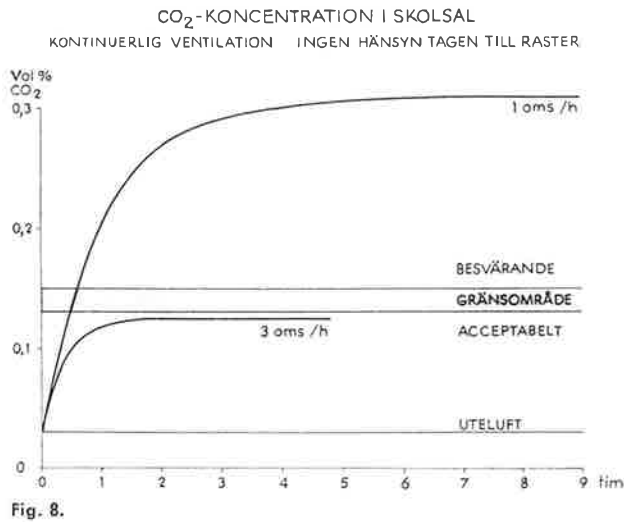
2. *Värmesystemet måste vara snabbt reglerbart och ha stort regleringsintervall.*
3. *Olika klassrum måste kunna värmeregleras separat.*

Kravet på reglerbarheten minskas om följande åtgärder vidtages.

1. Orienteringar mellan 120° och 210°, räknat från norr, undviks.
2. Solskydd installeras för alla fönster orienterade mellan 60° och 270°, räknat från norr.
3. Dubbelsidig belysning utnyttjas.
4. Fönstertyorna görs så små som rimligt.
5. Lysrörsarmatur används.
6. Byggnadskonstruktioner med liten värmeförlust undviks.

Ventilationsbehov

Det har tidigare framgått att ventilationsbehovet bestäms av önskemålet att kunna bortföra de mänskliga utdunstningarna så att man kan hålla luktintensiteten på en sådan nivå att den inte blir besvärande. Eftersom man emellertid inte kan mäta luktintensiteten blir detta krav rent subjektivt. Erfarenhetsmässigt vet man emellertid att då koldioxidhalten i rumsluft har stigit till 0,13 à 0,15 volymprocent på grund av människornas koldioxidavgivning börjar luktnivån besvära. Detta kriterium leder till en ventilationsnivå motsvarande ca 3 omsättningar i normala klassrum, vilket framgår av fig. 8, som visar koldioxidhaltens ökning för ett normalt klassrum med 1 respektive 3 luftomsättningar per timme.



