

HD 942

DEN NORSKE INGENIØRFORENING
BEDRIFTSLEGEFORENINGEN
NORSK FORENING FOR VARME-, VENTILASJON-
OG SANITÆRTEKNIKK

INDUSTRIELL HYGIENE

Tekniske tiltak for bekjempelse av luft-
forurensning på arbeidsplassen

Foreleser:
Overingeniør Jørgen Jahr
Yrkeshygienisk institutt

I n n h o l d

	side
Sammenfatning	1
I Innledning	1
II Eksempler på arbeidsplasser som trenger særlige tiltak mot luftforurensning	3
III Ventilasjon	4
A. Opplysninger av betydning for prosjek- teringen av et ventilasjonsanlegg	4
B. Krav til ventilasjonsanlegg	5
C. Generelle prinsipper for ventilasjon	5
IV Eksempler på ventilasjonstiltak	12
V Kontroll av ventilasjonsanlegg	20
VI Valg av alternativ prosess	21
VII Modellforsøk	23
VIII Litteratur	24

TEKNISKE TILTAK FOR BEKJEMPELSE AV LUFTFORURENSNINGER PÅ ARBEIDSPLASSEN

SAMMENFATNING

Allerede ved projekteringen av en bedrift som kan gi luftforurensning bør fagfolk som meteorologer, ventilasjonskonsulenter (-leverandører), gassrensespesialister og yrkeshygienikere trekkes inn i arbeidet.

Forholdene inne i bedriften er helt avhengige av ventilasjonen. Et nært samarbeide mellom prosess-spesialist og ventilasjonsspesialist er derfor nødvendig. Ventilasjonsfirmaet bør garantere at luftforurensningen holdes godt under den yrkeshygieniske grenseverdi.

Valg av prosessmetode kan influere sterkt på luftforurensningens art og mengde. Omkostningene ved selve prosessen, til ventilasjon og eventuell gassrensing, må ses under ett ved vurderingen. Lukkede prosesser vil i alminnelighet være å foretrekke fremfor andre.

Ventilasjonsanlegget er en integrert del av bedriften og må regelmessig kontrolleres, rengjøres og vedlikeholdes.

Forandringer krever omhyggelig planlegning.

1. INNLEDNING

Oftest vil det være flere muligheter for å hindre eller redusere forurensningen av arbeidsluften. De viktigste antas å være:

1. Hensiktsmessig ventilasjon
2. Valg av gunstig fremgangsmåte
3. Bruk av verneutstyr

Av disse muligheter bør man så langt mulig søke å løse problemene med de to første, og i dette foredraget vil det bli lagt størst vekt på ventilasjonen. Bruk av personlig verneutstyr som gassmaske, støvmaske eller lignende må anses som aller siste nødutvei, og blir ikke omtalt her.

Vesentlige faktorer er:

1. Planleggerens kunnskaper og dyktighet
2. Hvor skadelige og/eller irriterende forurensningene er
3. Økonomien

Punkt 2 får man et begrep om ut fra de yrkeshygieniske grenseverdier (TLV) som gis mer utførlig omtale separat. Dessverre har man ikke slike grenseverdier for alle stoffer som forekommer på arbeidsplassene..

I tabell 1 nedenfor er vist noen eksempler på hvor divergerende grenseverdiene er for forskjellige stoffer. For kullsyre kan man således tolerere en volumkonsentrasjon i luften som er ca. 5 millioner ganger det man kan tolerere for nikkelskarbonyl. Det er uten videre klart at valg av metode til å hindre luftforurensning på arbeidsplassen er avhengig av hvilke stoffer som forurenser luften.

TABELL 1

STØV		GASS	
mg/m ³		mg/m ³	ppm
Be: 0,002	Ni(CO) ₄	0,007	0,001
BaCO ₃ : 0,7	Cl ₂	3,0	1,0
CaCO ₃ : 15,0	CO ₂	9000	5000

Det koster alltid å fjerne luftforurensninger. Man må imidler-

lertid betrakte denne oppgaven som en integrert og helt nødvendig del av en virksomhet hvor prosessen avgir forurensninger. Billigst vil man slippe fra det hvis man allerede fra første start ved planlegningen av en prosess tar hensyn til de krav man må stille til arbeidsatmosfæren.

Det er dessverre fremdeles noen som "sparer inn" på ventilasjonsanlegget, noe som ofte gir anledning til uro på arbeidsplassen og unødige store utgifter når det viser seg at anlegget må forbedres etterpå. Som motto for ventilasjonsanlegg vil jeg foreslå et Ibsen-sitat: "Hva du gjør, gjør fullt og helt og ikke stykkevis og delt."

II EKSEMPLER PÅ ARBEIDSPLASSE SOM KREVER SÆRLIGE TILTAK MOT LUFTFORURENSNING

Listen nedenfor er langt fra komplett.

	<u>Helseskadelige stoffer i arbeidsatmosfæren</u>
1. Maling, lakkering, liming, arbeide med plast osv.	Pigmenter, løsemiddeldamper, allergener.
2. Sveising og lignende arbeide	Giftige gasser og partikler fra elektroder, sveiseflammer + luft, eller fra materiale på og i gjenstand.
3. Pressluftblåsing med slipe-midler ("sandblåsing")	Partikler fra slipemiddel og materialer på og i gjenstand
4. Sliping	" "
5. Sprøyting av metaller (metallisering)	Metalldamper og partikler
6. Metallurgiske bedrifter som støperier, smelteverk, Al-verk osv.	Støv og gasser (også fra brenning av lakk for former og kjærner)
7. Rengjøring av tanker	Løsemiddeldamper, mangel på oksygen

(forts.)

- | | |
|--|--------------------------------|
| 8. Boring i fjell | Støv, eksosgasser, skytegasser |
| 9. Knusing | Støv |
| 10. Tapping og transport av pulverformede materialer | Støv |

III VENTILASJON

A Opplysninger av betydning for prosjektering av et ventilasjonsanlegg

Ventilasjonskonsulenten bør kontaktes allerede før man fastlegger plasseringen av bygningene. Således bør f. eks. en langstrakt bygning hvor det foregår gass/støvutvikling helst ligge på tvers av den fremherskende vindretning. Nedenfor er angitt de viktigste opplysninger som bør skaffes.

1. Meteorologiske data
2. Art og mengde av luftforurensninger, partikkelstørrelse osv.
3. Forurensningskildenes plassering, temperatur osv.
4. Detaljert beskrivelse av hele prosessen fra råmaterialer til ferdig produkt
5. Eventuelle forstyrrende faktorer
6. Eventuelle fremtidige endringer
7. Konsekvenser ved eventuelt å overføre luftforurensninger til vassdrag eller sjøer, eventuelt til uteluften.

Jeg vil spesielt fremheve punktet om eventuelle fremtidige endringer. Det er dessverre ikke ualminnelig at ventilasjonsanlegg som opprinnelig var tilfredsstillende, blir dårlige fordi f.eks. produksjonen økes, eller produksjonsprosessen forandres uten at ventilasjonsanlegget blir endret tilsvarende.

B. Krav til ventilasjonsanlegg

1. Luftens innhold av skadelige stoffer må reduseres til en akseptabel verdi som bør settes en god del lavere enn TLV.
2. Vedlikeholdet må være enkelt, særlig må det legges vekt på at alle kanaler er lette å komme til for rengjøring og at det er et tilstrekkelig antall feieluker.
3. Avtrekket må være korrosjonsbestandig overfor de stoffer det kommer i kontakt med.
4. Anlegget må være driftssikkert.
5. Det må kunne innpasses i eventuelle senere utvidelser eller endringer av virksomheten.
6. De stoffer som fjernes, må ikke slippes ut i nærheten av luftinntak til samme eller andre arbeidsplasser eller oppholdssteder. Dette er et punkt som det forbausende ofte syndes mot.
7. Ved eventuell resirkulasjon av rensset luft må man påse at det ikke kan skje noen anrikning av arbeidsluftens innhold av skadelige stoffer.
8. Arbeidsrommet må tilføres like meget luft som der skal suges ut. Den tilførte luft må i de aller fleste tilfelle kunne oppvarmes i vinterhalvåret.
9. Ventilasjonens støynivå må være akseptabelt.

C. Generelle prinsipper for ventilasjon

I store trekk kan man skjelne mellom punktavsug hvor man fjerner luftforurensningene der de dannes og generell ventilasjon, hvor luftforurensningene fjernes sammen med luften fra hele lokalet. I alminnelighet vil punktavsug være å foretrekke både fra et økonomisk og et yrkeshygienisk synspunkt.

1. Punktavsug

- a. Hel innkapsling av forurensningskilden er en effektiv løsning som i mange tilfelle er nødvendig og samtidig ofte økonomisk fordelaktig, fordi den luftmengde som må avsuges blir liten og utgiftene til et eventuelt renseanlegg relativt beskjedne. I alle tilfelle er utgiftene til selve ventilasjonsanlegget og til oppvarming av den nødvendige innblåste friskluft mindre enn for andre løsninger. Innkapslingen bør forsynes med manometer.
- b. Delvis innkapsling brukes oftest når prosessen ikke kan gjøres automatisk. Den nødvendige luftmengde kan lett komme opp i langt over det tidobbelte av hva som trengs ved hel innkapsling, med derav følgende større utgifter. Lufthastigheten normalt på avtrekksåpningen er avhengig av en rekke faktorer og varierer fra ca. 0,5 til over 2 m/sek.

I noen tilfelle kan man spare en del av den innblåste varmluft ved å tilføre uoppvarmet friskluft direkte til fronten av avtrekket (fig. 1). En utførelse med tilførsel av varmluft er vist i fig. 2. Begge er spesielle utførelser av det såkalte "push-pull"-system som er omtalt under pkt. d.

Avtrekkshetter kan anvendes med fordel over forurensningssteder hvor det samtidig er termisk oppdrift (fig. 3). På grunn av avtrekkshettens korte rekkevidde og følsomheten for sidetrek, må avstanden mellom forurensningskilde og hette gjøres minst mulig, og hetten må dekke hele forurensningskilden.

Tabell 2 på omstående side angir omtrent hvilke hastigheter man må ha i avtrekksåpninger for å unngå at forurensningene går utenfor avtrekket.¹²⁾ Prosessen forutsettes å foregå innenfor avtrekksåpningen.

TABELL 2

Horisontal trekk m/sek	Hastighet i m/sek når:			
	Prosessen har romtemperatur	Prosessens temp.er noen hundre °C over romtemp., sterk termisk oppdrift		
		Alle typer avtrøtter	Avtrekk oppover	Avtrekk t.siden
Ubetydelig < 0,2	0,4	0,5	1,0	1,5
Svak, 0,2 - 0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
Middels, 0,5-1,0	1,5	1,5	2,0	2,5
Sterk, > 1,0	2,0	2,0	2,0	2,5

*) I alminnelighet utilfredsstillende for varme prosesser.

