

HANDLEIDING VOOR BEDIENING CAVITATIE TUNNEL,
AFVOERPOMP SLEEPTANKS EN VUILWATERPOMPEN.

Door Ir M.C. Meijer.

Laboratorium voor Scheepsbouwkunde.

augustus 1962.

Rapport nr. 95.

INHOUD.

A. Inleiding.

Beschrijving der installatie.

B. Cavitatie tunnel.

1. Variator.

2. Verlenging verticale benen.

3. Filtersectie.

4. Opslagtank, waterverversing en waterlozing.

4.1. Gebruik opslagtank.

4.1.1. Afsluiter waterafvoer "open".

4.1.2. Afsluiter waterafvoer "dicht".

4.1.3. Afsluiter wateropvoer "open".

4.1.4. Afsluiter wateropvoer "dicht".

4.2. Waterverversing.

4.3. Waterlozing.

5. Hydrostatisch druklager.

6. Waterzuiveringsinstallatie.

7. Ontluchtungs- en vacuumsysteem.

7.1. Ontluchting.

7.2. Vacuumsysteem.

7.2.1. Verdelerbord.

7.2.2. Vacuumpomp.

7.2.3. Vacuumregelaar.

7.2.4. Bediening.

8. Bediening stromingspomp.

9. Ward Leonard installatie.

C. Bediening afvoerpomp sleeptank.

D. Vuilwaterpompen.

Inleiding.

De cavitatie-tunnel te Delft is geconstrueerd als schaalmodel voor een door de firma Kempf und Remmers te Hamburg te maken grotere tunnel. Vervolgens werd hij gebruikt om het systeem van professor van Lammeren te beproeven voor het opwekken van een niet-homogeen stromingsveld in de meetsectie. Na deze taak bij het N.S.P. te Wageningen vervuld te hebben werd de tunnel naar Delft verkocht.

Het werkterrein waarvoor deze tunnel geschikt was, was beperkt tot het onderzoeken bij een vrij laag Reynolds getal, van schep-schroeven in stationaire toestand. Door het toepassen van relatief hoge schroeftoerentallen was de stabiliteit van de stroming minder belangrijk, bovendien kon met een vrij hoog cavitatiegetal, betrokken op de stroomsnelheid worden volstaan.

In het Laboratorium voor Scheepsbouwkunde ontstond de behoefte om het onderzoek te richten op draagvleugelprofielen, waarbij de toestand van de stroming van veel groter belang is dan bij het schroefonderzoek. In de eerste plaats moet een belangrijk cavitatiegetal bereikt kunnen worden, terwijl ook behoefte bestaat aan grotere stroomsnelheden. Van groot belang, vooral bij bewegende profielen is, dat de snelheid en het cavitatiegetal constant zijn en geen periodieke variaties vertonen. De aan de tunnel te stellen eisen zijn dus belangrijk toegenomen.

B. Cavitatie tunnel.

Sinds de eerste installatie van de cavitatie tunnel zijn belangrijke wijzigingen aangebracht. De huidige onderdelen, hun functie en behandeling worden hieronder beschreven.

1. Variator.

De oorspronkelijke tandwielkast in de aandrijving van de stromingspomp werd vervangen door een hydraulische variator, merk: Carter Hydraulic,
type: 6 A,
betrokken van: v. Gelder Compagnie, Rotterdam,
maximaal over te brengen vermogen: 20 pk,
overbrengingsverhouding: 3000 0/min. naar 700 0/min.

Deze wijziging heeft het belangrijke voordeel dat met een elektrische servomotor een continu-variabel toerental kan worden ingesteld. Aanvankelijk werd het gehele regelbereik van de variator benut, doch dit bleek niet te voldoen als gevolg van de verschillende belastingen van de pomp bij wijziging van het tunnelcircuit. Door verwisseling der secundaire riemschijven werd het bereik belangrijk vergroot, doch er moet thans op worden toegezien dat de toelaatbare stroom van 28 A door de aandrijfmotor niet wordt overschreden.

De stroomafname kan worden afgelezen op een ampèremeter die zich in het linker paneel van de FK-kast in de meestruimte bevindt. Ten overvloede is deze meter uitgerust met een contact, dat bij overschrijving van de toelaatbare belasting een claxon in bedrijf stelt. Om het lawaai te beperken kan deze claxon met schakelaar no. 13 worden uitgeschakeld.

2. Verlenging verticale benen.

In de originele opzet bleek bij het werken met een zeer laag cavitatiegetal in de meetplaats, dat de schroefpomp in sterke mate ging cavitieren. Dit bleek uit een teruglopen van de stroomaantalheid bij opvoeren van het vacuum. Ook werd veel hinder ondervonden van in de meetplaats terugkerende luchtballen.

Bij de uitbreiding van het slaaptankgebouw in 1960-1961 werd gelegenheid gevonden om de statische drukhoogte op het onderbeen belangrijk te vergroten door de meetplaats naar de verdieping te brengen en de verticale benen te verlengen. Om financiële redenen werd deze verlenging beperkt. Het onderkanaal met de stromingspomp-installatie werd op de begane grond geplaatst, doch bij de bouw werd rekening gehouden met een mogelijke uitbreiding waarbij het onderkanaal in de kelder kan worden opgesteld. In verband hiermede is het gewenst deze ruimte in de kelder beschikbaar te houden.

