skillnadsgatan och därvid en eller annan gång kunde annonsera en operautsändning i programmet — det första försöket till OB-sändning. Jag får dock medge att det inte lät alls så bra som vid det direkta lyssnandet i de ålderdomliga lurarna. Tekniken var inte lika fullkomlig då som nu. Och någon stereofonisk återgivning var det givetvis aldrig fråga om!

Einar Malmgren

GÖSTA RODENBORG

Ventilationssystemet på Kungl. Teatern

Gustaf III:s berömda operabyggnad vid Gustaf Adolfs torg i Stockholm stod färdig 1782. Denna ståtliga byggnad gjorde sin tjänst som nationalscen i 109 år och revs 1892 för att ge plats åt en ny operabyggnad — *Kungliga Teatern* — ritad av arkitekt A. Anderberg.

Låt upp, låt upp din höga port,
Du sångens nya tempelgård!
Du hvilar på en helgad ort,
Där Gustafs verk sin tjenst har gjort
Som tongudinnans vård.

Med dessa strofer inledde kören kantat av Carl Rupert Nyblom vid Nya Operabyggnadens invigning den 19 september 1898. De grundläggande fordringar som ställdes på vår nuvarande teaterbyggnad har sammanfattats i den festskrift som utgavs 1898.

"att alla de lokaler, som erfordras så väl för scenens många olika behof som äfven för publikens, skola finnas till den storlek och de former samt med de lägen i förhållande till hvarandra, som betingas af de ändamål, för hvilka de tillkommit;
att rummen så väl för den sceniska afdelningen som för teaterpubliken dessutom ur säkerhetssynpunkt skola vara så ordnade, att de, som därinom vistas, äro så mycket som möjligt skyddade för farorna af en panik eller eldsvåda;
att byggnadens konstruktion blir möjligast brandfri;
samt till sist
att byggnaden till sitt yttre ger ett troget uttryck af dess bestämmelse."

Byggnaden indelas som varje teaterbyggnad i två till uppgift och konstruktion skilda delar: den ena avsedd för publiken och efter sin förnämsta lokal kallad salongshuset, den andra för scenpersonalen och den sceniska utrustningen och kallad scenhuset. Dessutom tillkom i denna byggnad den s k terrassen som tillkommit — som det heter i festskriften — "för att genom sin hyresafkastning öka teaterns inkomster".

Den jämförelsevis lilla salongen, omfattande parkett och tre rader, rymmer 1 240 platser. Scenens storlek är 27,40 m i bredd och 21,50 m i djup. Scenens höjd från golvets framkant är 23,8 m. Scengolvets lutning 1:25. Scenöppningens bredd 11,40 m och höjd 9,32 m.

I år, 75 år efter vår operabyggnads invigning, påbörjas en långsiktig ombyggnad som syftar till att dels göra den mera tidsenlig och arbetsbesparande, dels tillföra Operan nya lokaler.

I samband med dessa ombyggnader kommer de återstående delarna av den gamla ventilationsanläggningen att försvinna. Det kan kanske därför vara av

intresse att här redovisa den ursprungliga konstruktionen som vid tiden för sin tillblivelse var en mycket förnämlig sådan, som i flera avseenden låg långt före sin tid. I vissa avseenden skulle den väl ha hävdat sig bland dagens ventilationsanläggningar.

Civilingenjör Wilhelm Dahlgrens värme- och ventilationsprojekt utgick segrande ur tvenne tävlingar, "hvilka anställdes för erhållande af förslag till uppvärmnings- och ventilationssystem för den nya Operabyggnaden i Stockholm". Operans ventilationssystem avgjordes således tävlingsvägen.

Hela byggnaden uppvärmdes med ånga. Likaså uppvärmdes med ånga den luft, som infördes i lokalerna för deras ventilation. Anordningarna varierade på flera sätt efter de olikartade lokalernas behov. Rummen hade antingen ångkaminer för direkt värmestrålning eller en kanal, som tillförde varm luft, eller också bägge delarna. I sistnämnda fall tjänade den varma luften endast för ventilation och hade då en temperatur, som föga över- eller understeg rummets.

Den varma luften erhölls från ånguppvärmda, i källaren anordnade värmekammare, till vilka uteluft infördes. Den varma luften framfördes antingen med fläkt eller av sin egen stigkraft på grund av dess lägre specifika vikt än den kallare yttre luftens. Utom dessa ventilationsvarmkammare fanns även cirkulationsvarmkammare. I dessa senare inleddes ingen uteluft, utan luften cirkulerade endast mellan varmkammare och det rum, som skulle värmas. Detta system användes för att slippa ha en i rummet synlig ångkamin.

Inom terrassbyggnaden fanns tre varmkammare för uppvärmning och ventilation av Operakällarens lokaler. En varmkammare var avsedd för kaféet och en annan för matsalen, till vilka infördes uteluft med en fläkt. Den tredje var avsedd för kökets ventilation. Evakueringen från köket skedde också via en fläkt. I scenhuset fanns 3 st varmkammare och i salongshuset 13 st.

