

ARCHIEF



EINDRAPPORTAGE

PROEFBEDRIJF

19 februari 1997

INHOUD

Blz.

1	INLEIDING	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel proefbedrijf	2
1.3	Bediening	4
2	PROCESBESCHRIJVING	5
2.2.1	Tekst	5
2.2.2	Figuren	13
3	BEDRIJFSVOERING	16
3.1	Indeling proefbedrijf	16
3.2	Verwerkte hoeveelheden	19
3.2.1	Toelichting	19
3.2.2	Jaaroverzicht	21
3.2.3	Uurgegevens proefperiode	22
3.3	Bedrijfservaringen	23
3.3.1	Vergassers	23
3.3.2	Slibontvangst, transport en droging	26
3.3.3	Droge stof verwerking	27
3.3.4	Asbehandeling	28
3.3.5	Synthesegassysteem	29
3.3.6	Naverbrander en ketel	30
3.3.7	Rookgasreiniging	31
3.3.8	Utilities	32
3.3.9	Gebouw en terrein (infrastructuur)	34
3.3.10	Procesbesturing en automatisering	34
3.4	Arbo-aspecten	38
4	MEETGEGEVENS	39
4.1	Algemeen	39
4.2	Massabalans	40
4.3	Energiebalans	41
4.4	Samenstelling processtromen	42
4.5	Milieuhygiënische gegevens	43
4.6	Conclusie	43
4.7	Figuren	43
5	FINANCIËLE ASPECTEN	46

INHOUD (vervolg)

	Blz.
6	ANALYSE 47
6.1	Procesmatig 47
6.1.1	Bewerkingsproces voor vergassers 47
6.1.2	Vergassers 47
6.1.3	Na vergassers 48
6.2	Technisch 48
6.2.1	Inleiding 48
6.2.2	Vergassers 49
6.2.3	Overige delen van de installatie, vóór de vergassers 50
6.2.4	Overige delen van de plant, na de vergassers 51
6.2.5	Procesbesturing 52
6.2.6	Onderlinge afstemming 53
6.3	Bedrijfseconomisch 55
7	CONCLUSIE 56
8	AANBEVELINGEN VOOR KORTE TERMIJN 58

BIJLAGE 1

Rapport Arbo-dienst Zeeland inzake stof- en endotoxinemetingen.

BIJLAGE 2

Tabellen inzake meetgegevens.

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

Slibverwerking Zeeland BV (SVZ) exploiteert een pilot-plant voor de verwerking van zuiveringsslib te Vlissingen-Oost. Deze installatie verwerkt een deel van het zuiveringsslib van Waterschap Zeeuwse Eilanden en heeft een capaciteit van 2.000 ton droge stof per jaar.

De installatie is gebouwd volgens een door SMG ontwikkelt concept van slibverwerking op basis van vergassing in een vastbedreactor. Het project bestaat uit de bouw van de installatie en het voeren van een proefbedrijf gedurende een jaar.

Het doel van SVZ was en is: bouw en exploitatie van een operationele installatie voor het verwerken van zuiverings-slib.

De beslissing voor de definitieve keuze van een verwerkingsmethodiek in de regio wordt genomen door Provinciale Staten, de Waterschappen gehoord hebbende, aan de hand van een (beleids)MER. In de MER vindt een afweging plaats van de milieu, technische en financiële aspecten van bewezen technieken voor de verwerking van zuiveringsslib, alsmede van de locatie.

Derhalve was het primaire doel van het proefbedrijf te bereiken dat vergassing als bewezen techniek werd opgenomen in de MER en dat de verstrekte gegevens kunnen leiden tot een voor SVZ positieve beslissing ten aanzien van deze methodiek door Provinciale Staten.

Tijdens dat proefbedrijf moest worden vastgesteld in hoeverre de installatie aan de gestelde verwachtingen voldeed. De doelstelling van het project is om na het vaststellen van een geslaagd proefbedrijf te komen tot uitbreiding van de installatie tot in ieder geval een capaciteit van 6.000 ton d.s. per jaar, mogelijk 8.500 of 12.000 ton d.s.

Er is dus enerzijds sprake van een technische afweging, dat wil zeggen werkt het proces en is de daarvoor ontworpen apparatuur functioneel geschikt en anderzijds van een economische afweging, zijn de verwerkingstarieven vergelijkbaar met de alternatieven. Hierbij moet worden aangetekend dat de vergelijking geldt voor een extra opschaling naar een operationele installatie met een capaciteit van minimaal 6.000 ton d.s. De huidige proefinstallatie is te klein om op een commerciële schaal geëxploiteerd te kunnen worden, dit is immers ook nooit de bedoeling geweest.

Aangezien er sprake is van een technische (door-)ontwikkeling en de onderhavige installatie de eerste is die op industriële schaal is gebouwd en die continu wordt bedreven, is het duidelijk dat het primaire ijkpunt niet is dat de installatie ook daadwerkelijk 2.000 ton slib heeft verwerkt.

Er is sprake van een geslaagd proefbedrijf wanneer aangetoond kan worden dat de betreffende installatie geschikt is om 2.000 ton slib (als droge stof) te verwerken tegen een met vergelijkbare alternatieven concurrerende prijs.

Randvoorwaarde hierbij is dat moet (kunnen) worden voldaan aan de door de Provincie gestelde emissie eisen zowel voor de huidige installatie als voor de beoogde uitbreiding.

Aan de basis van het gehele project lag de verwachting dat er stortverboden voor organische stoffen van kracht zouden worden en tevens dat los hiervan de storttarieven sterk zouden stijgen. Het alternatief voor verwerking volgens het vergassingsproces zou dus in eerste instantie zijn de verbranding van het slib in een van de bestaande of nog te bouwen installaties (Dordrecht of Moerdijk).

De huidige situatie is anders dan voorzien bij het begin van het project. Toen werd alleen noodzakelijk geacht dat aangetoond zou worden dat het systeem werkt en dat de kosten (zie artikel 2.4 van de Aandeelhoudersovereenkomst) concurrerend waren met vergelijkbare technieken, zoals verbranden.

Inmiddels is de mogelijkheid voor drogen zonder nabewerking verruimd zodat ook onder meer de opties thermisch en biologisch drogen in de vergelijking worden betrokken hoewel dit geen vergelijkbare methodieken zijn.

1.2 Doel proefbedrijf

In dit kader kan het doel van het proefbedrijf als volgt nader worden gepreciseerd:

- a - tonen op praktijkschaal dat het systeem werkt.
- b - milieuhygiënische-/financiële- en ervaringsgegevens verkrijgen ten behoeve van de beleidsMER van de provincie.
- c - kwalitatieve, ontwerpgegevens verkrijgen ten behoeve van opschaling en/of het ontwerp van grotere installaties.
- d - kwantitatieve gegevens (energie- en massabalans, emissies, kosten) verkrijgen ten behoeve van opschaling en/of het ontwerp van grotere installaties.

- ad a De verschillende onderdelen van de proefinstallatie, behoudens de vergassers, waren conventionele onderdelen die of reeds in soortgelijke situaties waren gebruikt of waar de benutting in de proefinstallatie goed kon worden ingeschat.
De vergassers bestonden uit een nieuwe conceptuele opzet.

Het aantonen dat het systeem op praktijkschaal werk had dan ook twee aspecten.

Het hield in dat moest worden aangetoond dat de vergassers op praktijkschaal functioneerden, dat wil zeggen dat het gedroogde slib in brikettenvorm in de vergassers werd verwerkt tot synthesegas en energie met als restproduct as en dat dit een continu en beheersbaar proces is.
Het proefbedrijf moest ook aantonen dat de ontwerpfilosofie in praktijk kon worden gebracht.

De ontwerpfilosofie is hierbij het benutten van de in het zuiveringsslib aanwezige energie middels vergassen en naverbranding met stoomopwekking ten behoeve van de droging van het slib en wel in een kleinschalige installatie.

- ad b De Provincie Zeeland laat een MER uitvoeren ter ondersteuning van de keuze voor de verwerkingsmethode van zuiveringsslib. De MER was voorts procedureel vereist teneinde in het provinciale Beleidsplan "Kerend Tij" een formele basis te krijgen voor de toe te passen verwerkingstechniek.
Om slibvergassing in de MER op te nemen als volwaardige methode was niet alleen nodig aan te tonen dat het systeem werkt maar waren ook kwantitatieve gegevens nodig om een vergelijking met andere verwerkingsmethodes mogelijk te maken.

Er zijn tijdens het proefbedrijf ook emissiegegevens bepaald om te kijken of de installatie aan de eisen van de milieuvergunning voldoet.

- ad c Uit de bedrijfsvoering volgen ontwerp parameters voor een volgende installatie. Dit kan zijn een andere configuratie van de onderdelen, aanpassing van onderdelen, andere verhouding van onderdelen en aanpassingen ten behoeve van een eenvoudige, geautomatiseerde besturing.

- ad d De proefinstallatie is een prototype. Door metingen moest worden geverifieerd of de ontwerpparameters juist waren en of de installatie aan de kwantitatieve verwachtingen voldoet. Tevens konden bedrijfskosten worden bepaald.

1.3 Bediening

Gezien het karakter van het proefbedrijf met een doorlooptijd van één jaar, is ten behoeve van de bediening van de installatie gebruik gemaakt van werktuigkundigen welke beschikbaar zijn gesteld door de energiecentrale van EPZ.