3. Filtersectie.

Bij vroegere onderzoeken werd veel hinder ondervonden van vuil dat moeilijk geheel uit de tunnel is te verwijderen. De deeltjes zetten zich vast aan het te onderzoeken model ter plaatse van stuwpunten in de stroming en beïnvloeden het cavitatiebeeld. Om dit bezwaar enigszins te ondervangen werd een klein gedeelte van het neergaande been

met een iets grotere doorsnede, uitneembaar uitgevoerd.

In dit gedeelte werd een gaasfilter geplaatst dat een groot gedeelte van het vuil kan opvangen. Een mogelijk extra voordeel van dit filter is de eigenschap dat ook luchtbelllen enige tijd worden vastgehouden, waardoor de tijd van verblijf onder hogere druk wordt vergroot. Dit bevordert het weder oplossen van de lucht in het water. Met het bezwaar van verhoging van de weerstand van het circuit werd rekening gehouden (zie rapport no.).

Om het filter te kunnen verwisselen of schoonmaken, werd het aangrenzende bochtstuk dat de schroefpomp bevat, verstelbaar gemaakt. Na lossen van dit gedeelte kan de filtersectie worden uitgeschoven.

4. Opslagtank, waterverversing en waterlozing. (schema fig. 1).

Ten behoeve van een snelle verwisseling van modellen en van reparatiewerkzaamheden in de meetplaats werd in de kelder een opslagtank met een inhoud van 2 m^3 geplaatst. Het afvoeren en opvoeren van het water geschiedt via electrisch bediende persluchtafsluiters en een centrifugaalpomp ("opvoer pomp") met een capaciteit van $24 \text{ m}^3/\text{uur}$ en een opvoerhoogte van $15,5 \text{ m}$ wk (zie tek. 60382-2 van Ingenieursbureau van Heemstede Obelt N.V.).

De benodigde luchtdruk voor de "opvoer" en "afvoer" afsluiters wordt onderhouden door een continu in bedrijf zijnde compressor (Leverancier eveneens v. Heemstede Obelt).

4.1. Gebruik opslagtank. (Keuzeschakelaar aut/hand op kast FK 16 in de kelder dient op "hand" te staan).

De bedieningsknoppen voor het gebruik van de opslagtank bevinden zich:

- 1). op kast FK 16 in de kelder (K),
- 2). op kast FK in de meetruimte (1e verd.) (WK),
- 3). op de bedieningslessenaar (1e verd.) (BL).

Deze drie bedieningsplaatsen zijn onafhankelijk van elkaar. De opschriften der knoppen en lichtarmaturen en hun functies volgen hieronder (zie ook fig. 1).

4.1.1. Afsluiter waterafvoer "open".

- a. De magneetafsluiter 1 in de luchtovers naar de pneumatische afsluiter 2 opent en doet laatstgenoemde opengaan.
- b. De 1e eindschakelaar op de pneumatische afsluiter 2 sluit, waar door venster "open" wordt verlicht.
- c. Als afsluiter 2 geheel open is, wordt de 2e eindschakelaar geopend, waardoor venster "dicht" wordt gedoofd.
- d. Water uit de tunnel stroomt in de opslagtank totdat de maximaal vlotter 3 opdrijft en de magneetafsluiter 1 weer sluit en tevens de lucht uit de pneumatische afsluiter 2 naar de atmosfeer doet afvloeien. Afsluiter 2 wordt door veerdruk gesloten.
- e. De waterafvoer wordt automatisch beeindigd. De 2e eindschakelaar wordt gesloten dus venster "dicht" wordt verlicht, zodra afsluiter 2 zich sluit. Na volledig sluiten wordt de 1e eindschakelaar weer geopend, zodat venster "open" wordt gedoofd.

4.1.2. Afsluiter waterafvoer "dicht".

De magneetafsluiter 1 wordt gesloten, waardoor de pneumatische afsluiter 2 zich sluit (zie 4.1.1. d en e). Deze handeling dient te worden verricht als men niet de gehele opslagtank vult of als de maximaalvlotter weigert.

4.1.3. Afsluiter wateropvoer "open".

- a. De motor van de opvoerpomp wordt in bedrijf gesteld (4), tevens wordt het venster "opv" verlicht.
- b. De magneetafsluiter 5 in de luchtleiding naar de pneumatische afsluiter 6 wordt geopend en doet deze afsluiter open gaan.
- c. De 1e eindschakelaar op afsluiter 6 sluit, waardoor venster "open" wordt verlicht.
- d. Als afsluiter 6 geheel open is, wordt de 2e eindschakelaar geopend, waardoor venster "dicht" wordt gedoofd.
- e. Het in de opslagtank aanwezige water wordt in de tunnel gepompt totdat de minimaalvlotter 7 zakt. Hierdoor wordt de opvoerpomp uitgeschakeld, venster "opv" gedoofd en de magneetafsluiter 5 in de luchtleiding gesloten, afsluiter 6 wordt met de atmosfeer verbonden en sluit onder veerdruk.

f. De 2e eindschakelaar op afsluiter 6 sluit zodra de afsluiter gaat sluiten, waardoor venster "dicht" wordt verlicht; de 1e eindschakelaar opent zodra de afsluiter gesloten is, waardoor venster "open" wordt gedoofd.