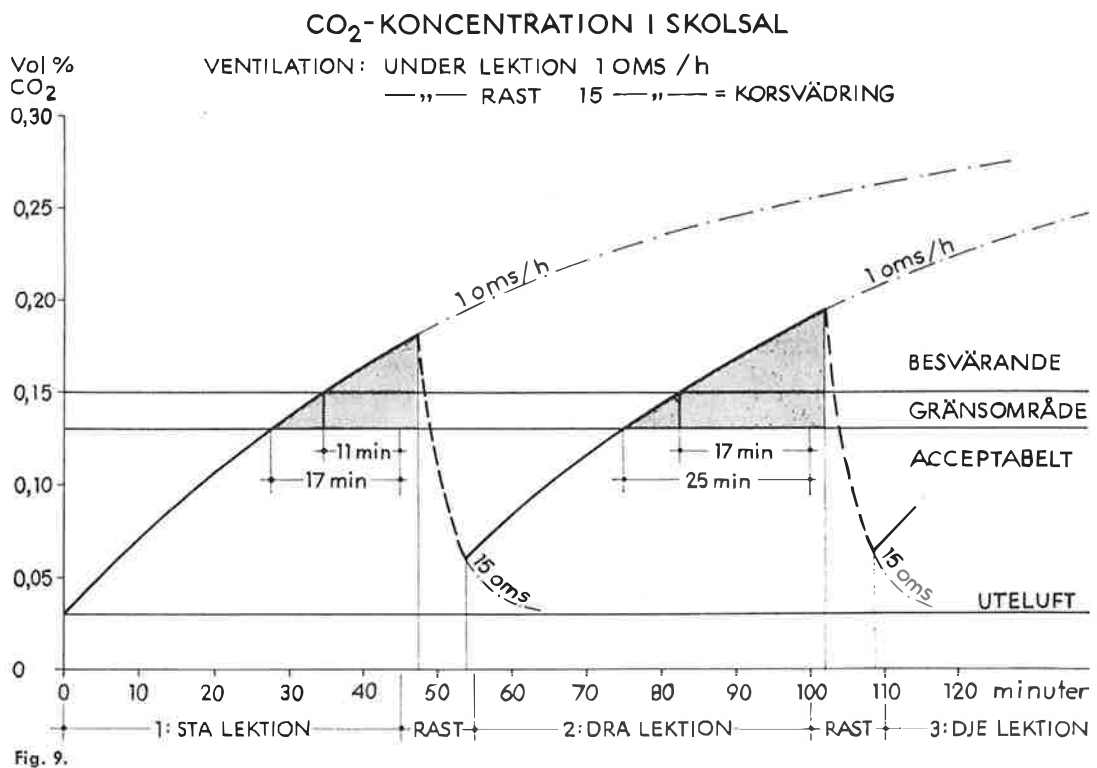
Som komplettering till fig. 8 är det intressant att följa koldioxidhalten i ett klassrum med liten kontinuerlig ventilation och korsvädring under rasterna (fig. 9). Den kontinuerliga ventilationen har förutsatts vara av storleken 1 oms./h som ökas med korsvädring till 15 oms./h under ca 7 minuter varje rast. Denna metod leder till, totalt sett, 3 oms./h. Värmekostnaderna blir emellertid mindre än för 3 omsättningar kontinuerligt, om den luft som lämnar klassrummet under korsvädringen inte hinna värmas till +20°.

Som framgår av fig. 9 erhåller man med dessa förutsättningar en koldioxidhalt som genomsnittligt ligger under gränsoområdet. Ventilationsbehovet bestäms

emellertid *inte* av de genomsnittliga koncentrationerna utan av de momentana, och därför får man behov av kraftigare ventilation under 11—17 minuter den första lektionen samt 17—25 minuter under andra och följande lektioner. Metoden ger alltså klart sämre förhållanden.

Antagandet att ventilationen uppgår till 1 omsättning per timme innebär att en fläkt måste installeras, eftersom man med självdragssystem inte uppnår mer än 1/2—3/4 av denna luftmängd, vilket vid ogynnsamma väderleksförhållanden — vindstilla och liten temperaturskillnad ute—inne — kan sjunka till ännu mindre tal. I praktiken blir det nästan alltid en evakueringsfläkt, varvid klassrummet hålls vid undertryck gentemot atmosfären. Ersättningsluften, som alltså i varje fall till en del utgörs av övervärd uteluft, tränger in genom mer eller mindre avsiktliga springor och öppningar långt in i rummet och kan därför orsaka betydande obehag. Även om springorna är så jämnt fördelade, att några kallluftstrålar inte uppstår, kan man lätt få obehag genom att kalluften förstärker kallraset vid rutorna, vilket enligt professor Rydbergs utredningar kan nå tre meter in i rummet vid en utetemperatur av -20° C och en meter vid utetemperaturen ±0° C.

Dessa förhållanden talar starkt för att en ventilationsanläggning för inblåsning av förvärd luft alltid bör installeras. Den bör då inte dimensioneras för så liten luftväxling som en omsättning per timme, eftersom marginalkostnaden för en höjning till högre värden



är liten jämfört med initialkostnaderna, och de kvalitativa förbättringarna är så påtagliga som synes i fig. 9.