Bij het ontwerp van de installatie is uitgegaan van een continue bewaking door twee man vast personeel.

Daar dit zou betekenen dat voor de bediening 14 man in dienst moesten worden genomen is gekozen om gebruik te maken van de diensten van EPZ. EPZ leverde één medewerker voor de diensten buiten werktijd en waar nodig, in verband met de beperkte beschikbaarheid van eigen personeel in verband met andere activiteiten, één medewerker gedurende dagdiensten.

Daar de ene operator contact had en zonodig ondersteuning kon krijgen door de wacht van EPZ was het werken met één operator verantwoord.

Door de gekozen opzet waren geen extra medewerkers nodig om te voorzien in weekeinden en vakanties. Wij maakten gebruik van de daarvoor aanwezige overbezetting bij EPZ. EPZ kon dan ook geen operators leveren gedurende de vakantieperiode.

Deze operators zijn door middel van een gedegen voorbereiding, onder andere een cursus, opgeleid voor de bediening van de installatie.

In de eerste maanden van het bedrijf is door SMG aan alle bedrijvers van de plant "on the job" nog vervolginstructies gegeven, dit in verband met het zeer specifieke bedrijf van de vergasser.

Na verloop van tijd is de installatie bemand door één operator (eventueel aangevuld door middel van een oproep voor assistentie).

Ook is een storingsdienst actief geweest, zowel met betrekking tot de processtoringsaspecten, alsook voor de overige installatiestoringsen.

2 PROCESBESCHRIJVING

2.2.1 Tekst

Opmerking:
de tabellen zijn te vinden in bijlage 2.

In het blokschema en processchema (figuur 2.1 en 2.2) is de integrale slibverwerkingsinstallatie volgens het vergassingsprocédé weergegeven. Het slib doorloopt achtereenvolgens de volgende stappen:

Slibontvangst en nat slibopslag

Het mechanisch ontwaterde slib van de RWZI's op Walcheren en Noord- en Zuid-Beveland wordt per vrachtwagen aangevoerd naar de kleinschalige verwerkingsinstallatie die gesitueerd is op het industrieterrein te Vlissingen-Oost. Het mechanisch ontwaterd slib, met een gemiddelde droge stofgehalte van circa 27%, wordt ontvangen in een gesloten ondergrondse slibbunker. De samenstelling van het mechanisch ontwaterde slib is weergegeven in tabel 4.6 (bijlage 2).

In deze bunker bevindt zich een hydraulisch voortbewogen bodem die het slib langzaam naar een verzamelschroef transporteert. Deze schroef brengt het slib in een hydraulische plunjerpomp die het slib naar de droger verpompt. Bij het ontwerp en de bouw van de slibontvangst is al gedeeltelijk rekening gehouden met de uitbreiding naar 6.000 ton d.s. per jaar.

Slibdroging

De droger waarmee het slib wordt gedroogd is een schijven-droger met interne menging. De droger bestaat uit een huis met een rotor, de rotor is gevormd door een holle as met hierop een 20-tal holle schijven. Stoom en condensaat worden centraal aan de as toe-, respectievelijk afgevoerd. De werking van de droger berust op verwarming van het slib met condenserende stoom die niet in aanraking komt met het te verwarmen medium (indirecte droging).

Dit principe heeft als voordeel dat minder emissies vrijkomen dan bij andere droogconcepten, het verdampte water wordt gecondenseerd en kan daardoor gecontroleerd worden afgevoerd en gezuiverd en niet-condenseerbare stank bevattende lucht wordt als een deel van de verbrandingslucht elders in het proces gebruikt.

Het mechanisch ontwaterde slib zoals aangevoerd wordt in de droger gemengd met reeds gedroogd slib van 90% d.s. (via back-mixing) waardoor een ingangsproduct wordt gevormd van circa 70% d.s. Dit is een voorwaarde voor het goed functioneren van de droger. Zuiveringsslib heeft de eigenschap dat het bij een bepaald d.s. gehalte (circa 50%) klevende pasteuse massa vormt die niet door de droger is te transporteren. Het recirculeren van een deel van het gedroogde materiaal en opmengen ervan met het verse slib is een beproefde methode om dit probleem te voorkomen.

Door controle op het gewicht van de droger, de temperatuur van het slib in de droger en het stoomdebiet wordt een constante waterverdamper gerealiseerd. De procesvoering van de droger leent zich uitstekend voor automatisering en de praktische ervaring hiermee in het afgelopen jaar is dan ook uitstekend.

Het verdampte water wordt in een mengcondensor met gerecirculeerd en gekoeld water gecondenseerd en de non-condensables worden gebruikt als een gedeelte van de verbrandingslucht voor de naverbrander. De bij condensatie vrijkomende warmte wordt met een intern koelcircuit afgevoerd en komt uiteindelijk in de omgeving terecht via een koeltoren.

Het gedroogde slib (zie tabel 4.7) van circa 90% d.s. wordt in een watergekoelde transportschroef gekoeld tot beneden 50 °C en opgeslagen in slibsilo als tussenopslag. Vervolgens wordt het slib in een briketpers tot brandstofbriketten geperst. De briketpers bestaat uit een tweetal walsrollen met hierin uitsparingen in de vorm van halve briketten. Met een verticale voorpersschroef wordt het slib tussen de rollen geperst waarbij hydraulische cilinders de rollen aangedrukt houden, zodat vervolgens de briketten worden gemaakt. Om te voorkomen dat het aan de vergassers toegevoerd materiaal veel stof bevat worden de briketten via een schudzeef naar een opslagsilo gebracht. Het fijne materiaal wordt gerecirculeerd naar de pers en tot briketten geperst. De lucht uit de transportsystemen wordt afgezogen en ontstoft in een stoffilter.

Vanuit de opslagsilo voor briketten worden de vergassers gevoed, de briketten worden met een bekerelevator tot boven de vulopening van de vergassers gebracht en op een commando van het besturingssysteem wordt een van beide vergassers gevoed.

Zowel de briketpers als de logistiek (bekerelevatoren en opslagsilo's) zijn in principe geschikt voor de uitbreiding van de installatie naar 6.000 ton.

Slibvergassers

De meestroomvergasser bestaat uit een verticale schachtoven waarin de brandstof van boven naar beneden door de reactor wordt gevoerd. De toevoer van brandstof geschiedt vanuit een weegbunker met behulp van een trildoseergoot en is geheel geautomatiseerd. De vergassingslucht wordt door middel van een ventilator ingevoerd, een deel van het slib (c.q. het gevormde pyrolysegas) wordt geoxideerd en levert de energie op voor de eigenlijke vergassingsreacties. De as verlaat de reactor aan de onderzijde via een roterend rooster waarbij gestreefd wordt naar een minimaal koolstofgehalte zodat de energie maximaal wordt benut.

De verblijftijd van de brandstof in de vergasser is bij normaal bedrijf circa 8 uur.

In de slibvergassers wordt het brandstofniveau op een vast peil gehouden waarmee onder andere de massa- en energiestromen in de reactoren zo constant mogelijk worden gehouden. In de praktijk wordt dit gerealiseerd met behulp van een tweetal niveauindicatoren in het bovendeel van de vergasser op respectievelijk hoog en laag niveau. De drie parameters: slibtoevoer, asafvoer en toevoer verbrandingslucht zijn in de besturing gekoppeld. Het gevormde gas verlaat de vergasser via een afvoerleiding waarbij de leidingen van beide vergassers worden gekoppeld alvorens gezamenlijk naar de naverbrander geleid te worden. In de gasafvoerleiding is voor elke vergasser een cycloon geplaatst om het grootste gedeelte van stof af te vangen.

In de neerwaartse beweging doorloopt het slib achtereenvolgens een aantal afzonderlijke fasen.

- droogfase : het slib dat nog een beperkte hoeveelheid vocht bevat warmt langzaam op en verliest zijn laatste hoeveelheid aanhangend vocht;
- pyrolyse : boven de 150 °C begint de pyrolysefase. De organische moleculen waar het slib uit opgebouwd is begint zijn chemisch gebonden water en zwak gebonden ketens te verliezen. (H_2O , $-COOH$, H_2 , CO_2);

boven de 350 °C wordt het grootste gedeelte van het vluchtige materiaal vrijgemaakt door onder andere depolymerisatie, dehydratatie, dehydrogenering en dealkylering, er worden koolwaterstoffen, waterstof en cyclische verbindingen gevormd;

Als de temperatuur verder oploopt en boven de 500 °C begint te komen beginnen de eerste vergassingsreacties op te treden;

- oxidatie : als de temperatuur hoog genoeg is wordt de luchtzuurstof in ondermaat als vergassend medium gebruikt. De warmte die bij deze exotherme reactie vrijkomt wordt benut voor het laten verlopen van de droog en pyrolysefase;
- reductie : onder de oxidatiezone vindt er een verder reactie plaats tussen de verkoolde matrix van de slibbriketten en de gasvormige reactieproducten. De belangrijkste reacties die hier plaatsvinden zijn de reductie van koolzuurgas waarbij koolmonoxide wordt gevormd en de reactie van waterdamp met koolstof waarbij waterstof en koolmonoxide wordt gevormd. Dit proces resulteert uiteindelijk in de vorming van een laag calorisch procesgas met een stookwaarde van circa 5 MJ/Nm³.

