HAANDBOG

FOR

MASKINMESTRE

ANDEN UDGAVE

REDAKTION:

J. A. J. D. FISCHER

UDGIVET AF

MASKINMESTRENES FORENING I KØBENHAVN

1940

Dampkedler.

Ristebelastningen

angives ved den pr. m² Rist pr. Time forbrændte Brændselsmængde i kg(kg/m²h).

$$\text{Ristebelastningen} = \frac{\text{kg Brændsel pr. Time}}{\text{Ristearéal i m}^2}$$

Normalværdier:

	Naturligt Træk kg/m²h	Kunstigt Træk kg/m²h
Planrist	70—120	90—170
Vandrerist	80—130	100—200
Stoker		100—200

Maximum for moderne Vandreriste angives som 300—350 kg/m²h. Tallene gælder Kul af Normalværdi.

Fyrrumsbelastningen

angives i kcal pr. m³ Fyrrum pr. Time (kcal/m³h), og er givet ved:

$$\text{Fyrrumsbelastningen} = \frac{\text{kg Brændsel pr. Time} \times \text{nyttig Brændværdi}}{\text{Fyrrummets Volumen i m}^3}$$

Normalværdier:

Ristefyr, ældre	op	til	500000 kcal/m³h
Ristefyr, nyere	100000	til	400000 »
Kulstøvfyring	100000	til	250000 »

Ved Belastninger over 225000 kcal/m³h bør vandkølede Vægge anvendes.

Ristefyr og Vandreriste kræver højt Fyrrum. Der angives fra 2 til 5 m (regnet til Underkant af nederste Rørsæt). De højeste Tal gælder Kedler uden Tændhvælving.

Kedlens Hedeflade

er Arealet af den Del af Kedlens Overflade, som er udsat for direkte Paavirkning af Ild eller Røggas.

Kedlens Belastning

angives ved Forholdet mellem Dampproduktion pr. Time og Hedeflade (kg/h). Belastningen afhænger af en Række Forhold, og den rette Vurdering kræver, at saavel Kedeltype som Damptryk og Temperatur kendes.

Normalværdier regnet pr. kg Normaldamp (Dannelsesvarme 640 kcal/kg) er:

Kedeltype	kg Damp/m²h
Cochran-Kedler	18—40
Kanalkedler, Haandfyring	15—25
» mekanisk Fyring	18—35
Røgrørskedler	15—25
Skotske Skibskedler	18—30
Skraarørskedler, mindre	18—30
» store	20—50
» højt Tryk	op til 160
Stejlrørskedler, moderat Tryk	25—60
» højt Tryk	30—90
Straalingskedler, højt Tryk	op til 200

De laveste Tal gælder svag, de højeste stærk Belastning.

Skotske Skibskedler.

Normalværdier for Ristebelastning:

Naturligt Træk	80 kg Kul pr. m² Rist/Time
Kunstigt »	120 kg Kul pr. m² Rist/Time

Som Normal for Forholdet mellem Risteflade og Hedeflade regnes med 1:38.

$$\text{Ristearea} = \frac{\text{I.H.K.} \times \text{Brændselsforbrug pr. I.H.K./Time}}{\text{Ristebelastningen}}$$

Der kan almindeligvis regnes med ca. 130 H.K. pr. m² Rist. Tilsvarende har man, at der kræves ca. 0,3 m² Hedeflade pr. H.K.

For Oliefyring

og kunstigt Træk regnes med, at der højst kan forbrændes 40 kg Olie pr. Time pr. m³ Forbrændingsrum.

Skorstensdimensioner.

Skorstenstværsnittet. For hver 100 kcal/Time forbrændt Brændsel beregnes 1 cm² Tværsnit henført til Røggashastighed 1 m/sec og Skorstenstemperatur 275° samt Luftoverskudstal 1,5. For hver 25° over eller under nævnte Temperatur tillægges eller fradrages 5 %.

Skorstenshøjden H (i m) vælges, hvor særlige Vedtægter eller Forhold ikke gør sig gældende, efter følgende:

$$H = \begin{cases} \text{mindst } 25 \cdot d \text{ eller derover for Skorstensdiametre under 2 m,} \\ 20 \cdot d \text{ for Skorstensdiametre over 2 m,} \end{cases}$$

hvor d = Skorstenens Topdiameter i m.

Skorstensgassens Hastighed ved Skorstenstoppen vælges som ca. 0,1 · H (m/sec), dog ikke over 8 m/sec.

Skorstenstrækket Z andrager:

$$Z = \begin{cases} 0{,}4 \cdot H \text{ (mm Vandsøjle) ved 175 til 200° Skorstenstemperatur.} \\ 0{,}5 \cdot H \quad \text{»} \quad \text{»} \ 200° \quad \text{»} \\ 0{,}55 \cdot H \quad \text{»} \quad \text{»} \ 275 \text{ til } 300° \quad \text{»} \end{cases}$$

Alle Værdier med Tilnærmelse.

Kedeltyper.

Den **korniske Kedel** har een, **Lancashirekedlen** to Kanaler. Disse Kedlers Vandrum er meget stort, hvilket gør Typen særligt egnet for stærkt varierende Belastning. Damptrykket sjældent over henholdsvis 11 og 14 ato.

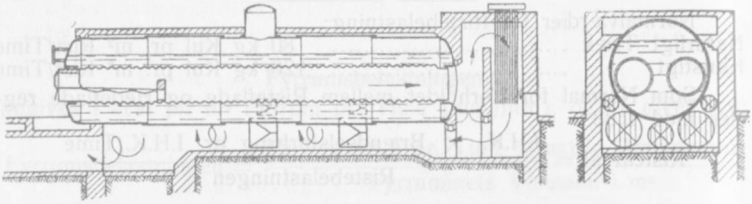


FIG. 1.
Indmuret Lancashire-Kedel
(med Economiser).

Babcock og Wilcox-Kedlen
bygges nu for meget høje Tryk. Kedlen i Fig. 2 viser en moderne Type. Damptryk 50 ato og Damptemperatur 450°. Ydeevne op til 115 t Damp/Time.

Jige's-Kedlen,
som er en kombineret Skraa- og Stejlrørstype, er vist i Fig. 3. Damptryk op til 80 ato. Kedlen er bemærkelsesværdig ved, at Sektionskamrene er næsten vandret indbyggede (V-formede). Normalydelse 45, Maximalydelse 70 kg Damp pr. m² Hedeflade pr. Time.

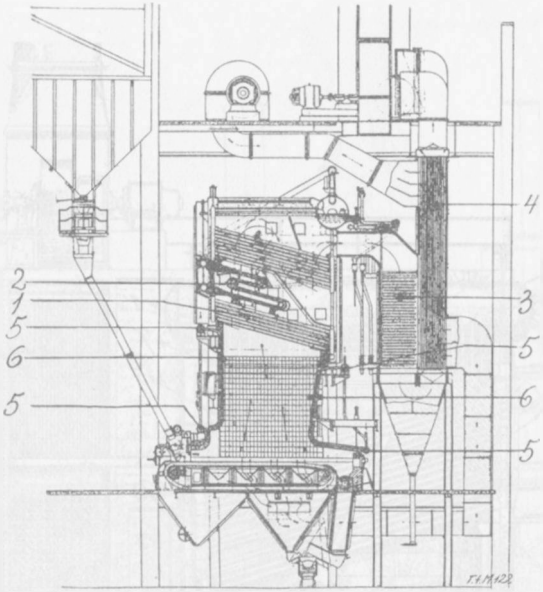


FIG. 2.

Babcock & Wilcox Højtryks-Sektionskedel (Dansk Fabrikat).

1 = Skraarør; 2 = Overheder; 3 = Fødevandsforvarmer; 4 = Luftforvarmer; 5 = Fordelingsrør for Bailey-Rørvægge; 6 = Bailey-Rørvægge.

K.G.S.-Kedlen,

Fig 4, er en typisk Stejlrørs-Straalingskedel. Damptryk 120 ato, Temperatur 500°. Dampydelse 45 t/h. Normalt 50, maximalt 70 kg Damp pr. m² Hedeflade pr. Time.

Sterling Tre-Tromlekedlen

er vist i Fig. 5.

Howden-Johnson

Skibskedlen, Fig. 6, er en kombineret Ild- og Vandrørskedel. Tegningen viser, at Fyrkanalerne strækker sig gennem hele Kedlen fra Endebund til Endebund. Det murværkskledte Forbrændingskammer er tilbygget Bagendebunden, hvori er indvalset en Sektion Vandrør strækkende sig fra Bund til Top af Cylinderkedlen. Damptrykket gaar helt op til 21 ato, Temperaturen til 400°. Forbrændingsluften fra den roterende Forvarmer har, naar den tilføres Fyret, 200° Temperatur. Kedlen er helt indesluttet i en Luftkasse og derfor ikke isoleret.

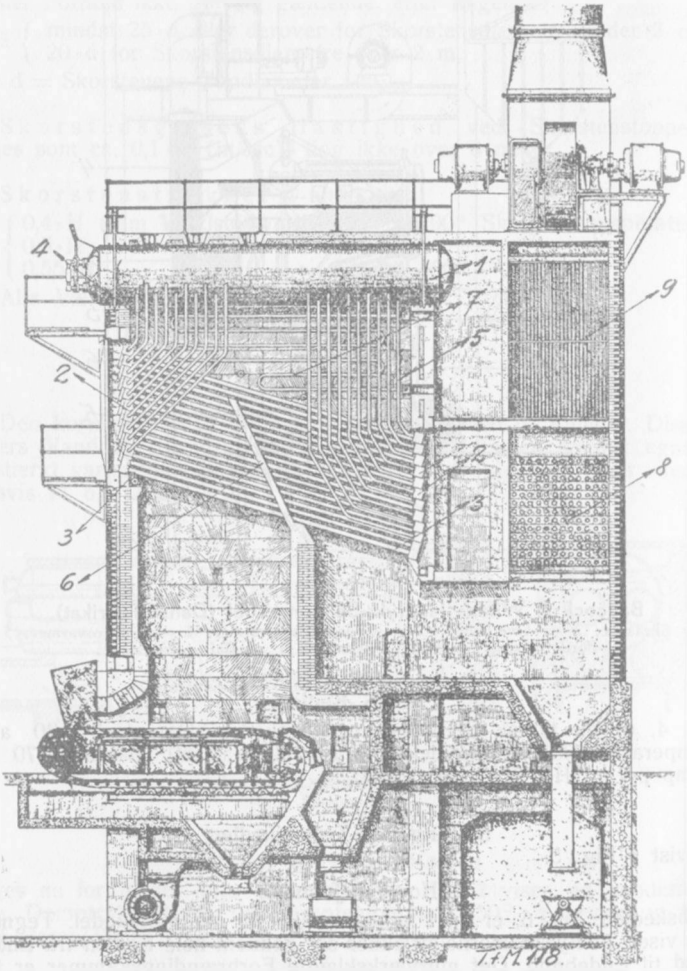


FIG. 3.

Jige's-Kedlen. Kombineret Skraa- og Stejlrørstype.

1 = Overbeholder; 2 = Samlekamre af Jige's V-Form; 3 = Skraarør; 4 = Stigerør; 5 = Faldrør; 6 = Trækleder; 7 = Overheder; 8 = Fødevandsforvarmer; 9 = Luftforvarmer.

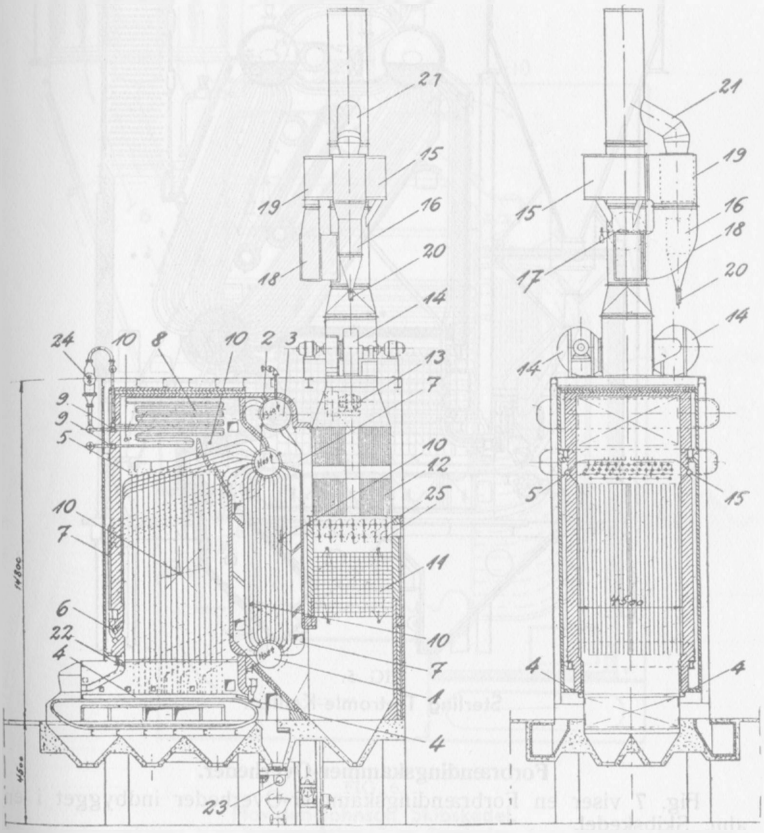


FIG. 4.