Hur stor ventilation bör man då välja för att få god luftkvalitet? Denna fråga är omöjlig att besvara, om vi inte först definierar vad som menas med god kvalitet. Godtager man det kriterium som använts ovan, CO_2 -halt = 0,13 à 0,15 % finner man, som visats, att det bör vara cirka tre omsättningar per timme. Ställer man högre krav blir det nödvändigt med betydligt kraftigare ventilation. Av fig. 8 framgår indirekt, att det är ett exponentiellt samband mellan antal omsättningar och det slutvärde på föroreningshalt som inställer sig, och detta framgår ändå tydligare av fig. 10.

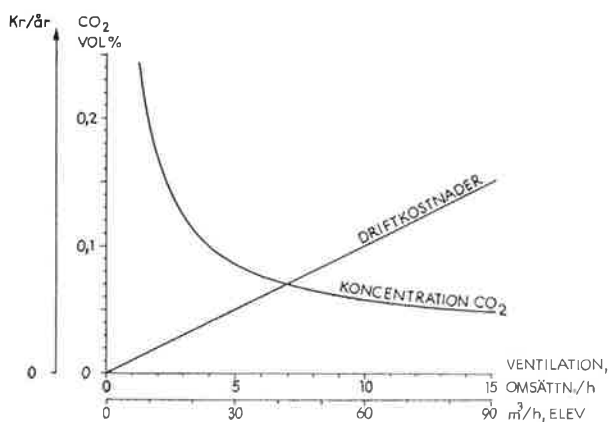


Fig. 10. Samband mellan ventilation, resulterande CO_2 -koncentration och driftkostnader.

Driftkostnaden för ventilationen ökar emellertid rätlinjigt med antalet omsättningar, varigenom kvalitetsförbättringarna blir allt dyrare, ju närmare man strävar efter uteluftkvalitet. Ett optimum finns alltså, men detta kan inte fastställas så länge luftkvaliteten saknar ekonomiskt värde.

Det finns alltså inte något sätt att genom en objektiv och ekonomisk optimeringsberäkning fastställa lämplig ventilationsluftmängd, utan denna måste fastställas subjektivt och erfarenhetsmässigt, med utgångspunkt från de förutsättningar som gäller för varje fall, och från vad man är beredd att betala.

Det hittills sagda gäller de minimiluftmängder som erfordras från luktsynpunkt. Man vill emellertid även använda ventilationen för att transportera bort det värmeöverskott som erhålls under vissa förhållanden. De luftmängder som då blir nödvändiga är avsevärt större än de nämnda minimiluftmängderna. I fig. 1 är inlagda två linjer som visar den värmemängd som kan borttransporteras med luftmängderna 450 respektive 1.000 m^3 per timme om dessa luftmängder tillförs med en temperatur som är 10° lägre än rumstemperaturen. Luftmängden 450 m^3 per timme, motsvarande

minimiluftmängden från luktsynpunkt, är alltså klart otillräcklig, t. o. m. vid så låga utetemperaturer som ca -10° . Att vid dessa låga utetemperaturer öka den normala ventilationen med hjälp av fönstervädning under pågående lektion är otänkbart från dragsynpunkt. I många fall är fönstervädning under lektionen otänkbar även av den anledningen att den utvändiga ljudnivån är alltför hög.

För att kunna hålla rumstemperaturen något så när konstant fordras det alltså att den kontinuerliga ventilationen kan ökas med avsevärda belopp och att inblåsningsanordningen är sådan att betydande undertemperatur kan användas utan att detta skapar drag.

Professor Rydberg har i en artikel i VVS-tidskriften, november 1962, påpekat att olika inblåsningsarrangemang har väsentligt skilda egenskaper då det gäller tillförsel av undertempererad luft. Perforerade tak, smala parallella perforerade band i taket och parallella springor i taket är ungefär jämnogda. Väsentligt sämre är diffusorer i tak och sämst är galler i vägg. Av de nämnda anordningarna synes diffusorer i tak vara det som närmast kommer i fråga för skolor.

