

Energieverzorging van de rwzi Kralingseveer

1. Inleiding

Op de rwzi Kralingseveer wordt zowel het primaire slib uit de voorbezinking als het secundaire slib uit het actief-slibproces door middel van anaërobe stabilisatie in de slibgisting behandeld. Hierbij wordt de organische stof uit het slib omgezet in gistingsgas en water. Als minimaal te verwachten gasproductie is 300 l gas per kg toegevoerde organische stof aangenomen, hetgeen neerkomt op circa $1,8 \cdot 10^6$ m³ gas per jaar. [Voor de dimensionering is uitgegaan van een gasproductie van 400 l/kg overeenkomend met het gemiddelde

gasmotor-generator gedimensioneerd op de gistingsgasproductie.

Variant 3

Opwekken van elektrische energie met twee gasmotoren-generatoren, elk gedimensioneerd op de gistingsgasproductie; afhankelijk van de elektrische belastingssituatie wordt de tweede unit bedreven op aardgas.

Variant 3A

Qua inrichting als variant 3; de 2e unit wordt echter alleen bedreven:

- gedurende onderhoud aan de andere unit
- gedurende het optreden van de hoogste belasting tijdens piek- en speruren tijdens de 8 maanden dat het GEB hiervoor een verhoogde kWh-prijs rekent
- gedurende de perioden waarin het met gistingsgas op te wekken vermogen groter is dan het vermogen van één unit.

1970-1980 is aangegeven in afb. 1. [Inmiddels zijn deze indices t/m 1985 bekend en eveneens aangegeven].

In afb. 2 is een overzicht gegeven van het verloop van de jaarlijkse kosten van de varianten.

Hieruit blijkt dat bij een stijging van de aardgasprijs gelijk aan die van de elektriciteitsprijs de jaarlijkse kosten van variant 3A ook het laagst blijven. Variant 2 blijkt bij hogere stijgingspercentages na enige jaren gunstiger te zijn.

Bij hogere stijgingspercentages is het voor variant 3A mogelijk deze als variant 2 te bedrijven (door geen extra aardgas inkopen) en komen de jaarkosten overeen met die van variant 2 verhoogd met de kapitaalkosten van het verschil in investeringen.

Bovendien heeft deze variant nog een aantal

Bij de vergelijkingen werden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

gistingsgasproductie	:	300 l/kg o.d.s.
dimensioneringsgrondslag	:	400 l/kg o.d.s.
energiebelans gasmotoren-generatoren:		
• mechanische energie	:	31% benutbaar
• koelwater	:	30% benutbaar
• uitlaatgassen	:	15% benutbaar
• generatorrendement	:	94%
ketelrendement	:	80%
beluchttingsrendement	:	2,0 kg O ₂ /kWh
afschrijvingen	:	volgens annuïteitenmethode
• rentevoet	:	10%
• afschrijvingstermijn	:	15 jaar mech./elektr. installaties 40 jaar bouwkundig
prijsspeil	:	januari 1980
onderhoudskosten energie-opwekking	:	f 0,015 per kWh opgewekt
overige mech./elektr. installaties	:	3 % van de investeringskosten
bouwkundige werken	:	0,5% van de investeringskosten
elektriciteitsopwekking	:	parallelbedrijf; geen verkoop aan openbare net
reserve met betrekking tot aansluitingen van nutsbedrijven	:	zodanig dat voldaan kan worden aan de maximum elektrische energie- en warmte-behoefte teneinde onderhoud en reparatie mogelijk te maken en storingen in de gistingsgasproductie op te vangen

Uit deze vergelijking bleek dat de jaarlijkse kosten voor het eerste bedrijfsjaar voor variant 3A het laagst waren.

Op basis van te verwachten jaarlijkse stijgingspercentages voor lonen en materialen (3,3%), elektriciteit (4,5%) en aardgas (13,4%) zijn de jaarlijkse kosten voor de volgende 15 jaren berekend.

Hierbij werd uitgegaan van lineaire regressie en extrapolatie van CBS indexcijfers over de jaren 1970-1980.

Omdat de op deze wijze berekende stijging van de aardgasprijs hoog uitviel ten gevolge van de koppeling aan de olieprijs, werd voor aardgas tevens een stijging aangehouden gelijk aan die van de elektriciteitsprijs.

Het verloop van een aantal CBS-indexcijfers

voordelen met betrekking tot de bedrijfsvoeringsmogelijkheden:

1. Het opvangen van variaties in gistingsgasproductie.
 2. In geval van storingen en onderhoud.
 3. Overbruggen van spertijden en het afvallen van piekbelastingen.
 4. Ook doet tevens een unit dienst als noodstroomvoorziening voor het in bedrijf houden bij stroomstoringen van de ventilatie en de luchtbehandeling.
- Gekozen werd voor variant 3A, dat wil zeggen een deel van de elektrische energie in eigen beheer opwekken met behulp van twee identieke gasmotoren-generatoren, waarbij de grootte van één unit is gedimensioneerd op de gistingsgasproductie.



ING. A. W. HESSELS
DHV projectingenieur
afd. Installatie en Energie



ING. J. A. GERSJES
DHV Projectingenieur
afd. Installaties en Energie



P. STRIEZENAU
HHS Bedrijfsleider
rwzi Kralingseveer

van 13 in Stora-verband onderzochte zuiveringsinstallaties.]

In een systeemkeuzerapport werden de onderzoeksresultaten vastgelegd van de wijze waarop dit gas zo gunstig mogelijk voor de energieverzorging van de installatie kon worden gebruikt.

De hoofdpunten uit dit onderzoek worden nader beschreven, verder wordt ingegaan op de energiebalans, de opzet en de uitvoering van de gasmotor-generatorinstallatie, de warmtevoorziening en de brandstofvoorziening.

Nader omschreven worden de elektrische energielevering en -verdeling van de licht- en krachinstallatie.

2. Systeemkeuze

In het kader van het systeemkeuzerapport werden de volgende varianten vergeleken ten opzichte van een nulvariant, waarbij het gistingsgas alleen voor het opwekken van warmte voor de slibgisting en de gebouwen wordt gebruikt.

Variant 1

Volledig opwekken van de elektrische energiebehoefte in eigen beheer met gistingsgas en aardgas.

Variant 2

Opwekken van elektrische energie met één

3. Energiebalans

Omdat het krachtverbruik voor de beluchting en het warmteverbruik voor de verwarming van het slib en de gebouwen temperatuurafhankelijk is, zijn deze ten behoeve van de systeemkeuze per maandelijkse periode berekend.