De wateropvoer wordt automatisch beëindigd.

N.B. De automatische beëindiging van de wateropvoer is tijdens het maken van dit rapport nog niet bruikbaar geweest door te lage plaatsing van de minimaalvlotter. Deze vlotter komt niet in werking, doordat de pomp lucht gaat zuigen, waardoor geen water meer wordt afgevoerd uit de tank.

Bovendien hebben beide vlotters momenteel de neiging te blijven hangen in de te nauwe vlotterkamers.

4.1.4. Afsluiter wateropvoer "dicht". (Zie 4.1.3. e en f).

Deze knop wordt bediend indien het gewenste niveau in de tunnel is bereikt voordat de opslagtank leeg is of als de minimaalvlotter weigert.

4.2. Waterverversing.

Toevoer van vers water uit de waterleiding, geschiedt via kraan 8 die zich nabij het plafond van de kelder bevindt. Na opendraaien stroomt vers water vrij uit in de opslagtank.

Zodra zich voldoende water in de opslagtank bevindt, zal de minimaalvlotter 7 opdrijven, waardoor opvoerpompen 4 en opvoerafsluiter 6 worden gedeblokkeerd en in bedrijf kunnen worden gesteld met knop "opvoerafsluiter open". Het opvoeren van water uit de opslagtank naar de tunnel gaat aanmerkelijk sneller dan het toevoeren van vers water, zodat de opslagtank telkens leeg komt te staan. Bij een goede werking van de minimaalvlotter zal de opvoerpomp vrij snel weer moeten stoppen (zie 4.1.3. e en f). Het vullen der tank met vers water duurt ca. 20 minuten, het oppompen bij open kraan 8 duurt ca. 7 minuten. Is kraan 8 gesloten dan is deze tijd ca. 5 minuten.

Automatisch vullen.

Voor het geheel vullen der tunnel zijn ongeveer 3 vullingen van de opslagtank nodig. Om een complete vulling vlot te doen plaats vinden is voorzien in een automatisch periodiek opvoersysteem. (die slechts zal werken als de vlotters zijn verbeterd). Hiervoor moet de keuzeschakelaar in de kelder voor de opvoerinstallatie op "automatisch" ("aut") worden gesteld. In dat geval zal de maximaalvletter telkens bij opdrijven de opvoerpomp en de opvoerafsluiter in bedrijf stellen, waarna dit bedrijf wordt beëindigd als de opslagtank leeg is. Als het gewenste niveau in de tunnel bereikt is, moet:

- a. de opvoerpomp met de hand worden gestopt (zie 4.1.4.),
- b. de waterleidingkraan 8 worden gesloten,
- c. de keuzeschakelaar in de kelder op "hand" worden gesteld.

4.3. Waterlozing.

Voor het volledig ledigen van de tunnel kan worden volstaan met het openen van de handafsluiter 9 in de leiding naar het riool. Voor het ledigen van de opslagtank dient bij geopende riolafsluiter 9 de opvoerpomp 4 in werking te worden gesteld, waarbij de opvoerafsluiter 6 zich opent.

5. Hydrostatisch druklager.

Megens hinder van een 4 à 5 Hz variatie van het cavitatiegetal in de meetplaats en kennelijk zwaar lopen van het originele rubber lager van de stromingspomp juist achter de schroef, werd het rubber lager vervangen door een modern hydrostatisch druklager met capillaire compensatie, dat in eigen beheer werd vervaardigd (zie tek. nr. 896). De druk in dit lager wordt onderhouden door een hogedruk tandradpomp:

fabrikaat: Maag - Zürich,

type: HP 35,

capaciteit: 6 l/min. bij 12 kg/cm² en 720 o.p.m.,

max. toerental: 1500 o.p.m.,

max. druk (water): ~ 30 kg/cm²,

leverancier: Plaisier - Den Haag.

Om beschadiging van as en lager te voorkomen als de statische druk is weggevallen, zijn in het pompcircuit diverse veiligheidsopgenomen, te weten:

- a). een filter om te voorkomen dat de capillairen verstopt raken,
- b). een luchtvat om een vertraging te krijgen in de drukafval als de hogedruk pomp uitvalt, zodat het lager nog enige tijd na het uitschakelen van de schroefpomp onder voldoende druk blijft en voldoende nog werkt gedurende de uitlooptijd van de schroef,
- c). een dubbele drukschakelaar met als functie:
 - 1e. Uitschakelen van de schroefpomp zodra de hogedruk pomp uitvalt en terugstellen van de variator en
 - 2e. blokkeren van de schroefpomp zolang in het luchtvat onvoldoende druk aanwezig is.
- d). Ter controle is op beide verdiepingen tegen de eindmuur van het gebouw een manometer geplaatst die de statische druk vóór de capillairen aangeeft. Deze druk is op 12 à 13 atmosfeer afgesteld.