K. G. S.-Kedlen.

1, 2 og 3 = Under-, Mellem- og Overtromle; 4, 5 og 6 = Samlekasser; 7 = Nedtagerrør; 8 = Todelt Overheder; 9 = Overheder-Samlekasser; 10 = Sodblæsere; 11 = Fødevandsforvarmer; 12 = Luftforvarmer; 13 = Trækluftblæser (Underblæst); 14 = Trækluftventilator (Sugetræk); 15 og 16 = Flyveaske-Udskiller; 17 = Spjæld for Røggasomskiftning; 18 og 19 = Tilgangsrør for Flyveaske-Udskiller; 20 = Dræn for Flyveaske; 21 = Afgang for renset Røggas; 22 = Sekundærluft-Dyser; 23 = Slaggeudtager; 24 = Temperaturregulator for overhedet Damp; 25 = Aftræksspjæld til Benyttelse, naar Kedlen er ude af Drift.

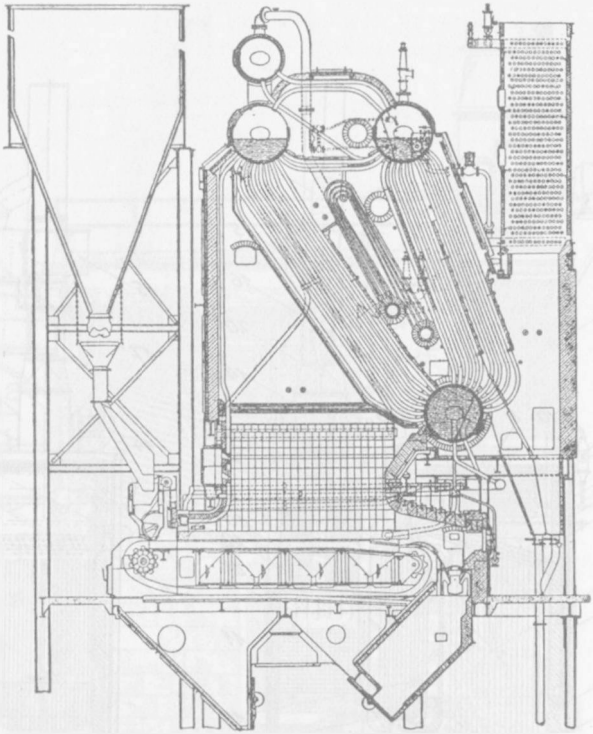


FIG. 5.
Sterling Tretromle-Kedlen.

Forbrændingskammer-Overheder.

Fig. 7 viser en Forbrændingskammer-Overheder indbygget i en alm. Skibskedel.

Babcock- og Wilcox-Skibskedlen

som Normaltype er vist i Fig. 8.

Stokerfyring.

Fig. 9 viser en Erith Underfyringsstoker og Fig. 10 Danostokeren. Kullene presses nede fra opefter og breder sig ud over Sideristene. Stokerfyret er karakteristisk ved, at Forbrændingen sker lodret med de glødende Kul øverst.

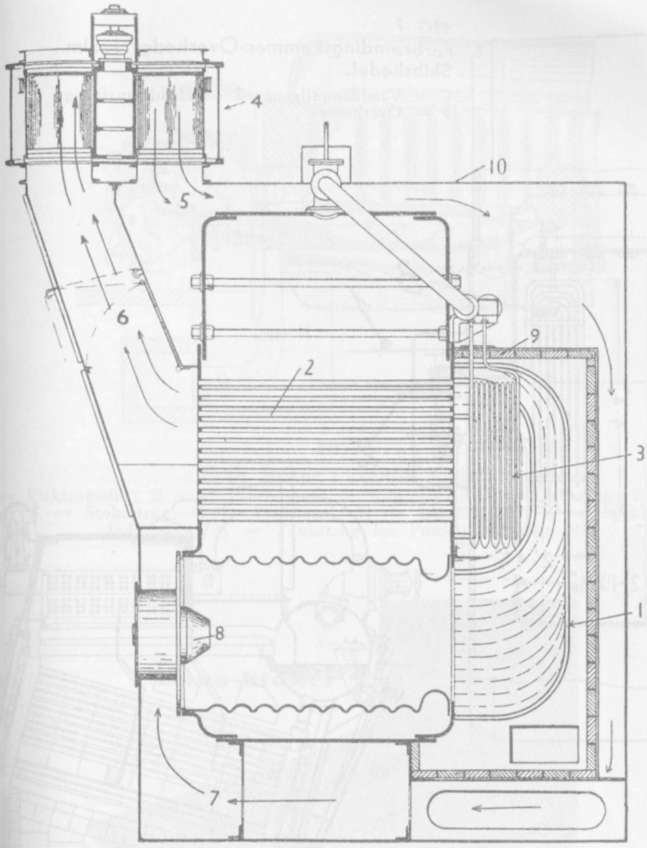
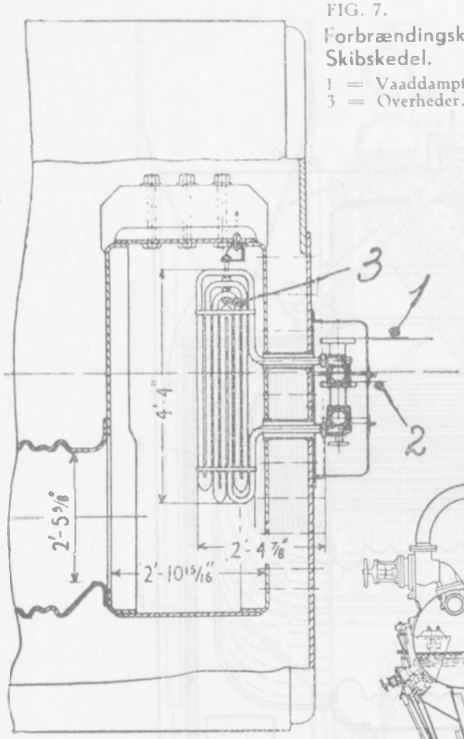


FIG. 6.

Howden-Johnson Skibskedel.

1 = Vandrørssektion; 2 = Røgrørssektion; 3 = Overheder; 4 = Howden-Ljungstrøm's roterende Luftforvarmer; 5 = Forvarmet Forbrændingsluft; 6 = Røggas til Forvarmer og Skorsten; 7 = Forbrændingsluft til Fyret; 9 = Forbrændingskammer; 10 = Luftkasse (bygget som Trækkanal).

FIG. 7.
Forbrændingskammer-Overheder i alm. Skibskedel.
1 = Vaaddamptilgang; 2 = Heddampafgang; 3 = Overheder.



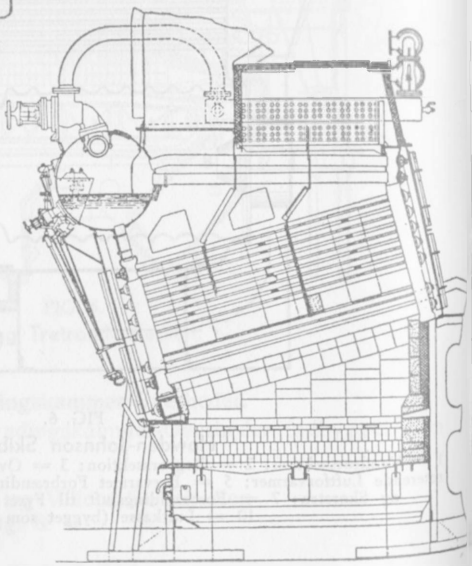


FIG. 8.
Babcock- og Wilcox Skibs-Vandrørskedel med Overheder.

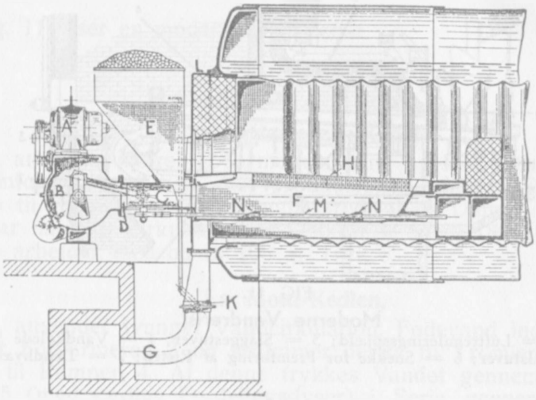


FIG. 9.

Erith Stoker i cornisk Kedel.

A = Elektromotor; B = Snækkehus; C = Kulstempel; D = Plejlstang; E = Kultragt; F = Stokertrug; G = Trækkanal; H = Blæseklodser; K = Spjæld; L = Indmuring; M = Trækstang for Fordelingsklodser N.

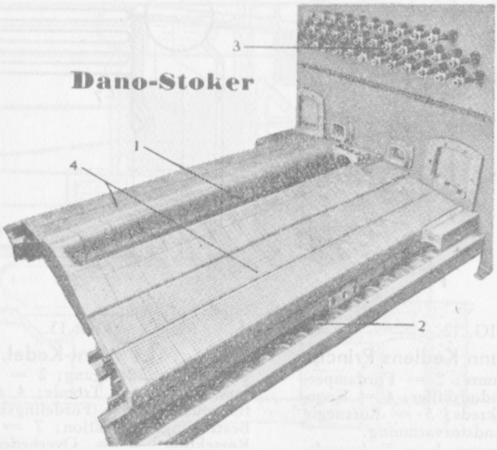


FIG. 10.

Dano-Stoker.

1 = Stokertrug; 2 = Slaggesnegl; 3 = Dyser for Sekundærluft; 4 = Sideriste.

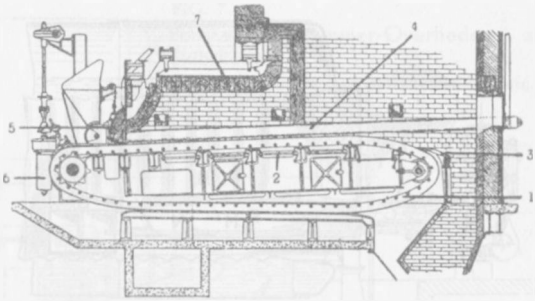


FIG. 11.

Moderne Vandrerist.

1 = Rist; 2 = Luftreguleringsspjæld; 3 = Slaggestuver; 4 = Vandkølede Sidebjælker; 5 = Kulstuver; 6 = Snekke for Fremføring af Risten; 7 = Tændhvælving.

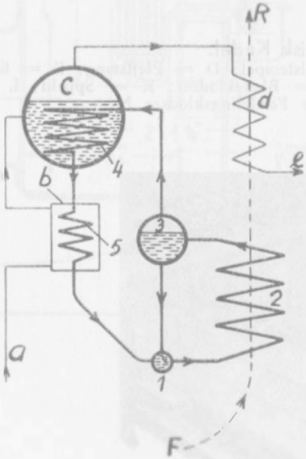


FIG. 12.

Schmidt-Hartmann Kedlens Princip.

1 = Fordelingskamre; 2 = Fordamperelement; 3 = Vandudskiller; 4 = Kogerør for Sekundærkreds; 5 = Rørsnegle for Fødevandsforvarmning.
a = Fødevandstilgang; b = Fødevandsforvarmer; c = Sekundærkredsens Dampudvikler; d = Sekundærkredsens Overheder; e = Forbrugsdamp; F = Fyr; R = Røggasaftræk.
1 til 5 = Primære Kredsløb; a til e = Sekundære Kredsløb.

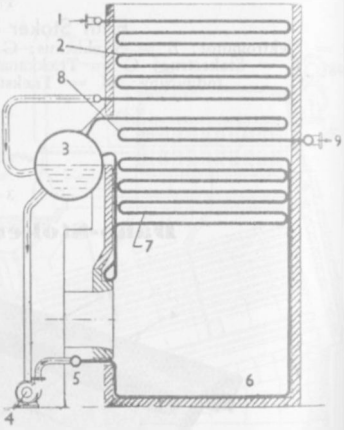


FIG. 13.

La Mont-Kedel.

1 = Fødevandstilgang; 2 = Fødevandsforvarmer; 3 = Tromle; 4 = Cirkulationspumpe; 5 = Fordelingskasse; 6 = Bestraalings-Rørsektion; 7 = Berørings-Rørsektion; 8 = Overhederør; 9 = Samlerkasse for overhedet Damp.

Vandreriste.

Fig. 11 viser en moderne Vandrerist.

Særlige Kedeltyper.

Schmidt-Hartmann-Kedlen,

Fig. 12, anvender indirekte Varmeoverføring og kan betragtes som en Dampomformer med hele den producerede, primære Dampmængde anvendt til Fremstilling af Sekundærkredsløbets Damp. Primærkredsløbet har naturlig Cirkulation og Damptryk op til 180 at. Sekundærkredsen arbejder med op til 100 at Tryk.