Hvis forurensningen har lav TLV må man ha enda høyere hastigheter, dessuten har avtrekkets størrelse og flere andre faktorer betydning som antydnet i tabell 3 for sprøytekabiner.

TABELL 3

	Avtrekk for sprøytekabin	
	Må ha høy hastighet 1,5-2,5m/sek.	Kan ha lav hastighet 0,5-1,5 m/sek
Forurensningen har:	Lav TLV	Høy TLV
Avtrekksåpning:	Liten	Stor
Sprøytepistolens luftforbruk	Stort	Lite
El.stat.sprøyting	Nei	Ja
Gjenstand i avtrekk	Stor	Liten

c. Avsug uten innkapsling har meget liten rekkevidde i forhold til den avsugde luftmengde og bør bare brukes hvor man p.g.a. arbeidets art ikke kan bruke noen av de andre alternativer.

I 1 diameters avstand fra et åpent avsugsrør er avtrekkshastigheten bare ca. 7,5 % av hastigheten i røring-åpningen. Ved å forsyne avtrekksåpningen med en flens (fig. 4) kan man øke rekkevidden med ca. 40%, og ved å forsyne rørenden med et arrangement som vist i fig. 5 etter Mössmer²⁾, kan man øke avtrekksrekkevidden enda noe.

For runde, kvadratiske og rektangelformede sugeåpninger kan man beregne⁸⁾ lufthastigheten V_x (m/s) i aksiell avstand x meter fra sugeåpningen etter nedenstående formler:

$$\text{Uten flens:} \quad v_x = v_0 \frac{F}{10x^2 + F}$$

$$\text{Med flens:} \quad v_x = v_0 \frac{F}{7,5x^2 + F}$$

Avtrekk etter Mössmer:

$$v_x = v_0 \frac{F}{3x^2 + F}$$

hvor stort F er avtrekksåpningens flateinnhold i m^2 og v_0 er lufthastigheten i åpningen i m/sek.

Det kan ofte være praktisk å forsyne et mobilt avtrekk med en magnet, slik at åpningen til avtrekket kan plasseres i ønsket stilling når man arbeider på gjenstander av jern.

d. "Push-pull" metoden. Av fig. 6 fremgår at for åpninger med samme størrelse hvor det for den ene suges luft inn,

mens det fra den andre blåses luft ut, er en meget stor forskjell i rekkevidden. Ved blåsing kan man nå omtrent tredve ganger så langt som ved sug. Dette bør man utnytte når det gjelder ventilasjon av store flater som det kommer forurensninger fra. Et eksempel på ventilasjon av store galvaniske bad er vist i fig. 7. Den avsugde luftmengde må være større enn den innblåste.

"Push-pull" systemet har betydelige fordeler fremfor de konvensjonelle avtrekksmetoder:

- a. Man kan ventilere en større flate.
- b. Systemet forstyrres ikke så lett av trekk.
- c. Den avsugde luftmengde er noe mindre.
- d. Den innblåste luft behøver som regel ikke varmes og man sparer derfor en del utgifter på denne konto.

Man bør være oppmerksom på at "luftteppet" kan avbøyes endel hvis temperaturen er svært forskjellig fra omgivelsenes.

For beregning av "push-pull"-systemer vises til Becher³⁾, Hama⁴⁾ og Industrial Ventilation⁵⁾. Den siste er utgitt av American Conference of Governmental Industrial Hygienist og inneholder en mengde tegninger og data for avtrekks- og ventilasjonsanlegg.

e. Avtrekkskanaler.

Når man skal legge opp et avtrekkssystem, står man ofte overfor valget mellom å installere en eller noen få store vifter med mange forgreninger fra hver enkelt hovedkanal til de enkelte avtrekkssteder, eller å installere relativt mange vifter med bare ett eller noen få avtrekk koblet til hver vifte. Det første system faller som regel noe billigere, men er til gjengjeld lite fleksibelt, med den følge at forandringer kan bli temmelig kostbare. Det er også mer følsomt overfor

mindre skader, delvis tilstopninger osv.

Selve ventilasjonskanalenes vegger må være tette og med korte mellomrom forsynt med luker slik at de er lette å holde rene. De må være glatte innvendig og lages av et materiale som er korrosjonsbestandig for den atmosfære kanalene er utsatt for innvendig og utvendig. Figurene 8 og 9 viser riktig og gal måte å koble grenrør til hovedrør på. Det vises ellers til *Industrial Ventilation*⁵⁾ og lærebøker i ventilasjon.

Når det gjelder lufthastighet i hovedventilasjonskanaler, må størrelsen og tettheten av støvpartiklene tas i betraktning. For kvartssand bør hastigheten ligge mellom 18 og 22 m/sek, for metallstøv mellom 20 og 25 m/sek, og for metallspon opptil 28 m/sek. For støv som er eksplosjonsfarlig, bør man velge en hastighet på over 25 m/sek for å unngå tilbakeslag ved eventuell støveksplisjon. I grenledninger går man vanligvis noe høyere med lufthastigheten. Ventilasjonskanaler kan ofte gi en generende støy. Denne kan man redusere ved å isolere kanalene med glassull eller lignende.

2. Generell ventilasjon.

I grove trekk kan man dele opp den generelle ventilasjon i 3 hovedmetoder som vist nedenfor. Dessuten vil man i de fleste tilfelle ha en kombinasjon av punktventilasjon og generell ventilasjon.

a. "Luftstempel"-metoden

Et eksempel på denne metoden er vist i fig. 10. Prinsippet består i at den rene luften skyver den forurensede foran seg i hele rommets tverrsnitt, slik at de som arbeider der bare oppholder seg i den friske luften.

Systemet er avhengig av at man har en meget god fordeling av den innblåste luft, helst over hele tverrsnittet av rommet. Systemet har den fordel at man klarer seg med et relativt beskjedent antall luftvekslinger. Det er imidlertid nokså følsomt for trekk og luftbevegelser inne i rommet.

b. Utnyttelse av termisk oppdrift

Ved mange prosesser har man en sterk varmentvikling samtidig med at der dannes røk eller gasser. Et eksempel på utnyttelse av den termiske oppdrift er vist i fig. 11 som forestiller et tverrsnitt av en aluminium elektrolysehall. Hvis man ikke ønsket å rense luften fra hallen, kunne denne slippes rett ut gjennom åpninger i taket uten tvungen avsugning.

Vegger og tak bør helst isoleres for å hindre resirkulasjon av luften inne i slike store haller.

c. Fortynning av forurensningene

Dette er gjerne den siste utvei man tyr til når intet annet nytter. F.eks. kan nevnes bruk av kjøretøyer med forbrenningsmotor inne i bygninger. Forurensningskilden er da ikke lokalisert til noe bestemt punkt, og man må sørge for at almenventilasjonen er tilstrekkelig til å fortynne gassene slik at konsentrasjonen blir under TLV. Hvor man kjører meget med truck innendørs, vil det i de aller fleste tilfelle lønne seg å anvende elektro-trucker.

IV. EKSEMPLER PÅ VENTILASJONSTILTAK

Det er selvsagt umulig å komme inn på alle de arbeidssteder og prosesser som krever spesielt god ventilasjon.

Eksemplene nedenfor er derfor noe tilfeldig valgt.

1. Sandblåsing krever som regel hel innkapsling av prosessen enten den foregår automatisk eller manuelt. I siste tilfelle må operatøren enten stå inne i innkapslingen iført spesielt solid "dykkerdrakt" med trykklufttilførsel, eller betjene sandblåsingsutstyret utenfra gjennom åpninger med fastmonterte hansker eller på annen måte. Eventuelle åpninger inn til sandblåserommet må ha en lufthastighet på minimum 2,5 m/sek.

Trykkluftmasker skal som kjent forsynes med ren oljefri luft. Wulfert⁶⁾ nevner et eksempel hvor utblåserørret fra sandblåseanlegget bare var en halv meter unna friskluftinntaket til trykkluftmasken. Luftinntaket lå dertil ca. 75 cm høyere enn utblåserørret, men den følge at sandblåseren fikk fullt av silikosefarlig kvartsstøv inn i masken.

I mange tilfelle kan man bruke andre materialer enn sand til "sandblåsing". Man må da huske at det fra det gods som sandblåses kan frigjøres skadelige stoffer, f.eks. bly, kadmium osv., avhengig av grunnmateriale og overflatebehandling. Støpegods har sand på overflaten når det kommer fra støpingen.

2. Knuse- og sikteanlegg som støver, kan være meget sjenende både for dem som arbeider der og for omgivelsene. Det er ikke noe teknisk problem å fjerne praktisk talt 100% av støvet fra slike anlegg. I mange tilfelle vil det være direkte lønnsomt fordi slitasjen på maskinelt utstyr kan bli temmelig kostbar på et arbeidssted hvor det er meget støv i luften. Dessuten

kan man gjenvinne støvet som ofte er verdifullt, og arbeidsstokken har lettere for å være stabil når arbeidsforholdene er gode.

I et steinknuseanlegg vil det som regel være vanskelig å kapsle inn den første kjeftetygger fordi stein- godset må kunne tippes direkte oppi denne. Egne målinger viser imidlertid at den eller de som betjener tyggeren, er temmelig utsatt for støvpåvirkning med mindre de oppholder seg inne i en bod med tilførsel av filtrert frisk luft. Også den første kjeftetyggeren bør derfor ha avtrekk slik at luften gjennom den åpne knuseren får en hastighet på ca. 1-2 m/sek. nedover. (Man ser av og til at steinen provisorisk blir dusjet svakt med vann før kjeftetyggeren. Virkningen av dette er oftest liten, dessuten må dusjen stenges når det er kuldegrader, og som regel går dusjanlegget fort istykker.)

I knuse- og sikteanlegg hvor man behandler særlig helsesfarlige stoffer, som f.eks. kvarts, må også transportbånd, koppellevatorer og andre transportinnretninger kapsles helt støvtett inn og settes under avtrekk. Fig. 12 viser et innkapslet avsug for overføringen fra ett transportbånd til et annet.

3. Tørr pressluftboring i fjell er et arbeide som ofte gir betydelige støvmengder, særlig hvis flere arbeidere borer ved siden av hverandre. Jeg har selv målt støvkonsentrasjoner på over 5 ganger den yrkeshygieniske grenseverdi på et veiarbeide hvor støvpartiklene mindre enn 5 μ m inneholdt ca. 35% alfakvarts.

Det har i mange år vært kjent at man kan suge av den støvfylte luft som dannes ved pressluftboring. Hatch, Kelly og Fehnel¹⁷⁾ fant i 1932 at i sentrum av 7 borere plassert på en sirkel ble støvkonsentrasjonen redusert

fra 21700 til 196 partikler pr. cm^3 da borene ble forsynt med avtrekk. De fant at man lett kan holde støvkonsentrasjonen fra det enkelte boreapparat under 150 partikler pr. cm^3 .