I ett senare nummer av VVS (VVS nr 5, 1964, sid. 236, samt nr 6, 1964, sid. 260) har behandlats inblåsning från trummor förlagda under fönster. Det har där visats att man med låga inblåsningshastigheter kan få ett nedslag av kallluft i rummets mitt. För att få tillräcklig bärighet hos den tillförda luften erfordras vid 10° temperaturdifferens en inblåsningshastighet av ungefär sex meter per sekund.

Önskemålet om variabel ventilation får inte tolkas på det sättet, att den i rummet inblåsta luftmängden skall varieras. Detta skulle med all säkerhet leda till instabila luftströmningsförhållanden i klassrummet och i värsta fall till drag. Den inblåsta luftmängden bör i stället hållas konstant vid den högsta erforderliga nivån, men vid de tillfällen då minimiluftmängden är tillräcklig får denna utgöras av uteluft, som påspädes med returluft till den maximala luftmängden.

Att man använder en lämplig inblåsninganordning är emellertid tyvärr ingen garanti för dragfrihet. Luften måste också ha möjlighet att sprida sig i rummet utan hinder. Det är ganska vanligt att belysningsarmatur, gardiner o. d. hänges upp mitt för inblåsningöppningarna, varvid luften slår emot dessa hinder och ändrar riktning, i olyckliga fall så att det skapas påtagliga dragförhållanden i vistelsezonen. Det är meningslöst att försöka utpeka någon ansvarig för att så sker, men det borde åligga vvs-mannen att granska dessa detaljer och försäkra sig om att hans anläggningsfunktion inte äventyras, liksom det borde åligga el-

konsult och inredningsarkitekt att rådgöra med vvs-mannen.

Det finns en gammal god regel att tillföra luften i riktning *mot* auditoriet, eftersom man är mindre känslig för en luftrörelse mot ansiktet och pannan än för en luftrörelse mot nacken. I vanliga klassrum är väl luftrörelserna som regel så små, att denna regel saknar verklig betydelse, men i lokaler med mer intensiv ventilation, såsom samlings-salar, kemisalar, kan det finnas skäl att taga hänsyn härtill.

Några synpunkter på speciella lokaler

Kök och matsalar

Dessa bör behandlas som restauranger och restaurangkök, vilket innebär kraftig ventilation och utsugning i köket via spiskåpor. I matsalen bör tillförd luftmängd vara större än den evakuerade, i köket omvänt, så att en stabil luftrörelse från matsal mot kök erhålls.

Skrivsalar och samlings-salar

I dessa lokaler är uppehållstiden avsevärt längre än i vanliga klassrum. Kontinuerlig ventilation erfordras alltså, och med tanke på att dessa lokaler ofta kanske hyrs ut, dimensioneras ventilationsanläggningen enligt kraven i BABS för samlings-salar.

Kemilokaler

I de kemiska institutionslokalerna erfordras drag-skåp eller sughuvar. Ersättningsluft i tillräcklig mängd måste tillföras. Underdimensioneras ersättningsluften erhåller lokalerna undertryck i förhållande till atmosfären med de dragrisker som påtalats tidigare. Även värmesystemet måste dimensioneras för denna ökade ventilation.

Om kemilokalerna måste katastrofvädras bör detta absolut inte ske genom att fönster öppnas, eftersom därvid kemilokalerna kan erhålla ett övertryck i förhållande till angränsande lokaler, vilket sprider föroreningarna till dessa. Katastrofvädring bör därför alltid ske med fläkt.

Gymnastiklokaler

I gymnastiksalen är eleverna hela tiden vid rörelse, vilket innebär att kraven på dragfrihet inte behöver vara lika starka som för klassrummen. Uppvärmning med hjälp av strålningsvärmare skulle t. ex. vara tänkbart. Golvet bör göras med liten värmeledningsförmåga. En golvbeläggning av t. ex. korkplattor känns betydligt varmare och behagligare än det vanliga trägolvet.

I angränsande omklädningsrum, duschar och toaletter erfordras sammanlagt ganska stor utsugning. Genom att tillföra den erforderliga ersättningsluften i gymnastiksalen och låta denna evakueras genom

överströmning till nämnda lokaler, kan ventilation av gymnastiksalen erhållas utan större extra kostnad.