Teatersalongens ventilation, som var den i särklass mest avancerade, skall här närmare presenteras. Året efter Operans invigning skrev Wilhelm Dahlgren en uppsats i Teknisk Tidskrift, där han inte bara beskrev värme- och ventilationsanläggningen utan även kommenterade dess verkningssätt samt redogjorde för prov med fuktning av ventilationsluften. Dahlgren skriver bland annat:

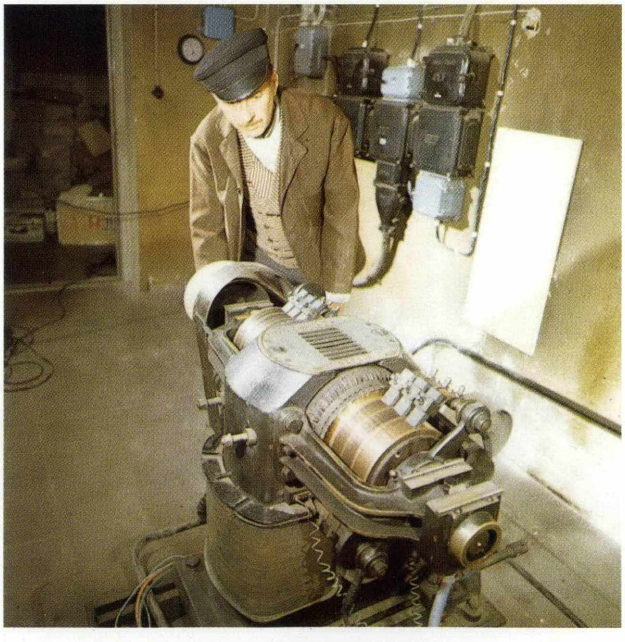
"Teatersalongen behöfver ingen uppvärmning. Den är öfverallt omgifven af varma lokaler. Visserligen försiggår någon värmetransmission genom taket, öfver hvilket den kalla vinden är belägen. Men denna värmeförlust är så obetydlig, att salongen i stället måste *afkylas* under tiden mellan tvänne föreställningar. Uppgiften beträffande salongen är således endast att ventilera densamma. Anordningarna härför framgå af pl. I—III samt fig. 7.

Den rena luften intages i jämnhöjd med den stora balkongen framför loggian på hufvudfasaden (pl. III). Därifrån passerar luften ned till ett stort rum i källaren, afsedt för dammets afskiljande genom filtrering. Något filtrum är dock icke för närvarande uppsatt, utan ämnar man därmed låta anstå, tills det visar sig af behofvet påkalladt. Vid midten af filtreringsrummet befinner sig en tryckfläkt, drifven af elektricitet. Luften föres af fläkten till ett större rum med flere rader långsträckta öppningar i taket. Genom dessa inkommer luften till den ofvanför liggande förvärmningsvarmkammaren (I å pl. II och fig. 5), där den uppvärmes till 12 à 15°. Från denna afgår luften till det understa af tre under salongen liggande rum, hvilka upptaga hela arean inom salongens ringmur.

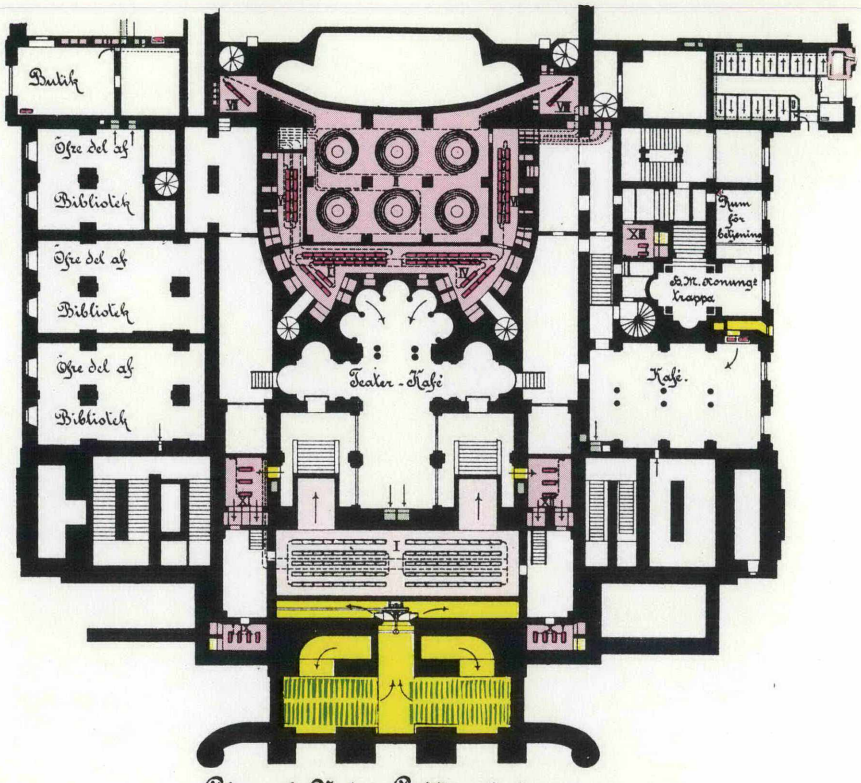
I ringmuren finnas de kanaler, som skola tillföra luft till raderna och därjämte till parkettens och radernas korridorer, till det under stora trappan belägna teaterkaféet (pl. II och III), till stora vestibulen och trappan samt till de på höger sida om avantscenen liggande konungens salong samt orkester- och körfoyer. I taket af nyssnämnda rum för förvärmd luft finnes dess-