De vergasser wordt opgestart met behulp van een propaanbrander. Op dat moment is de vergasser gedeeltelijk gevuld met slibbriketten afgedekt met een dikke laag houtskoolbriketten.

De vlam van de opstartbrander ontsteekt de houtskool zodat wanneer, na verwijdering van de opstartbrander, de luchttoevoer wordt gestart in eerste instantie de houtskool verbrand en na enige uren begint te vergassen. De vergasser wordt vervolgens geleidelijk opgevuld met briketten en de luchttoevoer wordt verhoogd totdat de gewenste capaciteit is bereikt.

Bij de besturing van de vergassers zijn de bedrijfs-temperaturen belangrijke indicatoren voor het verloop van het proces. Op een aantal niveaus zijn thermokoppels aangebracht en in de loop van het proefbedrijf zijn deze metingen ook uitgebreid en in de besturing geïntegreerd. De randvoorwaarde is dat de temperatuur beneden het smeltpunt van de as moet blijven omdat anders het risico bestaat van de vorming van aaneen geklonterd verslakt materiaal dat niet meer via de afvoer de vergassers kan verlaten.

De gevormde as (zie tabel 4.9) wordt als bodemas uit de vergasser afgescheiden. De kenmerkende samenstelling van het procesgas is weergegeven in tabel 4.10. Het onttrekken van de as gebeurt met een roterend rooster dat via een tandwielreductor wordt aangedreven. De draaiduur en de draaifrequentie worden gebruikt om de hoeveelheid afgevoerd materiaal te sturen. Om de ligging van de verschillende procesniveaus niet te verstoren moet er juist zoveel materiaal worden afgevoerd als er in de vergasser als as wordt geproduceerd. Een roterende sluis in de asafvoer zorgt voor een afdichting tussen vergasser en omgeving om ontsnappend procesgas zoveel mogelijk te voorkomen, de vergasser werkt immers onder een lichte overdruk.

Tijdens het proefbedrijf is ervaring opgedaan met de afvoerarakteristiek van het rooster en de besturing van het rooster is vervolgens volledig in de automatisering van de vergassers opgenomen.

De as wordt via gekoelde schroeven naar een container gebracht en regelmatig per as naar de stortplaats afgevoerd.

Warmteterugwinning

Het synthesegas wordt aan de vergassers onttrokken en na ontstopping in een naverbrander verbrandt, elk van beide leidingen kan via een pneumatisch bediende klep worden afgesloten. De warmte die vrijkomt bij de verbranding wordt via een stoomketel teruggewonnen en ingezet voor de slibdroging. Ten behoeve van het opstarten van het gehele systeem en om een eventueel tekort aan procesgas te compenseren is er een 100% hoofdbrander op propaan aangebracht en zijn er een tweetal aansteekbrandertjes voor het procesgas aanwezig.

De naverbrander is zodanig ontworpen dat de gevormde rookgassen een verblijftijd hebben van circa 2 seconden bij een temperatuur van circa 850 C. Dit is ruim voldoende om alle brandbare componenten ook daadwerkelijk te oxideren. Het gas wordt aan de naverbrander toegevoerd via een stelsel van speciaal hiervoor ontworpen branders. Bij het ontwerp van de besturing van het systeem is met name aandacht geschonken aan de beveiliging en onderlinge vergrendeling van de vergassers gekoppeld aan de naverbrander.

Bij de verbranding van het synthesegas worden de niet condenseerbare componenten uit de droogdampen mede gebruikt als verbrandingslucht. Hierdoor wordt de geur-emissie in dit gas op een effectieve wijze vernietigd.

De ketel wordt gevoed met uit de droger afkomstig gecondenseerde stoom dat via een condensaatopslag (tank) met een voedingspomp (plus reserve) in de ketel wordt gepompt. De stoom gaat in eerste instantie naar de grootste verbruiker, de droger, maar onder bepaalde omstandigheden kan een gedeelte of ook alle stoom worden afgevoerd naar de watergekoelde noodcondensor. Deze mogelijkheid is enerzijds ingebouwd om overmatige energieproductie op te kunnen vangen (meer gas van goede kwaliteit dan verwacht bijvoorbeeld door betere kwaliteit slib) en anderzijds bij storing van de droger nog geruime tijd met het vergassingsproces door te kunnen gaan.

Rookgasreiniging

De emissies naar de atmosfeer en de belasting van de directe omgeving worden gevormd door het gezuiverde rookgas (zie tabel 4.12) dat behandeld is in een rookgasreinigingsinstallatie.

De rookgassen uit de naverbrander worden via een natte wasstap behandeld. In deze installatie worden de concentraties van stof, zwaveldioxide, zoutzuur en waterstoffluoride tot aanvaardbare waarden teruggebracht.

De complete rookgasreiniging bestaat uit een tweetal natte wassers. Als wasvloeistof wordt natronloog toegepast. Met de eerste water wordt ook het rookgas gekoeld en het stof verwijderd. De tweede water verwijdert met name de zure gassen zoals: zwaveldioxide, zoutzuur en waterstoffluoride. De afgevangen componenten worden met het waswater per as naar de zuiveringsinstallatie afgevoerd, waar alle afvalwaterstromen worden behandeld.

Het oppervlaktewater zal dus niet extra worden belast ten gevolge van de rookgasreiniging.

De emissie-eisen voor de installatie van 2.000 ton d.s. (zie tabel 4.13) zijn vastgesteld in overleg met de provincie en gebaseerd op basis van de NER die vanaf 1 mei 1992 geldt als richtlijn bij de het opstellen van een milieuvergunning.

Hulpsystemen

Ten behoeve van een goede werking van de installatie zijn een aantal hulpsystemen aangebracht:

- persluchtvoorziening ten behoeve van de drukgestuurde kleppen
- noodstroomaggregaat ten behoeve van een aantal kritische componenten (onder andere ventilator in de afvoer van de droger)
- koeltoren voor de afvoer van de warmte uit de mengcondensor van de droger en de noodcondensor.

Ontwerpgegevens

De installatie is ontworpen om per jaar circa 2.000 ton slib (d.s.) te verwerken, dat aangevoerd wordt als ontwaterd slib met een d.s. van circa 27%. De massastromen in de installatie zijn hiervan afgeleid uitgaande van een bedrijfstijd van 6.000 uren per jaar. Voor massa- en energiebalans etc. zie hoofdstuk 4 en bijlage 2. Daar wordt verslag gedaan van de uitgevoerde metingen en de resultaten worden met de ontwerpuitgangspunten vergeleken en gecorrigeerd naar de ontwerpcapaciteit alsmede naar de voorgenomen uitbreiding tot 6.000 ton d.s. per jaar.

Emissiegegevens

Lucht

Het gezuiverde rookgas van de installatie wordt via de schoorsteen afgevoerd. Deze gezuiverde rookgassen voldoen aan de eisen van de NER. De gegevens voor de 2.000 tons installatie staat in tabel 4.12. De vergunningseisen voor de installatie van 2.000 ton d.s. staan in tabel 4.13. De ongereinigde uurvrachten staan in tabel 4.11.

Water

Het afvalwater van de installatie bestaat uit drie stromen. Deze stromen zijn: afvalwater van de droger, afvalwater van de rookgasreiniging en overig (spuiwater ketel, koeltoren etc.). Het spuiwater van de ketel en koeltoren is niet vervuild, zie tabel 4.18 en 4.19. De gegevens van het afvalwater van de droger staat in tabel 4.15 van het afvalwater van de rookgasreiniging in tabel 4.16 en 4.17. Het verontreinigde afvalwater wordt gezuiverd op een RWZI.

Het hemelwater wordt geloosd op het oppervlaktewater. Een gedeelte van het verharde terrein nabij de stortbunker is aangesloten op het riool van de installatie. Eventueel gemorst slib wordt op die wijze afgevoerd met de andere waterstromen.

Het grondwater wordt niet belast. De installatie staat op vloeiستofdichte vloeren, waarbij schoonmaakwater wordt afgevoerd via het riool van de installatie.

Bodem

Het as dat overblijft bij de vergassing wordt met containers afgevoerd naar de stortplaats. Thans worden voorbereidingen getroffen om deze reststof te gebruiken als bouwstof of wegemateriaal. De gegevens van de bodemas staan gerapporteerd in tabel 4.9. Verwacht wordt dat het organisch gehalte van de as nog verder kan worden verlaagd. Vervuiling van de bodem bij de installatie treedt niet op.

Geur

a) Droger

Bij het thermisch drogen van het slib zorgt onderdruk in de droger voor de afvoer van de droogdampen. Deze droogdampen worden na ontstoffing en condensatie als een gedeelte van de verbrandingslucht benut in de naverbrander. Afgezogen stankcomponenten worden daardoor volledig vernietigd.

Door dit handhaven van onderdruk in de droger bevat de ruimte waar de droger staat opgesteld vrijwel geen stankcomponenten.

b) Vergassers

In de open ruimte waar de vergassers staan opgesteld wordt geen stank geproduceerd. Het procesgas dat wordt geproduceerd komt via een gesloten systeem in de naverbrander waar het verbrand wordt. Door deze wijze van energieopwekking wordt tevens verzekerd dat geen geur-emissies naar buiten kunnen treden.