Fig. 13 viser et slikt arrangement med pressluftspyling gjennom boret og avsug av den støvfylte luft fra en hette plasert rundt bor og borehull. Fig 14 viser et noe enklere arrangement hvor den støvfylte luften fra borkronen suges opp gjennom borstangen. Friskluft suges her ned gjennom borehullet ved siden av borstangen. Disse metoder skal egne seg for borehull ned til ca. 6 meter iflg. Walter⁷⁾. For store borehull med en dybde opptil 20 meter kan man innrette seg som vist i fig.15. Man må her først bore et kort hull med større diameter for å få en fast forankring av systemet for tilførsel av frisk luft. (Arrangementet med en gummikappe som settes under trykk, er foreslått av forfatteren og ikke prøvet i praksis.)

Det avsugde støv skilles ut i en støvsuger som kan være drevet elektrisk eller med pressluft. Systemene skal være anvendbare selv om det kommer vann i borehullet.

Ifølge Walter får man ved avsugning av borestøvet mindre slitasje på borekronen, større borehastighet i m/time, både sammenlignet med våtboring og tørrboring, i tillegg til at man blir kvitt helsefarlig og generende støv. Pr. boremeter skal luftforbruket inklusive støvsugeren være ca. $9,4 \text{ m}^3$ med avsug, mens det uten avsug er ca. 15 m^3 pr. boremeter med borekrone 24 til 42 mm diameter.

Når jeg har gått såvidt nøye inn på dette med boring i fjell, så skyldes det at støvforholdene i løpet av de siste 10 - 20 år sannsynligvis er blitt betydelig forverret i og med at boreutstyret er blitt vesentlig mer effektivt med derav følgende større støvutvikling, sam-

tidig som man svært ofte bruker flere boremaskiner på en gang på et forholdsvis lite område for å kunne skyte større salver.

4. Ved feiing av gatene med feievogner har Buchwald og Schrag¹⁴⁾ funnet helsefarlige støvkonsentrasjoner inne i førerkabinen. Enkelte målinger var på 5 - 10 ganger den yrkeshygieniske grenseverdi, og støvet inneholdt mellom 20 og 60% fri kvarts.

5. Ved liming av gulvbelegg må store mengder løsemidler fordampes når det brukes såkalt kontaktlim. Normalt anvendes ikke løsemidler som gir permanente skader, men de virker blant annet på nervesystemet og man kjenner mange eksempler på at gulvleggere er blitt sterkt beruset og sogar bevisstløse av løsemiddeldampene. Det vises til "Skyddshandbok för Bygglim"¹⁵⁾, som gir mange nyttige råd og opplysninger.

6. Tørkerom for lakkerte eller malte gjenstander bør være helt innkapslet og helst ha automatisk inn- og uttransport av gjenstandene. Fig. 16 viser skjematisk et slikt tørkerom hvor vogner med nylakkerte gjenstander ble kjørt inn fra venstre side og tatt ut fra høyre side. Den innblåste luft hadde ganske stor hastighet, luften i rommet fikk en roterende bevegelse og konsentrasjonen av løsemiddeldamper var meget høy i hele rommet. Selv om arbeidernes oppholdstid under inn- og utkjøring til rommet var kort, var påvirkningen av løsemiddeldamper likevel betenkelig.

En annen årsak til at sprøytelakkerere av og til utsettes for betydelige mengder løsemidler, er at de ferdig sprøytete gjenstandene stables opp bak sprøytelakkereren slik at løsemiddeldamper passerer hans innåndingssone som vist i fig.17. I et tilfelle fikk jeg redusert etylacetat-konsentrasjonen i lakkererens innåndingssone fra 600 til 150 ppm ved å stable gjenstandene ved siden av ham i stedet for bak.

7. Avtrekkskabinene brukes til en rekke arbeider, f.eks. sprøytelakkering, påføring av emalje, ved sveising, sliping, tømning av støpeformer, liming og i laboratorier. I tabellene 2 og 3 er antydnet hvilken lufthastighet man må ha gjennom avtrekksåpningen. En tilstrekkelig jevn hastighet over hele avtrekksåpningen kan man som regel oppnå også i grunne avtrekk ved å suge luften ut gjennom fire åpninger plassert i hvert sitt hjørne av avtrekkets bakre vegg. Mindre avtrekk kan med fordel lages som vist i fig. 18.

8. Spesielle problemer har man ofte ved hurtigroterende verktøy. Det er f.eks. sjelden man ser skikkelig ventilerte slipeskiver. Fig. 19 viser luftbehovet for ventilasjon av slipeskiver med forskjellig diameter. Det er forutsatt vanlig tykkelse på skivene. Med anordningen vist i fig. 20 er luftbehovet muligens noe mindre.

9. I møbelindustrien har man hatt en del luftveisbesvær og allergi som dels kan skyldes støv fra spesielle tresorter som teak, dels bruk av lim som spalter av stoffer som fenol og formaldehyd ved sliping eller varmebehandling. For å unngå allergi må man ha spesielt effektive avtrekk, hvilket man bare kan oppnå ved å suge av meget store luftvolum når det gjelder snekkermaskiner.

10. Sveising og beslektede arbeider har ført til en del tilfelle av forgiftninger, også med dødelig utfall.

Ved et norsk verksted følte en arbeider seg dårlig etter sveising eller brenning inne i et trangt rom og gikk hjem. Noen timer senere døde han av lungeødem, d.v.s. lungene ble fylt av utskilt væske, og pasienten "druknet på tørt land" uten at det var mulig å hjelpe ham. Årsaken var i det tilfelle utvilsomt manglende ventilasjon under sveisingen, hvorved luftens innhold av nitrose gasser kom opp i dødelig konsentrasjon.

I et tilfelle i utlandet skulle fire mann demontere en boltet konstruksjon inne i et forholdsvis lite rom. For å spare tid ble boltene brent av med oksy-acetylen-flamme. Dessverre var de kadmiert og konsentrasjonen av kadmiiumoksyd (og nitrose gasser?) ble så høy i rommet at den ene av arbeiderne døde noen timer senere av lungeødem. De andre arbeiderne som var i samme rom ble alvorlig syke.

Felles for begge foregående tilfelle var manglende ventilasjon, og at den giftige substans ikke var så ubehagelig og irriterende selv i dødelig konsentrasjon at man av den grunn var nødt til å fjerne seg fra arbeidsstedet. Det samme gjelder også for andre stoffer som kan dannes ved sveising, f.eks. ozon, og fosgen. Jung⁸⁾ angir på side 42 i sin bok at sveiserøken kan inneholde over 20% kristobalitt og tridymitt. Hvis dette er riktig, må det antagelig dreie seg om røk fra noen ganske spesielle elektroder, idet man ellers måtte ha ventet å finne en del tilfelle av silikose hos sveisere.

Steel & Sanderson⁹⁾ fant kobber, mangan, bly, vanadium, krom og zink i belegget på tolv vanlige brukte sveiseelektroder som ble undersøkt. I sveiserens innåndingszone var konsentrasjonen av disse stoffene opptil 25 ganger den kombinerte TLV under standardforhold¹⁰⁾, d.v.s. i et vanlig stort rom uten ventilasjon. Elektrodebelegget inneholder dessuten ofte fluorider.

Ved den sterke opphetning av luften i flammen, dannes giftige gasser som NO, NO₂ og O₃. Ozon (O₃) dannes særlig lett ved sveising under beskyttelsesgass, og jeg har målt konsentrasjoner på 80 ganger TLV i sveiserens innåndingszone i sveisemasken. Hvis elektrodebelegget inneholder organisk materiale, vil det også dannes CO.

Det materiale man sveiser på kan avgi betydelige mengder giftstoffer, særlig fra overflatebelegg som kan inne-

holde krom, nikkel, kadmium, sink, bly, kvikksølv og andre metaller eller metallforbindelser foruten organiske stoffer som ofte gir giftige eller irriterende gasser og forbrenningsprodukter. Fosgen (CoCl_2) dannes i sveiseflammen når denne kommer i kontakt med damper av klorerte karbonhydrider som trikloretylen, perkloretylen og lignende. Det er viktig å være oppmerksom på at slike damper kan føres gjennom luften over ganske store avstander uten å bli noe særlig fortynnet, slik som vist i fig. 21. Perkloretylen-damper fra maskinrommet i renseriet "rant som en bekk" over gårdsplassen og ble sugd inn i kinolokalet, hvor det antagelig ble dannet noe fosgen i prosjektørens lysbue. Et dødsfall¹¹⁾ med typiske symptomer på fosgenforgiftning inntraff etter sveising av hårdmetallskjær til bor hvor skjærene ble renset i Tri før påsveisingen.

Et faremoment som man ikke kan påpeke for ofte ved gass-sveising, er overskudd av oksygen. Hvis luftens oksygeninnhold stiger bare noen få prosent over de naturlige 21%, antennes porøse organiske stoffer som klær og hår uhyre lett, og brenner med eksplosiv hastighet. For noen år siden hendte en dødsulykke hvor to arbeidere bokstavelig talt ble brent nesten helt opp fordi de inne i et trangt rom hadde brukt oksygen fra brenneren til å kjøle seg med. Klærne tok fyr, og de fikk ikke stengt av oksygenstrømmen, med den følge at kroppens bløtdeler også begynte å brenne.

Selve arbeidsstillingen ved sveising har stor betydning for hvor utsatt sveiseren er. Den sterke, lokale oppvarming på arbeidsplassen gir sveiserøken en termisk oppdrift, som gjør at den lett kommer på innsiden av sveiseskjermen, hvis arbeideren må bøye seg over arbeidsstykket.

I fig. 22 er vist hvilke luftmengder man må suge av pr. time som funksjon av sveisepunktets avstand fra ventilasjonsåpningen. Kurven gjelder for transportabelt avtrekk med 3-toms flens og rektangulær åpning. Kurven er trukket

opp på grunnlag av data i "Industrial Ventilation" side 5-39.⁵⁾

11. Støperiene har i de senere år gjennomgått betydelige rasjonaliserings- og mekaniseringstiltak, tildels med overgang til treskift-arbeide. Tidligere innrettet man seg ofte slik at håndformingen ble gjort om formiddagen og støping og tømning av formene om ettermiddagen. Om natten ble lokalet luftet ut slik at man hadde bra forhold ut over formiddagen. Nå er formingen mekanisert og alle arbeidsoperasjoner utføres parallelt, samtidig som produksjonen er øket til det mangedobbelte på samme gulvareal. I flere tilfelle har dette ført til dårligere arbeidsforhold enn tidligere, fordi man ikke har fulgt opp de endrede produksjonsforhold med tilsvarende bedre ventilasjonssystem. Schmidts bok¹⁶⁾ "Staubbekämpfung in der Gießerei-industrie" anbefales.