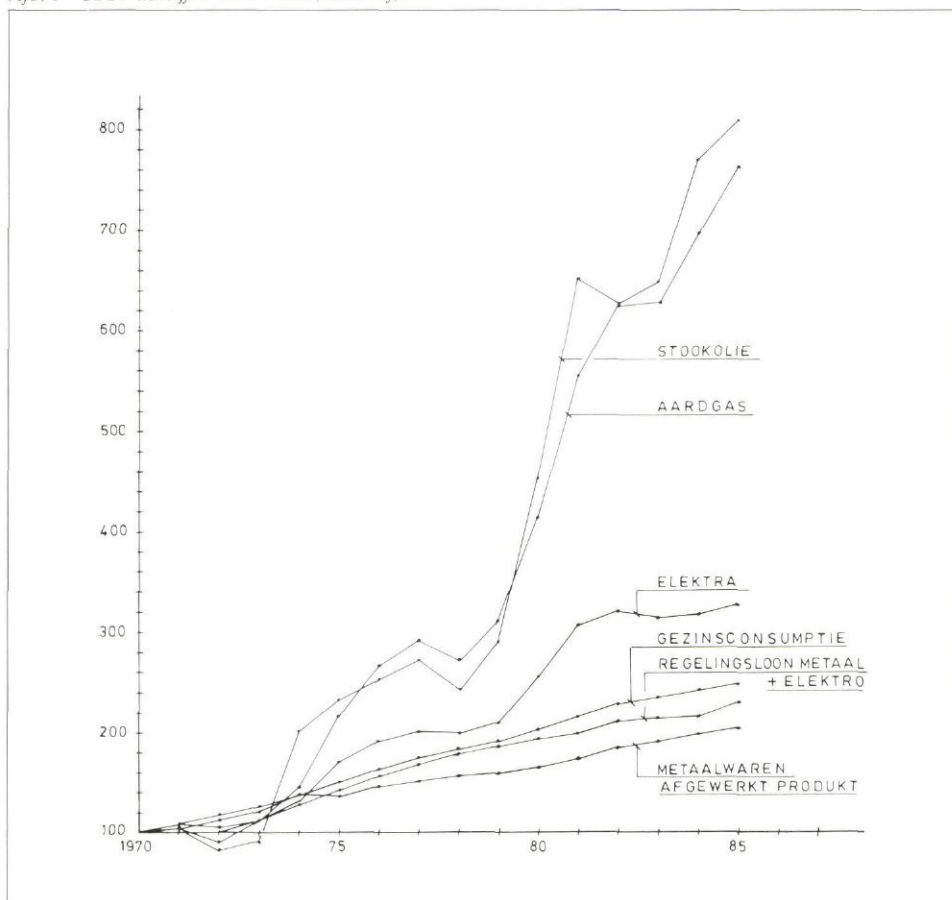
3.1. Overzicht kracht- en warmtegebruik

	Krachtverbruik t.b.v. de beluchting	Warmteverbruik t.b.v. slib en gebouwen
januari	6.312 kWh/dag	19.103 kWh/dag
februari	6.600 kWh/dag	18.764 kWh/dag
maart	7.560 kWh/dag	17.011 kWh/dag
april	15.888 kWh/dag	14.821 kWh/dag
mei	16.080 kWh/dag	12.177 kWh/dag
juni	16.320 kWh/dag	10.314 kWh/dag
juli	16.224 kWh/dag	9.328 kWh/dag
augustus	16.104 kWh/dag	8.736 kWh/dag
september	16.104 kWh/dag	9.240 kWh/dag
oktober	16.152 kWh/dag	11.957 kWh/dag
november	15.888 kWh/dag	15.201 kWh/dag
december	6.600 kWh/dag	18.205 kWh/dag

Het krachtverbruik van de overige onderdelen van de zuivering en van de slibverwerkingsinstallatie is berekend op basis van motorenlijsten, belastinggraad en draaiuren en bedraagt gemiddeld 6.600 kWh/dag. Het maximum gelijktijdig in bedrijf zijnde elektrische vermogen bedraagt:

– voor de beluchting	900 kW
– voor de overige onderdelen	730 kW
Totaal	1.630 kW

Afb. 1 - CBS indexcijfers 1970 = 100 (indicatief).



De maximale warmtebehoefte bedraagt:

– voor de slibverwerking	680 kW
– voor de gebouwverwarming	375 kW
Totaal	1.055 kW

Afb. 3 geeft een jaaroverzicht van het gemiddelde krachtverbruik en afb. 4 van het warmteverbruik.

Afb. 5 geeft een overzicht van de belasting (kracht) over een etmaal in de zomer en afb. 6 over een etmaal in de winter.

3.2. Gasmotoren-generatoren

Op basis van een gasproduktie van 400 l/kg ods werd uitgegaan van twee units met een motorvermogen van minimaal 540 kW aan de uitgaande as en een nominaal afgegeven vermogen van de generator van 750 kVA. Geïnstalleerd zijn zelfaanzuigende 12 cylinder V-motoren van het fabrikaat Waukesha type L5790G met een continu vermogen van 551 kW bij 1.000 min⁻¹.

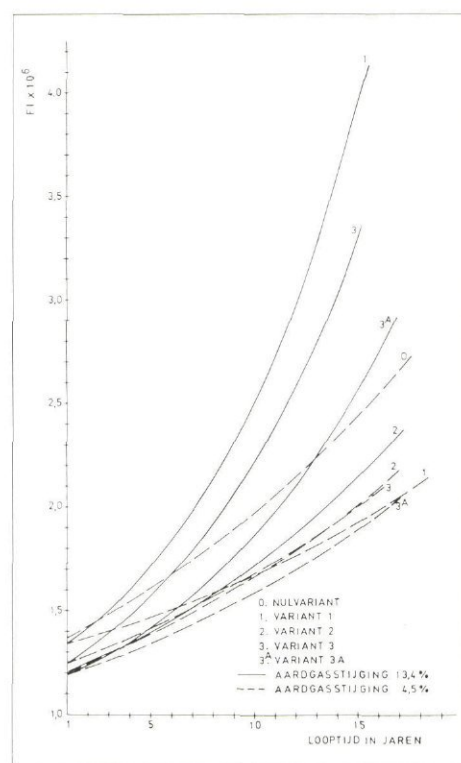
De generatoren zijn van het fabrikaat Leroy Somer type TA 5600 met een vermogen van 750 kVA bij een cos-phi van 0,8 eveneens bij een toerental van 1.000 min⁻¹ (zie afb. 7).

De motoren worden bedreven op gistingsgas en/of menggas, zoals nader omschreven zal worden.

3.3. Warmtevoorziening

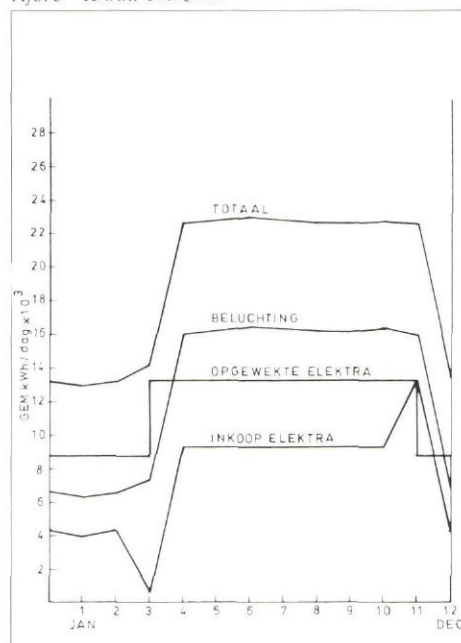
De warmte uit het koelwater en de uitlaatgassen van elke unit wordt via warmte-wisselaars met een capaciteit van 732 kW overgedragen aan het cv-circulatiesysteem (70 °-90 °C).

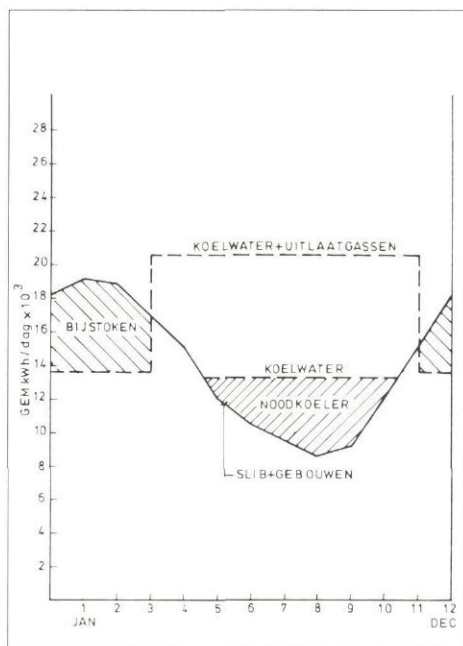
De primaire motorkoelwatercircuits worden met elektrisch aangedreven pompen (1 + 1 reserve) bedreven, waarbij de ingaande temperatuur van de motor geregeld wordt op minimaal 85 °C.



Afb. 2 - Jaarkosten.

Afb. 3 - Kracht-overzicht.



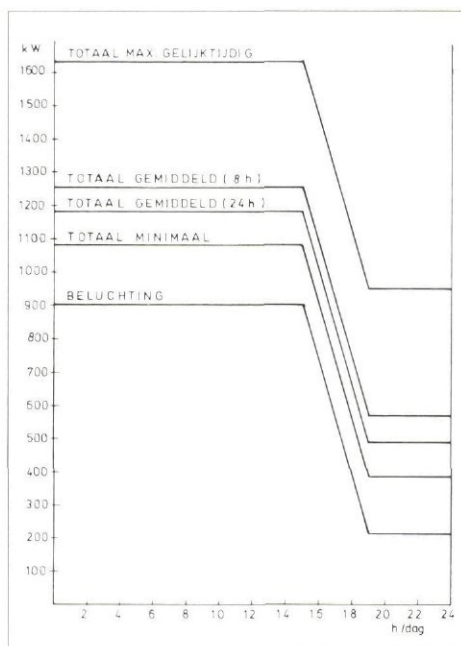


Afb. 4 - Warmte-overzicht.