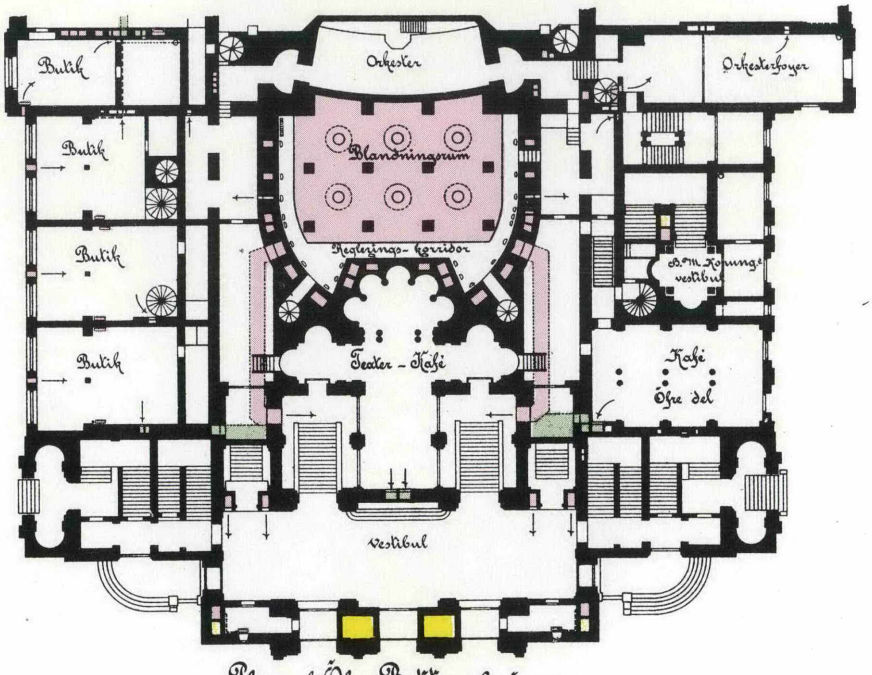
Inblåsningsfläkten för salongshuset.



Likströmsmotor för inblåsningsfläkt, 110—220 volt, omkopplingsbar för olika hastigheter. Effekt 8 hkr. Tillverkad av Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft i Berlin.



Plan af Nedre Borrenvåningen.



Plan af Öfre Borrenvåningen.