La Mont-Kedlen,

Fig. 13, anvender tvunget Vandcirkulation. Fødevand indføres ved 1, passerer Forvarmeren 2 og strømmer herfra til Tromlen 3, som har Nedløb til Pumpen 4. Af denne trykkes Vandet gennem Fordelingskasser 5 (med særlige Fordelingsdyser) i Serie gennem La Mont-Rørene, først Bestraalingssektionen 6 og dernæst Berøringssektionen 7, hvorfra Damp-Vandblandingen strømmer ud i Tromlens Damprum.

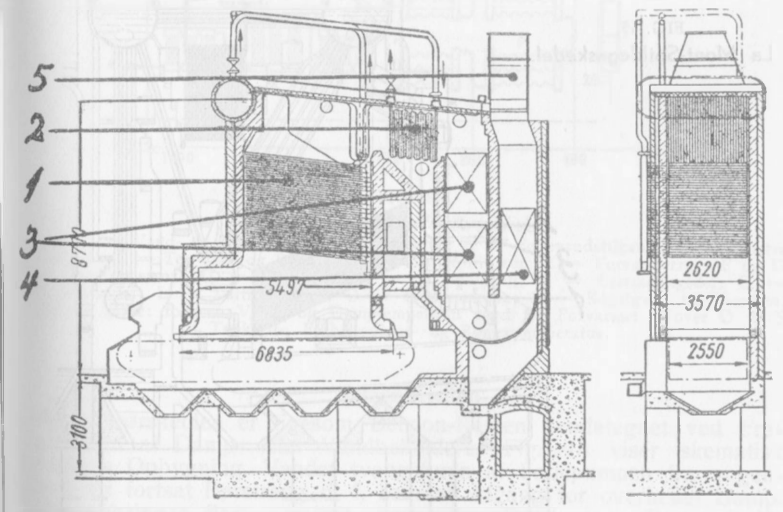


FIG. 14.

La Mont-Kedel med Vandrerist.

1 = La Mont-Rør; 2 = Overheder; 3 = Fødevandsforvarmer; 4 = Luftforvarmer; 5 = Aftræk.

Ydeevne 17 t Damp pr. Time.

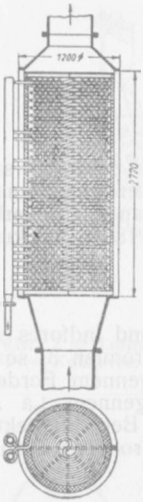


FIG. 15.
La Mont-Spildegaskedel.

Udskilt Damp videreføres gennem Overhederen 8 med Afgang ved 9. Fyrrummet er helt indesluttet af Rørvægge, hvorved opnaas effektiv Køling med Undgaaelse af Murværksindbygning. Fig. 14 viser en La Mont-Kedel med Vandrerist og Fig. 15 en La Mont-Spildegaskedel, medens Fig. 16 viser La Mont-Princippets Anvendelse til Indbygning af Kølerørsvægge (Vandvægge) i andre Kedeltyper (Forøgelse af Belastningsevnen). Fordelingsdyserne har Lysning 5 til 10 mm, og selve Rørdiameteren er fra 16×20 til 30×38 mm, hvor de laveste Tal gælder for Skibskedler. Cirkulationspumpens Dampforbrug andrager fra 0,5 til 1 % af den producerede Dampmængde.

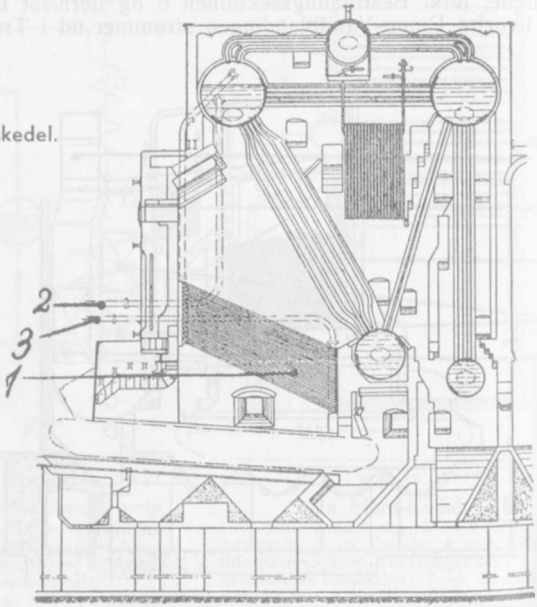


FIG. 16.
La Mont-Vandvæg i Stejlrørskedel.
1 = La Mont-Rør; 2 = Cirkulationspumpes Sugerør; 3 = Trykrør.

La Mont-Princippet er lige anvendeligt for højt og lavt Tryk, for smaa og store Kedler. Belastningsevnen er høj, og Pladskravet meget ringe.

Benzon-Kedlen

har ikke Beholdere eller Tromler, kun fortløbende Rørsektioner fra Fødevandsindløb til Dampafgang (Fig. 17).

Der anvendes ofte kritisk Tryk- og Temperaturtilstand. Fødevandet indpumpes da under et Tryk paa op mod 240 at og vil derfor, naar den kritiske Temperatur (374°) naas, gaa direkte over i Dampform, idet Fordampningsvarmen er Nul. Efter Udløb fra Kedlen reduceres Damptrykket til den ønskede Arbejdsspænding. Fødepumpen opretholder det tvungne Strømløb gennnem Kedlen.

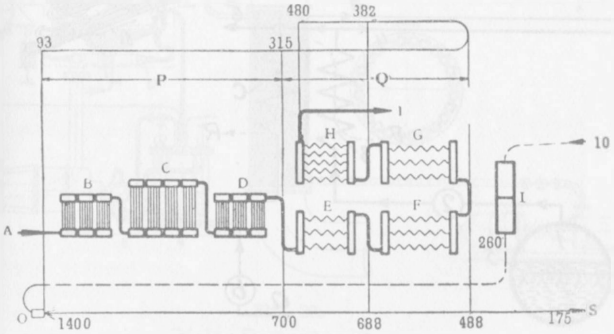


FIG. 17.

Benson-Kedlen's Kredsløb.

A til I = Vand- og Dampstrøm gennem Kedlen. A = Fødevandstilgang; B = Venstre Siderør; C = Top-Bag- og Bundrør; D = Højre Siderør; E = Forvarmerrør; F og G = Fordamperrør; H = Overheder; I = Dampafgang; P = Bestraalingsdel; Q = Berøringsdel; L = Luftforvarmer; O = Oliebrændere; S = Røgafgang til Skorsten. Tallene giver: foroven Vand- og Damptemperatur samt fra Forvarmer L over O til S Trækluft-, Forbrændings- og Røggastemperatur.

Sulzer-Kedlen

eller Etrørskedlen er ligesom Benzon-Kedlen kendetegnet ved Fraværelsen af Damp- eller Vandbeholdere. Fig. 18 viser skematisk Kedlens Opbygning. Vandet tvangsføres af Fødepumpen fra a gennem en fortsat Rørstreng til f, som er Afgang for overhedet Damp. Der anbringes flere parallelt forbundne Rørstrenge. Den enkelte Streng har for en Kedel med Ydeevne 10 t/h en Længde af ca. 1300 m. Fødepumpen kræver op til 3 % af Totalenergien. Opfyringstiden er kun faa Minutter. Damptrykket op til 130 at. Etrørskedlen anvendes undertiden i Paralleldrift med andre Kedeltyper.

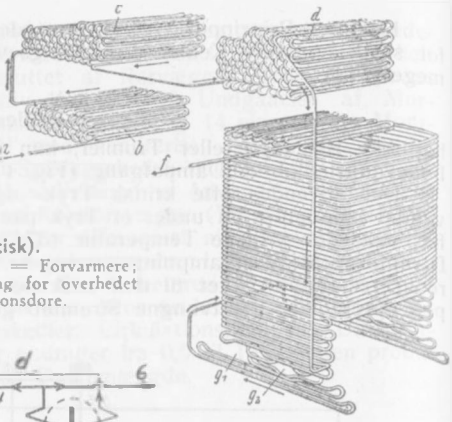


FIG. 18.

Sulzer-Kedel (skematisk).

a = Tilgang for Fødevand; b og c = Forvarmere; d = Fordampningsdel; f = Afgang for overhedet Damp; g1 og g2 = Inspektionsdøre.

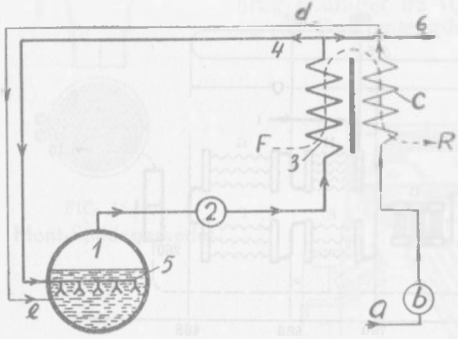


FIG. 19

Løffler-Kedel (skematisk).

1 = Fordampertromle; 2 = Cirkulationspumpe; 3 = Overhederelementer; 4 = Tilbageløb til Fordampertromle; 5 = Kogedyser; 6 = Forbrugsdamp. a = Fødevandstilgang; b = Fødepumpe; c = Fødevandsforvarmer; d = Føderør gennem e til Fordampertromle; F = Fyr; R = Røggas.

Løffler-Kedlen,

Fig. 19, er karakteristisk ved, at Hedefladen ikke berøres af Vand. Dampdannelsen finder Sted i en helt uden for den egentlige Kedel beliggende Fordampertromle, hvori indføres stærkt overhedet Damp fra Kedlens Overheder. Der startes med Fremmeddamp, hvorefter en Cirkulationspumpe suger fra Top af Fordamperen og fører Vanddampen (100—130 at) til Overhedning i den viste Rørsektion. En Trediedel af den stærkt overhedede Damp (500°) føres tilbage til Fordamperen gennem særlige under Vandfladen anbragte Dyser, medens to Trediedele afgives til Forbrugssted. Dampcirkulationspumpen forbruger op til 4 % af Totalenergien.

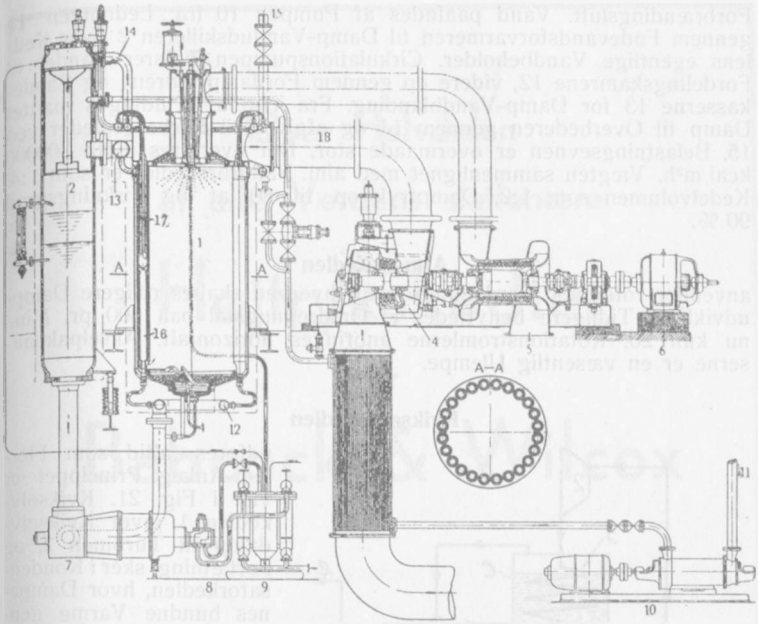


FIG. 20.

Velox-Dampgenerator.

1 = Forbrændingskammer; 2 = Damp-Vandudskiller; 3 = Fødevandsforvarmer; 5 = Luftkompressor for Forbrændingsluft; 6 = Elektromotor (for Igangsætning). 7 = Cirkulationspumpe; 8 og 9 = Oliepumpe og Olieforvarmer; 10 = Fødepumpe med Sugning fra 11; 12 = Fordelingsrør for indpumpet Vand; 13 = Samlerør for Afgang af Damp-Vandblanding; 14 = Overhedet Damp til Overhederrør 17; 15 = Overhedet Damps Afgang fra Overheder-Samlerrør til Forbrugssted; 16 = Fordamperelementer med Afgang til 13; 18 = Røggas til Turbine 4.

Velox-Kedlen,

Fig. 20, er mere en Dampgenerator end egentlig Kedel. I Toppen af Forbrændingsrummet indblæses Olie under højt Tryk (15—25 at) samt Forbrændingstrykluft (2,6 ata og ca. 160° Temperatur), hvorefter Ile under Forbrændingen dannede hede Gasarter med stor Hastighed Overlader Rummet forneden og føres opefter gennem Fordamperele-menter 16, hvis Ydersider er dækkede af Vand, og herfra uden om Overhederslangerne 17 til Afgangsrøret R foroven til højre. Gennem 18 ledes Røggassen (Tryk 2,3 ata) til Røggasturbinen 4 og fra den-nes Afgang til Fødevandsforvarmeren 3 og videre til Skorsten. Tur-binen leverer Kraft til Drift af Luftkompressoren 5 for Levering af

Forbrændingsluft. Vand paafødes af Pumpen 10 fra Ledningen 11 gennem Fødevandsforvarmeren til Damp-Vandudskilleren 2 over Kedlens egentlige Vandbeholder. Cirkulationspumpen 7 fører Vandet til Fordelingskamrene 12, videre op gennem Fordamperrørene og Samlekasserne 13 for Damp-Vandblanding. Fra Top af 2 udtages mættet Damp til Overhederen gennem 14 og afgives til Forbrugsstedet ved 15. Belastningsevnen er overmaade stor. Der overføres indtil 300000 kcal/m²h. Vægten sammenlignet med alm. Vandrørskedler er som 1:4. Kedelvolumen som 1:2. Damptryk op til 80 at og Virkningsgrad 90 %.