De schakelaar voor het inschakelen van de HD pomp, dus voor het in bedrijf stellen van het lager, bevindt zich op de FK kast in de meetruimte (1e verd.).

6. Waterzuiveringsinstallatie.

Ten behoeve van het behoud van helder water en van het onderdrukken van corrosie is in de kelder een waterzuiveringsinstallatie geplaatst, bestaande uit :

- 6.1.1. een filterketel type: M 6,
fabrikaat: Waterzuiverings Mij.,
importeur: Ned. Waterzuiverings Mij - Amsterdam.
vulling: Dolomiet.

- 6.1.2. En een "Wasserknecht" zuigerpomp,
type: WL 2500,
fabrikaat: Loewe,
geleverd door: Vihamy - Arnhem.

Het te zuiveren water wordt afgetapt ter plaatse van de afvoerleiding onder in het tunnel-circuit en wordt in het opgaande tunnelbeen even boven het eerste bochtstuk schuin naar boven weer afgegeven. De bedoeling is, dat bij stilstaande stromingspomp tijdens het zuiveren een langzame circulatie in de tunnel ontstaat. Ook tijdens bedrijf kan gezuiverd worden, doch de zuigerpomp veroorzaakt drukstoringen tijdens het meten.

6.2. Terugspoelen.

De filterketel moet regelmatig (eens per maand) worden teruggespoeld om vuil en gruis te verwijderen en daardoor vastkoeken van de bovenlaag te voorkomen. Bij dit terugspoelen wordt de afsluiter in de toevoerleiding naar de tunnel gesloten en het vuile water afgevoerd via een losse slang naar de vuilwaterput. Hierbij dient men zich te realiseren, dat de toevvoer voor de put te groot is om door één pomp verwerkt te kunnen worden, zodat de glaxon in de hal zeker in bedrijf zal komen. Het is gewenst dat er iemand aanwezig is om de glaxon buiten bedrijf te stellen en er op toe te zien dat de put niet overstromt.

Aanvullen:

De Dolomietvulling wordt geleidelijk verbruikt, zodat eens per jaar bijvulling nodig is.

7. Ontluchtungs- en vacuumsysteem.

In het ontluchtungs- en vacuumsysteem zijn sedert de ingebruikstelling van de cavitatie tunnel diverse wijzigingen aangebracht, welke als volgt kunnen worden beschreven:

7.1. Ontluchting.

Ten behoeve van een goede afvoer van luchtballen zijn op drie ten opzichte van de omgeving hoge punten, dommen aangebracht, te weten:

- a). Op het onderkanaal ter plaatse van de overgang van de diffusor volgend op de stromingspomp naar het gedeelte met vierkante doorsnede.

- b). Op het wijde bochtstuk vóór de contractie naar de meetplaats. Deze dom is in de plaats gekomen van de originele.
- c). Op het einde van de horizontale diffusor achter de meetplaats.

De beide dommen a en b zijn met oplopende leidingen verbonden met dom c daar in deze laatste de laagste druk heerst. In dom c worden alle afgevoerde luchtballen verzameld. Het ligt in de bedoeling de zuigzijde van de HD pomp voor het hydrostatische lager eveneens met dom c te verbinden.

7.2. Vacuumsysteem.

7.2.1. Verdelerbord.

De dom waarin zich de laagste druk bevindt (7.1.c) is met twee leidingen verbonden aan een verdelerbord met 6 afsluiters. In één der leidingen bevindt zich een overdrukventiel om het ontstaan van overdruk van enige omvang in de tunnel te voorkomen.

7.2.2. Vacuumpomp.

Het verdelerbord is onder meer via een luchtreservoir verbonden met de vacuumpomp.

Merk: Leybold. VP 2

Leverancier: Leybold - Köln.

Capaciteit: 2 m³/h.

Vermogen: 200 W.

Olieverversen: eens per maand.

Reservoir en pomp staan opgesteld tegen de eindmuur van de meetkamer. Het reservoir dient om te voorkomen dat meegenomen water in de pomp komt. Het moet regelmatig worden afgetapt.

7.2.3. Vacuumregelaar.

Op het verdelerbord is een vacuümregelaar geplaatst, vervaardigd door Van Essen - Delft. Dit is een eenvoudige schakelautomaat die in principe slechts bestemd is voor lucht. Deze regelaar kan met de dom (7.1.c.) worden verbonden met één der beide leidingen,

die, om de regelaar vrij te houden van water, voorzien is van twee condenspotten met aftapkranen (begane grond). Deze potten dienen regelmatig te worden afgetapt.

7.2.4. Bediening.

Voor de bediening van de vacuumpomp bevindt zich:

- a). op de bedieningslessenaar (BL) een keuzeschakelaar met de standen: "aut", "uit" en "hand".
- b). op de wandkast FK (WK) twee vergrendelbare drukknoppen, benoemd "aut" en "hand".