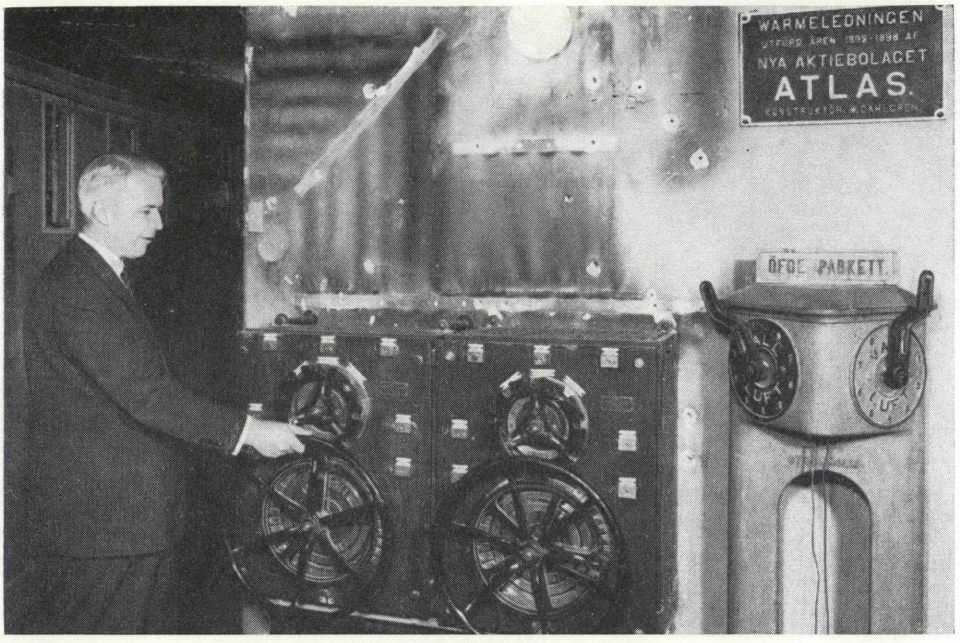


Fig. 9. *Regleringsapparater för salongens fläktar.*

utom ett antal runda öppningar, som leda till de ofvanför liggande varmkamrarna II—VIII (pl. II). Varmkamrarna III—VI stå genom öppningar vid taket i förbindelse med samtliga de nyssnämnda kanalerna uti ringmuren. Detta framgår tydligt af fig. 7. I varmkamrarna uppvärmes luften till 25 à 30°. Genom ventilen V_1 erhålles således luft, som är för varm att insläppas i salongen, och genom F_1 luft, som är för kall för samma ändamål. Men genom att på lämpligt sätt inställa dessa båda ventiler erhåller man luft af passande gradtal. Detta blir olika för nästan hvarje ventilpar. Så kunna korridorerna och vestibulen stundom behöfva ganska varm luft, t. ex. 30°, emedan ventilationsluften behöfver bidraga till deras uppvärmning. Till tredje raden kan man tillåta sig att leda något svalare luft än till den ytterst ömtåliga, eleganta publiken på första raden o. s. v.

Varmkammaren II (fig. 6) är afsedd uteslutande för parkett. På parketten befinner sig omkring 1/3 af hela antalet åskådare, och därtill en mycket fordrande publik. Därför är särskild omsorg ägnad åt hithörande anordningar. Regleringen åstadkommes här af 6 st. blandningsapparater, hvilkas konstruktion framgår af fig. 7. Hvarje blandningsapparat består af ett plåtrör, nedtill försedt med en stjärnformig ventil F, belägen i rummet för förvärmd luft (I). Röret når igenom varmkammaren och upp till det omedelbart under parketten liggande blandningsrummet (III). Där är det något utvidgadt och öfvertäckt med en huf. Nära taket af varmkammaren (II) befinner sig en krans aflånga öppningar V, hvilka kunna täckas helt eller delvis af en inuti cylindern gående ventil med öppningar af samma form. Den underifrån kommande förvärmda luften passerar omedelbart under denna ventil en skärm med stjärnformigt anbragta urtagningar. Öppningarna i skärmen sitta skiftesvis i förhållande till öppningarna i cylindern. De varma och kalla luftströmmarna liksom kilas in uti hvarandra och träffa hvarandra under räta vinklar. De därunder uppstående hvirflarna göra blandningen fullständig. I blandningsrummet få luftströmmarna tillfälle att jämna ut sig, så att luften kommer i relativ stillhet och jämnt flyter in till alla de i taket anbragta öppningarna (se fig. 13).

De hittills icke omnämnda varmkamrarna VII och VIII äro af alldeles samma anordning som varmkamrarna III—IV. De tjäna för ventilation af avantscen-logerna och införa luft i dessa logers förrum.

Luften införes i salongen dels från det nämnda blandningsrummet, dels från det triangelformiga utrymmet under radernas gradiner (se pl. III samt fig. 7). Inströmningen sker genom



Fig. 8. *Regleringsstativ för blandning av varm och kall luft.*

vertikala öppningar uti sättstegen, en för hvarje plats, där ej byggnadskonstruktionen lagt hinder i vägen.

Hvarje sådan öppning är försedd med en tratt af plåt eller gjutjärn, hvilken vänder sin smalare ände inåt luftrummet. Ändamålet med dessa trattar är att få ett likformigt lufttryck i hela luftrummet och i följd däraf likformig utströmning genom alla öppningar, och att luften ändock skall inkomma i salongen med en mycket ringa hastighet. Hvarje ventil är dessutom försedd med en tunga, som inställes en gång för alla, så att trattarna gifva lika mycket luft. På parkett äro öppningarna mycket låga och breda, och där har man lyckats konstruera trattarna så, att luften sakta och likformigt väller fram genom hela öppningen. På raderna har däremot en förändring måst vidtagas, hvilken icke är visad på fig. 7. I följd af gradinernas större höjd blefvo öppningarna här allt för i ögonen fallande. För en mängd människor verkar åsynen af en ventil genast som drag. Därjämte kom luften in så pass högt på den bakom liggande gradinen, att den lätt generade den, som satt på bänken framför. Man kunde alltså få obehag, om ej af sin egen ventil, så dock af den bakom sittande grannens. Denna olägenhet förebyggdes genom att anbringa C-formigt böjda plåtar framför öppningen, så att denna doldes, och så att luften fick utströmma sidovägen eller parallellt med gradinen åt höger och vänster under hvarje stol. Detta torde vara bästa sättet för utströmning i dylika fall. Af den i fig. 7 för raderna visade anordningen uppstår lätt drag. Ej häller är det lämpligt, såsom flerstädes förekommer på utlandets teatrar, att låta luften blåsa rätt uppåt genom ett horisontelt galler. Detta blir nämligen en dammgömma af värsta slag; man kan nämligen vara säker om, att vid städningen alla sopor skulle nedföras på bekvämaste sätt denna väg. Bortförandet af den skämda luften sker hufvudsakligen genom kronöppningen uti salongstaket och därjämte genom 5 st mindre öppningar i taket ofvanför III öfre raden. Samtliga förut omnämnda till salongen hörande lokaler äro försedda med evakueringskanaler, hvilka utmynna i ett trumsystem på vinden. Dessa trummor äro utförda

af Rabitz och till största delen så stora, att man kan gå uti dem. Trumsystemet sammandrages till ett ofvanför kronöppningen beläget mindre rum, i hvilket en af elektricitet drifven sugfläkt är placerad (se pl. III). Denna utkastar luften genom en lanternin ofvanpå taket.