Atmos-Kedlen

anvender roterende Fordamperrørsæt, hvorved skabes roligere Dampudvikling. Tidligere benyttedes et Omdrejningstal paa 300 pr. Min., nu kun 20. Rotationstromlerne anbringes horizontalt. Akselpakdaaserne er en væsentlig Ulempe.

Kviksølv-Kedlen

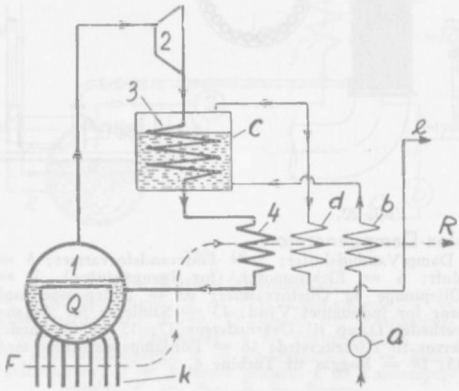


FIG. 21

Kviksølv- og Vanddamp-Kedelanlæg. (Flerstofanlæg.)

1 = Kviksølvkedel; 2 = Kviksølvturbine; 3 = Fortætningssnegl; 4 = Kviksølvforvarmer; a = Vand-Fødepumpe; b = Fødevandsforvarmer; c = Kondensatorkedel for Vanddampdannelse og Kviksølvkondensation; d = Vanddamp-Overheder; e = Afgang for Vanddamp til Forbrugssted; F = Fyr; R = Røggas; K = Kviksølvrør; Q = Kviksølvfortrænger.
1 til 4 Kviksølvkredsløb; a til e = Vandkredsløb.

udføres altid som Flerstof-Anlæg. Princippet er vist i Fig. 21. Kviksølvkedlen 1 giver Kviksølvdamp til Turbinen 2, og Fortætning sker i Kondensatorkedlen, hvor Dampenes bundne Varme gennem Rørsneglen 3 afgives til Vanddampdannelse paa Kondensatorens »Svalevandsside«. Den herved dannede Vanddamp passerer en Overheder d og gaar gennem e til Forbrugsstedet med Tilbageføring gennem Fødepumpen a og Fødevandsforvarmeren b. Kviksølvet løber ved eget Tryk tilbage til Kedlen gennem Kviksølvforvarmeren 4.

Den termiske Virkningsgrad er meget høj (op til 54 %). Varmeforbruget 2350 kcal/kWh. Kviksølvtrykket overstiger ikke 3 til 5 ato.

Kviksølvkedelanlæg forekommer med Ydelser over 20000 kW.

NYEBOE & NISSEN A/S

INGENIØRFORRETNING & MASKINFABRIK

Telf.: Central 5600 — Tlgr.Adr.: Mibnyeboe

Vesterbrogade 123 — København V.

Vandreriste med Underblæst

Underfeed Stokers

Frit ophængte Fyroverdækninger, System „Usco"

Automatiske, selvregistrerende Røggasanalyseapparater „Cocoo"

Kultransportanlæg

Slaggetransportanlæg

Sodblæsere

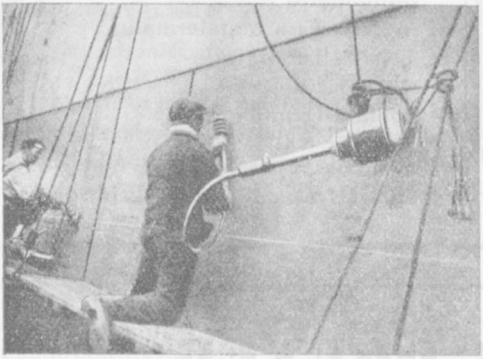
Pasteuriseringsapparater

HERSKIND & WULFF

AMALIEGADE 41 - KØBENHAVN K.

TELEFON 8712

MEKANISK KEDELRENSNING OG RUSTBANKNING



Kedel- & Rustbankningsmaskinen »ULV«

udfører 8 Mands Arbejde

Reservedele - Bøjelige Aksler & Slanger
Tryklufthamre etc.

Kedelstensbriketten »Renso«

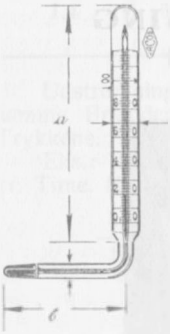
H & W »Rensolin«

til Rensning af Sten i Kondensatorer, Kølekapper etc.

H & W Dæklak

H & W Olie

GLASTEKNIK JACOB KØBENHAVN
GRUNDL. 1876 HAUSERPL.



Vi fabrikerer og leverer:

Fødevands-Kontrol-Apparater
Røggas- Orsat-Apparater
Termometre (Glas-Instrumenter)
med eller uden **Metalarmatur**
saavel til **Laboratorie-**
som til industrielt Brug.
Kontakt-Termometre

Alle Glasapparater
og Glasvarer til Brug i Laboratorier

KR. DREYER

Dansk mek. Kedelrensnings- & Isolationsforretning

KØBENHAVN K . TELF. C. 5241

KR. DREYER
NYHAVN 57

Kedelrensning
Rustbankning
Sandblæsning
Isolering
af Damp-, Varme- og Køleanlæg

Ing. H. DREYER, Privat Telefon Helrup 6373

VAND · DAMP · LUFT
APPARATER TIL BEHANDLING AF

Fødevandsbehandlingsanlæg
for enhver Kedeltype og ethvert
Arbejdstryk afpasset efter Vandets
Sammensætning
og Dampens Anvendelse:

Afkarboniseringsanlæg
med eller uden Katalysator
Slamtilbageføringsanlæg
Baseombyttende Anlæg
Afluftningsanlæg
Rensning af olieholdigt Kondensat

Green's Economisere

Centrifugalfødepumper
elektromotordrevne
og dampturbinedrevne

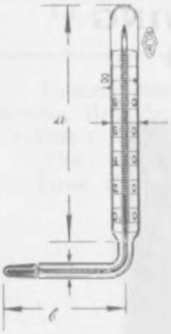
Damppumper

Copes Fødevandsregulatorer

Adm. Direktør: Ing. T. C. Thomsen, cand. polyt., M. Ing. F.
Christiansgade 22 . København K . Tlf. Ctr. 4726

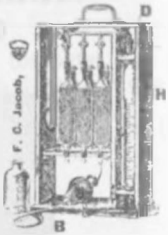
J. Krüger A/S

GLASTEKNIK JACOB KØBENHAVN
GRUNDL. 1876 HAUSERPL.



Vi fabrikerer og leverer:

Fødevands-Kontrol-Apparater
Røggas- Orsat-Apparater
Termometre (Glas-Instrumenter)
med eller uden **Metalarmatur**
saavel til **Laboratorie-**
som til industrielt Brug.
Kontakt-Termometre



Alle Glasapparater
og Glasvarer til Brug i Laboratorier

KR. DREYER

Dansk mek. Kedelrensnings- & Isolationsforretning

KØBENHAVN K . TELF. C. 5241

Kedelrensning
Rustbankning
Sandblæsning
Isolering
af Damp-, Varme- og Køleanlæg

Ing. H. DREYER, Privat Telefon Helrup 6373

Føde- og Kedelvand.

Vandets Haardhed

deles i to Hovedgrupper, temporær og permanent Haardhed, som tilsammen udgør Totalhaardheden. Den temporære Haardhed (eller Karbonathaardheden) udgøres af kulsure Salte, den permanente Haardhed (eller Mineralsyrehaardheden) af svovl-, klor-, salpeter- og kiselsure Salte af Kalcium og Magnium.

Haardheden maales i Grader. 1 tysk Haardhedsgrad (°d) svarer til 10 mg CaO(Kalciumoxyd) pr. Liter Vand eller den ækvivalente Mængde MgO(Magnesia), som er 7,14 mg pr. Liter Vand.

1°d = 1,25° Haardhed i engelsk = 1,79° Haardhed i fransk Skala.

Blødt Vand har total Haardhed 0—8°d, middelhaardt Vand 8—16°d, og haardt Vand over 16°d. Nordsøvand (Borkum) har 311°d.

Haardhedsgradens Bestemmelse.

Sæbevandsprøven: Hertil anvendes en Rysteflaske med Glasprop og Inddeling til 40 cm³ samt en Draabebyrette inddelt i Haardhedsgrader. Rysteflasken paafyldes 40 cm³ af Vandprøven, og Draabebyretten fyldes til sit Nulmærke med Sæbeopløsning af særlig Slags og bestemt Styrke. Herefter hældes nogle faa Draaber fra Byretten over i Rysteflasken. Glasproppen isættes, og der foretages kraftig Omrystning. Fremkommer der intet Skum paa Vandoverfladen, tilsættes mere Sæbeopløsning og saaledes fremdeles, indtil der danner sig et ca. 5 mm Skumlag, som ikke forsvinder, naar Flasken holdes rolig et Par Minutter. Det Tal, hvortil Sæbeopløsningen er sunket i Draabebyretten, angiver da Vandets Haardhed. Anvendt paa raat Vand faas Totalhaardheden, hvorimod der, naar Vandet har været kogt (og afkølet), faas permanent Haardhed. Differencen er temporær Haardhed.

Alkalitetsprøven: 100 cm³ Raavand tilsættes 2 a 3 Draaber Metylorange (0,2 % Opløsning i destilleret Vand), hvorefter der tilsættes $^1/_{10}$ n-Saltsyre, indtil Farveomslag fra gult til orange sker (Vandet rystes). Eventuel Kulsyre fjernes ved i nogle Minutter at gennemblæse Vandet med Luft, og den muligt skete Tilbagegang til gul Farve imødegaas ved fornyet Tilsætning af Syre, indtil Orangefarven paany indtræder. Totalforbruget af Syre multipliceret med 2,8 giver da Vandets temporære Haardhed. Herefter tilsættes Vandet 5 til 6 Draaber Fenolftalein (1 % Opløsning i Alkohol), og Syreoverskuddet afsvækkes med 1 til 2 Draaber $^1/_{10}$ n-Ætsnatron, hvorved

indtræder svag Rosafarvning. Tilsidst tilsættes $^1/_{10}$ n-Kaliumpalmitat, indtil blivende karmoisinrød Farve indtræder. Antal cm³ Kaliumpalmitat multipliceret med 2,8 giver nu Totalhaardheden i °d.

Kontrol af Sodatilsætning.

Ved en Del Anlæg og især i Skibe forekommer det hyppigt, at Vandets Haardhed udelukkende bekæmpes inde i Kedlen og som oftest gennem Tilsætning af Soda, som da har den dobbelte Opgave at forhindre eller afsvække Kedelstensdannelsen samt forebygge Tæringer. Skal dette lykkes, maa der sikres Kedelvandet en vis Alkalitet, men uden at denne antager større Værdi end netop paakrævet til Opgavens Løsning. Den nødvendige Kontrol kan gennemføres ved Hjælp af det nedenfor beskrevne Apparat, hvis enkelte Dele er vist i Fig. 1. Forinden Brug klargøres Apparatet, som følger: Glasset A paafyldes koldt Kondensatvand til 60 cm³ Mærket og derefter fra en Draabeflaske 20 cm³ $^1/_{20}$ n-Natriumkarbonat med tilsat Metylrødt (Indikatorvædske), som farver Vandet svagt gult. Af den 80 cm³ Blanding overføres herefter saa meget til Titrérrøret B, at Vædskeoverfladen i dette staar over et med en Blyantstreg, som afsættes paa Rørets matterede Stribe ca. 100 mm fra dets Bund. Nøjagtig Paafyldning opnaas ved Hjælp af den viste Pipette. Fra en anden Draabeflaske tilsættes den almaalte Mængde derefter gradvis og under Omrystning $^1/_{50}$ n-Svovlsyre, indtil den gule Tone skifter til tydelig Rosafarve. Den fremkomne Vædskehøjde afmærkes med Streg paa Matstriben. Processen gentages med koldt Spædevand og midt imellem de for Farveskiftning afsatte Blyantstreger trækkes en tydelig Streg, som herefter er Apparatets Nulpunkt. Delene renses (skylles), og en Kedelvandsanalyse kan tages. Glasset A paafyldes varmt Kedelvand til 60 cm³ Mærket og derefter som før 20 cm³ $^1/_{20}$ n-Natriumkarbonat. Der gives 5 Minutters Reaktionstid, og gennem Filterpapir og Tragt overføres derpaa en Del af Blandingen til Titrerrøret B indtil Standhøjde over et med den 100 mm fra Rørets Bund afsatte Mærkestreg. Nu tilsættes gradvis og under Omrystning $^1/_{50}$ n-Svovlsyre, indtil Rosafarve indtræder. Sker Farveomslaget, inden Nulpunktstregen naas, er den dagligt tilsatte Sodamængde for lille og maa derfor forøges. Indtræder Farveomslaget netop ved Nulpunktstregen, betyder dette, at der tilsættes nøjagtigt den rette Mængde Soda, men indtræder

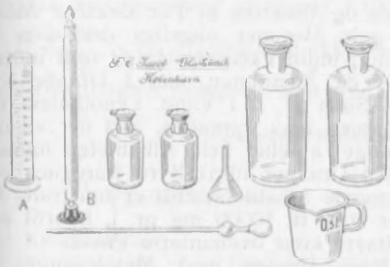


FIG. 1
Kedelvands-Kontrolapparat.