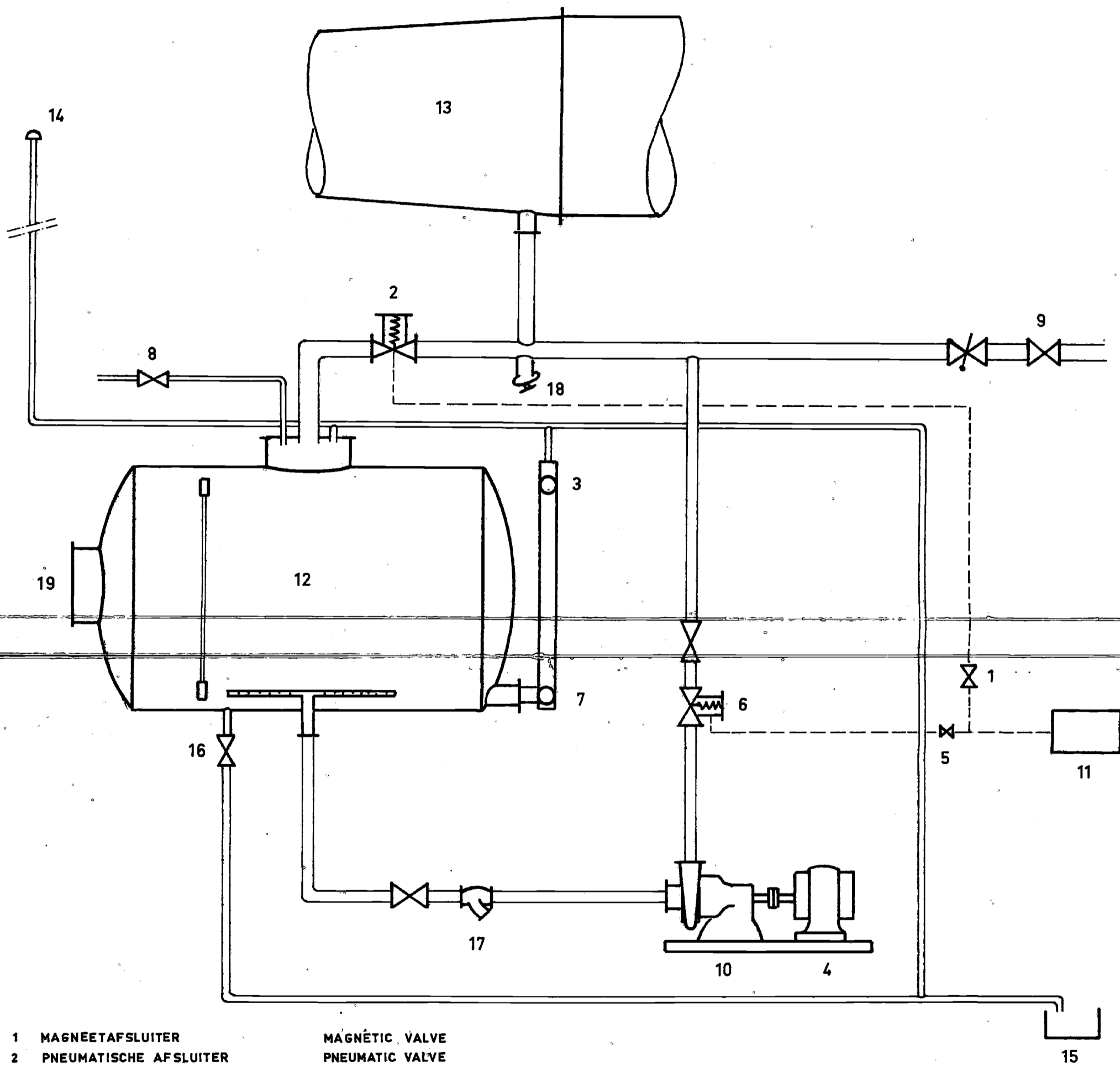
Bij losgenomen bedieningslessenaar wordt bij bedrijf van de vacuumregelaar (7.2.3.) knop "aut" op de wandkast ingedraaid.. Hierdoor wordt de vacuumpomp in werking gesteld totdat een drukniveau is bereikt welke door de instelling van de vacuumregelaar wordt bepaald. Heeft men een ruimer werkgebied nodig, dan dient de pomp met de knop "hand" te worden bediend.

Indien van de bedieningslessenaar wordt gebruik gemaakt, dan moeten op de wandkast beide schakelaars "aut" en "hand" worden ingedraaid. Het gebruik van de keuzeschakelaar op de bedieningslessenaar geschiedt overeenkomstig het boven beschrevene voor de wandkast.

8. Bediening stromingspomp.

Alverens de stromingspomp in bedrijf kan worden gesteld dient het statische druklager van druk te worden voorzien met behulp van de betreffende drukknop op de wandkast FK, waarna de manometer boven de vacuumpomp 12 à 13 atm. dient aan te wijzen. Zolang dit niet bereikt is, is de stromingspomp elektrisch geblokkeerd.