Regleringen af nu beskrifna anordningar för uppvärmning och ventilation af samtliga för publiken afsedda lokaler sker på ett enda ställe, regleringsrummet (pl. II och fig. 8, 9 och 12), beläget innanför salongens ringmur under parkett.

I detta regleringsrum finnas följande apparater:

1. Distanstermometrar (24 st.), hvilka visa rumstemperaturen i de olika lokalerna.
2. Distanstermometrar (39 st.), som visa ventilationsluftens temperatur i de olika luftkanalerna. Båda dessa grupper termometrar äro å fig. 7 betecknade med D. T.
3. Statistiska anemometrar (16 st., A_1, A_2 fig 7), hvilka angifva de framströmmande luftmängderna, angifna i kub.-m. per person och timme, uti de för salongen afsedda kanalerna.
4. Reglerings-stativ (32 st., R), med ett handtag för varm och ett för kall luft, verkande på ventilparen V, F och V_1 F_1. (Se äfven fig. 8 och 12.)
5. Regleringsapparater för de båda elektriska fläktarna med tillhörande ampèremätare. (Fig. 9.)
6. Regleringskranar (10 st.) för ångan till varmkamrarna I—VIII.
7. Reglering af ventilen öfver kronöppningen uti salongen.

I regleringsrummets närhet finnas därjämte regleringskranar för öfvriga varmkamrar jämte ångkaminerna i radernas trappor samt III öfre och nedre radens korridorer.

Distanstermometrarna äro af Bonnesens system. Ett vanligt barometerrör (se fig. 10) förenas lufttätt med en ledning af blyrör. Andra änden af denna ledning förenas lufttätt med en sluten bleckcylinder, anbragt på det ställe, där temperaturen skall mätas. Den i cylindern inneslutna luften utöfvar på kvicksilfverytan ett större eller mindre tryck allt efter dess temperatur, och alltså kan barometern graderas och tjäna som termometer. Blyrörets temperatur är utan inflytande, äfven om ledningen är lång, emedan rörets invändiga diameter är mycket ringa, knappt mer än $^1/_2$ mm.

Anemometrarna, hvilka angifva den framströmmande luftmängden i de viktigare kanalerna, äro konstruerade på följande sätt (se fig. 11): I luftkanalen hänger en aluminiumskifva på ena armen af en vågbalans. Motvikten på den andra armen hänger på en fin tråd och rör sig uti en cylinder fylld med olja. När luftströmmen kommer underifrån, utöfvar den ett tryck på skifvan, och balansen gör ett utslag. Oljan tjänar att hindra vågen att komma i oscillationer. För att ej skifvan skall svänga, hänger nedom densamma en kula uti trenne trådar. På utslagets storlek ser man den framströmmande luftmängden. Anemometern är, såsom synes af fig. 7 och 12, anbragt uti en sluten nisch uti kanalväggen (A_1). För parkettens sex blandningsapparater kunna ej dessa anemometrar användas, om afläsningen skall kunna ske uti regleringsrummet. Hithörande distansanemometrar (fig. 13) äro därför försedda med ännu en vätskecylinder, hvaruti en kolf med ringa spelrum mot cylindern höjer sig mer eller mindre, allt efter balansens utslag. Vätskeytan kommer därvid tydligen att höja och sänka sig. Om vätskecylindern genom en rörledning förenas med ett öppet glasrör af samma nivå, så bilda glasröret och cylindern tvänne kommunicerande kärl, i hvilka vätskan står lika högt. Ett sådant glasrör är anbragt uti regleringsrummet, och man kan alltså där afläsa utslagen och därmed också den framströmmande luftmängden.

Elektromotorerna för fläktarna jämte deras regleringsapparater äro anordnade så, att fläktarna kunna gå med varierande hastigheter inom ganska vida gränser utan införande af reostatmotstånd. De äro likströms-shuntmotorer och hafva tvänne kommutatorer, hvilka kunna inkopplas uti Stockholms Elektricitetsverks tre-ledare-system på följande sätt:

1. Båda ankarhalfvorna kopplade efter hvarandra till 110 volts spänning.
2. Båda ankarhalfvorna kopplade efter hvarandra till 220 volts spänning.
3. Båda ankarhalfvorna kopplade parallellt till 220 volts spänning.

Genom dessa kombinationer uppnås tre olika hvarfantal, som förhålla sig till hvarandra såsom 1:2:3. Omloppshastigheten kan ytterligare höjas med 10 % utöfver dessa tal medels en shuntregulator, som är inmonterad uti igångsättnings- och regleringsmotståndet. För hastigheter under 1 samt mellan 1,10 och 2 och mellan 2,20 och 3 måste regleringsmotstånd införas. Hastigheten kan således varieras utan nämnvärd energiförlust. Regleringen sker genom vridning på en enda ratt. Den särdeles nätta anordningen är konstruerad af Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft i Berlin.