12. Store arbeidslokaler kan være vanskelige å ventilere. I fig. 23 er vist et eksempel på hvordan uheldig innblåsing av friskluft selv ved moderat hastighet kan trekke til seg røkfylt luft og spre den over hele lokalet. Dertil kom at det var en viss mulighet for at den røkfylte luft som ble blåst ut fra lokalet delvis kom inn igjen gjennom friskluftinntaket. For å forsøke å bedre forholdene uten for store utgifter, har vi foreslått å samle alle utblåsningsviftene på veggen til høyre og legge en perforert himling under luftinntaket for å få en bedre fordeling av den innblåste luft. Dessuten bør den utblåste luft fra lokaler føres så høyt opp over taket at man ikke risikerer å suge den inn igjen gjennom friskluftinntaket, slik som antydnet i fig. 24.

V. KONTROLL AV VENTILASJONSANLEGG

Et effektivt, billig og enkelt hjelpemiddel er den såkalte røkpistol, som består av et glassrør fylt med et stoff som gir røk når man pumper luft gjennom røret med en gummiballong. Ved å pumpe ut små røkdatter på forskjellige steder i et rom kan man meget raskt og fremfor alt overbevisende demonstrere hvordan luften beveger seg. Ved bruk av metermål og stoppeklokke kan man også få et kvantitativt mål for hvor raskt luften beveger seg på de forskjellige steder. Man kommer av og til til ganske overraskende resultater, således har jeg et par ganger kunnet vise at luften har beveget seg i stikk motsatt retning av det man skulle vente.

Det finnes idag flere meget praktiske instrumenter for å måle luftens hastighet på de steder dette er nødvendig. Med glødetrådsanemometer kan man måle luft-hastigheter helt ned til under 0,1m/sek, og opptil 30 m/sek. Der finnes ellers en rekke instrumenter av forskjellige typer for måling av lufthastigheter, som jeg ikke skal komme nærmere inn på her.

Den endelige kontroll på om et ventilasjonssystem er tilfredsstillende eller ikke, bør være at man måler konsentrasjonen av de luftforurensninger som kan tenkes å forekomme. Slike målinger er idag som regel uhyre enkle å utføre for en hel rekke gassers vedkommende ved hjelp av prøverør som luften suges gjennom ved hjelp av en håndpumpe. På en skala på prøverøret kan man så direkte lese av konsentrasjonen av det stoffet man undersøker på. Det burde være en selvfølge at man har slikt utstyr i alle bedrifter hvor det kan forekomme skadelige gasser. I denne forbindelse vil jeg gjerne advare mot en farlig misforståelse som man av og til støter på. Det gjelder instrumenter som er beregnet til å undersøke om luften inneholder eksplo-

sjonsfarlige mengder av bensindamper og andre brennbare gasser. Disse instrumentene er i de aller fleste tilfelle absolutt ikke egnet til å kontrollere luftens innhold av helseskadelige gasser. Som avskrekkende eksempel kan nevnes et forgiftningstilfelle ombord i en norsk tankbåt som hadde ført karbontetraklorid. Etter lossingen ble rommet først spytt med vann og så "steamet". Derpå gikk kapteinen og styrmannen ned i rommet og "målte" gasskonsentrasjonen. De brukte imidlertid et eksplosimeter som i det hele tatt ikke gir utslag på karbontetraklorid, da denne ikke er brennbar. Da "målingen" var negativ, sendte de folkene ned i tanken for å skrape rust. Dagen etter var disse mannskapene syke, og senere legeundersøkelser viste at de hadde fått en leverskade. Foruten riktig måleutstyr må man forevrig også kontrollere arbeidsatmosfæren under arbeidet. I det nevnte tilfelle kom gassen antagelig først frem da rustkakene ble skrapet løs.

VI. VALG AV ALTERNATIV PROSESS

I endel tilfelle kan man fremstille et produkt på to eller flere måter. Som eksempel kan nevnes fremstilling av cellulose fra furu, hvor både sulfat- og polysulfidmetoden kan brukes. Ved begge prosesser dannes diverse skadelige gasser hvorav H_2S , merkaptaner og andre svovelforbindelser dominerer. Polysulfidmetoden er den økonomisk sett mest fordelaktige, men viste seg i et tilfelle å gi øyenskader, slik at man måtte gå tilbake til sulfatmetoden inntil det var mulig å forbedre ventilasjonen og andre forhold tilstrekkelig.

Et annet eksempel er fremstilling av natriumhydroksyd, NaOH, som kan lages på flere måter.

Ved Solvay-prosessen elektrolyseres en NaCl-oppløsning (saltlake) i en lang bred celle (fig. 25) hvor katoden er kvikksølv som langsomt flyter over cellens bunn. Under elektrolysen dannes natriumamalgam (en legering mellom Na og Hg) som fjernes kontinuerlig og ved reaksjon med vann gir NaOH og H₂. Ved kullanodene dannes klor som samles under cellens lokk. Prosessen krever meget strenge forholdsregler med hensyn til ventilasjon og arbeidsmåte, særlig på grunn av det uunngåelige kvikksølvtap, hvorav noe kommer ut i elektrolysehallen arbeidsatmosfære som Hg-damp, noe følger hydrogengassen og endel tapes i luten. I tillegg kommer risikoen for klorgassutbrudd.

Der er andre metoder hvor man ikke bruker kvikksølv. I Gibbs celle (fig. 26) elektrolyseres saltlake i et kar med cylindrisk perforert jernkatode adskilt fra saltlaken med asbestpapir. Ved kullanodene innenfor utvikles klor.

I Downs celle elektrolyseres smeltet NaCl hvorved det dannes metallisk natrium og klor (fig. 27). Ved å la Na reagere med vann fås NaOH og H₂.

Jeg kjenner ikke produksjonsomkostningene ved noen av disse metodene, men fra et yrkeshygienisk synspunkt ville en av de to siste være å foretrekke.

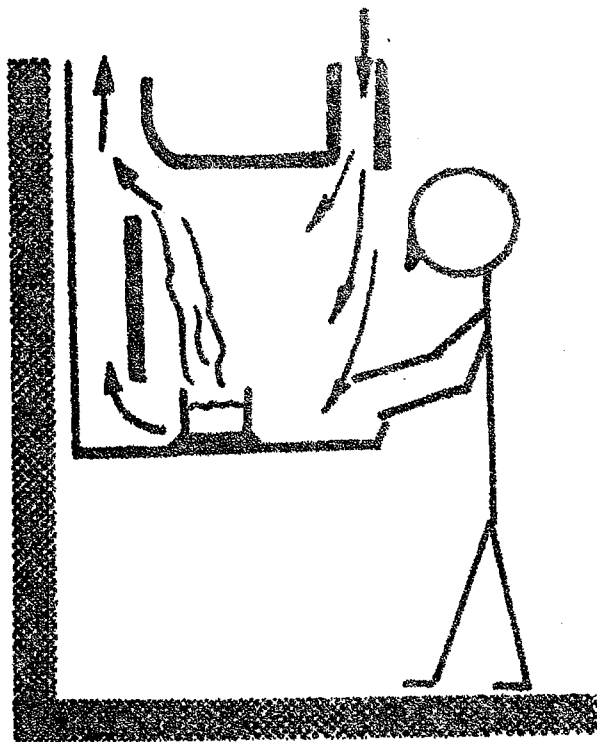
Velkjent er hos oss anvendelsen av olivinsand i stedet for kvartssand i støperier hvorved silikoserisikoen reduseres betydelig.

VII. MODELLFORSØK

Det skal innrømmes at jeg i embeds medfør først og fremst kommer i kontakt med de deler av vår industri hvor ventilasjonen av en eller annen grunn er mindre tilfredsstillende og at jeg av den grunn sannsynligvis har et skjevt bilde av den alminnelige tilstand. Mitt inntrykk er imidlertid at ventilasjon gange steder er gjenstand for "trial and error". Det er en lite tilfredsstillende og oftest også unødige kostbar måte å løse ventilasjonstekniske problemer på, og jeg tror at man i hvert fall i de tilfelle hvor det dreier seg om større og mer kompliserte forhold burde benytte seg av modellforsøk. Et arbeide av Fuldner og Fuchs viste en forbausende overensstemmelse mellom modellforsøk i skala 1 : 10 og det tekniske ventilasjonsanlegg som i dette tilfelle var en elektrosmelteovn. Jeg tror man i mange tilfelle vil kunne spare betydelige beløp og få et bedre anlegg om man utførte modellforsøk før man gikk igang med den tekniske utførelse av et ventilasjonsanlegg.

VIII LITTERATUR

1. Am. Conf. of Governmental Industrial Hygienists 1966. Secretary-Treasurer, 1014 Broadway, Cincinnati, Ohio 45202, Pris \$ 0,30
2. Mössner, Staub 19 (1959), H.4, s.102
3. Becher, Gesundheitsingenieur 71 (1950), p.139-145.
4. Hama, Air Conditioning, Heating and Vent. Apr.1964 p.51.
5. Industrial Ventilation, Am. Conf. of Governmental Industrial Hygien. 1960, \$ 4,-
6. Wulfert, Vern og Velferd nr.3, 1961, p.7-14
7. Walter, Die Industrie der Steine und Erden, 68 (1958), 137-143.
8. Jung, Luftverunreinigung und industrielle Staubbekämpfung, Akademie Verlag, Berlin 65.
9. Steel & Sanderson, Ann. Occup. Hyg. Vol.2, p.103-111.
10. Institute of Welding (1964), Br. Weld. J. 11, 448
11. Wulfert, Nord. Hyg. Tids. 32, 269, 1951.
12. Patty, Industrial Hygiene and Toxicology, Bind I., p.307, (Interscience Publ. London 1958)
13. Földner u. Fuchs, "Die Lösung absaugstechnische Probleme mit Hilfe des Modellversuches", Staub 25 (1965) nr. 6, p. 234-37.
14. Buchwald og Schraf, Am-Ind. Hyg. Ass. J, sept.-okt. 1967, p.485-87.
15. Skyddshandbok för Bygglim, Kemisk-Tekniska Leverantörförbundet, Birger Jarls gatan 48, Stockh. Sv.kr. 4,-
16. K.G. Schmidt, "Staubbekämpfung in der Gusserei-industrie", VDI-Verlag, Düsseldorf 1967 (2.utg.).
17. Hatch, Kelly og Fehnel, J. Ind. Hyg. 14, No.2 1932, p.69 - 79.



AVTREKK MED DELVIS
INNBLÅSING AV FRISKLUF

Fig. 1.