In de primaire circuits zijn de noodkoelers opgenomen met een capaciteit van 779 kW, die bij een overschot aan warmte op basis van temperatuurmeting in de aanvoer naar de gasmotor via een modulerende regeling in bedrijf komen.

Voor de suppletie van warmte is een ketelinstallatie voorzien, gebaseerd op de maximale warmtebehoefte minus de minimale warmteproductie van de eigen energievoorziening.

Geïnstalleerd zijn twee stuks warmwaterketels van het fabrikaat Novum type DSn 251 met een nettocapaciteit elk van 250 kW. De ketels worden op gistingsgas en/of

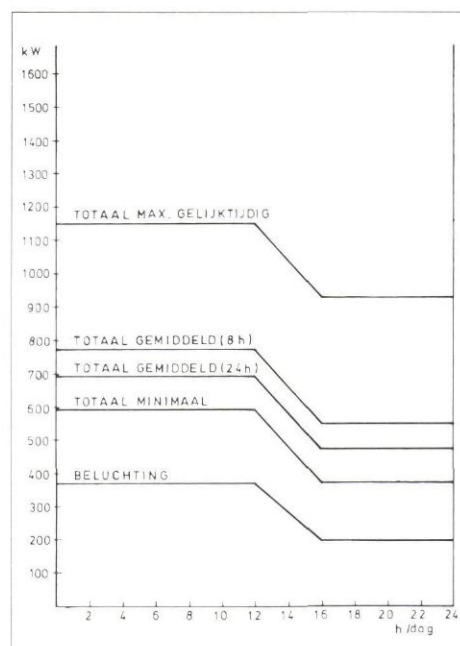


Afb. 5 - Elektrische belasting rwzi verdeeld over etmaal (zomer).

menggas bedreven en in vier stappen op basis van temperatuurmeting (72-70 °C) in het cv-circuit geschakeld 1 laag, 1 hoog, 1 hoog + 1 laag, 2 hoog.

Via het cv-circulatiesysteem met een hoofdcirculatiepomp (1 + 1 res) van 65 m³/h worden de slibgistingstanks en de gebouwen van warmte voorzien.

De slibwarmtewisselaars (twee stuks) zijn van het fabrikaat Keller-Merofac met elk een capaciteit van 461 kW bij 60 m³/h slibcirculatie en 40 m³/h warmwatercirculatie. De overtollige warmte uit het smeeroleicircuit wordt afgevoerd met behulp van warmtewisselaars met een capaciteit van 78 kW en



Afb. 6 - Elektrische belasting rwzi verdeeld over etmaal (winter).

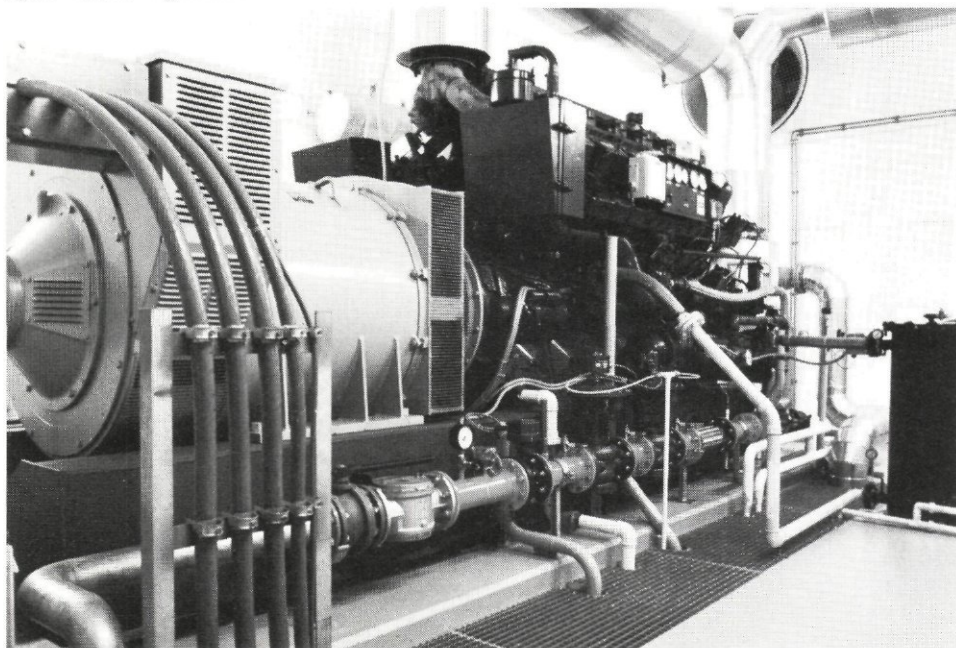
via een warmwatercircuit 65/75 °C toegevoerd aan het met een glycol/watermengsel gevulde verwarmingssysteem (40/30 °C) van de toevoerventilatielucht van de motorenruimten.

Dit ventilatieluchtsysteem bestaat per motorruimte uit twee toevoerventilatoren met een capaciteit van 15.000 m³/h met een verwarmingssectie van 81 kW en een twee-toeren afvoerventilator van 15.000/30.000 m³/h.

Een voorwarpomp met een capaciteit van 5 m³/h zorgt voor het op temperatuur houden van het niet in bedrijf zijnde aggregaat.

Afb. 8 geeft in hoofdlijnen de opzet van het verwarmingssysteem weer.

Afb. 7 - Gasmotor-generator.



3.4. Brandstofvoorziening van de gasmotoren en de warmwaterketels

Als brandstof voor de bovengenoemde installaties wordt normaliter gistingsgas uit het slibgistingproces gebruikt.

Bij afwezigheid van gistingsgas of bij een afname groter dan de gistinggasproductie komt op contacten van de gashouder de gistmenginstallatie in werking en wordt verarmd aardgas gesuppleerd.

De verbrandingswaarde van deze gassoorten moet binnen gestelde grenzen gelijk zijn.

Het gistingsgas of het mengsel wordt opgeslagen in een gashouder met een inhoud van 700 m³ en vandaar naar de verbruikers gevoerd.

Voor de installatie Kralingseveer is voor deze vorm van gassuppletie en samenstelling gekozen, omdat bij toepassing van het gescheiden systeem van gastoevoer van gistingsgas en aardgas korte onderbrekingen [spanningsdips] optreden bij het over-

schakelen van de ene naar de andere gas-soort, hetgeen voor de stroomopwekking minder gewenst is.

Het gas wordt menggas genoemd en wordt door middel van één gasstraat aan elke verbruiker toegevoerd.

Het verarmde aardgas wordt verkregen door buitenlucht door middel van een ventilator te voeren naar een mengbuis waaraan ook het aardgas toegevoerd wordt.

Gemengd wordt in een verhouding 72% aardgas met 28% lucht. Het gas/lucht-mengsel is in deze verhouding niet explosief, voor aardgas en lucht zijn de explosiegrenzen 5,8-15,9% (gas).

De menggasinstallatie moet beveiligd worden ter voorkoming van het toevoeren van:

- a. alleen lucht of
- b. alleen aardgas naar de gashouder.

De gasmenger kan pas gestart worden als aardgasdruk en luchtdruk aanwezig zijn. Is aan onder andere deze twee voorwaarden voldaan, dan kunnen de kleppen in de lucht- en gastoevoer van de menger geopend worden. Bij wegvallen van de stuurdruk van deze kleppen worden ze door veerdruk gesloten.

In de gastoevoer van de mengbuis is een hoeveelheidsregelklep ingebouwd.

Voor de opzet en de uitvoering van het brandstofsysteem, zie afb. 9 en 10.

Ter controle van de gaskwaliteiten is een Wobbe-index-meter opgenomen. Gassen met een gelijke Wobbe-index hebben vergelijkbare verbrandingseigenschappen. Wobbe-index [naar de Italiaan Wobbe 1926]:

$$W_o = \frac{H}{\sqrt{d}} \text{ [MJ/m}_0^3\text{]}$$

H = verbrandingswaarde [MJ/m₀³]

d = dichtheid ten opzichte van lucht.