Omslaget først efter, at Nulpunktet er passeret, angives herved, at der er tilsat for meget Soda, og den daglige Mængde maa formindskes, eventuelt helt ophøre nogle Dage. Det tilraades dog at holde Farveomslaget beliggende 5 til 6 Millimeter over Nulpunktet for derved at imødegaa Analysefejl. Kontrol foretages daglig, indtil det rette Kvantum Soda er fundet og derefter med passende Mellemrum. Nyt Nulpunkt bestemmes, hver Gang ny Kemikaliebeholdning tages i Brug, samt naar Raavandet skifter Karakter. Efter Brug renskylles Apparatdelene.

Det beskrevne Apparat giver ikke noget eksakt Udtryk for Alkaliteten, men paaviser, at de ønskede Reaktioner er fuldbyrdede. Ønskes Alkaliteten bestemt, maa særlig Prøve foretages.

Alkalitet.

100 cm³ Kedelvand filtreres og tilsættes et Par Draaber Metylrødt, hvorved Vandet farves gult. Herefter tilsættes draabevis $^1/_{10}$ n-Saltsyre under stadig Omrøring, indtil Farveomslag til rødt indtræder. Forbruget af Syre angiver da Alkaliteten, idet 1 Draabe Syre modsvarer ca. 100 mg vandfri Soda pr. 1 l Vand. Fenolftalein kan ogsaa anvendes som Indikator, men maa fraraades, idet der vil indtræde Forstyrrelser, saafremt noget af eller hele Alkaliteten hidrører fra Ætsnatron. De første 3 til 4 Draaber tilsat Syre fraregnes som omsat af Kiselsyre. Den paakrævede Alkalitetsværdi er omstridt. Angivelserne ligger dog inden for 1000 til 10000 mg pr. l, hvortil svarer 10 til 20 Draaber $^1/_{10}$ n-Saltsyre efter ovenanførte Prøve.

I andre Tilfælde gennemføres Prøven med Metylorange, $^1/_{10}$ n-Saltsyre samt 50 cm³ Vand, og Alkaliteten bør da svare til et Syreforbrug paa 10 til 15 cm³ Syre. Er Vandet meget urent og Farveskelning vanskelig, kan Bromfenolblaat anvendes i Stedet for Metylorange. I begge Tilfælde fradrages 1 til 2 cm³ Syre som omsat af Kiselsyre.

Undersøgelse af Vand fra Kalk-Soda-Anlæg.

1) Der udtages en 100 cm³ Vandprøve, som afkøles og tilsættes 2—3 Draaber Fenolftalein samt 20 cm³ Bariumklorid (20 % Opløsning). Hvis Prøven bevarer sin røde Farve, er der Hydroxyd-Overskud, hvilket der b ø r være. I modsat Fald er Kalktilsætningen for ringe. Prøven bør dog affarve ved Tilsætning af 0,1 til 0,2 cm³ $^1/_{10}$ n-Saltsyre.

Hvis Kalktilsætningen er rigtig, prøves Sodatilsætningen ved at tilsætte 2 Draaber Metylorange til en 100 cm³ Vandprøve. Der tilsættes derefter $^1/_{10}$ n-Saltsyre, indtil Orangefarve indtræder, og der s k a l foreligge Alkalitet, men Værdien herfor vil afhænge af de herskende Forhold. Fuldstændig Fældning af Sulfathaardheden kræver Alkalitet svarende til 2 cm³ Saltsyre, men da dette i Reglen ikke taales, maa man affinde sig med, at Vandet indeholder en vis Resthaardhed.

2) 100 cm³ koldt Vand farves med 2—3 Draaber Fenolftalein (hvis Rødfarvning ikke sker, savner Vandet Alkalitet). Der titreres med (tilsættes) $^1/_{10}$ n-Saltsyre, indtil den røde Farve forsvinder, og forbrugt cm³ Syre noteres. Til samme Vandprøve tilsættes 2—3 Draaber Metylorange, og der titreres til orange med Syre. Fenolftaleinalkaliteten kaldes p, Metylorangealkaliteten (samlet Syreforbrug) m. De noterede Tal multipliceres med 2,8 og benævnes P og M, hvorefter man har:

P = M. Vandets Alkalitet bestaar væsentligst af Ætsnatron eller af Kalk eller af begge Dele. For Bedømmelse af, hvilket Tilfælde der foreligger, tages Vandets Haardhedstal H til Hjælp.

M = H. Hovedsagelig Tilstedeværelse af Kalk. Der arbejdes med Kalkoverskud og Sodamangel.

M < H. Samtidig Tilstedeværelse af Kalk og Ætsnatron. Der arbejdes med Overskud af saavel Kalk som Soda.

$P = \frac{M}{2}$. Hvis Haardheden ikke overstiger 1 til 3°d, maa Rensningseffektiviteten betegnes som god.

$P > \frac{M}{2}$. Der arbejdes med Kalkoverskud.

$P < \frac{M}{2}$. Vandet indeholder endnu Bikarbonater. Der arbejdes med Kalkmangel.

P = o og M > o. Udelukkende Tilstedeværelse af Bikarbonater. Der arbejdes med Kalkmangel.

Alkaliteten bestemt ved p og m.

$m \cdot 53$ = samlet Alkalitet i mg/l Soda (Na_2CO_3).
$(2p - m)40$ = Natronalkaliteten i mg/l Ætsnatron (NaOH).
$(m - p)106$ = Sodaalkaliteten i mg/l Soda (Na_2CO_3).

Hvis m > 2p, viser dette, at der ikke forekommer Ætsnatron i Vandet, men at en Del af eller den samlede Sodamængde af fri Kulsyre (CO_2) er omdannet til Bikarbonat ($NaHCO_3$). I dette Tilfælde (samtidig Tilstedeværelse af Soda og Bikarbonat) faar man:

$2p \cdot 53 = 106 \cdot p$ mg/l Soda og
$(m - 2p)84$ mg/l Natriumbikarbonat.

Hvis p = o, bruges den sidste Formel til Beregning af Bikarbonat.

Saltindholdet

eller Tætheden. Foruden den almindelige »Saltmaaler« benyttes Aerometret, som er inddelt i Beaumé-Grader (°Bé). I Almindelighed regnes 2°Bé for tilladeligt, men dog, at højt Tryk og stor Belastning kræver betydeligt lavere Værdier (under 0,5°Bé). Til 0,1°Bé

svarer ca. 1000 mg/l Saltkoncentration. Ved moderne Kedelanlæg benyttes hyppigt elektriske Saltmaalere, hvor Vandets større Ledningsevne under Nærværelse af Salt nyttiggøres til Maaling.

Sølviltepr øven anvendes til Paavisning af utætte Kondensatorrør eller lignende. En Vandprøve udtages i et Porcellænsbæger og tilsættes et Par Draaber Salpetersyre (Omrøring), indtil blaat Lakmuspapir farves rødt ved Dypning i Vandet. Herefter tilsættes kulsur Kalk i smaa Portioner (Omrøring), indtil blaat Lakmuspapir ikke mere rødfarves. Vandet er nu neutralt, og efter et Øjebliks Henstand afmaales af Bægerets øverste Indhold 10 cm^3 i et inddelt Maalerør, hvorefter der tilsættes en Draabe kromsur Kali. Røret rystes, og der tilsættes under fortsat Omrystning nogle Draaber salpetersurt Sølvilte (Helvedessten), indtil alt Klor er udskilt sammen med Sølviltet til Klorsølv. I Mætningsøjeblikket indgaar den frie Rest salpetersurt Sølvilte Forbindelse med den tidligere tilsatte Draabe kromsur Kali og danner Kromsølv, som er blodrødt. Prøven er afsluttet, og Vædskehøjden i Maalerøret giver Saltkoncentrationen i $^1/_{10}$ %.

Natrontal

er et Udtryk for Kedelvandets Alkalitet. Almindeligvis kræves mindst 400 mg/l NaOH. Hertil svarer 1,850 mg/l Na_2CO_3, og de to Alkalier erstatter da hinanden i Forholdet 1:4,5, og man har:

$$\text{Natrontal} = \text{NaOH} + \frac{Na_2CO_3}{4{,}5}$$

hvor NaOH og Na_2CO_3 er Kedelvandets Indhold af henholdsvis Ætsnatron og Soda. Natrontallets Maximum angives til 2000, ved Højtrykskedler betydeligt mindre.

Fosfatindhold.

Et Reagensglas med Stregdeling for 1—2,5—5 og 10 cm^3 fyldes med f. Eks. 10 cm^3 klaret Kedelvand (uklart Vand filtreres), som rødfarves ved Tilsætning af 1 til 2 Draaber Fenolftalein. Vandet affarves derefter ved draabevis Tilsætning af Saltsyre (Normalitet 0,1), og der tilsættes en Knivspids Kogesalt samt, naar dette er opløst, 3 til 6 Draaber Sulfomolybdæn-Opløsning. Til Slut nedsænkes en Strimmel Tinfolie i Glasset, dette rystes og henstaar nøjagtig 10 Minutter, hvorefter Foliestrimlen tages op. Reagensglasset holdes nu foran en Farveplade med tre Toner i blaat (mørkeste Tone tilhøjre). Saafremt Vandprøvens Farve er mørkere end den mørkeste Pladefarve, maa Forsøget gøres om med f. Eks. kun 5 cm^3 Kedelvand samt Opfyldning herfra til 10 cm^3-Mærket med destilleret Vand (eller Kondensat). Naar man har faaet Prøvens Farve lagt inden for Farvepladens Omraade, vil Indholdet af Fosfat — bestemt som P_2O_5 — følgende Samhørigheden af Vandprøvens og Fladens Farve være som angivet i nedenstaaende Tabel.

Trinatriumfosfatoverskuddet bør være beliggende mellem 50 til 150 g/m^3 Kedelvand, hvortil svarer 10 til 30 mg/l P_2O_5.

Prøveglasset indeholder		Kolomimetrets Farve svarer til nedenstaaende Indhold af P_2O_5 i Vandprøven, angivet i mg/l.		
Vandprøve cm^3	Dest. Vand cm^3	lys	mellem	mørk
10	0	1	3	5
5	5	2	6	10
2,5	7,5	4	12	20
1	9	10	30	50

pH-Værdi.

Betegnelsen pH (elektrolytisk Dissociation) betyder Brintionkoncentration. Bruges som Maal for en vandig Opløsnings Tilstand i sur eller basisk Henseende. Rent, neutralt Vand har pH-Værdi 7(egentlig Brintionkoncentration 10^{-7}). Tilsættes rent Vand en Base, forøges pH-Værdien (Vandet er alkalisk), men tilsættes Syre, falder pH-Værdien (Vandet er surt). pH-Værdi er en nøjagtigere Angivelse end den, der opnaas ved Titreranalyse.

Iltindholdet

bestemmes hyppigst efter Winkler's Metode.

Vandrensning.

Det bedste Fødevand er Kondensat eller destilleret Vand, men selv dette saltfrie Vand bør forbehandles, inden det anvendes til Fødning af Kedler med højt Tryk.

Raavandet, hvoraf Føde- eller Spædevandet fremstilles, er enten Borevand, Indsø- eller Flodvand helt ubehandlet eller i Form af Vandværksvand. Ligegyldigt hvilken af disse Former, der anvendes, indeholder Vandet en Række Urenheder, som maa fjernes eller uskadeliggøres for derved at forebygge Kedelstensdannelser samt Materialetæringer og Forurening af den producerede Damp. Raavandsanalyserne i Tabel 1 giver et Overblik over de sædvanligt i Vandet forekommende fremmede Bestanddele. For Kedelfødningens Vedkommende er det navnlig Kalks og Magniums Kulsyre- og Svovlsyreforbindelser, der kommer i Betragtning, idet disse Forbindelser sammen med visse andre bestemmer Vandets Haardhed. Den Haardhed, som skyldes Kulsyreforbindelser, kaldes temporær, fordi den kan fjernes alene ved Kogning, medens den Haardhed, som skyldes Svovlsyreforbindelser, kaldes permanent, fordi den først fjernes ved Fordampning. Haardhed er Skyld i Kedelstensdannelse, medens Vandets Indhold af Ilt og Syrer fremkalder Tæringer. Endelig vil saavel Salte som organiske Stoffers Tilstedeværelse i Kedelvandet fremme Dampens Forurening. Fordringerne til Fødevandet afhænger dog af baade Kedeltryk, Kedeltype, Kedelbelastning og den producerede Damps Anvendelse, hvorfor Kravene maa opstilles med disse Forhold taget i Betragtning.