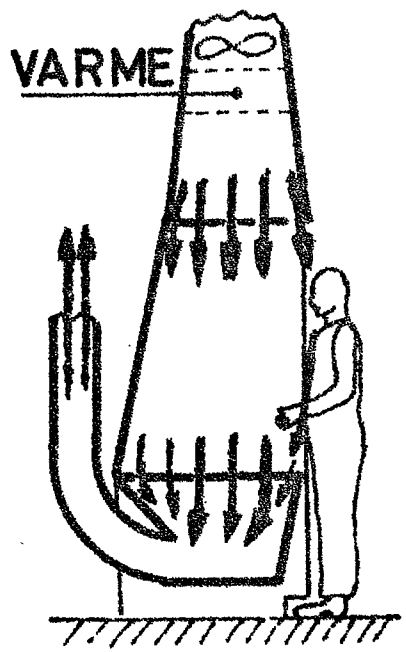


Fig. 2

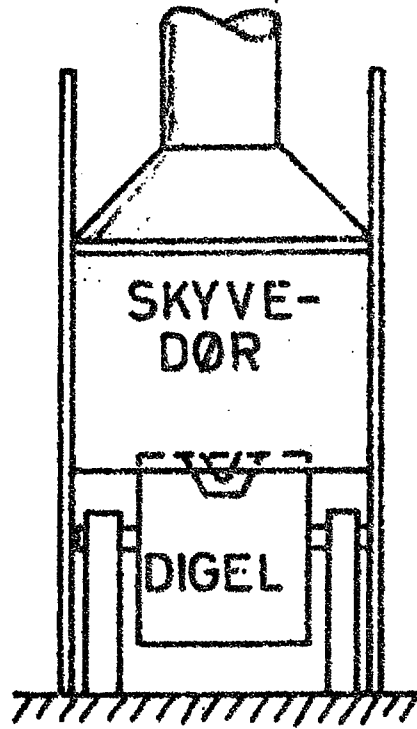
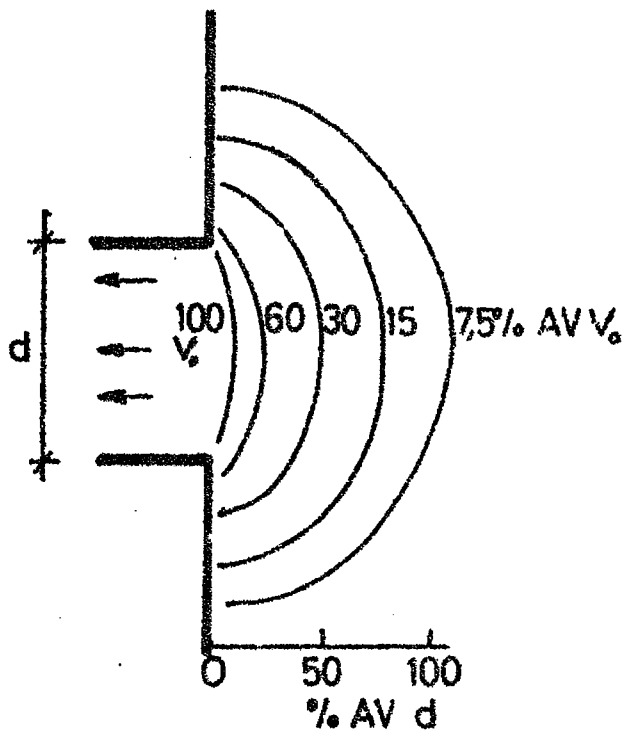
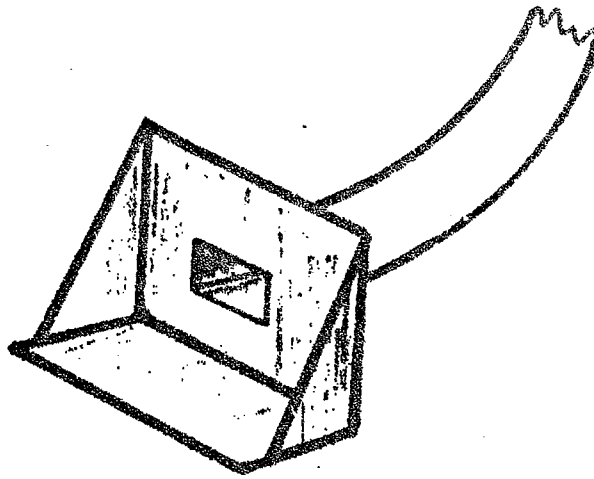


Fig. 3



$$V_x = V_0 \frac{F}{7,5x^2 + F}$$

Fig. 4



AVTREKK EFTER MÖSSMER

$$V_x = \frac{F}{3x^2 + F} V_0$$

Fig. 5

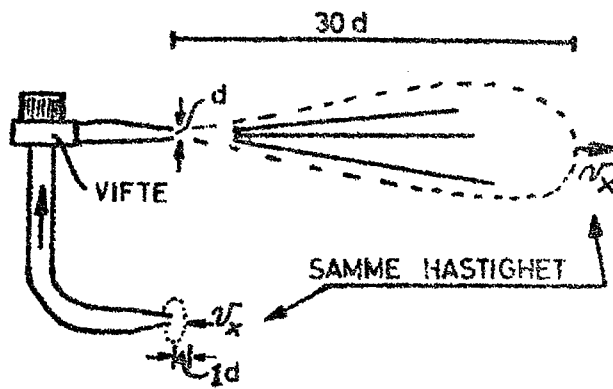


Fig. 6

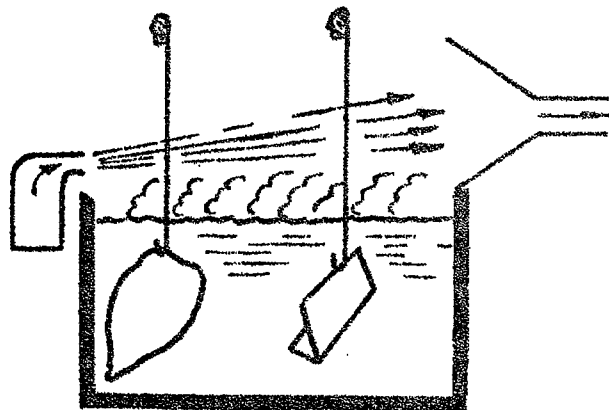


Fig. 7

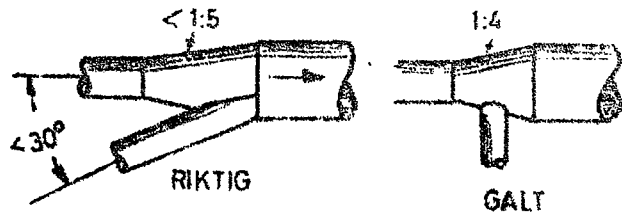


Fig. 8

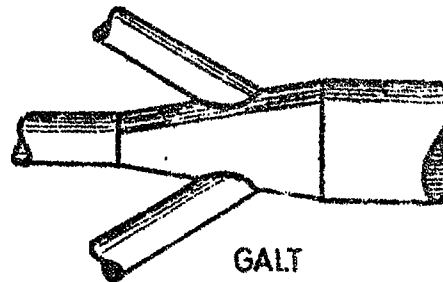
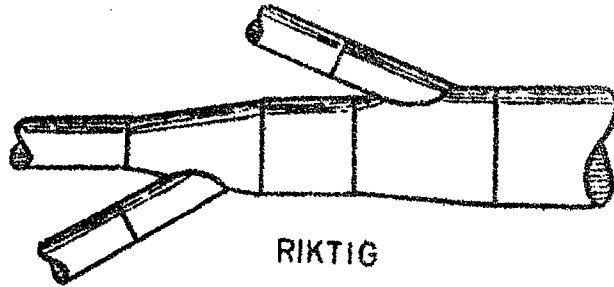


Fig. 9

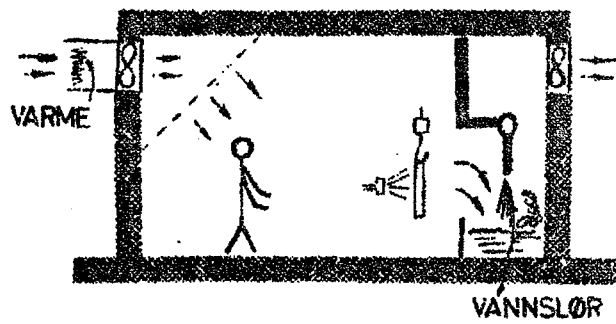


Fig. 10 Automatlakerings-anlegg.

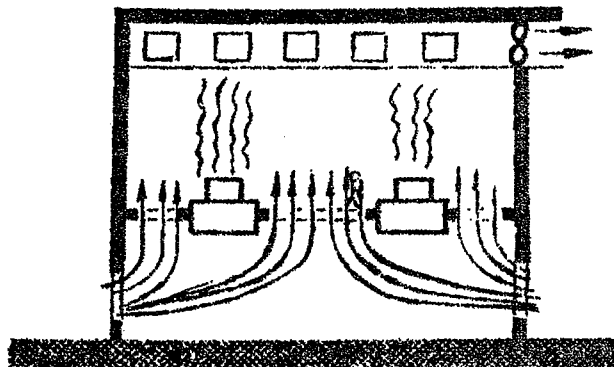
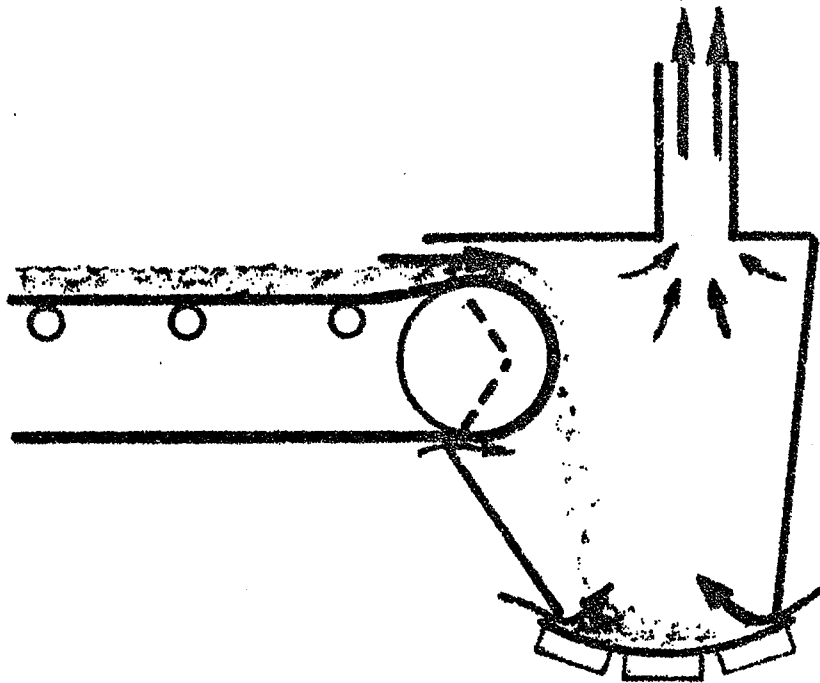
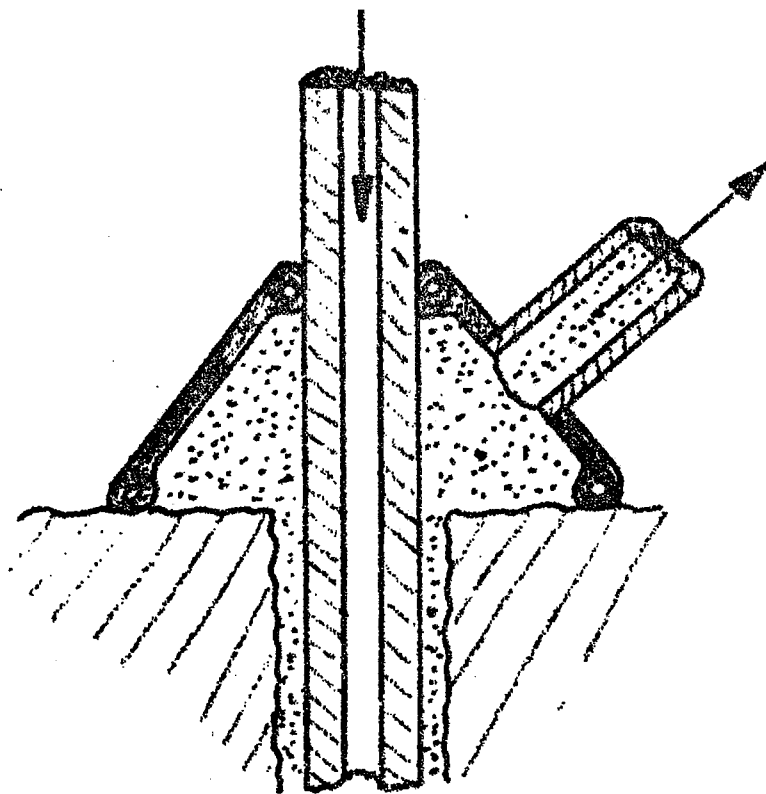