Deze meter kan op verschillende plaatsen de kwaliteit van het gas of gasmengsel meten. Deze plaatsen zijn:

- in de gistingsgastoevoer
- in de leiding van verarmd aardgas
- in de menggasleiding.

De Wobbe-index-meter geeft een signaal bij te hoge en te lage waarden.

In dat geval wordt de gasmenginstallatie gestopt.

In de gasmotorenruimte en het gasmengstation is gasdetectie-apparatuur opgesteld. De gastoevoer naar de verbruikers wordt automatisch afgesloten bij een te hoge gasconcentratie in deze ruimten.

In het gasleidingsysteem zijn op diverse plaatsen condensverzamelers met auto-

matische aftappen geplaatst. Deze potten zijn aangebracht op alle lage punten.

De menggasleidingen zijn uitgevoerd in roestvaststaal AISI 304, omdat in het mengsel zowel water en H₂S en zuurstof uit de lucht voorkomen.

4. Elektrische energielevering en -verdeling

In deze rubriek zal worden ingegaan op de wijze van energielevering en energieverdeling van en op de rwzi Kralingseveer. De volgende onderdelen zullen nader toegelicht worden.

1. Voeding vanuit het openbare net.
2. Voeding door eigen-energie-opwekking.
3. Regeling van de eigen-energie-opwekking.
4. Voedingssysteem (licht en kracht).
5. Noodstroombedrijf.

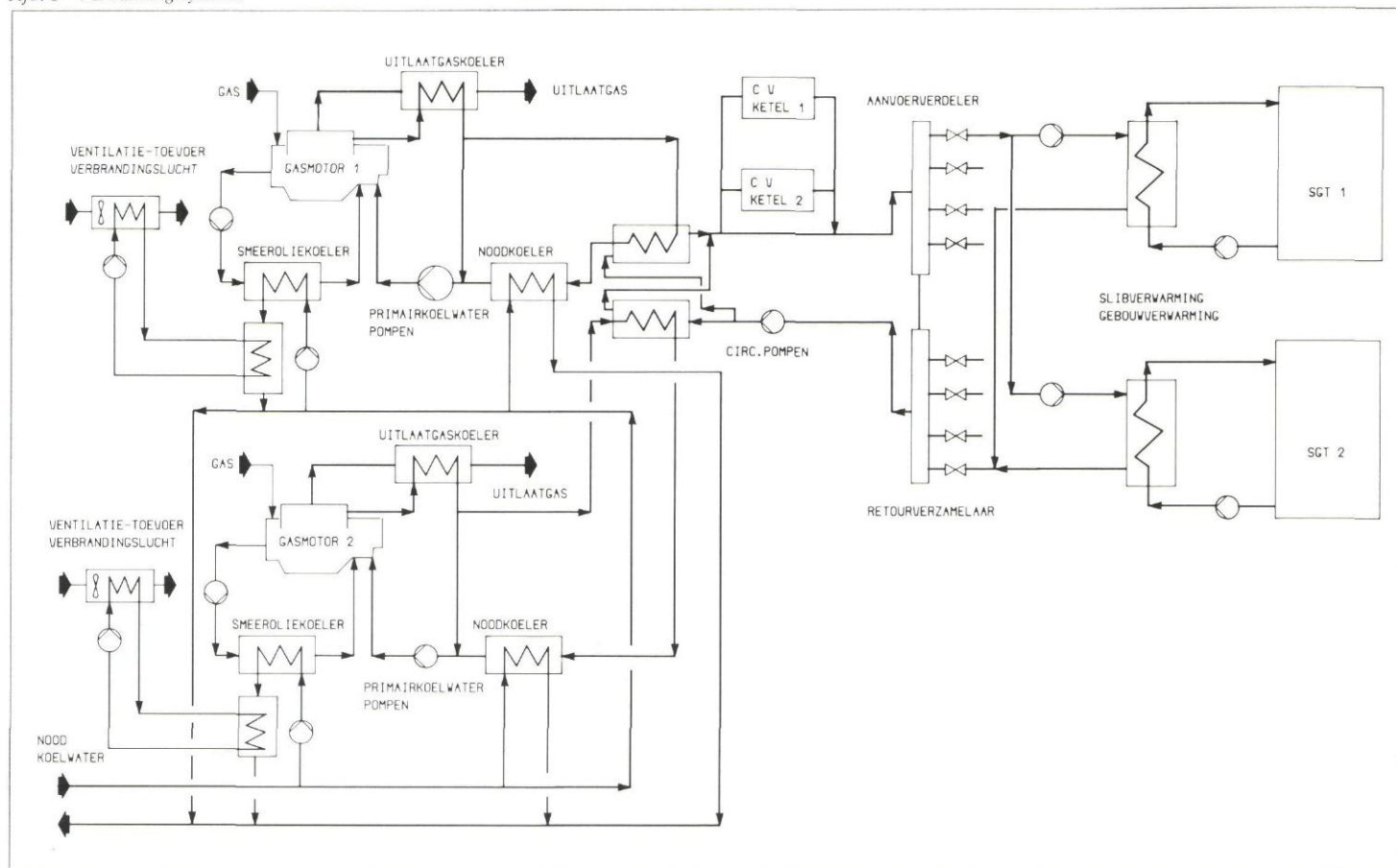
Ter verduidelijking van de navolgende tekst is het Hoofdstroomschema Energielevering en -Energieverdeling toegevoegd (afb. 11).

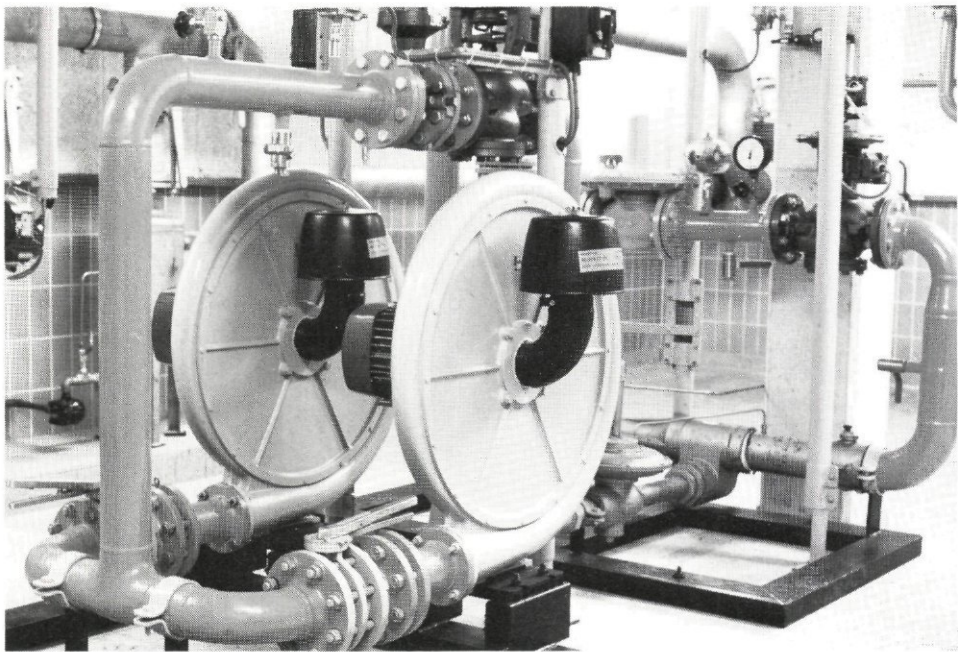
1. Voeding vanuit het openbare net

De elektrische energie wordt geleverd door het Gemeentelijk Energiebedrijf Dordrecht (GEB).

In dienstgebouw 1 is een hoogspanningsruimte, zijn twee transformatorcellen en een laagspanningsruimte opgenomen. De hoogspanningsinstallatie voedt twee transformatoren (12,5 kV/380 V) van elk 1.000 kVA met een kortsluitspanning van 6%.

Afb. 8 - Verwarmingssysteem.





Afb. 9 - Gasmenginstallatie.

De twee transformatoren zijn op een ring-leiding van het GEB-Dordrecht aangesloten. Afb. 12 toont de laagspanningsverdeling.