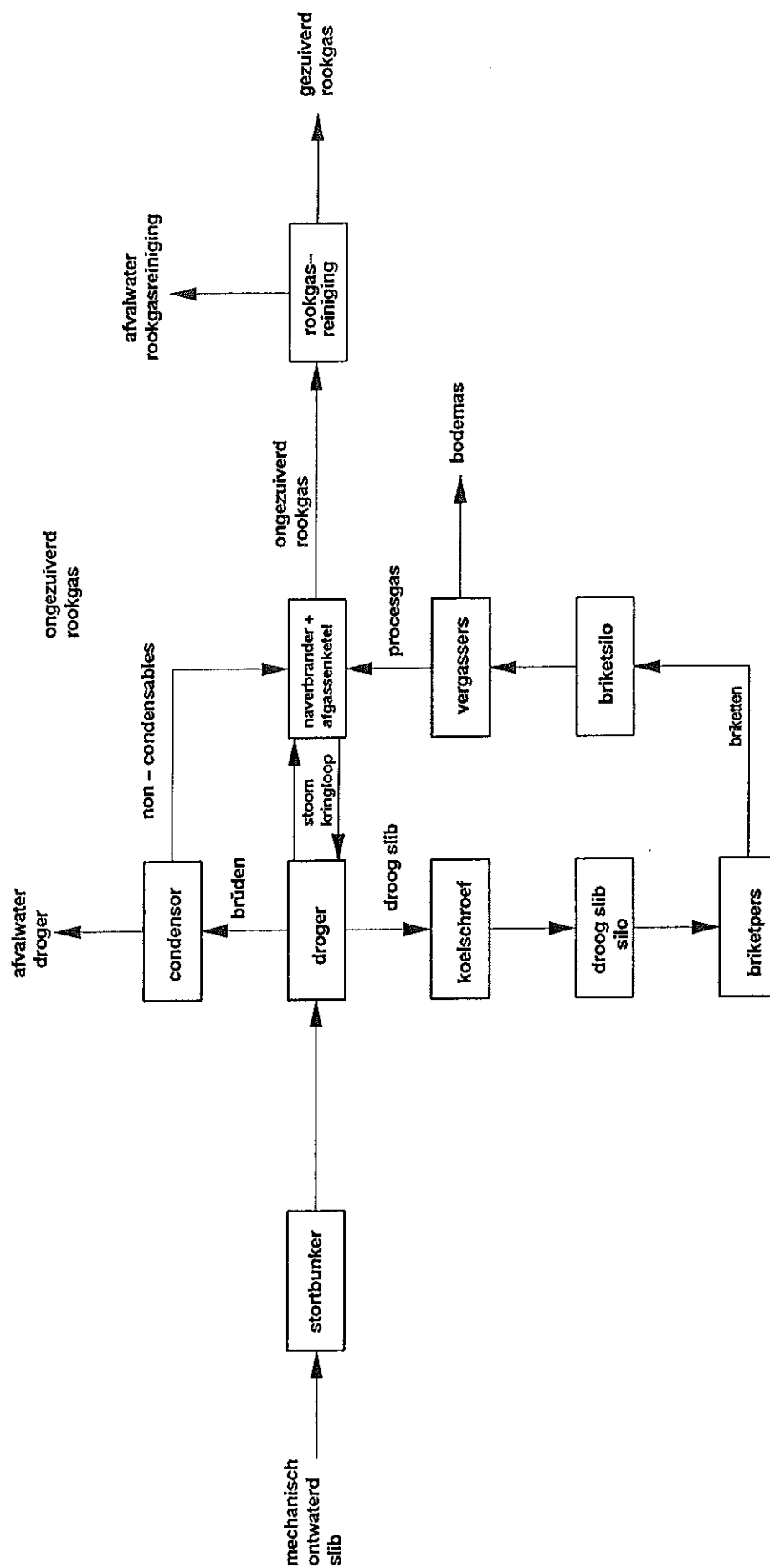
Geluid

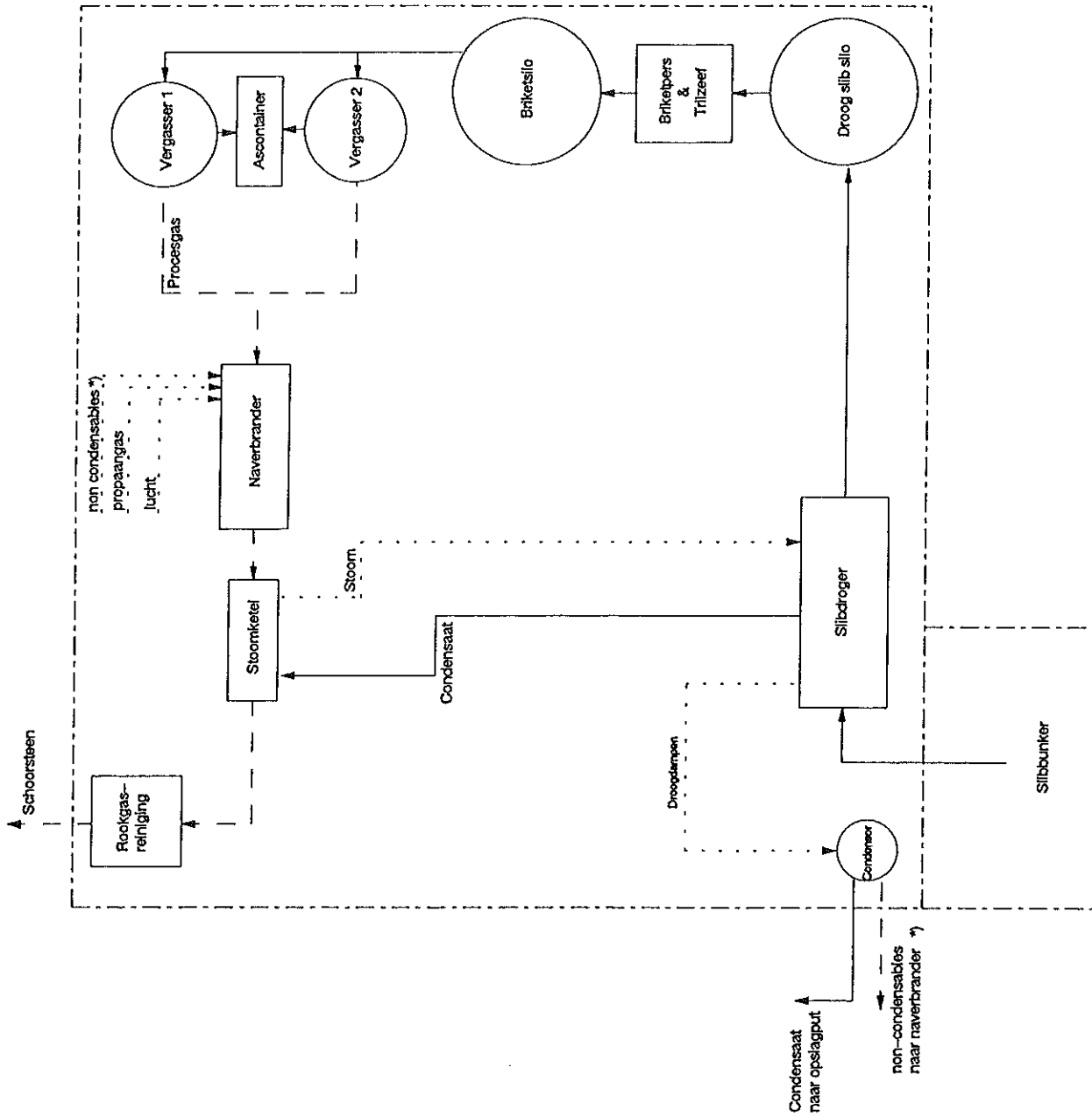
In de vergunning is opgenomen dat de installatie moet voldoen dat de 50 dB(A) etmaalwaarde contour op een afstand ligt van 350 tot 400 meter.

Tijdens het proefbedrijf is een akoestisch onderzoek uitgevoerd. De resultaten zijn vastgelegd in een rapport dat aan de vergunningverlener is aangeboden. De installatie voldoet aan de gestelde eisen.

2.2.2 Figuren

Figuur 2.1 Blokschema Slibvergassingsinstallatie





Figuur 2.2 : Processchema Silbvergassing Zeeland

3 BEDRIJFSVOERING

3.1 Indeling proefbedrijf

Het proefbedrijf vond plaats tussen 10 januari 1996 en 25 december 1996.

Voor de aanvang van het proefbedrijf waren de bedrijfs-onderdelen waar mogelijk beproefd. Dat wil zeggen dat alle onderdelen hadden gefunctioneerd behalve de vergassers, het synthesesgas transport en verbranding, de asafvoer en de rookgasreiniging op de verbrandingsproducten van synthesesgas.

Het proefbedrijf is te verdelen in vier perioden:

- 10 januari (opstart)
 - opstarten, eerste testruns
 - opdoen ervaring, zien welke modificaties en verbetering in de installatie of de bedrijfsvoering nodig zijn
- zomerstop gedurende juli/augustus: inspectie en onderhoud, modificaties en verbeteringen
- 1 september (opstart):
 - nominaal proefbedrijf
 - emissiemetingen op 24 oktober
 - aantonen dat het proces werkt en verkrijgen van meetgegevens bij constant bedrijf
- 24 oktober tot eind december: vervolg proefbedrijf.
 - kijken welke capaciteit de installatie, zoals uitgevoerd, heeft.