Flexibilitet

Som i annat sammanhang har påpekats önskar man av organisatoriska skäl att kunna disponera om utrymmena i en skola. Sådan omdisponering bör självfallet kunna ske utan dyrbara omläggningar av värmesystem, ventilationssystem eller avloppssystem.

För avloppssystem kan detta lösas relativt enkelt om tänkbara alternativa omdisponeringar utredes på ett tidigt stadium och erforderliga avloppsrör läggs in från början. Detsamma gäller för varmvatten och kallvatten till tappkranar. För värmesystemet och ventilationssystemet medför emellertid kravet på flexibilitet stora svårigheter, eftersom vi tidigare kommit fram till att klassrummens värmesystem (dvs. även ventilationen) måste kunna regleras i varje klassrum, oberoende av de övriga. Vid flyttning av mellanväggar måste man därför förmodligen alltid räkna med en viss ombyggnad av värme- och ventilationssystemet samt dessa systems regleringsanordningar. Minsta ombyggnadsarbeten erhålls om installationen bindes till fönstren, eftersom man inte gärna kan tänka sig en mellanvägg placerad mitt för ett fönster.

Med utgångspunkt från detta flexibilitetskrav är enhetsapparater för värme och ventilation en god lösning.

Olika värme- och ventilationssystem

Som framgår av det ovanstående är det många olika krav som ställs på värme- och ventilationssystemen. Kraven är dessutom grundade på subjektiva komfortkriterier, och man kan därför knappast komma fram till någon lösning som från alla synpunkter och för alla tillfällen är den ideala.

Utöver de synpunkter som redan har framförts vill jag därför endast göra några anmärkningar.

Radiatorer

Väljes radiatorer bör man sträva efter att få radiatorer med så litet vatteninnehåll som möjligt för att göra dem regleringssnabba. Att försöka reglera värmen med manuella tvåvägsventiler är lönlöst. Detta gäller särskilt större anläggningar, och framför allt sådana med två-rörsystem, där avstängning av ett antal radiatorer kan medföra så stora ökningar i vattenströmningen genom de andra radiatorerna att värmeavgivningen från dessa senare blir väsentligt större än önskat. Som minimikrav måste man därför sätta termostatreglerade radiatorventiler. Direktverkande sådana finns som bekant på marknaden, men man har skäl att ifrågasätta om de rent mekaniskt tål de påfrestningar de utsätts för i en skola. En termostat-

störd motorventil för varje klassrum är därför att förorda.

Eftersom många elever blir placerade nära radiatorerna bör dessa göras så stora att tillräcklig värmemängd kan tillföras rummen utan besvärande höga ytemperaturer.

Golvvärme

Golvvärme är svårt att förena med det önskemål om flexibilitet som har framförts. En allvarigare invändning är emellertid enligt min mening att golvvärme-system är relativt tröga att reglera.

Höghastighetssystem

Höghastighetssystemen — tvåkanals-system eller induktionsapparatsystem — har ju fått en vidsträckt användning inom kontor, där kraven på reglerbarhet, flexibilitet och luftmängder är i princip desamma som för skolor. De har också kommit till användning för skolor utomlands, men mig veterligt har de ännu inte använts i svenska skolor, förmodligen av kostnadsskäl.

De installationer som görs i skollokaler måste vara synnerligen robust utförda. Påfrestningarna är betydligt större än i vanliga kontor, och jag har en känsla av att induktionsapparaterna är i vekaste laget för skolor. Något bättre förutsättningar har tvåkanals-systemet, eftersom apparaterna i detta system kan ha en helt tät inklädnad, som kan göras så robust som förhållandena kräver.