Fig. 11



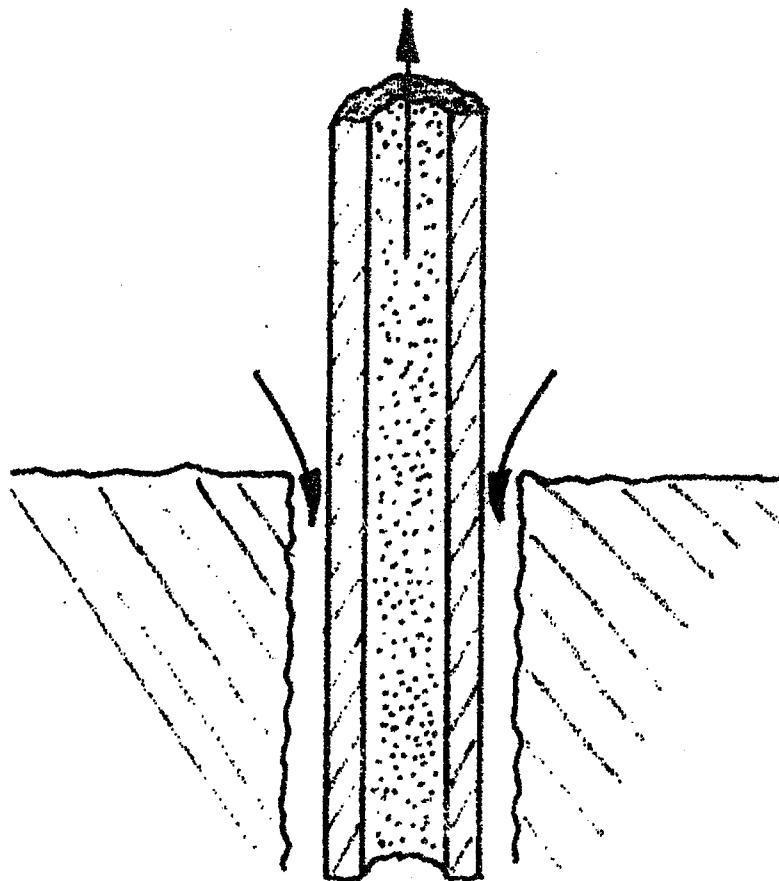
KAPSLET OVERFØRING FRA ETT TRANSPORTBÅND TIL ET ANNET.