Kedlen som Vandrenser.

Den simpleste Vandrensningsmetode er til Fødevandet at tilsætte et Kemikalie — almindeligvis Soda — og derefter lade selve Kedlen være Vandrenser. Reaktionsforløbet er da følgende: Vandets temporære Haardhed fældes alene ved Varmepaavirkning, medens den permanente Haardhed under Paavirkning af Soda og/eller Trinatriumfosfat omsættes til andre og mindre skadelige Forbindelser, saaledes som det fremgaar af Tabel 2. Man ser, at der foruden Ud- og Bundfældning af tungtopløselige Bestanddele, Karbonater henholdsvis Fosfater, stedse fremkommer et opløseligt Natriumsalt.

Tabel 1.

	Borevand mg/l	Overfladevand mg/l
Inddampningsrest (120°C)	427	260
Ammoniak (NH_3)	0	0,4
Salpetersyrling (N_2O_3)	Spor	Spor
Salpetersyre (N_2O_5)	0	0
Fosforsyre (P_2O_5)	Spor	Spor
Saltsyre (Cl)	43	32
Kiselsyre (SiO_2)	24	5
Svovlsyre (SO_3)	13	19
Kulsyre (CO_2), total	357	141
do. , fri	51	11
do. , halvb.	153	65
Kalk (CaO)	120	78
Magnesia (MgO)	65	12
Jern (FeO)	0,7	0,6
Mangan (MnO)	0	0,15
Haardhed, total	21,1°	9,5°
do. , permanent	1,6°	1,2°
do. , temporær	19,5°	8,3°
Ilt til Iltning af organisk Stof	1,6 mg/l	14 mg/l
pH.	7,1	7,4
Farve	Svagt uklar, farveløs	Vandet gult med Lugt af Humus

Tabel 2.

$$Ca(HCO_3)_2 = \underline{CaCO_3} + H_2CO_3 \text{ (eller } H_2O + CO_2)$$
$$Mg(HCO_3)_2 = \underline{MgCO_3} + H_2CO_3 \text{ (eller } H_2O + CO_2)$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = \underline{CaCO_3} + Na_2SO_4$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = \underline{MgCO_3} + Na_2SO_4$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = \underline{CaCO_3} + 2NaCl$$
$$Mg(NO_3)_2 + Na_2CO_3 = \underline{MgCO_3} + 2NaNO_3$$
$$CaSiO_3 + Na_2CO_3 = \underline{CaCO_3} + Na_2SiO_3$$

$$3CaSO_4 + 2Na_3PO_4 = \underline{Ca_3P_2O_8} + 3Na_2SO_4$$
$$3MgCl_2 + 2Na_3PO_4 = \underline{Mg_3P_2O_8} + 6NaCl$$

De i Formlerne understregede Forbindelser er tungtopløselige i Vand og vil derfor blive udfældet som Slam. Tabellens to øverste Ligninger viser den rent termiske Fældning.

Der kan ved denne Fremgangsmaade og ved Kedeltryk ikke over 15 ato opnaas særdeles gode Resultater i Kanalkedler og andre robuste Kedeltyper, men Forudsætningen er, at Kemikalietilsætningen overvaages nøje, samt at der foretages hyppige Udblæsninger fra Kedlen. Hvor det frygtes, at Vandets Sodaoverskud vil blive spaltet til Ætsnatron (Tryk over 13 ato), kan Trinatriumfosfat anvendes til hel eller delvis Erstatning af Soda, men det maa i saa Fald iagttages, at Fosfatet udelukkende tilsættes under Perioder, hvor der intet Raavand er i Fødevandet eller, at det indføres direkte i Kedlen. I modsat Fald omdannes Fosfatet til Soda og er ofret forgæves.

Kalk-Soda-Metoden.

Denne Fremgangsmaade er især egnet for Vand med overvejende temporær Haardhed. En kendt Form er Vandrenseren med Vippeskaale. Ved dette og lignende Anlæg beregnes den nødvendige Kalk- og Sodamængde af følgende Formler:

Kalk. $K = 10\ H_t + 1{,}4\ M + 1{,}27\ C$,

hvor K = mg CaO pr. l Vand. H_t = Raavandets temporære Haardhed. M = Indhold af Magnesia i mg/l Raand. C = Indhold af fri Kulsyre i mg/l Raavand. Kalciumhydroxydmængden er da givet ved: 1,32 K.

Soda. $S = 18{,}9\ H_p$,

hvor S = mg Soda pr. l Vand og H_p = Raavandets permanente Haardhed.

Til beregnet Sodamængde tillægges ca. 60 mg/l Vand.

Afkarboniseringsanlæg.

Hvor kun den temporære Haardhed kræves fjernet (Varmtvandsanlæg, Industrivand o. l.), kan det i Fig. 1 viste System benyttes. Raavandet løber gennem Vandfordeleren a til Tilsætningsmekanismen b, hvor Kemikaliet tilsættes proportionalt med Raavandsmængden. Fra b videreføres Vandet til en Katylasator c, som er fyldt med krystallinsk kulsur Kalk. Katalysatoren har den Virkning over for Vandets fremmede Bestanddele, at disses Udfældning sker betydeligt hurtigere end normalt, hvilket giver en tilsvarende Forøgelse af Rensningskapaciteten. Fra Toppen af Katalysatoren er der Overløb til Rummet d med Videreføring af Vandet op gennem e.

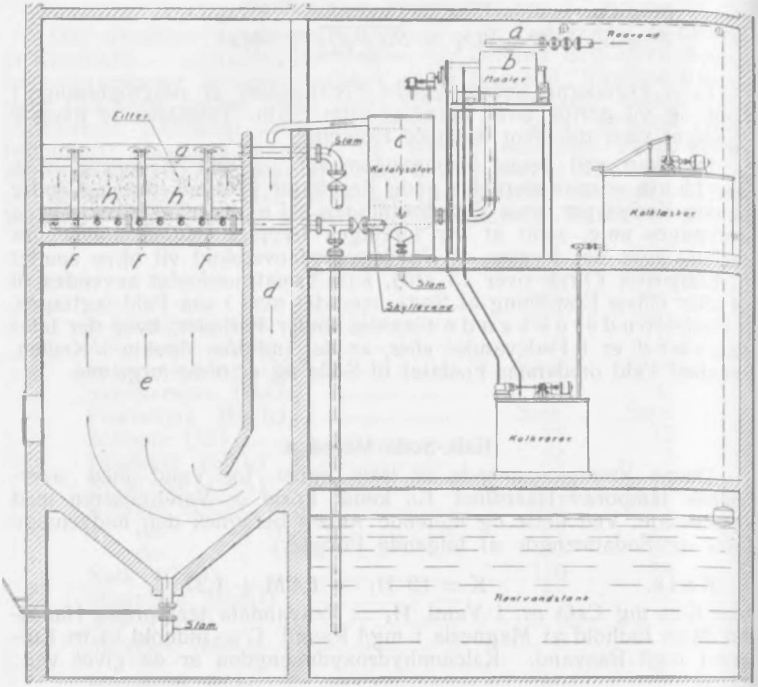


FIG. 1.
Afkarboniseringsanlæg.

Hovedparten af Urenheder bundfældes i e og fjernes gennem en Slamhane. Pilene viser Vandets videre Strømning op gennem Rørene f og derefter nedad gennem Filtermassen h, hvorefter Bortledning til Rentvandstanken sker gennem Røret j. Kalklæsker med Kalkrører er anbragt i Rummet tilhøjre. Naar Filtret er tilslammet, returskylles det med rent Vand nede fra op. Skyllevand tages fra en Højdebeholder eller Pumpe. Katalysatoren renses ved Trykluftgennemblæsning fra Bunden opefter, hvorved Luften løsriver Urenhederne, som derefter af selve Vandstrømmen overføres til Bundfældningsbeholderen. Udslamning (ca. ½ Time) foretages et Par Gange i Døgnet.

Ønskes den permanente Haardhed ogsaa fjernet (Vand til Kedelfødning), forsynes Anlægget med Tilsætningsmekanisme for saavel Kalk som Soda, og man har da et hurtigt arbejdende K a l k-S o d a-V a n d r e n s n i n g s a n l æ g.

Kedelvandstilbageføringsmetoden.

Der anvendes udelukkende Soda (Fig. 2). Temporær Haardhed fældes dels termisk og dels kemisk under Paavirkning af Ætsnatronindholdet i det tilbageførte Kedelvand (i Kedlen omdannes en Del af Sodaindholdet til Ætsnatron), medens Soda, som tilføres fra Beholderen 11 fælder den permanente Haardhed. Raavand

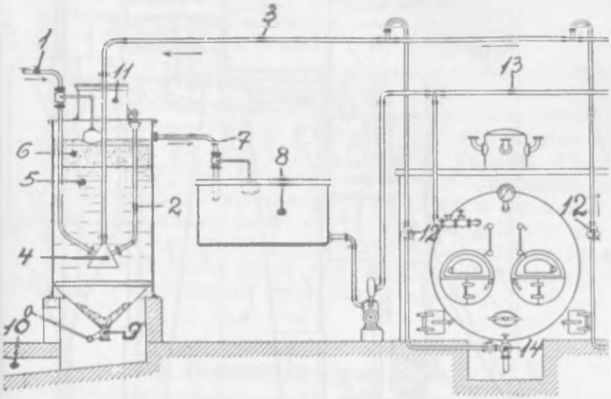


FIG. 2.
Vandrensningsanlæg med Kedelvandstilbageføring.

fra Rør 1, Soda fra 2 samt tilbageført Kedelvand fra 3 ledes til en tragtformet Klokke 4, blandes og strømmer ud i Rensebeholderen 5, hvor Fældningen sker. Vandet stiger derpaa op gennem et Træuldsfilter 6 til Afgangsrøret 7, medens udskilt Slam samles i Rensebeholderens Bund og afdrænes gennem Slamhane 9 og Slamkanal 10. Fra Kedlens Bundventil 14 afgrenes Kedelvandstilbageføringsrøret 3, som vist med Reguleringshane 12 for hver enkelt Kedel. Tilbageført Vandmængde andrager fra 5 til 10 % af Raavandsmængden. I Kedlen sker en Efterreaktion, og det herved fældede Slam føres med Kedelvandet til Rensebeholderen og afdrænes sammen med de øvrige Fældningsprodukter. Vandet kan afhærdes ned til 2°d. Kontrollering bestaar i Sæbevandsprøve for Haardhed samt Alkalitetsundersøgelse.

Der anvendes baade Kalk og Soda. (Fig. 3). Raavand tilføres gennem Hovedrøret a, passerer Vandfordeleren b og afgrenes i en Hovedstrøm til Forvarmeren c samt en Bistrøm til Kalkmætteren r. Fra sidstnævnte føres kalkmættet Vand over i den nedre Del af c, hvortil ogsaa føres Soda fra Beholderen d foroven tilvenstre. Blandingen (Vand, Kalk og Soda) synker herefter ned gennem Klaringsbeholderen e, som har tiltagende Tværsnitsareal nedefter, hvilket

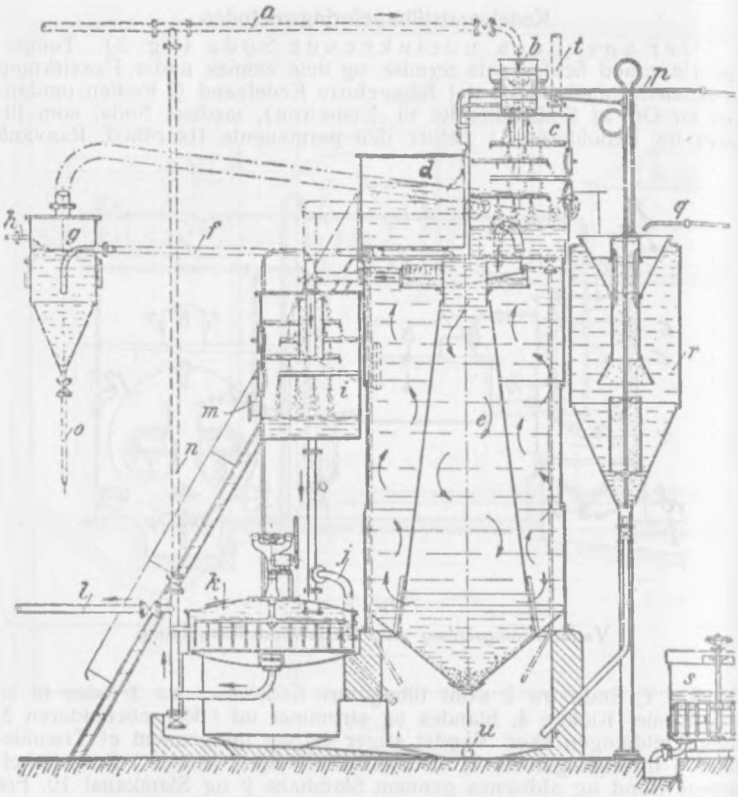


FIG. 3.