De periode 9 januari - eind juni

Deze periode karakteriseert zich als zijnde de eerste opstart van de gereed staande installatie, wat inhoudt het proefbedrijf van vergassers in een slibverwerkingsplant.

Het houdt onder andere in dat diverse bedrijfsprocedures ontwikkeld zijn voor onder meer het opstarten, in bedrijf houden en uit bedrijf nemen.

Veiligheidsprocedures zoals noodstop en weer in bedrijf nemen zijn geoeftend en verder ontwikkeld.

Tevens worden de bedrijvers getraind in het volledig handmatig besturen van de vergassers met het interpreteren van de waarneming uit het bedrijf teneinde op later tijdstip de installatie zelfstandig te kunnen bewaken (bedrijven).

Tevens zijn verschillende configuraties uitgetest met behulp van de luchttoevoer en stoomdosering in het vergassingsproces, dit om een goed lopend proces te verkrijgen.

Uit deze proefseries bleek onder andere dat op te hoog oplopende temperaturen alert gereageerd moet worden teneinde slakvorming te voorkomen. Tevens is het bedienen van een vergasser kritisch ten aanzien van de constante brikettoevoer en asafvoer.

Het gebruik van circa 100 m³/uur (reactie)lucht aangevoerd via het deksel van de vergasser was een optie om verdere beproevingen te doen (oorspronkelijk niet voorzien). Tevens moesten nog extra temperatuurmeetpunten in de vergasser beschikbaar zijn om het proces goed te kunnen volgen en zo te beheersen. Ook moesten modificaties aangebracht worden op de asafvoer en de brikettentoevoer.

Op diverse plaatsen moesten procesmeetpunten aangebracht worden om de benodigde procesparameter te kunnen vaststellen.

Het automatiseringsproces moest worden aangepast om deze en andere beschikbare gegevens te kunnen interpreteren en om het proces te kunnen regelen.

De zomerstop

Deze stop was gepland om twee redenen.

- Na de eerste proefruns moest de installatie in het geheel worden gecontroleerd, gereinigd en moest verder onderhoud worden gepleegd. Tevens was voorzien dat modificaties en verbeteringen moeten worden aangebracht die niet mogelijk waren gedurende korte onderbrekingen van de bedrijfsvoering.
- EPZ, welke de operators beschikbaar stelde, voorzag bezettingsproblemen in deze periode.

De periode is ook voor het beoogde doel gebruikt. Er is een inspectie- en modificatieplan uitgevoerd.

De nevenstaande kenmerkende modificaties en verbeteringen zijn onder andere uitgevoerd.

- Temperatuurmeetvoorzieningen in beide vergassers aangebracht, met de mogelijkheid van vervangen/verplaatsen van de meetpunten.
- Verbetering van de luchttoevoer.
- Aanpassingen aan de roosters van beide vergassers aangebracht met betrekking tot betere asafvoer met een schoonmaak/inspectiemogelijkheid om verstopping van de asafvoer te voorkomen.
- Verbetering van het transportsysteem met betrekking tot aanvoercapaciteit en stofdichtheid van het systeem.
- Verbetering van de droge stof toevoer en vermindering van de storingsgevoeligheid van de brikettenpers.

Bij de inspecties zijn de volgende aspecten in het systeem vastgesteld.

- De procesgasleidingen en bijbehorende afsluiters en cyclonen waren gevuld met stof. Tevens zijn op diverse vlakken aangebakken zwaardere kool/waterstoffen aange- troffen. Het geheel is schoongemaakt, in de volgende periode bleef dit een punt van aandacht.
- De rookgasreiniging bleek op enkele plaatsen gecorro- deerd te zijn. Enkele delen werden vervangen, onder andere de circulatiepompen.

Diverse modificaties en verbeteringen worden nader besproken bij de bedrijfsonderdelen.

Periode van 1 september tot de emissiemeting (op 24 oktober), nominaal proefbedrijf

Deze periode had als doel een periode te verkrijgen met een langdurige stabiele bedrijfsvoering. Er moest worden aange- toond dat het proces werkt, verder werden in deze periode procesparameters ten aanzien van emissie en capaciteit bepaald om zodoende een goed beeld te krijgen van de installatie.

Om deze doelstelling te bereiken is al direct gezocht naar de mogelijkheid van een zeer stringent bedrijfsvoerings- regiem, hetgeen voorwaarde is ten aanzien van de doel- stelling.

Dit was voor de operators moeilijk en stond haaks op het eerste traject van het proefbedrijf (het onderzoeken en in kaart brengen van diverse procedures en deze oefenen en aanpassen).

Door gebruik te maken van het besturingssysteem (soft- en hardware) dat reeds beschikbaar was, dit aan te passen zodat het ook goed te gebruiken is voor het toekomstige doel van een beperkte operationele bezetting, kon een goede bediening ook buiten daguren worden bereikt.

De periode werd afgesloten met een uitgebreide meetcyclus met een drievoudige doelstelling:

- verifiëren dat de installatie voldoet aan de voorwaarden opgenomen in de verleende milieuvergunning
- verkrijging van gegevens ten behoeve van de door de Provincie uit te voeren beleidsMER welke noodzakelijk is voor de keuze van Provinciale Staten inzake de toekomstige verwerkingsmethode van zuiveringsslib.
- het verkrijgen van bedrijfsgegevens, mede ten behoeve van het ontwerp van een grotere installatie.

De eerst bedoelde doelstelling behelsde emissiegegevens, de tweede en derde doelstelling ook gegevens betreffende de bedrijfsvoering en de daaraan verbonden kosten.

Gezien het grote belang van het verkrijgen van betrouwbare, reproduceerbare gegevens ten behoeve van de beleidsMER welke alleen konden worden verkregen bij een langdurige periode met constante bedrijfsomstandigheden is doelbewust gekozen om gedurende deze periode de installatie te bedrijven met een doorvoer die ruim binnen de capaciteit van de installatie lag, in casu circa 75 kg d.s. per uur per vergasser wat circa 50% was van de ontwerpcapaciteit.

24 oktober tot eind december, vervolg proefbedrijf

In deze periode is getracht de vraag te beantwoorden wat de capaciteit van de vergassers is.

Teneinde de doorvoer te kunnen opvoeren is de procesbesturing van de vergassers aangepast door de doorvoer primair te stellen en de temperatuurbewaking in de vergassers te koppelen aan de hoeveelheid reactielucht welke in de vergassers geblazen wordt om het proces te voeren.

Deze koppeling bleek goed mogelijk en een oplossing voor stabilisatie in het proces (as met restkoolstof tussen 10-15%).

Gedurende relatief korte periode zijn bij de vergassers elk separaat capaciteiten waargenomen van 140-150 kg/uur, ongeveer de ontwerpcapaciteit.

Vanwege diverse storingen in de installatie is het echter niet mogelijk geweest verder te optimaliseren.

Uiteindelijk bleek dat de vergassers begin december, niet goed meer te bedrijven waren ten gevolge van de onvoldoende kwaliteit brandstof wat werd veroorzaakt doordat de walsrollen en voordrukschroef van de brikettenpers aan vervanging toe waren.

3.2 Verwerkte hoeveelheden

3.2.1 Toelichting

Overzicht 3.2.2 geeft weer de gedurende het proefbedrijf verwerkte hoeveelheden slib respectievelijk droge stof.

Daarbij is opgenomen de bedrijfstijd van de beide vergassers uitgedrukt in dagen.

Tevens is in het overzicht opgenomen de hoeveelheid verbruiksmiddelen, met name propaan, water en elektra.

Het overzicht geeft tevens weer de hoeveelheden afvalwater en de totale hoeveelheid overige reststoffen, met name as en slak en tevens de hoeveelheid droge stof/briketten welke vrijgekomen zijn bij schoonmaak en onderhoudswerkzaamheden.

Overzicht 3.2.3 geeft de performance weer van de beide vergassers gedurende de proefruns 13 tot en met 16 (periode september-december). Wij hebben ons hierbij beperkt tot de belangrijkste parameters: de verwerkte hoeveelheid briketten (met circa 85% droge stof), de toegevoerde hoeveelheid lucht en samenstelling van het as.