Fig. 12



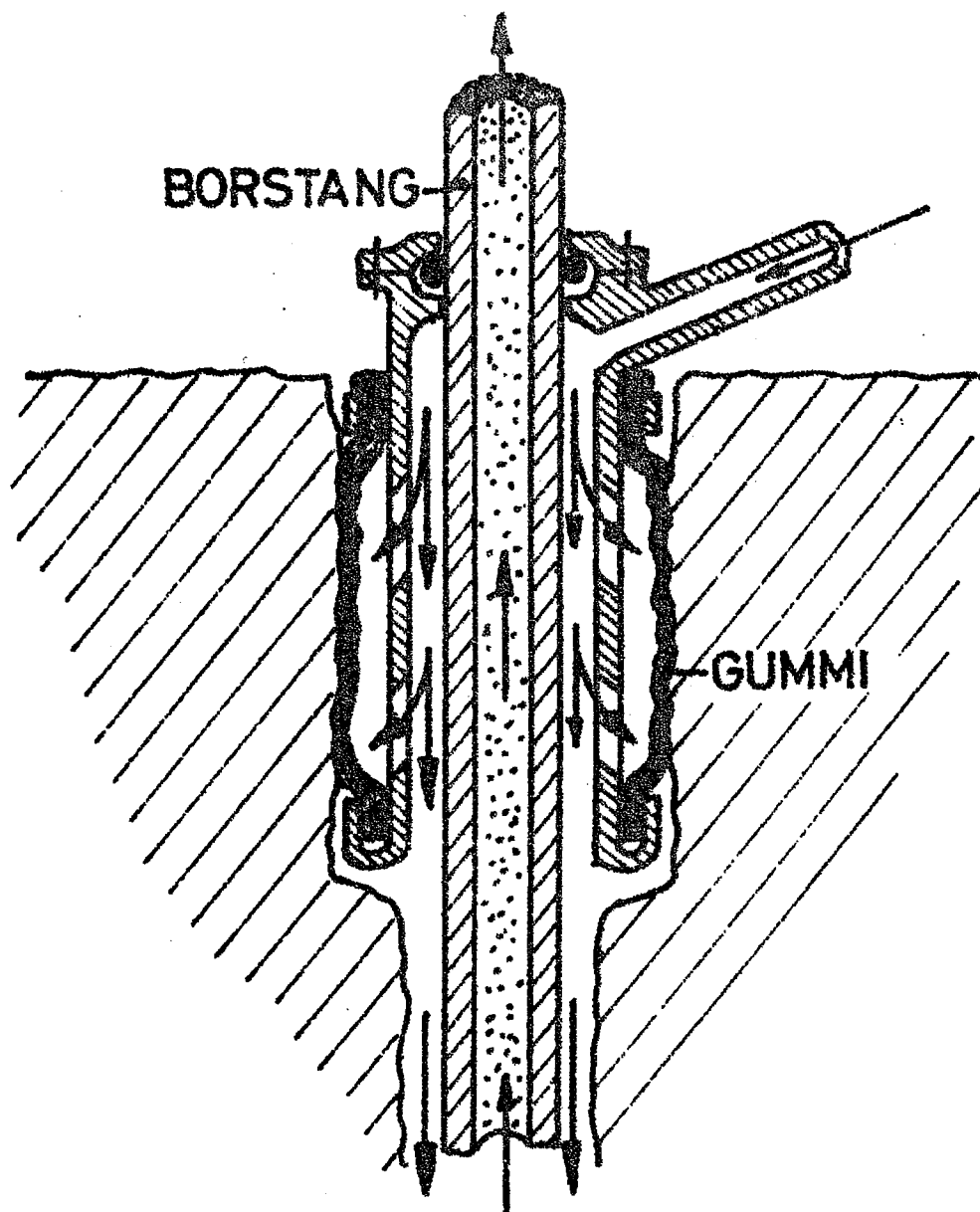
AVSUGHETTE RUNDT
BOREHULL OG BOR

Fig. 13



AVSUG GJENNEM BOR

Fig. 14



INNBLÅSING/AVSUG VED BORING
AV HULL NED TIL CA 20m

Fig. 15

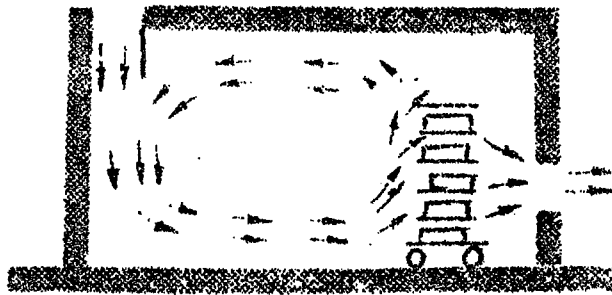


Fig. 16

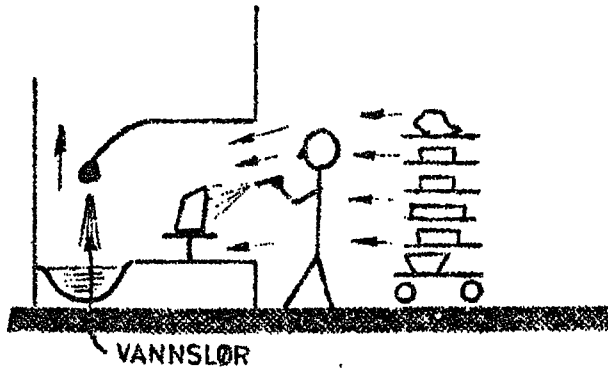
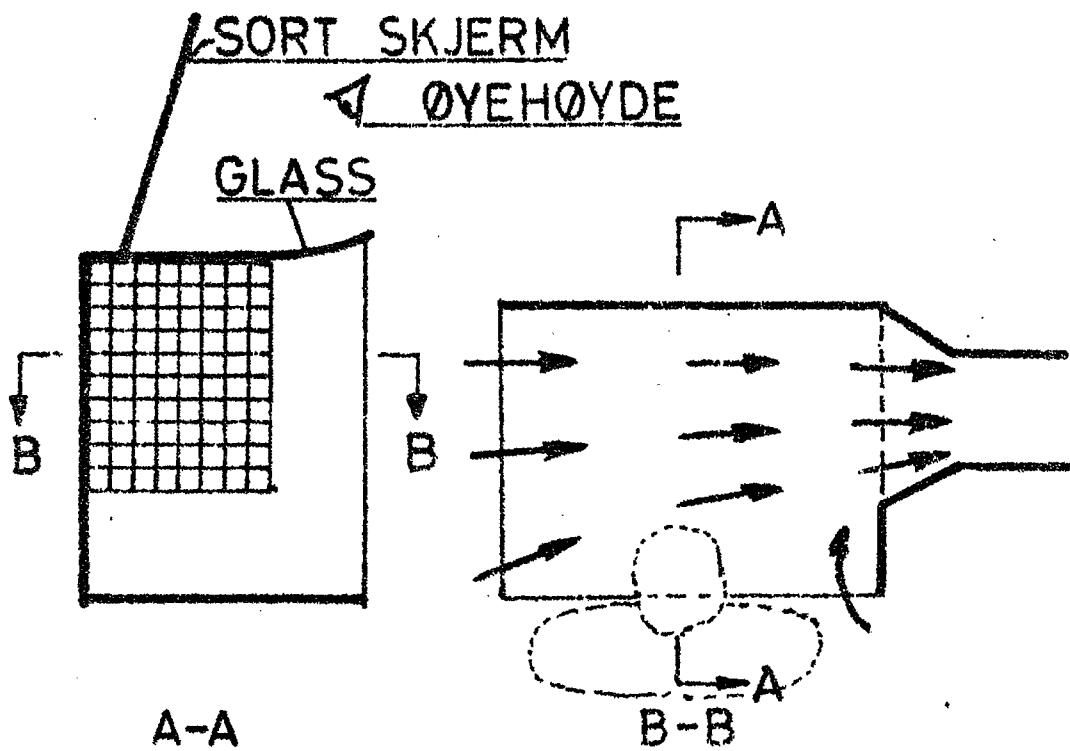
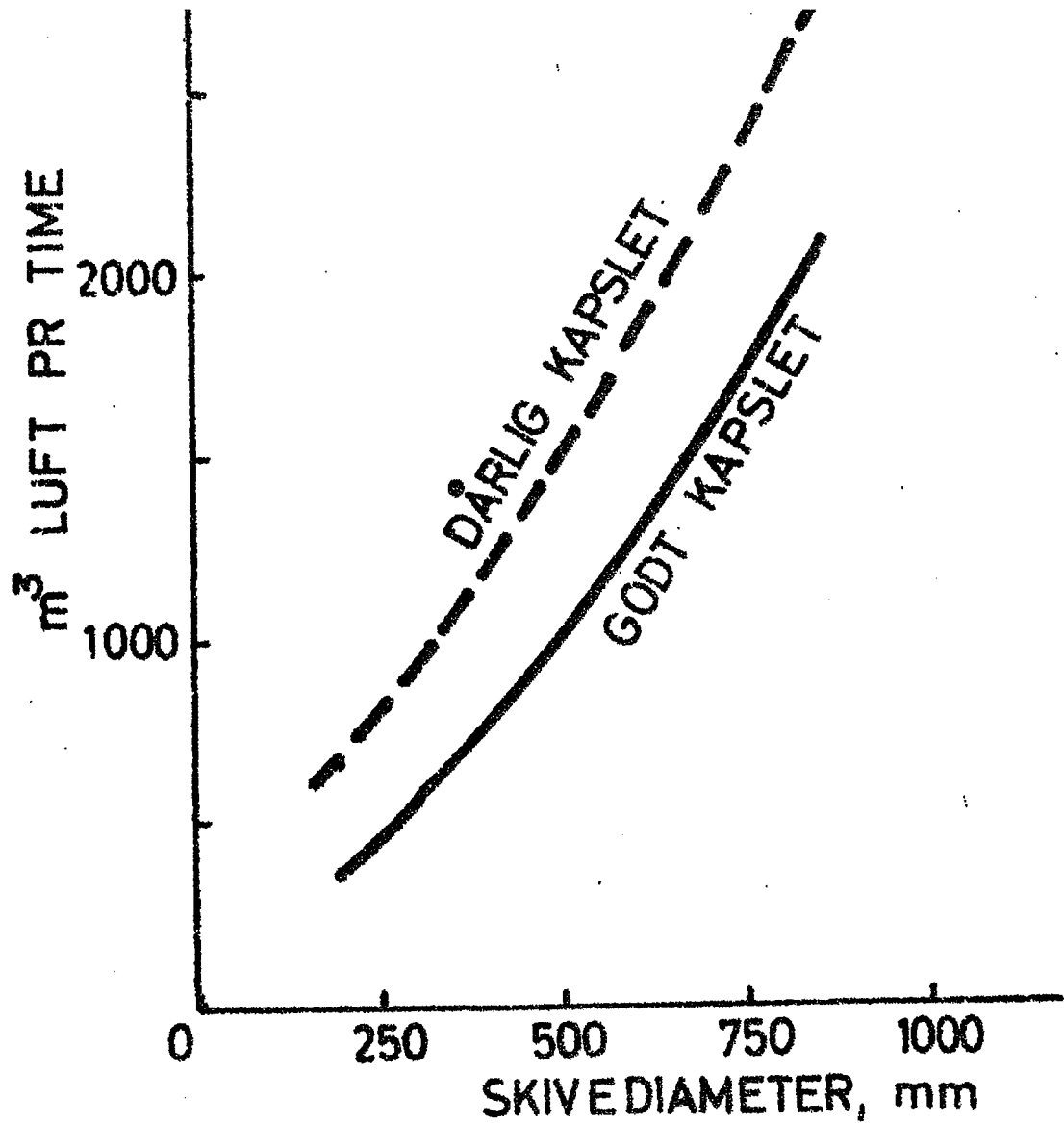


Fig. 17



LITE AVTREKSKAP MED SIDETREKK.

Fig. 18



AVTREKK FOR SLIPESKIVER

Fig. 19

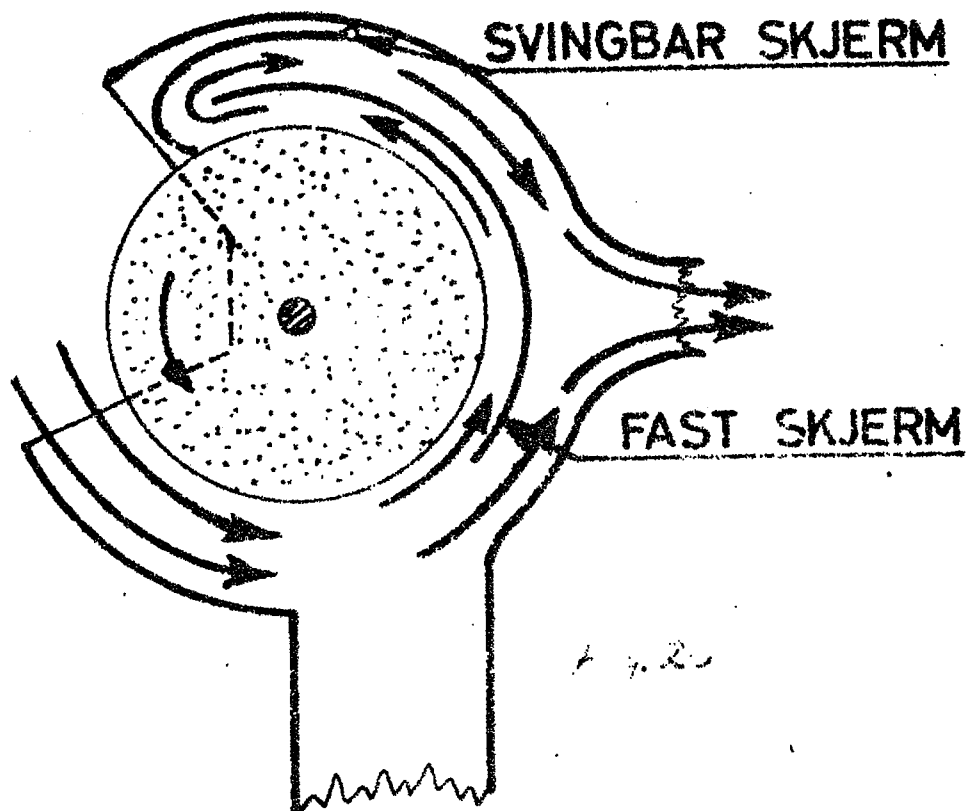


Fig. 20

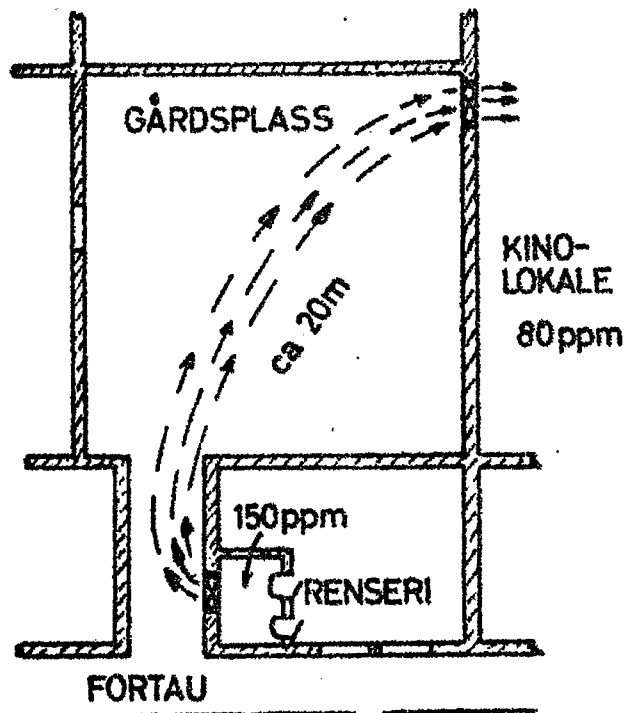
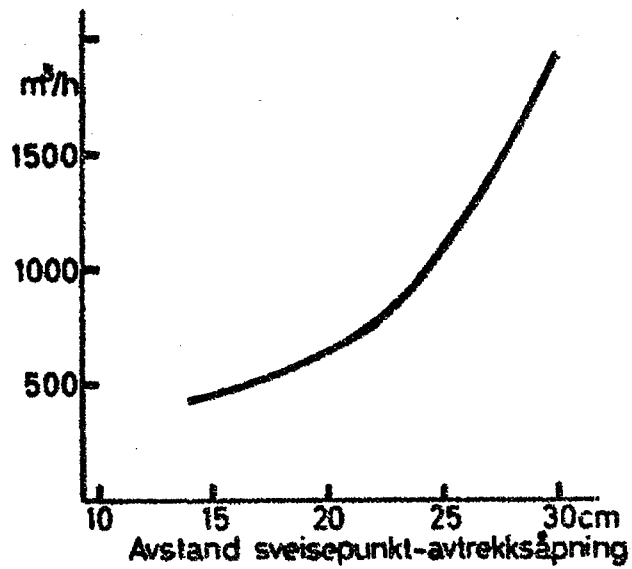


Fig. 21



Avtrekksåpning med 75mm bred flens og lufthastighet 7,5 m/s i åpningen.