Kalk-Soda Vandrensningsanlæg (med Kedelvandstilbageføring).

gennem den mindre Strømhastighed fremmer Urenhedernes Udfældning. Pilene viser, at Vandstrømmen vendes ved Beholderens Bund, og Vandet føres nu opad i Rummet uden om Klokken, indtil Overløb sker til Aflufteren i foroven tilvenstre. Her bringes det i Kaskade nedfaldende Vand i Berøring med Damp (fra egnet Spildedampledning), hvorved dets Temperatur hæves til op mod Kogepunktet. Heraf følger en forenet termisk-kemisk Afluftning, inden Faldet fortsættes nedad gennem Filteret k. Fra Undersiden af dette fører Afgangsrøret l til Rentvandstanken. En vis Mængde Kedelvand føres gennem Røret h til Trykudligneren g, hvor det større Rumfang giver

Udligning til atmosfærisk Tryk under samtidig Fordampning af en Del af Vandet. Denne Damp ledes til Raavandsforvarmeren c, medens Restvandmængden gennem Røret f føres til Klaringsbeholderens øverste Del og her nyttiggøres, dels ved sit Varmeindhold og dels ved sit Indhold af Ætsnatron og Soda. Overskydende Damp fra Aflufteren føres ligeledes til Raavandsforvarmeren. Udfældet Slam afdrænes fra Klaringsbeholderens samt Trykudlignerens Bund. Der kan opnaas Afhærdning ned til 1°d. Eventuelt udføres Anlæggene for hel eller delvis Anvendelse af Trinatriumfosfat som Erstatning for Soda (over 18 til 20 ato Kedeltryk bør Fosfat altid anvendes).

Friskning af Kedelvandet — d. v. s. Reduktion af dets Indhold af letopløselige Salte — er et i baade økonomisk og rent driftsmæssig Henseende vigtigt Problem. Hele den bundne og en væsentlig Del af den frie Varme kan forinden Vandets Afblæsning til Kloak udvindes til nyttigt Formaal ved at lade Udblæsningen forløbe over en Udblæsningsforvarmer (f. Eks. System Neckar V. & K.). Princippet er, at Vandet under Trykreduktion afgiver sin bundne Varme, der som Damp nyttiggøres andet Sted, medens tilbageblevet og saltkoncentreret Vand inden den endelige Udblæsning til Kloak anvendes til Forvarmning af Raa- eller Fødevand.

Baseombytningsmetoden.

Denne Fremgangsmaade til Vandblødgøring grunder sig paa, at forskellige Natrium-Aluminiumsilikater, naar de anvendes som Filtre, kan ombytte deres Indhold af Alkalier med Kalcium og/eller Magnium. Eksempler herpaa er:

$$Na_2P + Ca(HCO_3)_2 = CaP + 2NaHCO_3$$
$$Na_2P + Mg(HCO_3)_2 = MgP + 2NaHCO_3$$
$$Na_2P + CaSO_4 = CaP + Na_2SO_4$$
$$Na_2P + MgSO_4 = MgP + Na_2SO_4\,,$$

i hvilke Formler det baseombyttende Middel er betegnet P. De ved Ombytningen skabte nye Forbindelser, Natriumbikarbonat ($NaHCO_3$) samt Natriumsulfat (Na_2SO_4), er begge opløselige Salte, hvorfor Vandet efter Behandlingen er fuldstændig blødgjort eller afhærdet. Anvendt som Kedelfødevand vil det dog være uheldigt, at $NaHCO_3$ under Vandets Ophedning inde i Kedlen spaltes til Soda og Kulsyre. For at undgaa dette bruges, naar der ønskes Kedelfødevand, først at foretage Afkarbonisering (d. v. s. Fjernelse af den temporære Haardhed, idet det er denne, der under Baseombytningen danner Natriumbikarbonat) og derefter baseombytte den permanente Haardhed. Behandlet paa denne Maade vil Vandet være vel egnet til Fødning endog paa Højtrykskedler. Baseombytningsmetoden er karakteristisk ved, at der ikke, som ved de foran beskrevne Systemer, sker nogen Udfældning i Vandet, og dettes Totalindhold af Salte er derfor større end ved andre Metoder.

Fig. 4 viser Strømløbet i et baseombyttende Filter. Raavandstilførslen sker gennem Røret 1, Ventilen A samt T-Stykket paa Filterbeholderens Top til det indvendige Rør 2, hvorfra Vandfordeling ud over Filtermassen P (Invertit, Farolit, Basolith, Permutit eller lignende) finder Sted. Efter at have passeret selve Filtret synker det nu baseombyttede Vand ned gennem et Kieslag og finder Vej ind i Dyserøret 3, samt derfra videre gennem Rør 4 til Forbrugssted eller Samletank. Under Processen holdes Ventilerne A og B aabne, C, D, E, F og G lukkede.

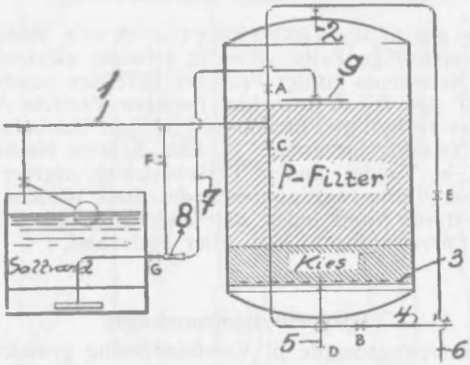


FIG. 4.
Baseombyttende Filter.

Efter et givet Antal Brugstimer vil det baseombyttende Filter være »mættet« og derfor ude af Stand til at fortsætte sin Virksomhed. Der maa da foretages en Regenerering, som indledes med en Returskylning af Filtret. Raavand føres gennem Ventilen C, Rørkrydset og Dyserøret 3 ind i Beholderens Bund, derfra op gennem Filtret til Røret 2 og fra dette gennem Ventilen E til Kloak gennem Røret 6. Ventilerne C og E er aabne, A, B, D, F og G lukkede.

Herefter paafødes en 6 % Kogsaltopløsning fra Tanken tilvenstre (eller fra Højdetank). Indføringen sker gennem Injektoren 8, Røret 7 samt Sprederen 9, hvorefter Saltvandet synker ned gennem Filtermassen, regenererer denne og aftappes gennem Ventilen D og Røret 5. Under denne Proces er F, G og D aabne, A, B, C, og E lukkede. Efter Regenereringen skylles igennem med Raavand, idet alle Ventiler med Undtagelse af A og D holdes lukkede, og først naar Sæbevandsprøve viser, at Vandet er fuldkomment blødt, foretages Omstilling til normal Drift.

Saltforbruget til Regenerationen vil normalt andrage ca. 60 g pr. Haardhedsgrad pr. m^3 Vand. Baseombyttet Vand egner sig fortrin-

ligt til Industribrug samt til Varmtvands-Varmeanlæg og Kølevand til Dieselmotorer.

Baseombytningen kræver, at Vandet er befriet for Olie, organiske Bestanddele, Syrer og Jern. Disse Krav vil normalt være tilfredsstillet forud, men er Jern f. Eks. til Stede i Mængde over 0,3 mg/l, maa Afjerning foretages.

Afjerning

kan ske i et Oxydfilter, hvor Baseombytnings-Filtermassen er præpareret med Magniumklorid samt efterbehandlet med Kalium-Permanganat. Regenerationen foretages som ovenfor beskrevet, dog at der i Stedet for Kogsaltopløsning anvendes en tynd Opløsnng af Kalium-Permanganat. Afjerningen kan ogsaa foretages i lukkede Trykfiltre, som det i Fig. 5 viste. Vandet indføres ved a, støder mod Pladen b, løber over dennes Kant ned gennem Filtermassen c samt Vandsprederne d og videre gennem Samlerørene e til Afgangsrøret f. Under Returskylning indføres Vandet ved f trænger op gennem Filtermassen medrivende afsat Slam, som derefter bortledes gennem Slamskaalen m og Røret g. Rensningen varer ca. 10 Minutter.

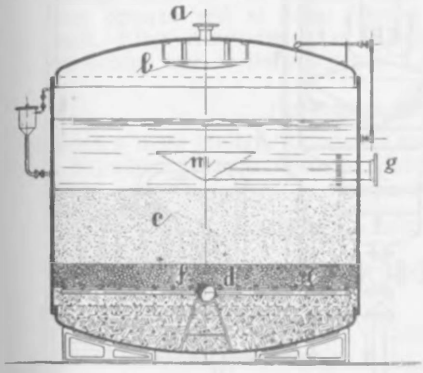


FIG. 5.
Lukket Trykfilter for Afjerning m. m.

Hvor det har Interesse at spare særligt paa Raavandet, benyttes foruden Vandskylningen en Agation af Filtret med Trykluft indført i Sandlaget gennem et separat forgrenet Rørsystem forsynet med en patenteret Anordning af Gummirørstykker til Forhindring af Sandets Indtrængen i Rørsystemet.

Elektrolytisk Koaguleringsfilter.

En meget væsentlig Del af Vanskelighederne ved effektiv Vandafhærdning bestaar i at faa de udskilte Dele til, inden for rimelig Tid, at løbe sammen til filtrerbare Dimensioner. Bestanddelene skal koagulere, men er meget uvillige dertil. Nyere Forsøg har imidlertid vist, at Koaguleringen kan fremmes ad elektrolytisk Vej. Man lader det med Kemikalier behandlede Vand passere et Filter, hvis Masse bestaar af Spaaner fra to Metaller, forskelligt beliggende i den elektriske Spændingsrække. Ved Berøring med Vand vil Massen herefter

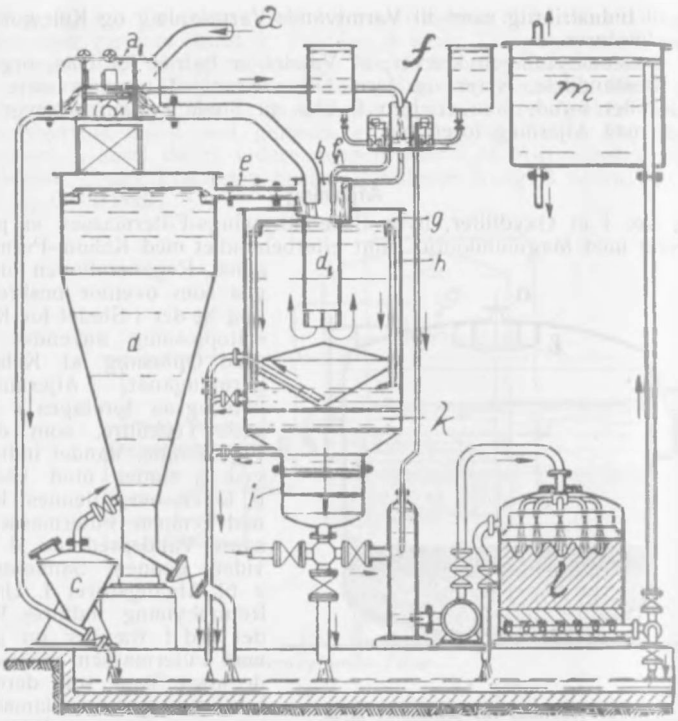


FIG. 6.

Kalk-Soda Vandrensningsanlæg med elektrolytisk Koaguleringsfilter.

virke som et stort Antal kortsluttede galvaniske Elementer, hvis flydende Strøm — Ionvandringen — i udpræget Grad har den Evne at fremme de udfældede Bestanddeles Koagulering. Et Vandrensningsanlæg af denne Type er vist i Fig. 6. Der arbejdes med Kalk og Soda. Raavand tilledes gennem Vandfordeleren a, hvorefter en Hovedstrøm føres til Blanderen d, en Bistrøm til Kalkbeholderen c samt Kalkmætteren d og derfra gennem e til Blanderen. En tredie Strøm tjener som Drivmiddel for Soda-Doseringsanordningen f og har herefter ligeledes Afløb til Blanderen. Til denne føres ogsaa Sodaopløsning gennem f_1. Det kemikaliebehandlede Vand strømmer gennem Nedløbs- og Hvirvlingsrøret d_1 til Reaktionsbeholderen g og stiger opefter i denne under samtidig Udfældning af grovere Urenheder. Ved Beholderens Overkant flyder Vandet over i Lederørene h og derfra gen-

nem et Forfilter k til det elektrolytiske Koaguleringsfilter i. Herfra føres Vandet af en Pumpe gennem Kiesfiltret l til Rentvandstanken m. Der kan opnaas Afhærdning ned til 0,3°d (Fenolftaleinalkalitet af det rensede Vand = 1,2 og Metylorangealkalitet 2,1).

Afluftning

eller Afiltning er særlig paakrævet ved høje Kedeltryk. Ofte kræves her, at Vandets Iltindhold ikke overstiger 0,02 mg/l Vand. Den hyppigst benyttede Fremgangsmaade er Opvarmning af Vandet til Temperaturer op mod Kogepunktet. Herved aftager Vandets Evne til at opløse Ilten i sig (Vanddampenes Partieltryk stiger ved Vandets Opvarmning, indtil de ved Kogepunktet udgør 100 %). Den bedste Afluftning opnaas ved at koge Vandet under atmosfærisk Tryk eller Vakuum. Efter Afluftningen er Vandet meget luftbegærlig og maa derfor holdes ude af Berøring med Luft.