Beveiligingen

De transformatoren worden in de eerste instantie door het GEB op de gebruikelijke wijze tegen overbelasting en kortsluiting beveiligd. Daarnaast zijn in de voedingsvelden van de laagspanningshoofdverdeling HK vermogensautomaten met instelbare thermisch- en magnetisch maximaal beveiligingen aangebracht; de instellingen zijn respectievelijk: thermisch 1.450 A en magnetisch 5 kA met een maximaal toelaatbare uitschakeltijd van 500 ms.

2. Voeding vanuit de eigen-energie-opwekkingsinstallatie

Naast de voeding vanuit het openbare net wordt de zuiveringsinstallatie gevoed door twee gasmotorgeneratoren volgens eerdergenoemde specificatie. Afb. 13 toont de besturingskast KG in de laagspanningsruimte.

DOELSTELLING EN REALISATIE

De bedrijfsvoering van de aggregaten is erop gericht dat een aggregaat continu in bedrijf is om zodoende het geproduceerde gistingsgas te verbruiken en om te zetten in elektrische energie. Met het tweede aggregaat kunnen, eventueel door inkoop van aardgas als de aanwezige hoeveelheid gistingsgas ontoereikend is, fluctuaties in de elektriciteitsafname van het openbare net worden tegengegaan (peak-shaving). Door deze handelwijze kan het te contracteren vermogen laag blijven. Primair voor het tweede aggregaat is echter de reservestelling en om een surplus aan

gistingsgas te verbruiken. Bij netuitval doen de aggregaten dienst als noodstroomvoorziening (eilandbedrijf). Om aan bovengenoemde doelstellingen te voldoen zal er gemanipuleerd moeten kunnen worden met de belasting op de generatoren. Dit kan op twee manieren te weten:

- op- en afschakelen van de belastingen via een dubbel railsysteem respectievelijk de generator- en trafo-1-rail;
- parallelbedrijf van de generatoren aan het net.

Het kiezen van een van beide bedrijfswijzen gebeurt in handbedrijf waarbij de laatste

mogelijkheid het grote voordeel heeft dat het zelf geproduceerde gistingsgas optimaal gebruikt kan worden; door de bedrijfsvoering kan zelf, tot een bepaalde grens, het maximaal te leveren generatorvermogen ingesteld worden rekening houdend met de verwachte gistingsgasproductie.

PARALLELBEDRIJF

Het GEB-Dordrecht heeft toestemming verleend om de generatoren parallel aan het net te bedrijven, onder voorwaarde dat:

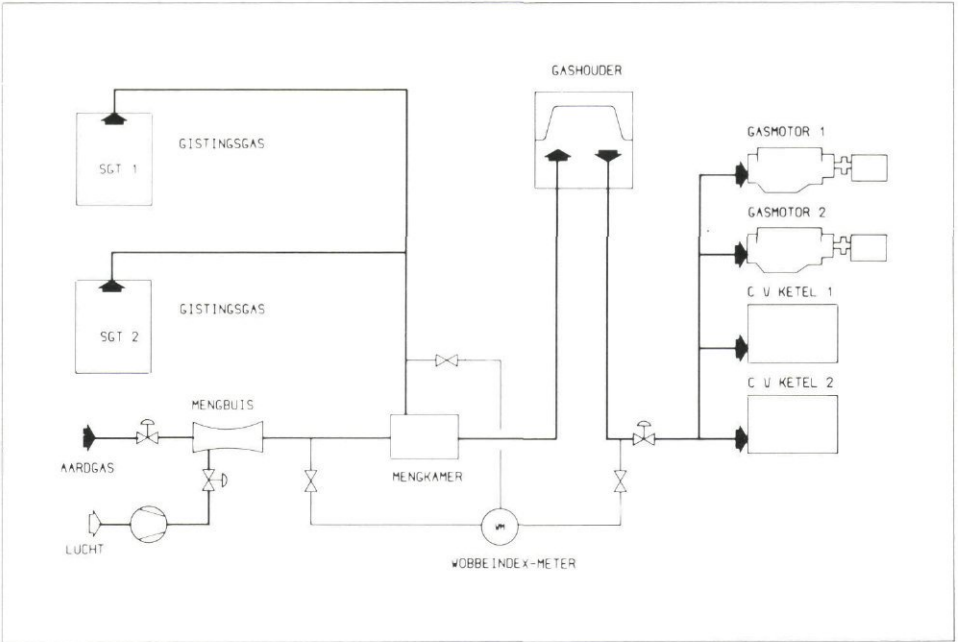
- energielevering aan het openbare net niet plaatsvindt, hetgeen bewaakt wordt door de terugwatt-beveiliging;
- de beide transformatoren niet parallel geschakeld kunnen worden.

Dit is in het ontwerp mede ondervangen door toepassing van het dubbele railsysteem, zodat bij storing in het generatorgedeelte een scheiding wordt gemaakt tussen het openbare net en de eigen-energie-opwekkingsinstallatie van de rwzi Kralingseveer. Uitgaande van de gewenste bedrijfsvoering en de bestaande randvoorwaarden is gekozen voor de opzet van de laagspanningshoofdverdeling HK zoals is aangegeven in afb. 11.

Deze opzet biedt de volgende mogelijkheden:

- een van de gasmotorgeneratoren kan onder alle omstandigheden voor 100% worden belast;
- bij een lage elektrische belasting kan met behulp van omschakelbare groepen een te kiezen vermogen op de generatorenrail, welke door een of twee generatoren wordt gevoed, worden geschakeld. Hierdoor zal het mogelijk zijn het surplus aan gistingsgas met de tweede gasmotorgenerator te verbruiken. De generatoren worden op de volgende wijzen beveiligd:

Afb. 10 - Brandstofsysteem.



– instelbare thermisch- en magnetisch-maximaal beveiligingen op de vermogensautomaten in de voedingsvelden;

– onderspanningsbeveiliging;

– onderfrequentiebeveiliging;

– terugwatt-beveiliging.

Overbelasting van de motor/generatorset wordt gedetecteerd door middel van stroommeting en frequentiemeting.

Bij parallelbedrijf zal met name de vermogensmeting maatgevend zijn omdat de frequentie door het net wordt bepaald. In het geval van eilandbedrijf zal de installatie zelf de spanning en de frequentie regelen.

Op de eigen beveiligingen van de gasmotoren wordt hier niet nader ingegaan.

BEVEILIGING VAN GENERATOREN EN HET OPENBARE NET BIJ PARALLELBEDRIJF

Zoals reeds eerder genoemd is het openbare net beveiligd tegen 'terugvoeding'. Evenzo is de generator beveiligd tegen 'terugvoeding' om te voorkomen dat de generator als motor gaat werken en is de generator beveiligd tegen asynchroonbedrijf. De beveiligingen werken vertraagd om te voorkomen dat ze aanspreken op vereffeningsverschijnselen bij het synchroniseren.

BEVEILIGING OPENBARE NET

Als er sprake is van terugvoeden in het openbare net wordt het openbare net los-

gekoppeld van de rwzi Kralingseveer. Dit ontkoppelen gebeurt door het openen van de koppelschakelaar. In deze situatie wordt generatorrail 1 gevoed door een of twee generatoren en traforail 1 door trafo. In de situatie voor trafo 2 verandert niets.

BEVEILIGING GENERATOREN

Als er sprake is van terugvoeden vanuit het openbare net in het net van de eigen-energie-opwekkingsinstallatie, wordt de desbetreffende generator losgekoppeld van het openbare net door het openen van de generatorautomaat. Deze situatie kan ontstaan indien er in de generatorbesturing een defect is opgetreden. De rwzi Kralingseveer wordt op dat moment dan alleen gevoed door het openbare net door middel van transformator 1 en transformator 2.

Daarnaast wordt de generator of worden de generatoren beveiligd tegen asynchroonbedrijf. Dit wordt gerealiseerd door de onderspanningsbeveiligingen die aangebracht zijn in het veld van elke automaat.

In het voedingsveld van transformator 1 is een snellere onderspanningsbeveiliging geplaatst die in geval van een ontoelaatbare spanningsdip de koppelschakelaar uitschakelt en daarmee de twee netten scheidt. Indien op datzelfde moment of korte tijd daarna de spanning alsnog lager dan een

gewenste waarde is als gevolg van een te grote belasting voor de in bedrijf zijnde generator, treedt de generatorbeveiliging in werking en schakelt de generator af. In dit uitzonderlijke geval wordt de rwzi Kralingseveer gevoed door transformator 2, dus alleen traforail 2 levert voeding.