Den omnämnda ventilen öfver kronöppningen regleras så, att lufttrycket i salongen blir något större än trycket i de omgifvande korridorerna. Därigenom undvikes drag från logedörrarna. För att lättare kontrollera, att trycket fördelar sig på detta sätt, än som hittills kunnat ske, är afsedt att inrätta några känsliga differential-anemometrar.

Salongen rymmer 1.230 personer. Dess rymd är 6.500 m³. Antal inströmningsöppningar för ventilationsluft är 823, hvartill komma ventilerna i avant-scenlogernas förrum, så att man kan anse sammanlagdt 870 platser direkt ventilerade. Luftens inströmningshastighet genom trattarna uppgår till 0,4 m. vid full ventilation.

Lufthastigheten i kanalerna uppgår till 1,5 à 2 m. (i kalluftkanalerna till tryckfläkten = 3 m.) vid full ventilation. Tack vare dessa obetydliga hastigheter, är erforderliga drifkraften för de båda fläktarna synnerligen ringa. Tryckfläkten, radiel, med yttre diam. af 3,5 m., erfordrar 4,5 hk., och sugfläkten, axiel (Aland), med diam. af 2,5 m., erfordrar 1,5 hk. för en luftproduktion per timme af 75.000 m³. Med den ventilation, som vanligen användes, blifva kraftbehoven omkring 1 hk. för tryckfläkten och 1,1 hk. för sugfläkten."

Här kan nämnas att motorn för inblåsningsfläkten varit i drift tills för några år sedan då denna av ventilationstekniska skäl togs ur bruk.

Efter att vidare ha presenterat en rad tekniska data beträffande värme och ventilation och redogjort för problemen i samband med luftinblåsning, fortsätter Dahlgren:

"Den frågan framställer sig alltså: hur har ventilationssystemet funktionerat? Innan denna fråga besvaras, torde en annan böra behandlas, nämligen: hvad är ändamålet med ett ventilationssystem för en sådan lokal som denna?

Frågan kan nästan synas öfverflödig, men den är blott till hälften besvarad, om man säger: naturligtvis är ändamålet att åstadkomma renare och behagligare luft. En minst lika viktiga uppgift för systemet är att motverka temperaturstegringen uti salongen. Ventilationssystemet skall verka som en kylapparat, och denna afkylning skall ske utan drag. Detta är den svåraste uppgiften."

Han redogör sedan för belysningens värmeutveckling samt människans värme- och vattenavgivning och fortsätter:

"För att kunna upptaga det genom ledning och strålning frigjorda värmet måste ventilationsluften inledas med en temperatur, som är lägre än den temperatur man vill tillåta i rummet."

Efter behandling av detta problem fortsätter artikeln:

"På den tredje värmeförlusten, vattenafsöndningen, speciellt perspirationen, kan man inverka väsentligt genom ventilationsluftens torrhetsgrad. Detta har hittills varit föga beaktadt, men synes äga en mycket stor betydelse. Det har hittills gällt som regel, att till ett fullständigt ventilationssystem skall höra en fuktningsapparat. Men denna är för operasalongen afsiktligt utelämnad.