Enhetsapparater

Under de senare åren har man här i landet börjat tillverka enhetsapparater efter amerikanskt mönster. Dessa apparater hämtar uteluft genom en öppning i väggen till klassrummet, de blandar in eventuell returluft, filtrerar blandningen, värmer den och blåser in den via en trumma utefter fönstren. Regleringen sker helt automatiskt med rumstermostater, begränsningstermostater etc. Fläktarna i apparaterna startas och stannas med kopplingsur men kan, i varje fall för vissa fabrikat, också styras manuellt från klassrummet. Med tanke på att dessa apparater är relativt nya här i Sverige visas några bilder av ett par olika fabrikat. (Fig. 11—16.)

Äran eller skulden av att dessa apparater redan fått så stor spridning som de har, får kanske till viss grad tillskrivas Byggforskningen. Vi fann nämligen för några år sedan att dessa apparater borde vara lämpliga för paviljongskolor och har på olika sätt försökt uppmuntra fabrikanterna att ta upp tillverkning av dessa apparater. Byggforskningen har också följt utvecklingen, utfört en hel del prov och undersökningar, både i laboratorium och i anläggningar. Erfarenheter-

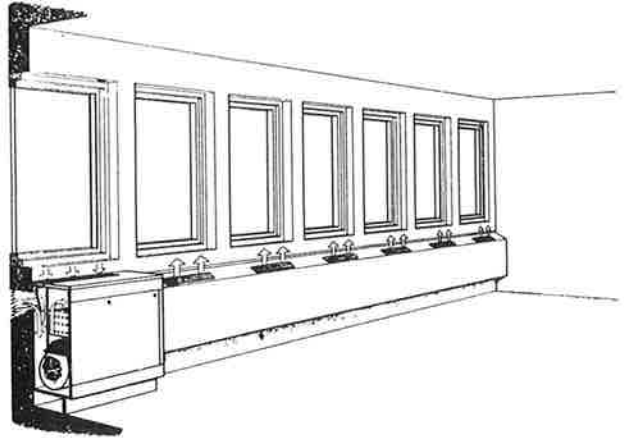


Fig. 11. Enhetsapparat med inblåsningstrumma. Principiellt arrangemang.

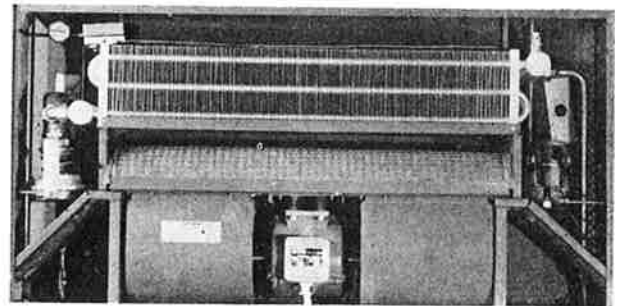


Fig. 12. Enhetsapparat med borttagen frontlucka (Industri AB Ventilator).



Fig. 13. Provninstallation av enhetsapparat. Inblåsningstrumma visas i närbild på fig. 16.

na härifrån har i stort sett bekräftat den nämnda uppfattningen. Apparaterna ger klart bättre klimatförhållanden i klassrummen, och de eventuella merkostnader dessa apparater innebär jämfört med tidigare system är därför klart motiverade.

Beträffande apparaternas utformning, prestanda, standardregleringsprogram etc. hänvisar jag till vederbörande fabrikanter.

En från teknisk synpunkt betänklig anmärkning mot dessa apparater synes vara att vindtrycket mot fasaden kan få en inverkan på ventilationsluftmängderna. Apparatluftmängderna uppgår emellertid till ca 700 m³/h, dvs. avsevärt mer än den minimiluftmängd som man önskar från luktsynpunkt. Smärre variationer i denna luftmängd orsakad av vindtryck saknar därför allvarlig praktisk betydelse.

Apparatluftmängden påverkas även av apparatfiltrets försmutsning och luftmotstånd. Man kan då fråga sig om de filter apparaterna normalt är utrustade med har så stor betydelse. 30 skolbarn som varje timme kommer in från skolgården drar med säkerhet med sig avsevärt större stoftmängder än de som inkommer med ventilationsluften, även om denna är helt ofilterad. Kanske löses denna fråga automatiskt då man finner att skötseln av apparatfiltren blir tidskrävande och därför "glömmer" att sätta tillbaka filtren efter rengöring.