Het stroomleverend bedrijf heeft de taak om binnen een bepaalde tijd de energielevering via transformator 1 te herstellen.

Indien het openbare net gedurende langere tijd wegvalt heeft dit voor de eigen-energie-opwekking twee gevolgen te weten

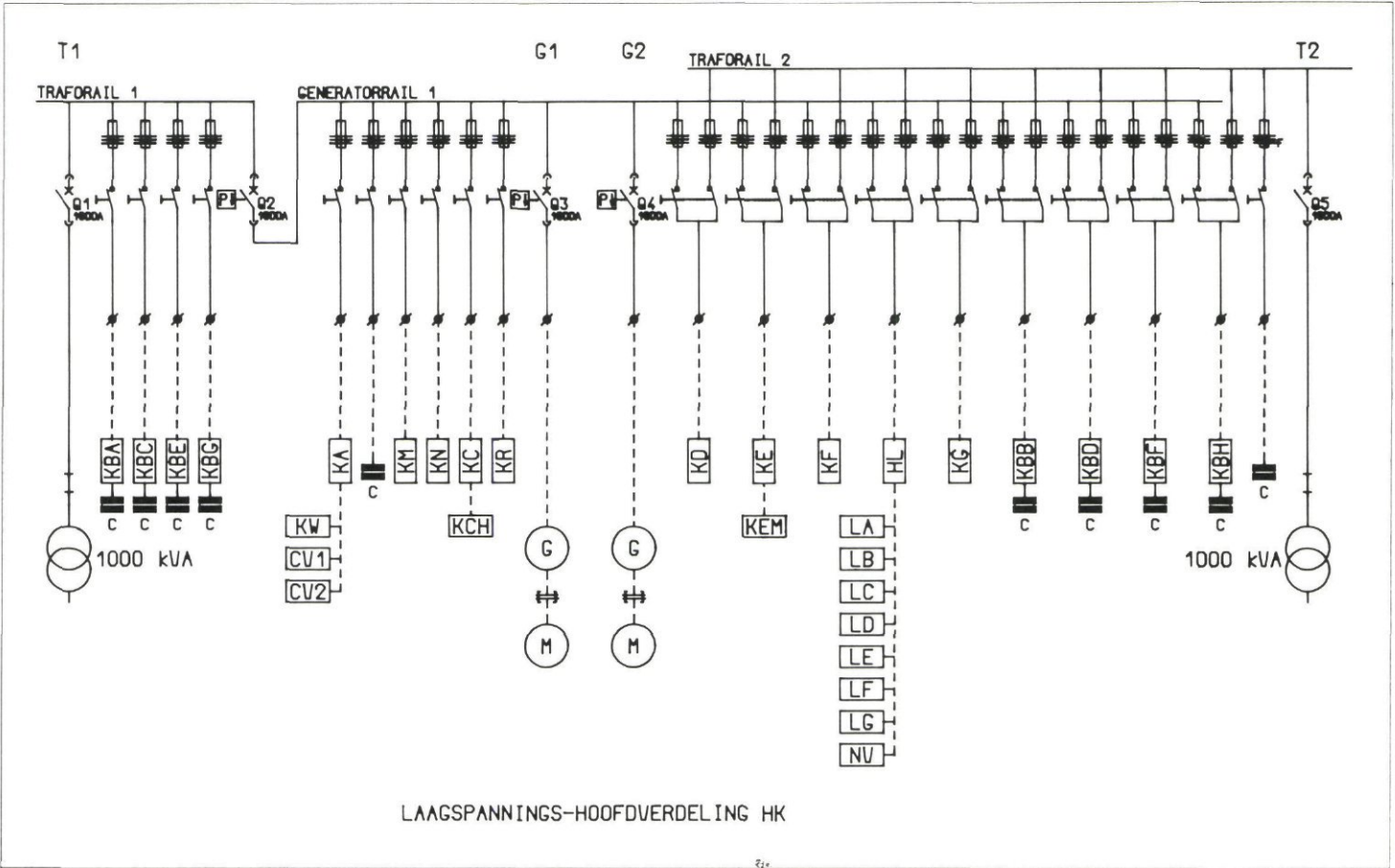
- de in bedrijf zijnde beluchters te weten KBA, KBC, KBE, en KBG elk met een vermogen van 90 kW in laagtoeren en 120 kW in hoogtoeren, gaan uit bedrijf;
- de, onder normale omstandigheden, enige in bedrijf zijnde gasmotorgenerator zal in bedrijf kunnen blijven door deze vermogensreductie en stelt hiermee de bedrijfsvoering in staat het zuiveringsproces te continueren, weliswaar met beperkt bedrijf.

Beperkt bedrijf houdt in dat verbruikers met een lage preferentie uit bedrijf worden genomen, waarbij de mate van preferentie bepaald wordt door de plaats welke dat onderdeel inneemt in het zuiveringsproces.

3. *Regeling van de eigen-energie-opwekking*

Uitgangspunt voor de bedrijfsvoering is dat,

Afb. 11 - Hoofdstroomschema energielevering en energieverdeling.



gezien de verwachtingen omtrent de beschikbaarheid van gistingsgas, een generator continu in bedrijf zal zijn.

De generator zal parallel draaien aan het net, zonder in dit net terug te voeden.

De tweede generator staat normaliter als reserve, doch kan, indien dit vanuit het oogpunt van bedrijfsvoering gewenst is (peak-shaving) met de hand worden bijgeschakeld. Iedere generatorautomaat is voorzien van een eigen synchronisatie-inrichting waarbij het parallel schakelen van een generator op het openbare net automatisch verloopt.

Ook is eilandbedrijf, na netuitval, van een of twee generatoren onderling parallel mogelijk. Voor het bepalen van het maximaal zelf op te wekken vermogen zijn er twee mogelijkheden:

- a. men kan het maximaal op te wekken vermogen afstemmen op het maximale mogelijk te leveren vermogen van de motor-generator;
- b. men kan het maximaal zelf op te wekken vermogen afstemmen op de gemiddelde produktie van het gistingsgas en maakt daarbij gebruik van de inhoudsmeting van de gashouder.

In het eerste geval loopt de gasmotor-generator vanzelf tegen de met de hand ingestelde grenzen.

In het tweede geval worden de grenzen bepaald door de vrijkomende hoeveelheid gistingsgas en/of de hand ingestelde waarde. De vrijkomende hoeveelheid gistingsgas wordt naar de gashouder geleid evenals het geproduceerde menggas en de vullingsgraad van de gashouder vormt het sturend signaal voor deze regeling: de inhoudsmeting van de gashouder levert een analoog signaal van 4-20 mA en dit signaal bepaalt de vermogensregeling.

IMPORTREGELING

Tevens is een regeling ingebouwd, die de gasmotoren regelt op basis van een door het GEB te leveren vermogen en zelf opgewekt vermogen.

Het verschil-signaal bepaalt het zelf op te wekken vermogen (in- en exportcontrol). Hierbij geldt dat op de transformator een basislast van 50 kVA gehandhaafd blijft. Twee voorbeelden ter verduidelijking wat dit precies inhoudt.

Voorbeeld 1

Stel dat de elektrische belasting 300 kVA bedraagt, het openbare net de minimaal verplicht af te nemen vermogen van 50 kVA levert, dan zal de eigen-energie-opwekking de resterende 250 kVA suppleren.

Voorbeeld 2

Stel dat de elektrische belasting 800 kVA bedraagt en het maximaal te leveren generatorvermogen is door de bedrijfsvoering



Afb. 12 - Laagspanningshoofdverdeling HK.

begrensd op 400 kVA dan zal het openbare net de resterende 400 kVA suppleren. In de praktijk werken deze regelingen samen. Kortweg komt het erop neer dat ingeval er sprake is van een elektrische belasting groter dan een generator kan leveren het openbare net het overige vermogen suppleert. Is daarentegen de elektrische belasting kleiner dan een generator kan leveren dan zal de generator steeds minder vermogen gaan leveren. Bij dit terugregelen wordt door de besturing steeds de basislast dat wil zeggen het minimum vermogen dat afgenomen moet worden van transformator 1, verdisconteerd.