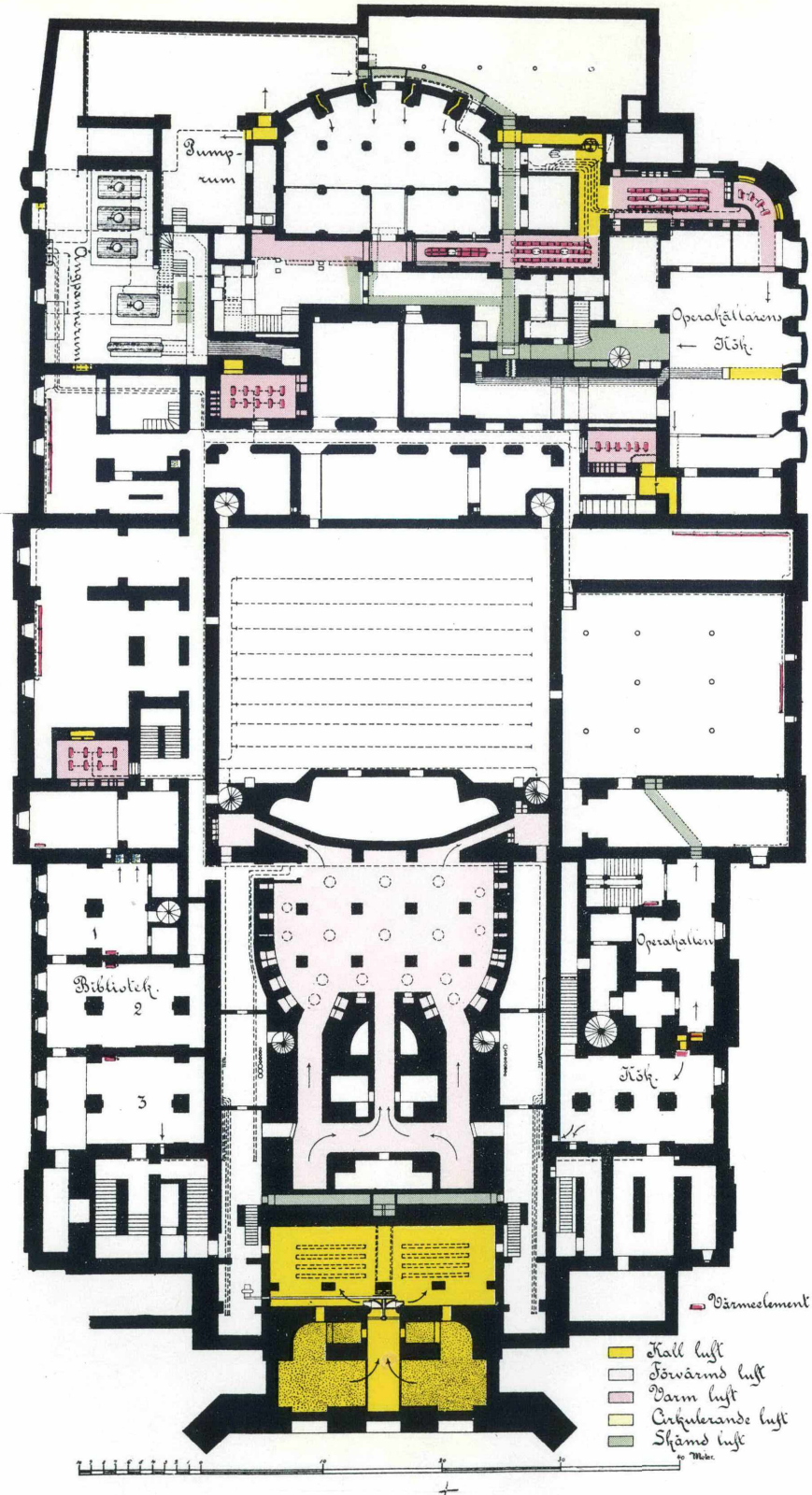
Hvarför blir då luften torr genom ventilation, så att fuktning kan ifrågasättas? Detta beror därpå, att luften vid lägre temperatur kan upptaga en mindre mängd vattenånga än vid högre temperatur.

Sommarluft innehåller också alltid betydligt mera fuktighet än vinterluften. Uppvärmer man vinterluft till sommartemperatur, blir den således alltid relativt torr."

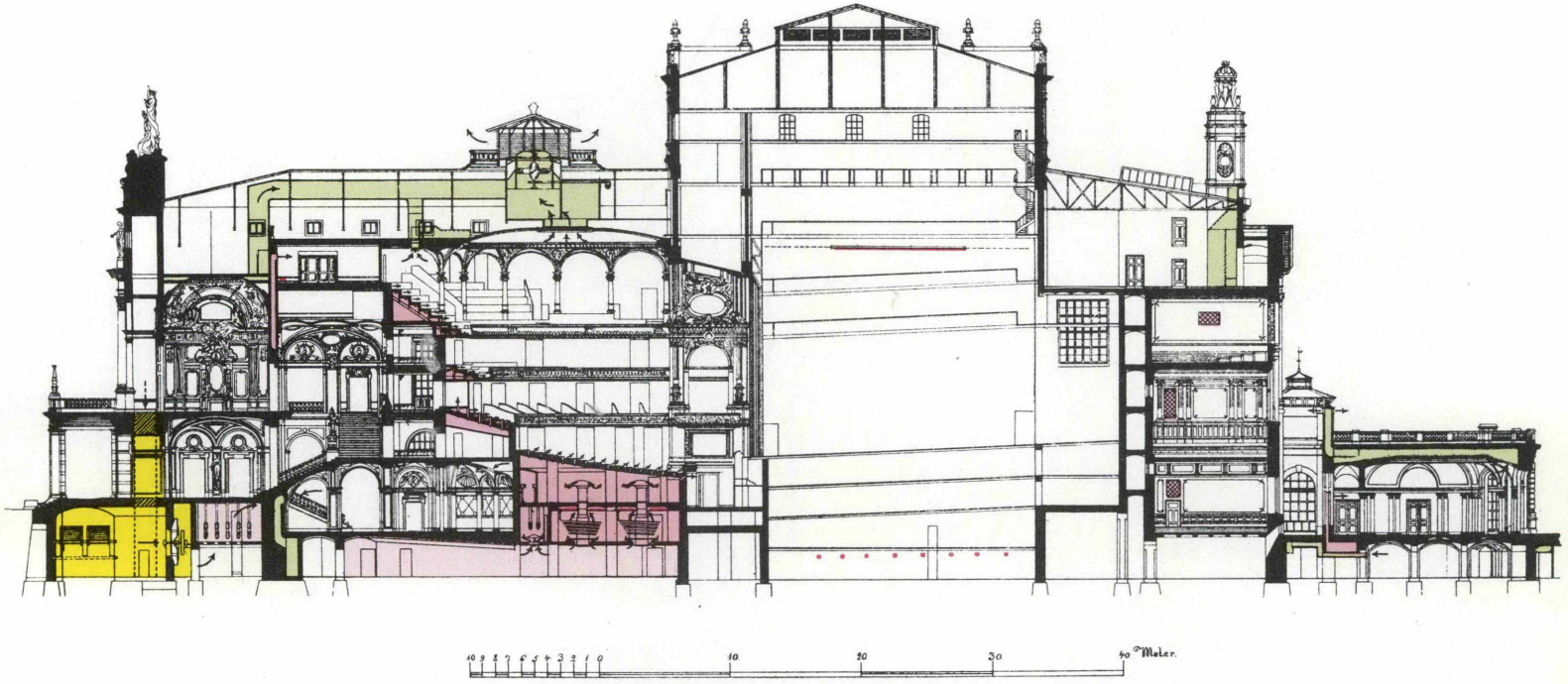
Efter att närmare ha redogjort för människans vattenavgivning samt relaterat försök vid Institutet för Hygien och Hälsa i Berlin besvarar Wilhelm Dahlgren frågan om hur ventilationssystemet fungerat.