De inschakeling van de motor der stromingspomp geschiedt op de wandkast FK of op de bedieningslessenaar in de meetkamer door middel van de knoppen "vooruit" (V) of "achteruit" (A). Het uitschakelen door middel van knop (O) tussen (V) en (A) gelegen. De stroemensnelheid in de tunnel wordt geregeld met de knoppen "langzamer" (L) en "sneller" (S) die de overbrengingsverhouding van de hydraulische variator regelen. De uiterste standen der variator

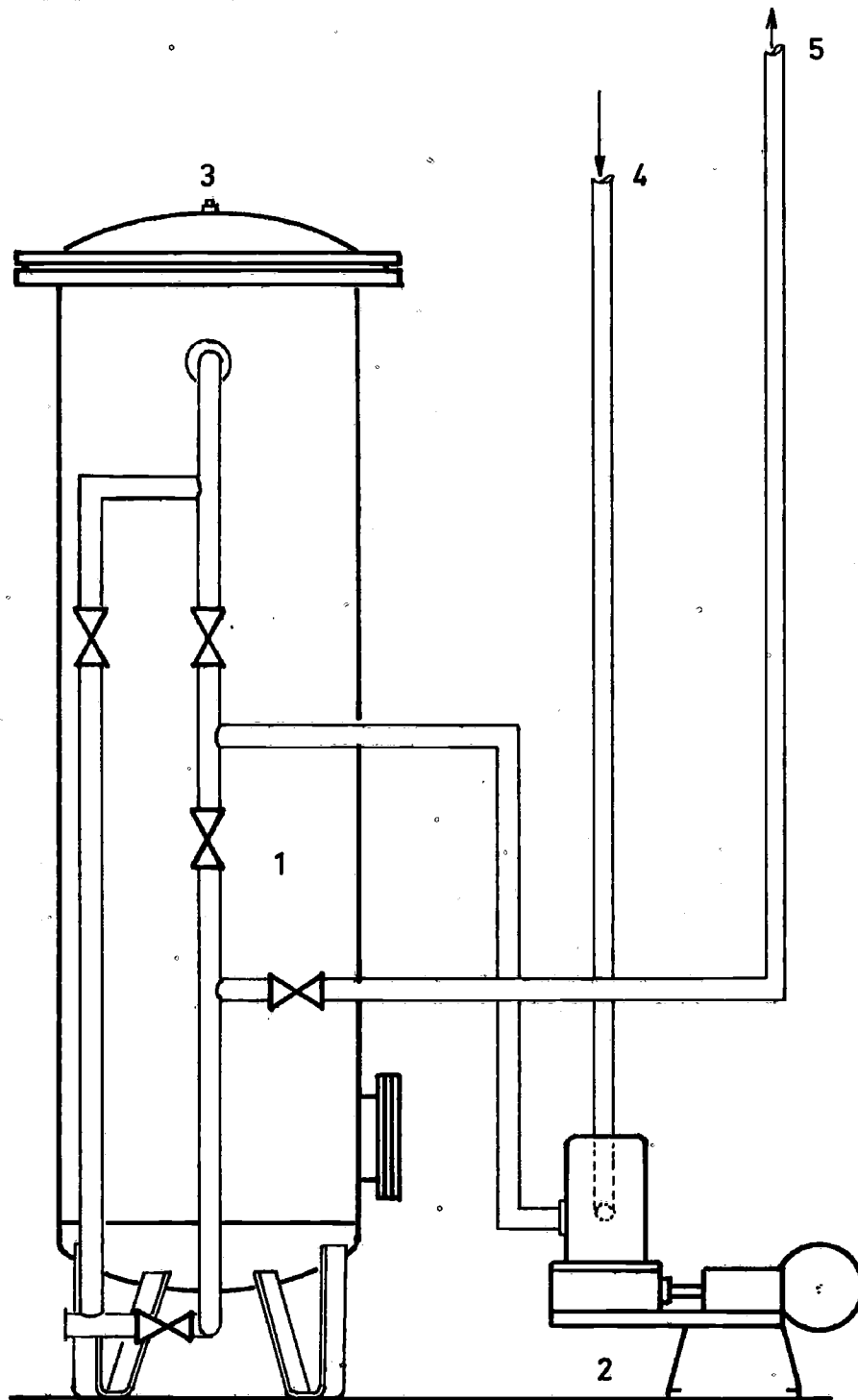


- | | | |
|----|----------------------------|-------------------|
| 1 | MAGNEETAFLUITER | MAGNETIC VALVE |
| 2 | PNEUMATISCHE AFLUITER | PNEUMATIC VALVE |
| 3 | MAX. VLOTTER | MAX. FLOAT |
| 4 | MOTOR | MOTOR |
| 5 | MAGNEET AFLUITER | MAGNETIC VALVE |
| 6 | PNEUMATISCHE AFLUITER | PNEUMATIC VALVE |
| 7 | MIN. VLOTTER | MIN. FLOAT |
| 8 | KRAAN | STOP COCK |
| 9 | HANDAFLUITER NAAR RIOOL | VALVE SEWER |
| 10 | CENTRIFUGAALPOMP | CENTRIFUGAL PUMP |
| 11 | LUCHTCOMPRESSOR | AIR COMPRESSOR |
| 12 | OPSLAGTANK | STORAGE TANK |
| 13 | CAVITATIE TUNNEL | CAVITATION TUNNEL |
| 14 | ONTLUCHTING | AIR VENTIEL |
| 15 | VUILWATERPUT | WELL |
| 16 | HANDAFLUITER | DRAIN COCK |
| 17 | ZEEF | SIEVE |
| 18 | AANSLUITING WATERZUIVERING | CONNECTION FILTER |
| 19 | MANGAT | MANHOLE |