3.2.2 Jaaroverzicht van hoeveelheden welke verwerkt respectievelijk verbruikt zijn voor het proefbedrijf - 1996

	slib (t)	droge stof (t)	bedrijfs- dagen v/d vergassers	propane (Nm3)	industrie w (m3)	drinkwater (m3)	elektra (kWh)	afvalwater (m3)	as (t)	slak (t)	slib (t)	droge stof/ briketten (t)	totaal rest- stoffen (t)
januari	39,62	10,70	6	11.523,3	1.068	{ 20	44.200	1.174	9,25	0,34	-	-	9,6
februari	164,88	44,52	17	9.980,6	1.462	{	53.920	1.584	21,38	8,32	-	-	29,70
maart	203,16	55,05	30	5.001,4	1.441	{ 130	50.200	1.476	11,16	5,04	-	5,62	21,82
april	354,52	95,72	40	8.785,3	2.498	{	76.680	2.451	45,36	-	-	11,70	57,6
mei	295,88	79,89	31	15.577,3	1.475	{ 113	62.600	1.717	39,30	-	-	-	39,30
juni	312,30	84,32	40	5.117,9	2.018	{	58.000	1.858	76,16	-	-	-	76,16
juli	-	-	-	-	51	{ 65	10.580	60	5,16	-	-	-	101,54
augustus	100,90	27,24	-	-	549	{	21.020	430	3,50	-	40,42	55,96	3,5
september	346,54	93,57	44	15.300,9	2.263	{ 145	83.580	2.416	14,14	-	-	-	14,14
oktober	241,36	65,17	58	7.164,0	2.088	{	80.200	2.186	36,50	-	-	-	36,50
november	301,08	81,29	60	9.162,5	{ 3.357	{ 109	77.060	1.786	42,96	-	-	-	42,96
december	187,70	50,68	30	4.921,6	{	{	57.880	1.248	48,76	-	-	-	48,76
				92.534,8	18.270	764	675.920	8.386	353,64	13,70	40,42	73,28	481,04
januari 1997	2.547,94	688,15	356									23,68	23,68
												96,96	504,72

3.2.3 Uurgegevens proefperiode

Grafiek 13.1 en 13.2
Grafiek 14.1 tot en met 14.5
Grafiek 15.1 tot en met 15.4
Grafiek 16

Hierin is aangegeven:

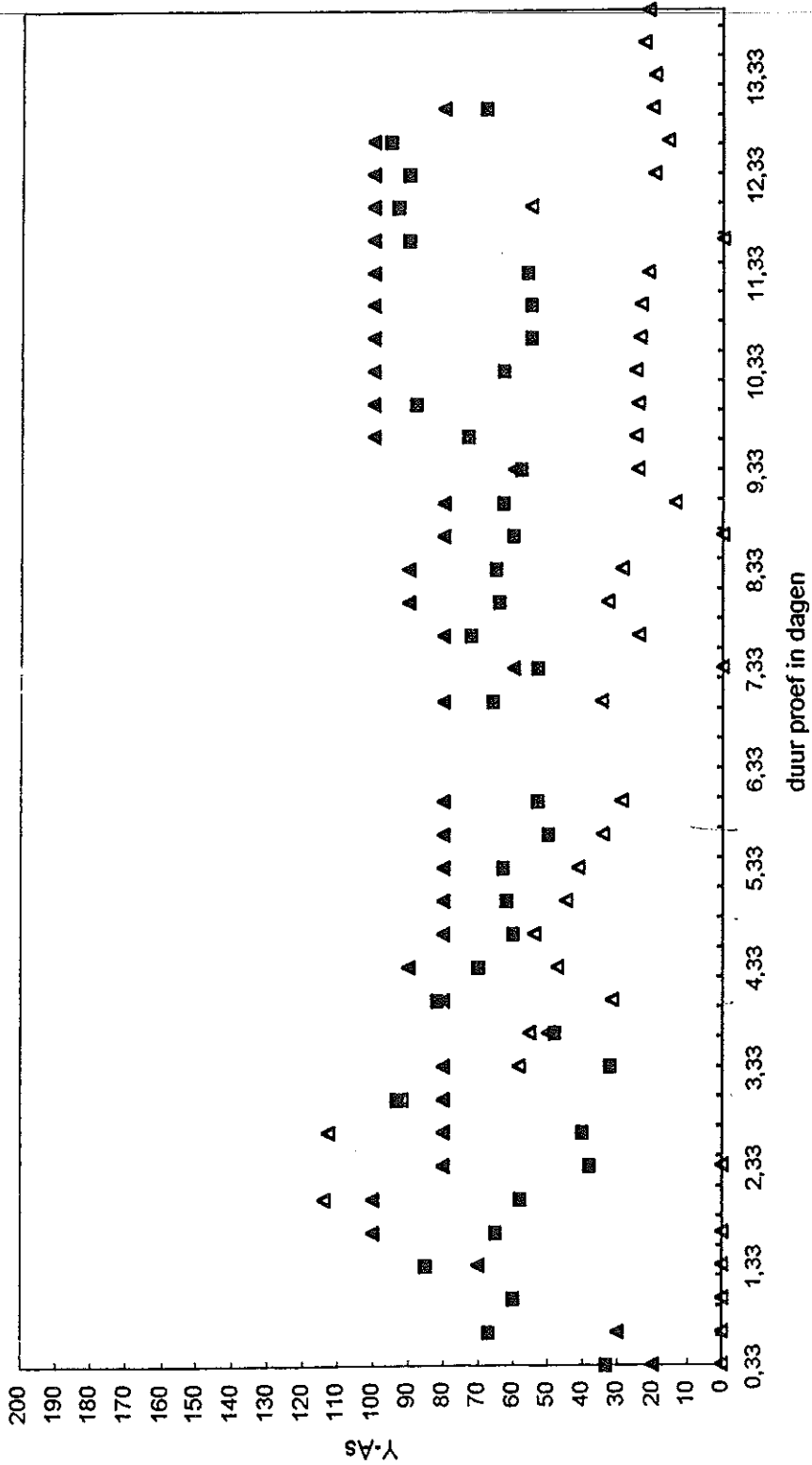
- de brandstof toevoer
- de lucht toevoer
- het gloeiverlies, hier gedefinieerd als het koolstofpercentage van het as.

De grafieken zijn bijgevoegd om een indruk te geven van de variaties en constantheid van het bedrijf.

De meetperiode ten behoeve van de MER vond plaats op 24 oktober, zie grafiek 14.3 en 15.1, zie hoofdstuk 4.