"Tekniskt sedt, har det funktionerat utmärkt. Det har visat sig lätt att från regleringsrummet öfvervaka och leda det hela. Såväl temperatur som kvantitet af ventilationsluften kunna noga regleras efter behag. Sedan inregleringen skett för aftonen, förhåller sig tillståndet tämligen oförändrat, så att föga efterjustering behöfves. Före hvarje föreställning ventileras kraftigt ett par timmar med kall luft för att utvädra och afkyla salongen och öfriga för publiken avsedda lokaler. Luften är ock alldeles ren och temperaturen väl reglerad, då publiken infinner sig, hvilken enkla fordran mycket sällan plägar vara uppfylld vid teatrarna. Med den vanligen använda ventilationen av 20 m³ pr person och timme, hvilket motsvarar något mer än 3 gångers omsättning af salongens luftmassa, är ock luften ända till slutet af föreställningen af ganska god beskaffenhet.

Men med systemets verkan såsom afkylningsapparat förhåller det sig sämre. I detta afseende har systemet aldrig fått visa hvad det kan prestera. Detta beror naturligtvis på det efterhängsna



Plan av källarvåning.



Längdsektion genom operabyggnaden.

talet om "drag", som synes vara oskiljaktigt från hvarje ventilationssystem. Men vår svenska publik torde i detta afseende vara den värsta som finnes att tillfredsställa. Hvarje rörelse af luften, äfven den obetydligaste, kallas "drag" och anses hälsovådlig."

I sin artikel redogör Dahlgren också för försök som Docent K. Sondén vid Stockholms Hälsovårdsnämnd utfört beträffande salongsventilationen och där även prov med ångbefuktning skett. Sammanfattningsvis för hela detta problem kan här återges Wilhelm Dahlgren ord "Torr luft synes motverka och fuktig luft befordra temperaturhöjningen".

Wilhelm Dahlgren avslutar sin mycket detaljrika artikel sålunda:

"När friluftslifvet fortgått en tid, är nog människornas känslighet för drag mindre. Uti vårt instängda lif under våra långa vintrar torde man i själva verket finna den naturliga förklaringen därtill, att vi nordbor mer än alla andra folk hafva en skräck för allt, som kan betecknas med namnet "drag"."

Det är tvivelaktigt om vår känslighet för drag blivit mindre. I varje fall upplever dagens ventilationstekniker dragproblemet som ett av de svårare i sitt yrke.

Vilka fördelar och nackdelar har det relaterade ventilationssystemet i förhållande till dagens konstruktioner?

Fördelarna karakteriseras av stor enkelhet i konstruktionen med få möjligheter till fel, stor lättåtkomlighet vid service samt ett mycket lågt effektbehov.

Nackdelarna utgöres av de stora platsutrymmena, frånvaron av modern styr- och reglerteknik samt det låga tryckfallet i ventilationsanläggningen, vilket gör anläggningen mycket beroende av väder och vind. Få operabesökare glömmer väl den operakvällen för några år sedan då en svår västlig storm fick luften att gå i fel riktning genom evakueringsfläkten med påföljd att parketten blev "översnöad" av damm.

Sedan Wilhelm Dahlgrens dagar har en omfattande forskning ägt rum och många praktiska erfarenheter har vunnits. Man bör i dag därför vara bättre rustad att lösa olika ventilationsproblem.

Vi som nu försöker finna en god lösning på ventilationsproblemen inom Operan får dock vara nöjda om eftervärlden ger oss lika mycket beröm, som vi i dag ger Wilhelm Dahlgren.

(Förf. till denna notis, Gösta Rodenborg, är verksam vid Hugo Theorells Ingenjörsbyrå, som svarar för projekteringen av den nya ventilationsanläggningen vid Kungl. Teaterns ombyggnad. Red. anm.)