SCHEMA WATEROPSLAG.
SCHEMA WATER SUPPLY

FIG. 1

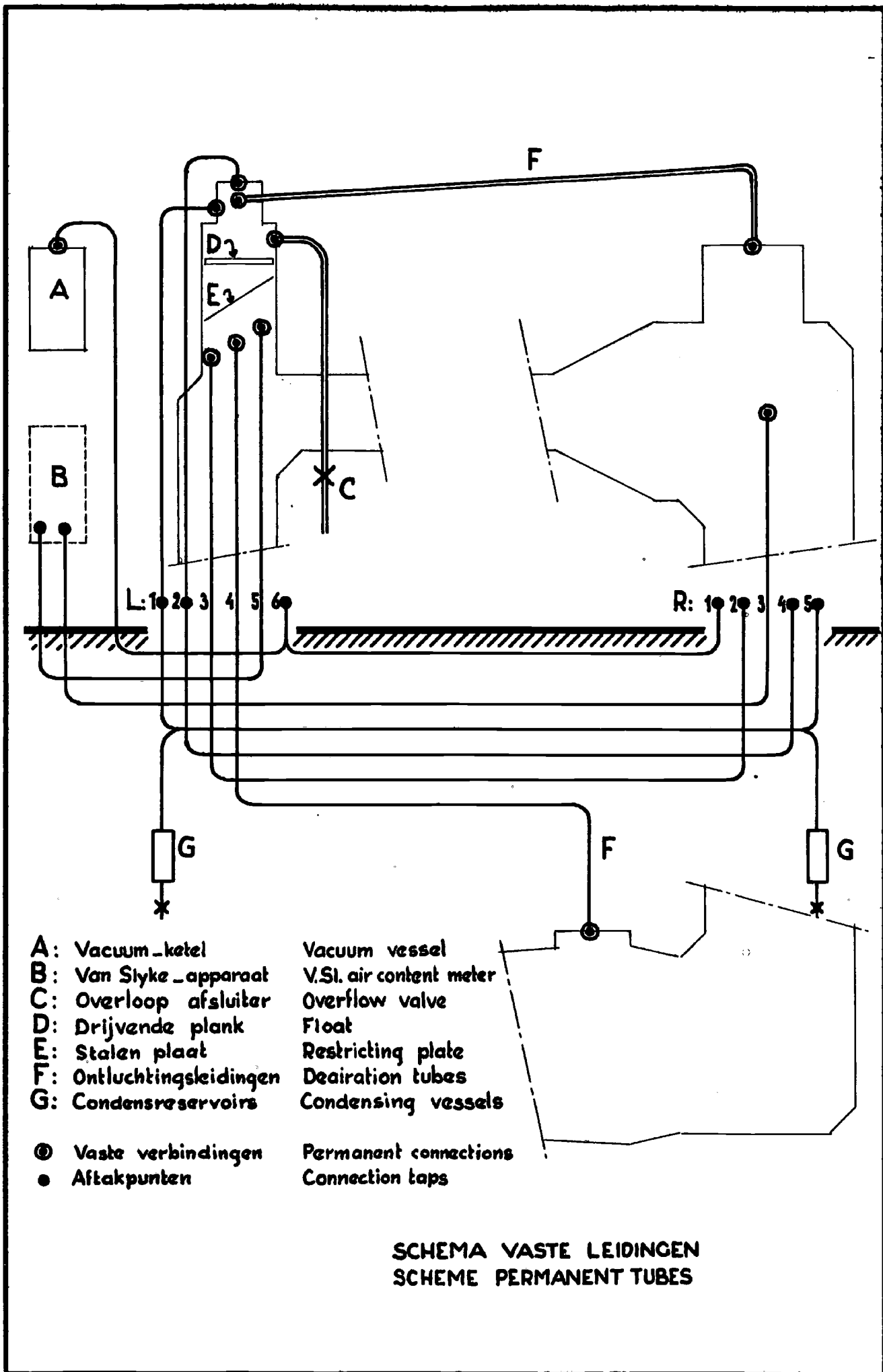
FIG. 2



- | | | |
|---|-------------------------|------------------------|
| 1 | FILTER | FILTER |
| 2 | POMP | PUMP |
| 3 | ONTLUCHTING | AIR VENTIEL |
| 4 | AANSLUITING CAV. TUNNEL | CONNECTION CAV. TUNNEL |
| 5 | - - - - | - - - - |