Proef 13 vergasser 1
gemiddelde waarde per shift

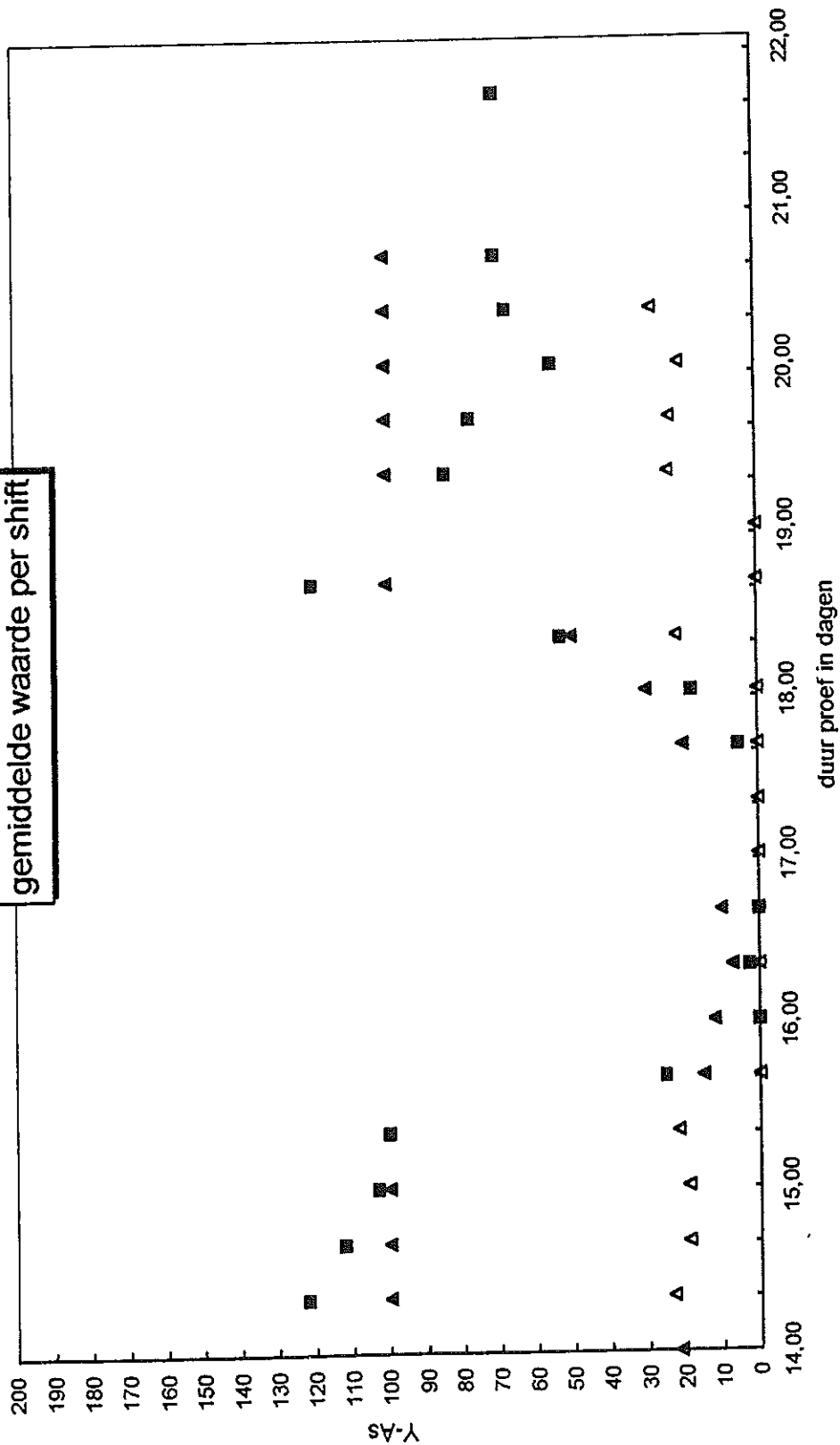
kg/uur
m³/uur
Y_{I2} %C



■ briketoevoer kg/uur
▲ luchtflow boven m³/uur
△ gloeiverfies %C

kg/uur
m³/uur
γ_{1/2} %C

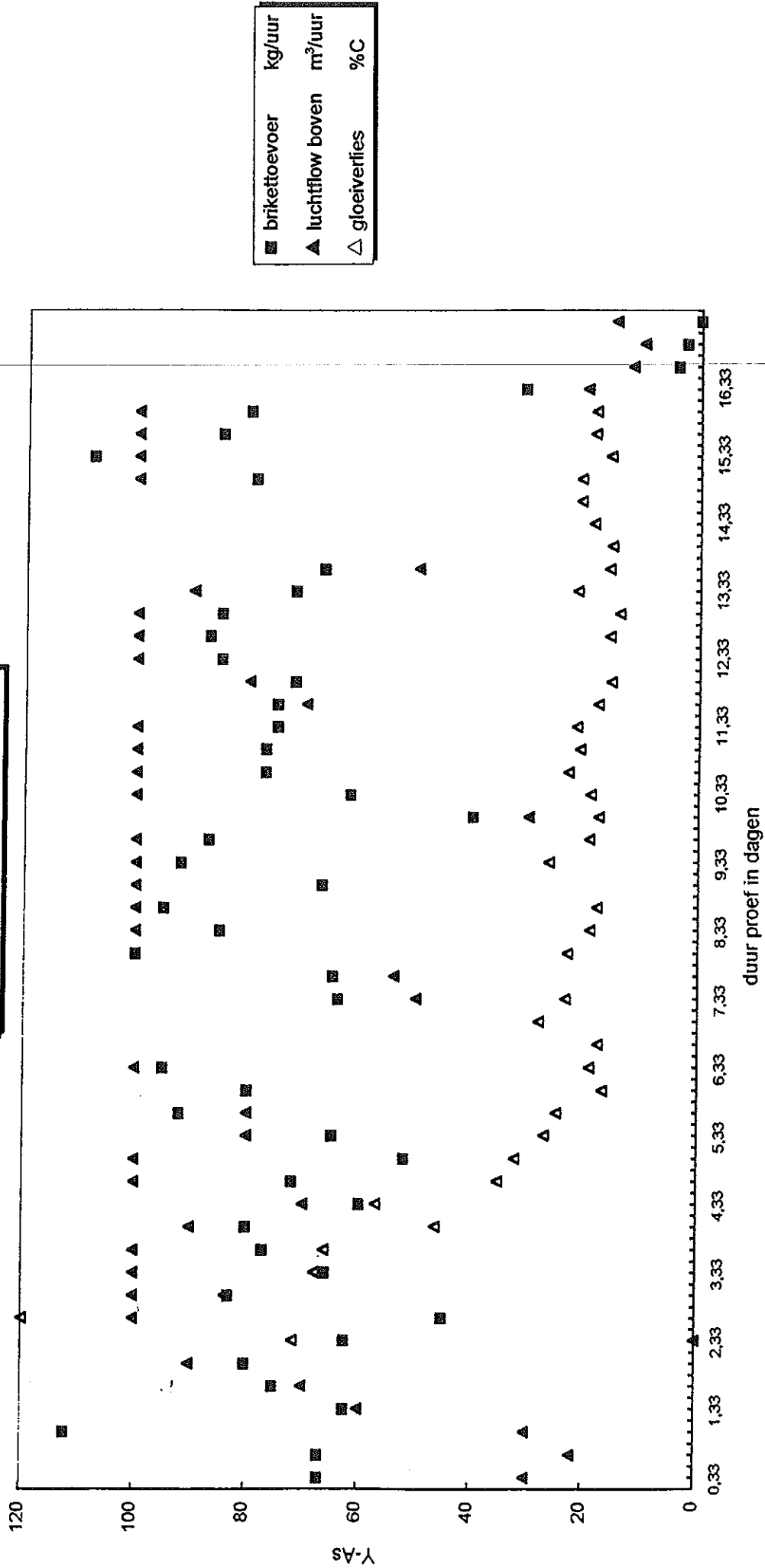
Proef 13 vergasser 1 gemiddelde waarde per shift



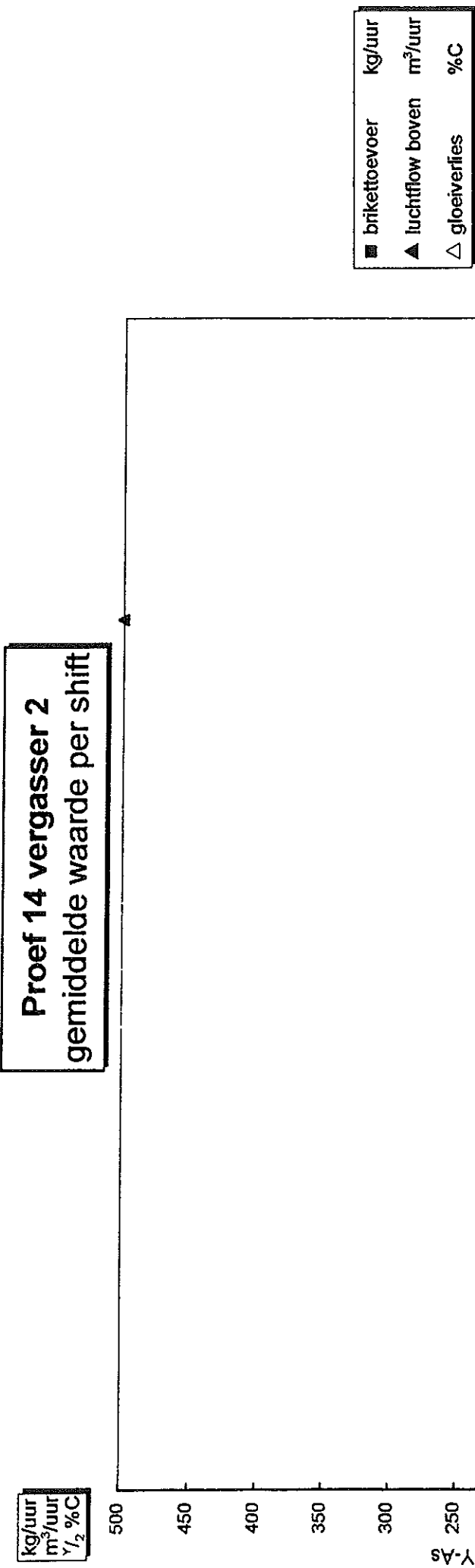
■ briкеттоevoer kg/uur
▲ luchtflow boven m³/uur
△ gloeiverlies %C