Olieholdigt Kondensat

bør renses mest muligt, forinden Vandet fødes paa Kedlen. Rensning sker hyppigst gennem Filtre af Koks, Kokus eller Svampe o. lign. Gode Resultater faas med Filtret anbragt paa Fødepumpens Sugeside, som vist skematisk i Fig. 7. Filtermaterialet er »Loofasvampe«, som lægges i flere Lag i de optagelige og med perforeret Bund forsynede Filterkasser. Forfiltret tilvenstre kræver hyppigst Rensning (efter 150 til 250 kg Vandgennemløb pr. cm² Gennemstrømningstværsnit). I andre Tilfælde anvendes Olieseparatorer med Systemer af Skilleplader. Vandet opvarmes til ca. 60°. Separatorer med lamellerede, skraatstillede Skilleplader vil gøre god Fyldest i Spildedampledninger. Den bedste Behandling er Elektrolyse-Metoden, hvorunder Olien bringes til at koagulere og derefter frafiltreres. Er Olien gaaet i Emulsion med Vandet, maa der forud for Filtreringen tilsættes et Kemikalie f. Eks. Natriumhydroxyd eller Aluminiumsulfat. Kompounderede Olier er de vanskeligste at udskille og bør derfor saa vidt muligt undgaas.

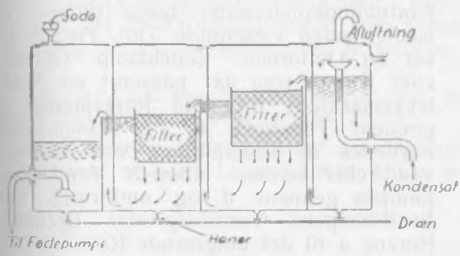


FIG. 7.
Fødevandsbrønd med dobbelt Oliefilter (Loofafiltre).

Vandrensning ved Destillation

vil i mange Tilfælde være paakrævet af Hensyn til Kedlerne. Fremgangsmaade er som Regel, at Vandet, forinden det tilføres Fordamperanlægget, underkastes kemisk Rensning. Højtryksfordampere er

mest almindelige og bygges ofte som Flertrinsanlæg, hvorved forstaas, at første Trins Destillationsdamp anvendes som Kraftdamp i næste Trin og saaledes fremdeles. Anlæggene har Anordning for effektiv Afiltning af det producerede Vand. Forbruget af Kraftdamp pr. kg Destillat er for gode Anlæg:

Enkelttrinsanlæg...	1,1	til	1,3 kg
Totrinsanlæg	0,6	»	0,75 »
Tretrinsanlæg	0,4	»	0,5 »
Firetrinsanlæg	0,35	»	0,4 »

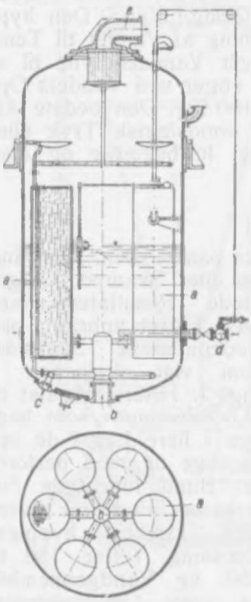


FIG. 8.
Dampomformer.

Dampomformere er en Særform af Destillationsanlæg. Hele den i Kedlen udviklede Dampmængde passerer en Dampomformer (Destillator), hvori Dampens Varmeindhold nyttiggøres til Fremstilling af en Vandmængde, svarende til Forbruget af Industridamp, medens Kraftdampkondensatet føres tilbage til Kedlen uden væsentlige Tab. Fig. 8 viser en Omformer. Kedeldamp (direkte eller Damp, som har passeret en Modtryksmaskine) føres til Rørsystemet a gennem Tilgangen b, og Kondensatet bortledes til Kedelfødning ved c. Raavand eller kemisk tilberedt Vand indpumpes gennem d og omformes ved Kraftdampens Varmeafgivelse (gennem Rørene a til det omgivende Raavand) til Industridamp, som derefter aftages ved e. Spædning til Primærkredsen sker ved Dampudtagning fra Sekundærkredsen.

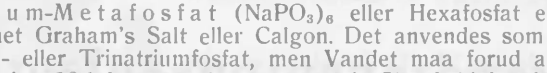
Vandrensningskemikalier.

Foruden de mere alment kendte Kemikalier Soda og Kalk anvendes ved moderne Vandbehandling en Række andre kemiske Forbindelser.

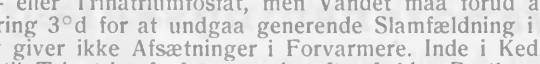
Natriumaluminat (Na_3AlO_3) er et fint hvidt, i Vand opløseligt Pulver. Det anvendes sammen med Kalk-Soda og er navnlig virksom over for Magniumsfældningerne med Hensyn til Fremmelse af Koagulering.

Ammoniak-Natriumdifosfat ($H_4NOH + Na_2HPO_4$) anvendes sammen med Ammonniak for at forebygge Tæringer i et Anlægs Damp- og Kondensatledninger.

Trinatriumfosfat (Na_3PO_4), som er et af Fosforsyrens Salte, egner sig fortrinligt til Efterbehandling af delvis afhærdet Vand eller som eneste Fældningsmiddel. Den temporære Haardhed bør dog helst fældes — termisk eller kemisk —, inden der tilsættes Fosfat, thi dette vil sammen med den temporære Haardhed blive omsat til Natriumbikarbonat, som atter — efter Indføring i Kedlen — spaltes til normalt Karbonat (Soda) og Kulsyre.



$$3Ca(HCO_3)_2 + 2Na_3PO_4 = 6NaHCO_3 + CA_3P_2O_8 \text{ og}$$



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2CO_3$$

Trinatriumfosfat har vundet meget stor Udbredelse og udgør sammen med Soda Hovedbestanddelene af mange »Kedelrensningsmidler.« Uanset Vandets Behandlingsproces anvendes Fosfatet meget hyppigt som Tilsætningsmiddel for selve Kedelvandet.

Natrium-Metafosfat ($NaPO_3)_6$ eller Hexafosfat er kendt under Navnet Graham's Salt eller Calgon. Det anvendes som Erstatning for Di- eller Trinatriumfosfat, men Vandet maa forud afhærdes ned til omkring 3°d for at undgaa generende Slamfældning i Kedlen. Metafosfatet giver ikke Afsætninger i Forvarmere. Inde i Kedlen omdannes det til Trinatriumfosfat, som herefter fælder Resthaardheden. Samtidig bindes forekommende Ætsnatron.

Kalciumaluminat egner sig for Bekæmpelse af Kieselsyre. Det anvendes i et simpelt Filter.

De førende Firmaer inden for Omraadet Føde- og Kedelvandsbehandling er her i Landet Glent & Co. samt A/S J. Krüger.

cand. polyt.
M. Ing. F.
Ingeniør

Glent & Co

C. 13900
København V.
Vestre Boulevard 4

Vandrensningsanlæg

for

Fødevand-
System NECKAR- altid afpasset efter Raavand, Kedelanlæg og Dampanlæg.

Brugsvand-
Afjerningsfiltre, Afgasningsfiltre og Rensningsanlæg for Overfladevand.

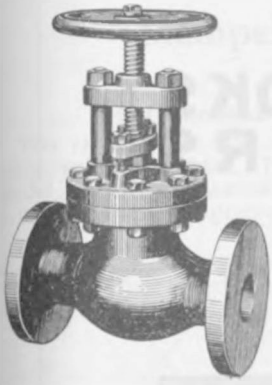
Baseombyttende Filtre
INVERTIT.
Fremstillet paa vor egen Fabrik af færøsk Raamateriel. Mere holdbart og større Ydeevne end noget hidtil kendt naturligt Materiel.

Svømmehaller -komplet Udstyr.

Steriliseringsanlæg for alle Formaal.

AKTIESELSKABET

WEILBACH & COHNS FABRIKER



KEDEL- & MASKINARMATUR

Haner & Ventiler af Metal-, Jern- & Staalgods for Damp, Vand & Gas.
Smøreapparater (Mollerup System)
Reduktionsventiler - Vandudladere

Mariendalsvej 57 - Københ. F.

Telefoner Centr. 1083 & 10083

TELEGRAM-ADR.: ARMATUR

Alle Arter specielle og normale elektriske Maskiner. Modstands-Svejsemaskiner.

Reparationer udføres hurtigt

GENERATOR

ELEKTROMEKANISK ETABLISSEMENT A/S

BORUPS ALLÉ 128 KØBENHAVN N.

TLF.: CTR. 9692* TELEGR.-ADR. GENERATOR

Aktieselskabet

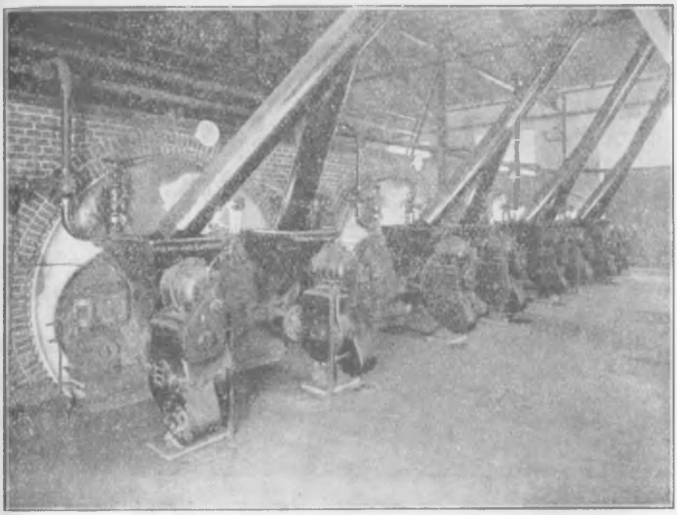
SMITH, MYGIND & HÜTTEMEIER

MASKINFABRIK
KEDELSMEDIE
JERNSTØBERI

Grundlagt 1872

Telgr.-Adr.: „Smithhütte"
Telf. Centr. 803

Nørrebrogade 68
København N.

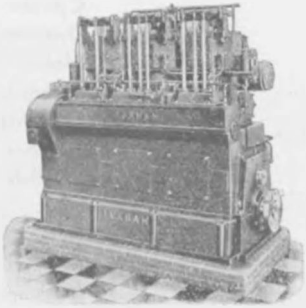


Erith's Underfeed Stoker

Specialfabrik for:

Dampkedler af alle Arter og Størrelser
samt automatiske Underfyringsapparater.

Økonomisk
Driftssikker



TUXHAM

Diesel- og Raaolie
Motorer
Marine og stationære
Motorer for
alle Formaal
fra 12-400 HK.

TUXHAM A/S

København Valby
Trekronergade 122 · Telefon 8816

Over Halvdelen
af alle Verdens stationære

Højtrykskedler

er

Babcock & Wilcox

Herhjemme udføres
Babcock & Wilcox Kedelanlæg
helt som **Dansk Arbejde** af

Aktieselskabet

„VØLUND"

ØRESUNDSVEJ 147 **KØBENHAVN S.**

NYEBOE & NISSEN A/S

INGENIØRFORRETNING & MASKINFABRIK

Telf.: Central 5600 — Tlgr.Adr.: Mibnyeboe

Vesterbrogade 123 — København V.

Vandreriste med Underblæst

Underfeed Stokers

Frit ophængte Fyroverdækninger, System „Usco"

Automatiske, selvregistrerende Røggasanalyseapparater „Cocoo"

Kultransportanlæg

Slaggetransportanlæg

Sodblæsere

Pasteuriseringsapparater

A/S L. & C. STEINMÜLLER
KØBENHAVN N.

Komplette Kedelanlæg
saavel
Sektions- som
Steilrørs- Kedler
Vandreriste
Kulstøvfyring
Economisere
Vandrensere
Vandvægte

AABOULEVARD 48 Telefon C. 6650

DE LAVAL'S

Dampturbiner
Centrifugalpumper
Kompressorer

Larsen & Selding
ved K. B. Larsen M. Ing. F.
AABOULEVARD 48 . KØBENHAVN N.
Telefon C. 6650

CN Armatur

det førende danske Fabrikat

A/S **Chr. Nielsens Eftf.**

Horsens . København

„John Crane"

metallisk Pakning

til Centrifugalpumper
Dampmaskiner
Kølemaskiner
Stempelpumper
Dampturbiner
Stævnrør
Ventilspindler

Viggo Petersen

Chr. d. 9.s Gade 5 . København K . Telegramadr.: Viggop.

Telefon: Central 3664 & 13964

VERDEN OVER

UDFØRES KVALITETSSVEJSNING
I REPARATION OG NYBYGNING MED

OK

ELEKTRODER

AKTIESELSKABET ESAB

TREKRONERGADE 92 · KØBENHAVN VALBY

C. 12 292

ELEKTRODER OG SVEJSEMASKINER
SVEJSESKOLE OG SERVICEAFDELING