SCHEMA FILTER
 SCHEME FILTER

FIG. 2



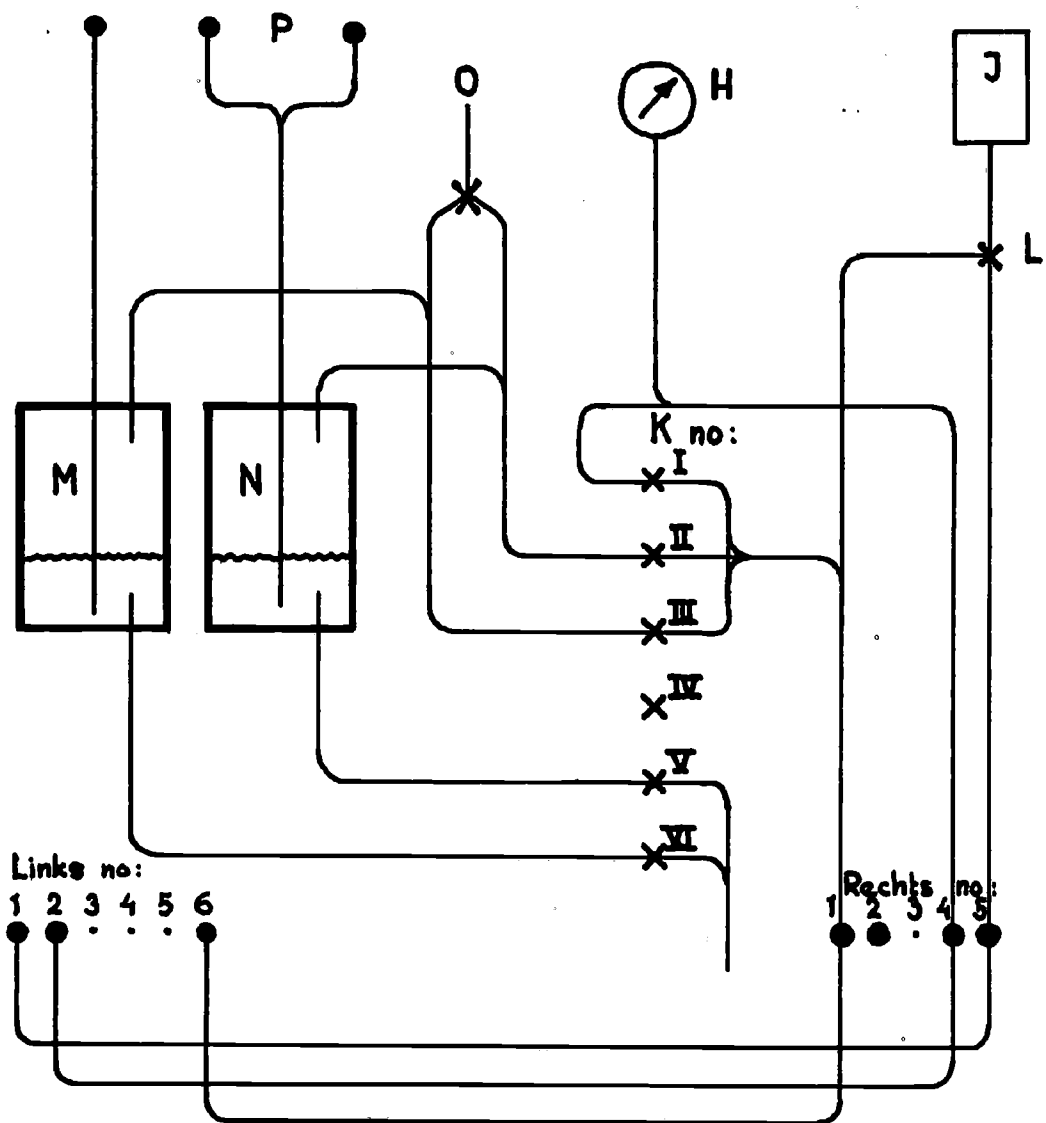
- A: Vacuum-ketel
- B: Van Slyke-apparaat
- C: Overloop afsluiter
- D: Drijvende plank
- E: Stalen plaat
- F: Ontluchtungsleidingen
- G: Condensereservoirs

- Vacuum vessel
- V.Si. air content meter
- Overflow valve
- Float
- Restricting plate
- Deairation tubes
- Condensing vessels

- ⊙ Vaste verbindingen
- Aftakpunten

- Permanent connections
- Connection taps

SCHEMA VASTE LEIDINGEN
SCHEME PERMANENT TUBES



- | | |
|--|---|
| H : Mech. manometer | Mech. manometer |
| J : Drukautomaat | Vacuum control transducer |
| K : Naaldafsluiters | Valves |
| L : Driewegkraan | 3-way cock |
| M : Reserve zuigvat | Vacuum vessel |
| N : Zuigvat voor ontluchting meetleidingen | Vacuum vessel for deairation of manometer tubes |
| O : Driewegkraan | 3-way cock |
| P : Aansluitpunten meetleidingen | Connection taps for manometer-tubes. |

SCHEMA MANOMETERREK
SCHEME MANOMETERRACK

Grote tekening:

is beneden in tekeningen kast

oud nr. 07 21-005 (914)

nieuw nr.

SB-BB-027

aant. bl. 83 blad 61

27-7 '72. FD.