4. Voedingssysteem (licht- en krachtinstallatie)

KRACHTINSTALLATIE

Vanaf de laagspanningshoofdverdeling welke staat opgesteld in de laagspanningsruimte van dienstgebouw 1 worden de de-centraal opgestelde lokale schakelkasten gevoed. De plaats van deze schakelkasten in de diverse op het terrein aanwezige gebouwen is zodanig gekozen dat de afstand tot de op deze schakelkasten aangesloten verbruikers zo klein mogelijk is. De schakelkasten vervullen de functies van een motor-control-centre (MCC) en de besturingskast. De besturingen voor deze MCC's zijn ondergebracht in schakelkast KR welke in de ruimte naast de centrale bedieningsruimte van dienstgebouw 1 is geplaatst. De laagspanningshoofdverdeling heeft een thermische kortsluitvastheid van 50 kA eff./sec.

Het totaal geïnstalleerde vermogen, dat is aangesloten op deze laagspanningshoofdverdeling bedraagt ongeveer 2.300 kVA bij een cos.phi van 0,85, waarvan circa

1.700 kVA gelijktijdig in gebruik zal zijn. Het grote aantal schakelkasten is als volgt in te delen:

KBA t/m KBH zijn kleine schakelkasten die omwille van de beperking van het vermogensverlies in de kabels, in de beluchterhuisjes zijn ondergebracht. Vanaf de laagspanningshoofdverdeling naar elk van deze beluchters loopt uitsluitend een krachtvoeding 3x380 V; de ter plaatse benodigde wisselspanning wordt via transformatie verkregen. Schakelkast KR bevat de besturing (conventionele relaistechniek en PLC-techniek voor specifieke toepassingen) van de hierna genoemde schakelkasten met uitzondering van schakelkasten die onderdeel vormen van specifieke installatie-onderdelen, zoals KF, KG, KM, KM, CV-1 en CV-2.

Schakelkast KA voedt de verbruikers voor algemene doeleinden.

Schakelkast KC en KD voeden voornamelijk verbruikers ten behoeve van voorbezinking.

Schakelkast KCH voedt de hevelinstallatie.

Schakelkast KE voedt voornamelijk de verbruikers van het retourslibbedrijf.

Schakelkast KF voedt de verbruikers van het slibontwateringsbedrijf.

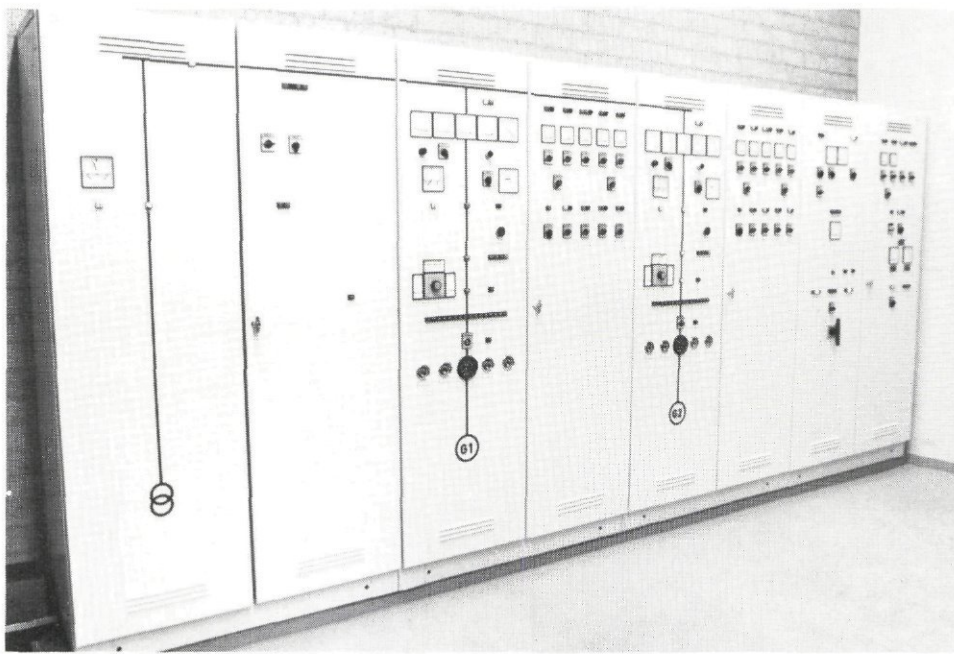
Schakelkast KG voedt de verbruikers (en bevat de besturing) van de eigen-energie-opwekkingsinstallatie.

Schakelkasten KM en KN voeden de verbruikers van de gaswasinstallatie.

Schakelkast CV-1 en CV-2 voeden de verbruikers van de verwarmings- en ventilatie-installatie.

Schakelkast KEM voedt de verbruikers van de monsternamen-installatie.

Schakelkast KW voedt de verbruikers in de werkplaats.



Afb. 13 - Besturingskast van de eigen-energie-opwekking.

COS-PHI regeling

In de krachtinstallatie zijn diverse condensatorbatterijen opgenomen. In afb. 11 zijn deze met C gecodeerd.

Groep 1.

Voor de beluchtermotoren zijn in de beluchterhuisjes condensatorbatterijen opgesteld met een vast compenserend vermogen van 25 kVAr bij 380 V, voorzien van een toonfrequentiefilter voor een te sperren frequentie van 492 Hz.

Groep 2.

Voor de trafo-/generatorrail 1 en traforail 2 zijn automatisch regelende batterijen opgesteld respectievelijk met een effectief vermogen van 250 kVAr, regelend in 12 stappen van 25 kVAr en 225 kVAr, regelend in 9 stappen van 27,8 kVAr eveneens voorzien van hetzelfde toonfrequentiefilter.

LICHTINSTALLATIE

Voor alle gebouwen en de leidingkoker is in een lichtinstallatie voorzien. Het totaal geïnstalleerde vermogen van deze installaties bedraagt 20 kVA. De uitvoering in alle technische ruimten is van het type opbouw met toepassing van waterdichte armaturen. Uitsluitend in het dienstgebouw, waar sprake is van kantoorruimten en ruimten bestemd voor excursies en dergelijke is gebruikgemaakt van inbouwarmaturen met enig esthetisch karakter.

De lichtinstallatie per gebouw wordt verzorgd vanuit de decentraal opgestelde lichtverdeelkasten LA t/m LG en NV; deze lichtverdeelkasten zijn ondergebracht in de eerder genoemde schakelkasten. Voor de volledigheid dient vermeld te worden dat de

lichtverdeling LG bestemd is voor de terreinverlichting en dat de lichtverdeling NV zorgdraagt voor de noodverlichting in dienstgebouw 1; dit is met name gedaan met het oog op de te verwachten aanwezigheid van grote groepen mensen bijvoorbeeld in geval van excursies.

MEET- EN REGELINSTALLATIE

De meet- en regelinstallatie is ruwweg in te delen in twee grote groepen:

Groep 1:

meet- en regelapparatuur ten behoeve van het zuiveringsproces (waterzijdig). Tot deze categorie behoren met name

- de niveaumeet-apparatuur;
- beveiligingen op pompen en leidingwerk;
- monstername-apparaten;
- debietmetingen;
- zuurstofmetingen.

Groep 2:

meet- en regelapparatuur ten behoeve van beveiliging van de mens, onderdrukking van de emissie van geurstoffen. Tot deze categorie behoren met name

- gasdetectie-installatie;
- rest-ozon-detectie-apparatuur (gaswasinstallatie).

Centrale gegevensverwerkingsinstallatie en besturing

In de bedieningsruimte zijn drie grote functionele eenheden ondergebracht te weten:

- a. de centrale gegevensverwerkingsinstallatie;
- b. de bedieningslessenaar met het blind-schemapaneel;
- c. de besturingskast KR.

a. Gegevensverwerkingsinstallatie

In het hoofdstuk automatisering wordt deze installatie functioneel in detail nader uit de doeken gedaan. Hier zullen we volstaan enige aandacht te besteden aan de overige twee componenten.

b. Bedieningslessenaar en blindschema

Op de bedieningslessenaar zijn bedieningschakelaars aangebracht waarmee vanuit de controleruimte ieder gewenste installatieonderdeel in werking gezet kan worden, met uitzondering van de autonoom werkende onderdelen zoals bijvoorbeeld lenspompen. Het blindschema geeft van de installatieonderdelen de bedrijfsvaardigheidstoestand aan, bijvoorbeeld van pompen in/uitdrijf, van afsluiters open/dicht toestand.

c. Besturingskast KR

Zoals eerder al vermeld, is de installatie hier opgebouwd met de conventionele relais-techniek en voor enkele speciale regelingen PLC-techniek. Alle besturingsrelais zijn ondergebracht in de besturingskast KR.