Om dessa enhetsapparater installeras i klassrummen och man i samma anläggning installerar radiatorer i andra utrymmen, krävs särskild omsorgsfullhet vid dimensioneringen av dessa radiatorer, så att de anpassas till de vattentemperaturer som erfordras för enhetsapparaterna.

Litteratur

- Solinstrålning genom fönster, av *Gunnar Pleijel*, Bygghörsningsens Rapport 94.
- How drapes affect heat gain, as tested with regular and heat absorbing glass, by *N. Ozisik and L. F. Schutrum*, ASHRAE Journal, June 1960, pp 53—56.
- Solar heat gain through double glass with wetbeen-glass shading, by *W. A. Smith and C. W. Pennington*, ASHRAE Journal, October 1964, pp 50—53.
- Wärmetechnische Anforderungen an Fussböden und Decken, von *W. Schüle*, Veröffentlichungen aus dem Institut für Technische Physik Stuttgart, 1959 Heft 43.

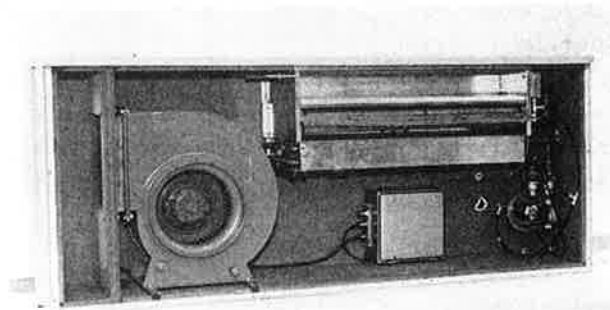


Fig. 14. Extra låg apparat med borttagen frontlucka (AB Svenska Fläktfabriken).

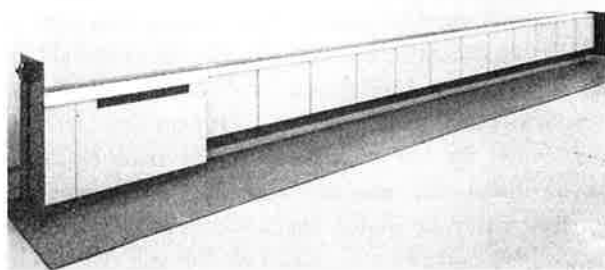


Fig. 15. Apparat med returluftintag (AB Evaporator).

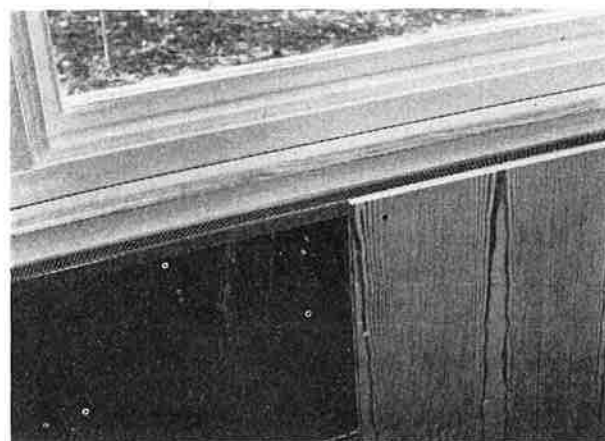


Fig. 16. Inblåsningstrumma med kontinuerligt galler och förhängda paneler.

- Kallras vid fönster, av professor *John Rydberg*, VVS nr 11, 1963, sid. 411—413.
- Maximala kyleffekter för olika luftinblåsningssanordningar, av professor *John Rydberg*, VVS nr 11, 1962, sid. 471—474.
- Inblåsning av kallluft med specialbyggd inblåsningstrumma, av *Bertil Davin*, VVS nr 5, 1964, sid. 236, samt rättelse i VVS nr 6, 1964, sid. 260.