Fig. 22

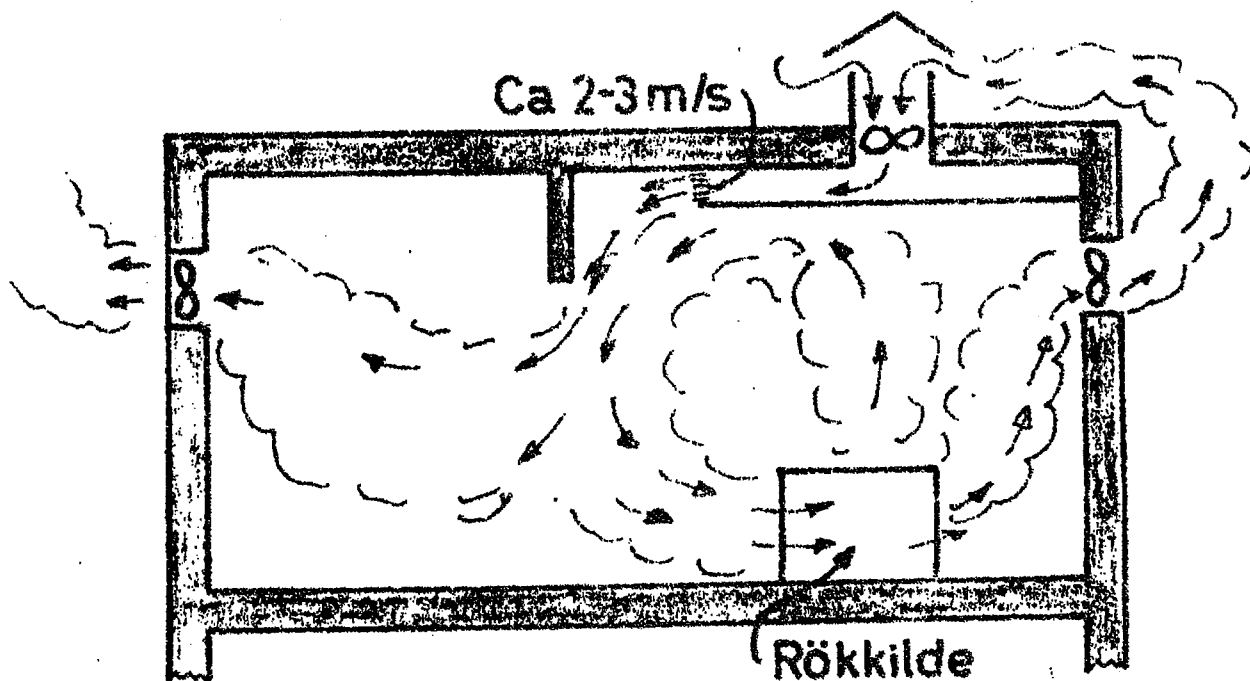


Fig. 23

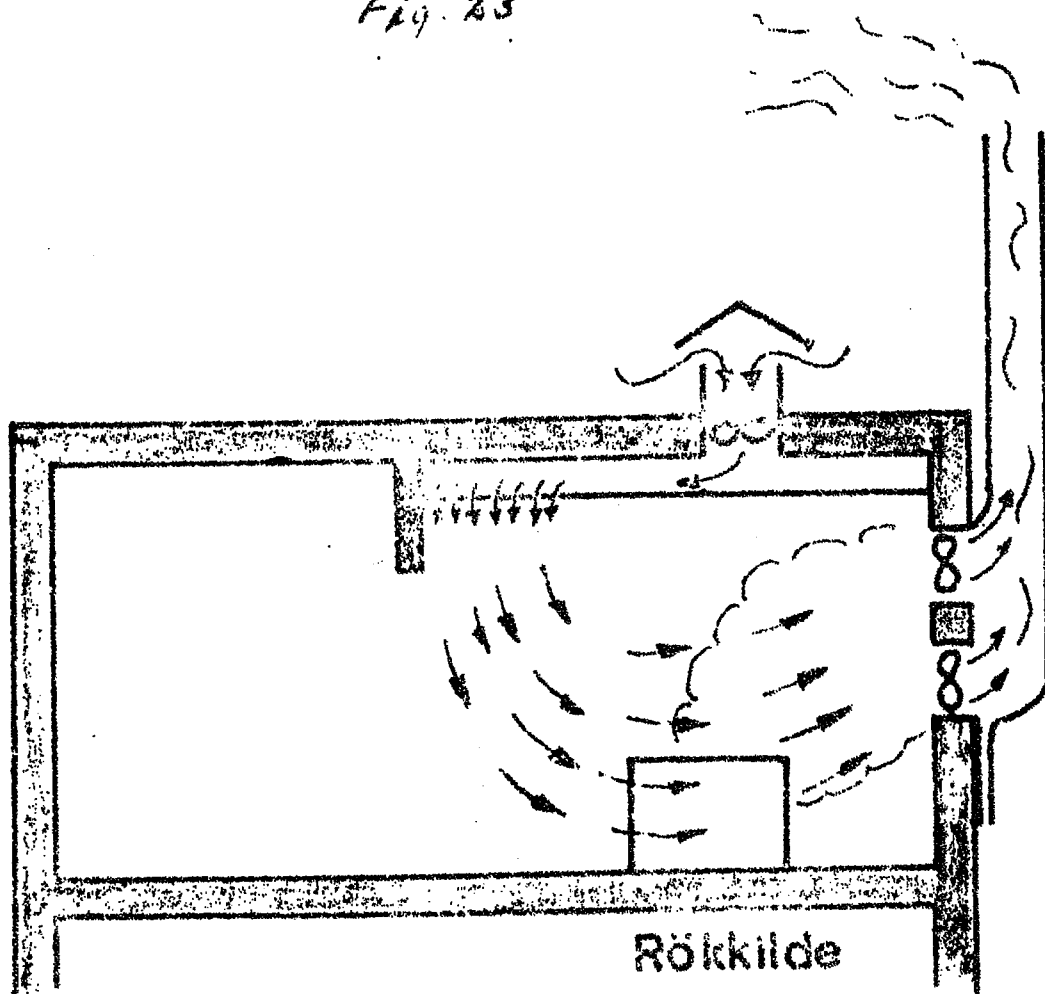
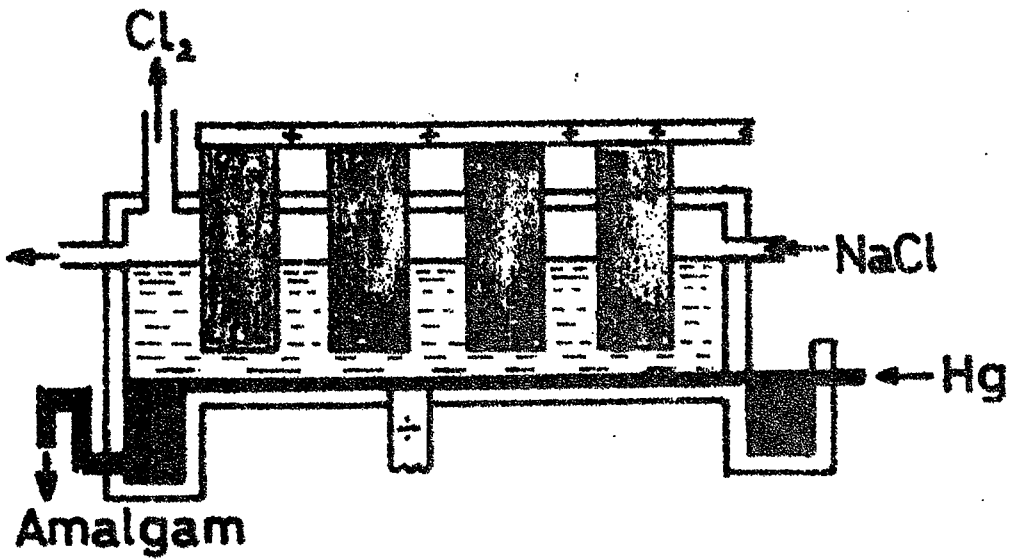
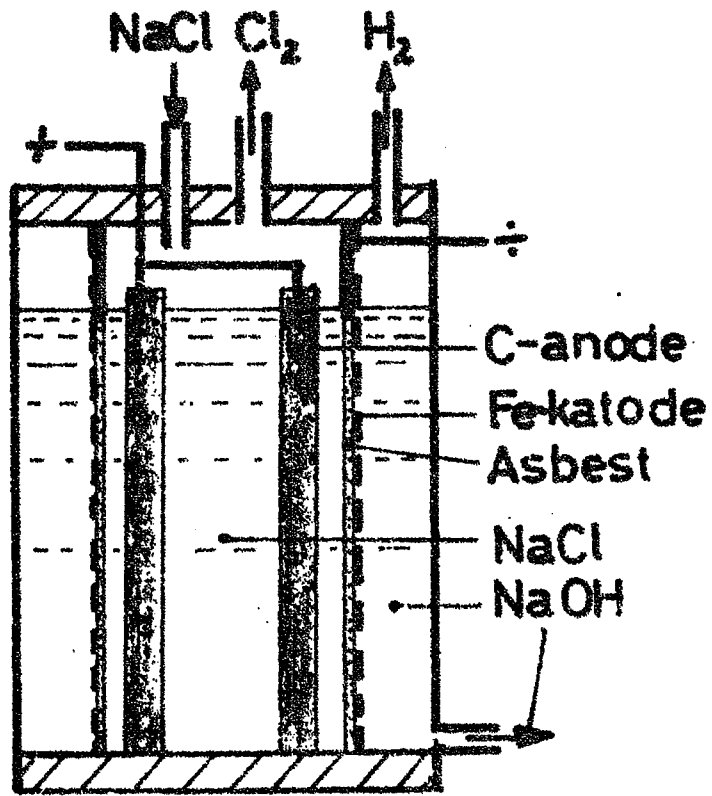


Fig. 24



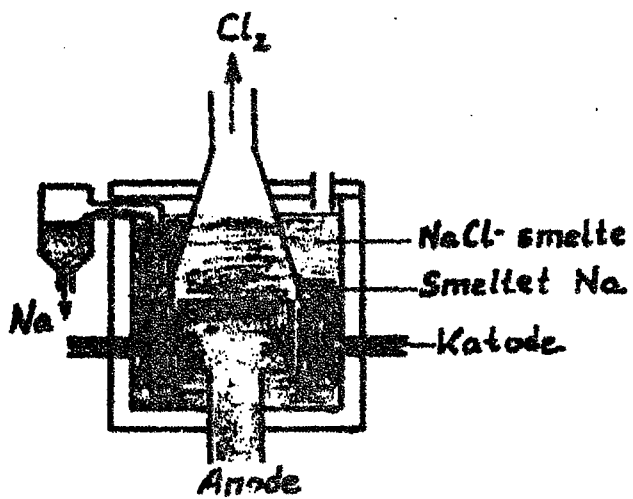
SOLVAY-CELLE

Fig 25



GIBBS-CELLE

Fig. 26



DOWNS-CELLE

Fig. 27