5. Noodstroombedrijf

In het ontwerp van de elektrotechnische installatie is geen apart noodstroomaggregaat voorzien. Het uitgangspunt hierbij is geweest dat de wijze van energievoorziening te weten twee gasmotorgeneratoren en het openbare net in voldoende mate bedrijfscontinuïteit garanderen.

De eigen-energie-opwekking kan niet opstarten vanuit dood-bedrijf omdat de besturing van de installatie is uitgevoerd in 220 V, 50 Hz. Noodstroombedrijf kan dus plaatsvinden als de besturingskast van voeding voorzien wordt. Dit kan op tweeërlei wijzen:

- besturingskast KG wordt gevoed vanaf de generatorrail, ervan uitgaande dat de deze rail voedende generator nog in bedrijf is;
- besturingskast KB wordt gevoed vanaf traforail 2.

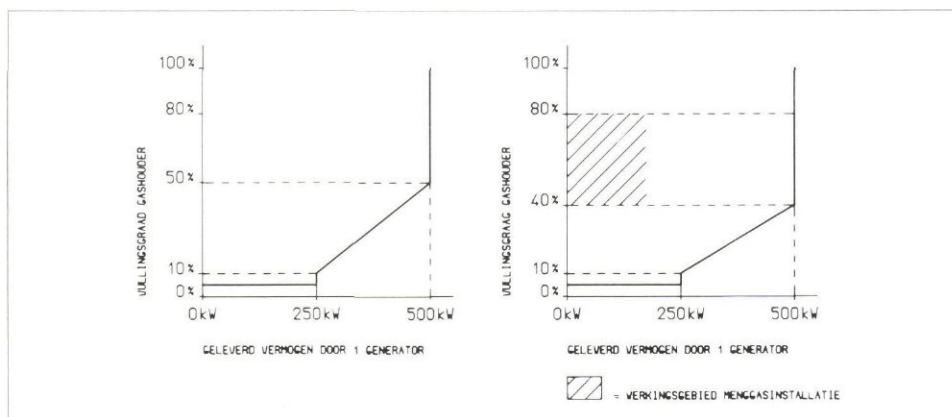
BEWAKING

Ingeval van een netuitval wordt de dienstdoende machinist opgeroepen. Op de rwzi Kralingseveer aangekomen zal zijn handelen afhangen van de bedrijfssituatie die hij daar aantreft.

Het voert hier evenwel te ver om deze handelingen nader te omschrijven. Kortweg komt het erop neer dat de machinist de elektrische belasting af moet stemmen op het maximaal mogelijk te leveren generatorvermogen.

6. Bedrijfsresultaten

De aanlooperperiode viel samen met de extreem lange koude periode van de winter 1985/1986. Tengevolge hiervan moest relatief veel aardgas worden ingekocht om in de warmtebehoefte te voorzien.



Afb. 14 - Vermogensregeling op basis van hoeveelheid gistingsgas.

Overigens werd vanwege de veel grotere aanwas van secundair slib dan was berekend en de extreem lage temperaturen een deel van dit slib buiten de gisting om naar de ontwatering gevoerd, omdat de warmteproductie van gasmotor en ketels samen voor deze situatie onvoldoende bleek te zijn.

In de aanloopperiode kwamen enige onverwachte zaken naar voren, zoals een tijdelijke hogere calorische waarde van het gistingsgas en ontmenging van het gas in CH_4 en CO_2 componenten tengevolge van lage gas-snelheden in de gashouder.

De vermogensregeling op basis van de stand van de gashouder werd enigszins bijgesteld. De regeling verloopt volgens de curve zoals weergegeven in afb. 14.

De generator levert een instelbaar vast vermogen zolang de vullingsgraad van de gashouder varieert tussen de 50% en de 100%. De gasmenginstallatie komt in bedrijf als de vullingsgraad van de gashouder 40% bedraagt en stopt als de vullingsgraad 80% is. Als de vullingsgraad de 40%, om wat voor reden dan ook onderschrijft, wordt het te leveren vermogen proportioneel teruggeregeld naar 50%. De generator blijft in halfvast draaien tot de gashouder bijna leeg is en schakelt bij 5% vullingsgraad uit. De vullingsgraad van de gashouder is zowel bepalend voor de vermogensregeling als het in werking stellen van de gasmenginstallatie. De bovengenoemde waarden zijn in de praktijk voor de 'wintersituatie' vastgesteld.

Uit afb. 14 is af te lezen dat de generator pas bij een vullingsgraad van 40% op halfvast gaat draaien en niet zoals oorspronkelijk was ingesteld bij een vullingsgraad van 50%. Door deze aanpassing levert de gasmotor-generator over een langere tijd een groter vermogen hetgeen tevens resulteert in een grotere warmteproductie. Dit houdt in dat meer aardgas moet worden ingekocht. Uit de afb. 3 en 4 is het verschil tussen de zomer- en wintersituatie af te lezen met betrekking tot het kracht- en warmteverbruik. De in de winter ingestelde waarden zullen voor de 'zomersituatie' zeker nog enige aanpassing behoeven.

De gistingsgasproductie bedraagt momenteel gemiddeld 3.200 m^3 per dag, dat wil zeggen ca. $130 \text{ m}^3/\text{h}$ (met variaties tot max. $200 \text{ m}^3/\text{h}$). De elektriciteitsproductie is ongeveer 10.000 kWh per dag. Bij de gashouder en met name bij de verbindingen in het membraan moesten reparaties worden uitgevoerd en werden onvolkomenheden geconstateerd die nog verholpen moeten worden.

Bij de gasmotoren was de standtijd van de bougies aanleiding voor nader onderzoek. Het eerste type moest al na 150 h worden vervangen. Momenteel worden bougies toegepast die 1.000 h bedrijfstijd halen (inmiddels het 3e type).

Verder functioneerde de installatie ook onder de reeds geschetste extreme omstandigheden zonder noemenswaardige problemen.

Buitendijkse buizen stelden speciale eisen

De rwzi Kralingseveer is gesitueerd aan de rivierzijde van de Maas. Daardoor ligt een groot gedeelte van het buizenstelsel buitendijks.

Juist die situering vroeg om een speciale techniek bij het aanleggen van de betonbuizen. Het was een vereiste dat de buizen waren voorzien van een plaatstalen kern, die bovendien thermisch verzinkt moest worden. Daarbij behoorden de uiteinden van de kern van roestvast staal te zijn. De zogenaamde 'pijpleidingcode' schrijft in geval van buitendijkse ligging van de buizen deze maatregelen voor in verband met de grotere kwetsbaarheid.

Bonna Vianen, fabrikant van betonbuizen, leverde circa 650 meter buis, waaronder ongeveer 375 meter buis met een diameter van liefst 1.800 mm. Daar in Nederland geen baden beschikbaar waren om buizen van deze omvang thermisch in te kunnen verzinken, is Bonna daarvoor uitgeweken naar een van haar buitenlandse relaties. Het leggen van de buizen werd gerealiseerd door Van Eijk Bedrijven BV uit Gouda, die naast de Bonna-buizen alle leidingen en

buizen (ook van PVC) voor dit karwei ter hand nam. Zo'n dertig werknemers van het Goudse bedrijf zijn bij Kralingseveer betrokken geweest, waaronder speciale lassers. Ook Van Eijk stuitte bij de uitvoering op verschillende kleine en grotere problemen. Zo moest in verband met de grote aanleg-

diepte – gemiddeld tussen de vier en vijf meter – het grondwaterniveau ter plekke via bronbemaling worden verlaagd.

Bonna Vianen leverde in totaal voor f 1,2 miljoen aan materiaal; voor Van Eijk was met het project een bedrag van f 5,5 miljoen gemoeid.

Het lassen van de $\varnothing 1.800 \text{ mm}$ buizen. Op de achtergrond de A16 en de Van Brienoordbrug.