Proef 14 vergasser 2
gemiddelde waarde per shift

kg/uur
m³/uur
Y_{1/2} %C

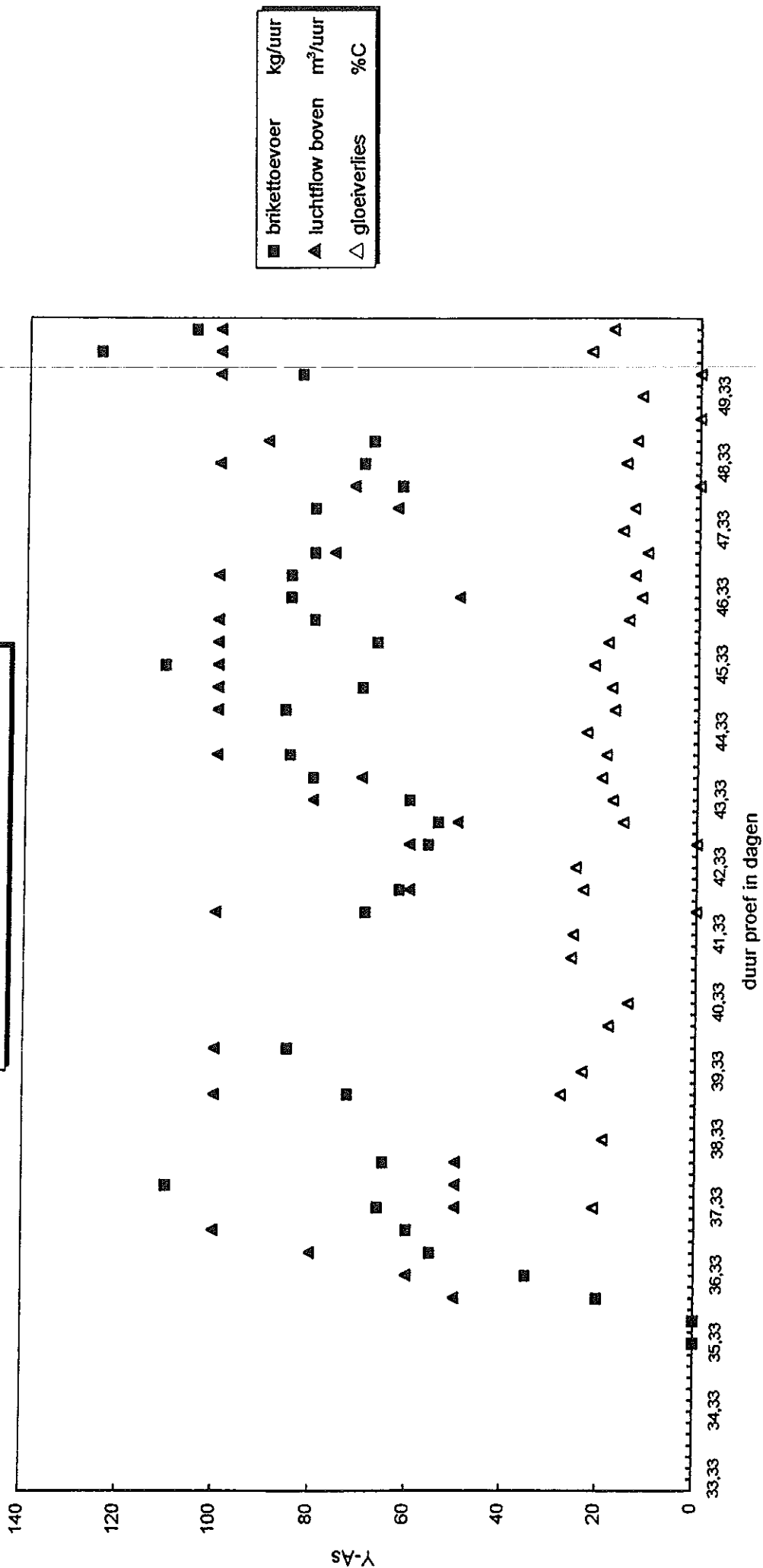


Proef 14 vergasser 2 gemiddelde waarde per shift



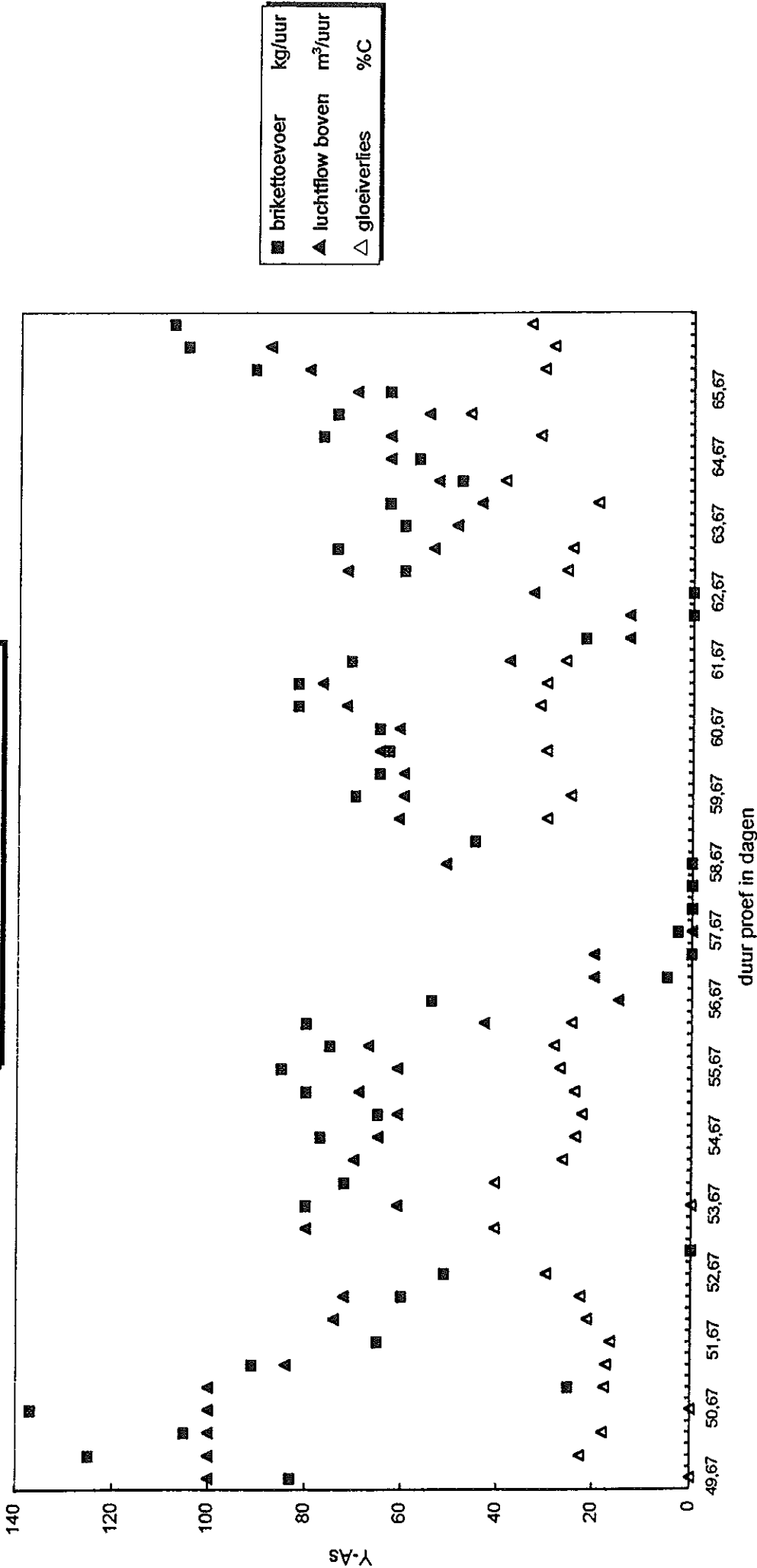
kg/uur
m³/uur
°C

Proef 14 vergasser 2 gemiddelde waarde per shift



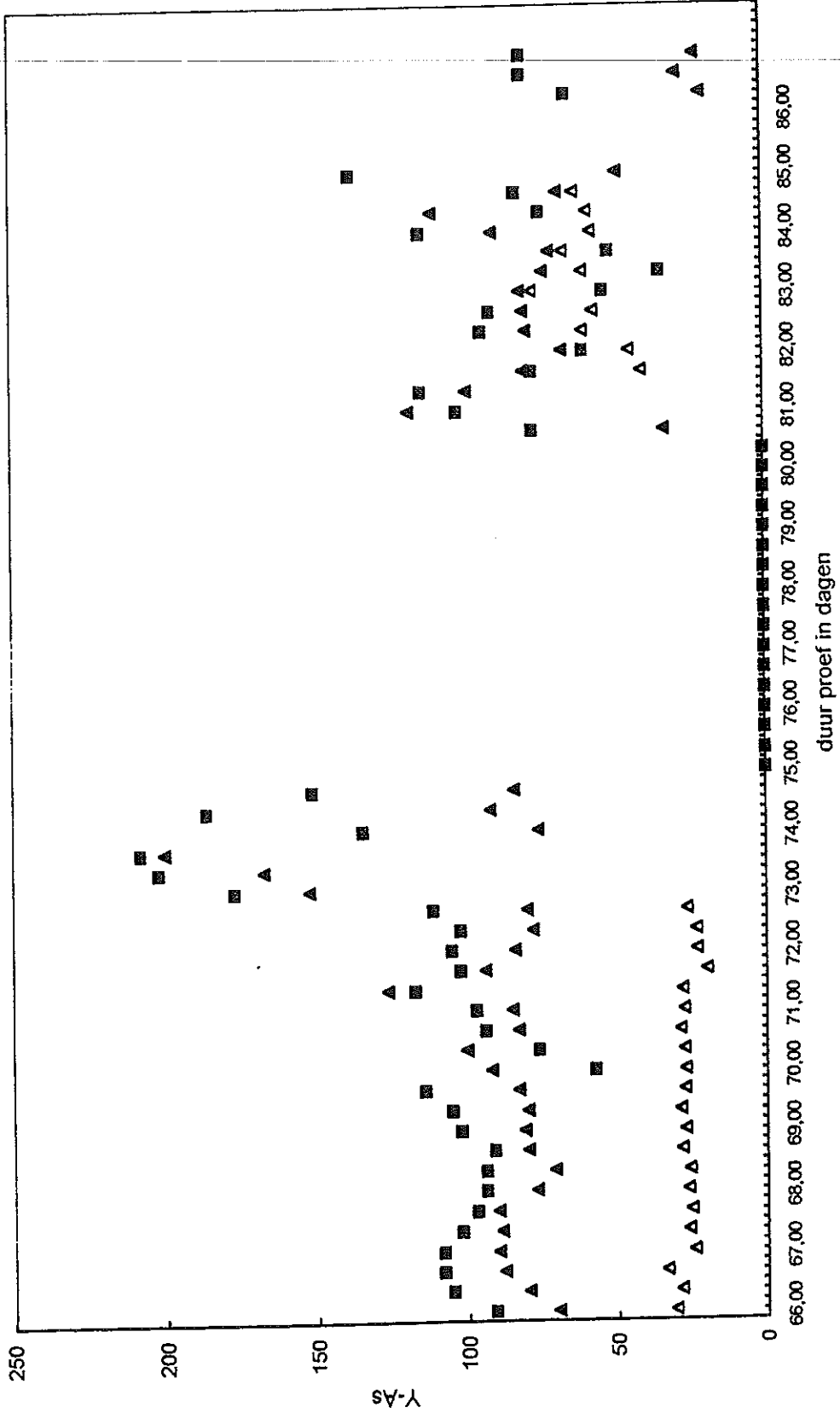
Proef 14 vergasser 2 gemiddelde waarde per shift

kg/uur
m³/uur
Y/₂ %C



Proef 14 vergasser 2
gemiddelde waarde per shift

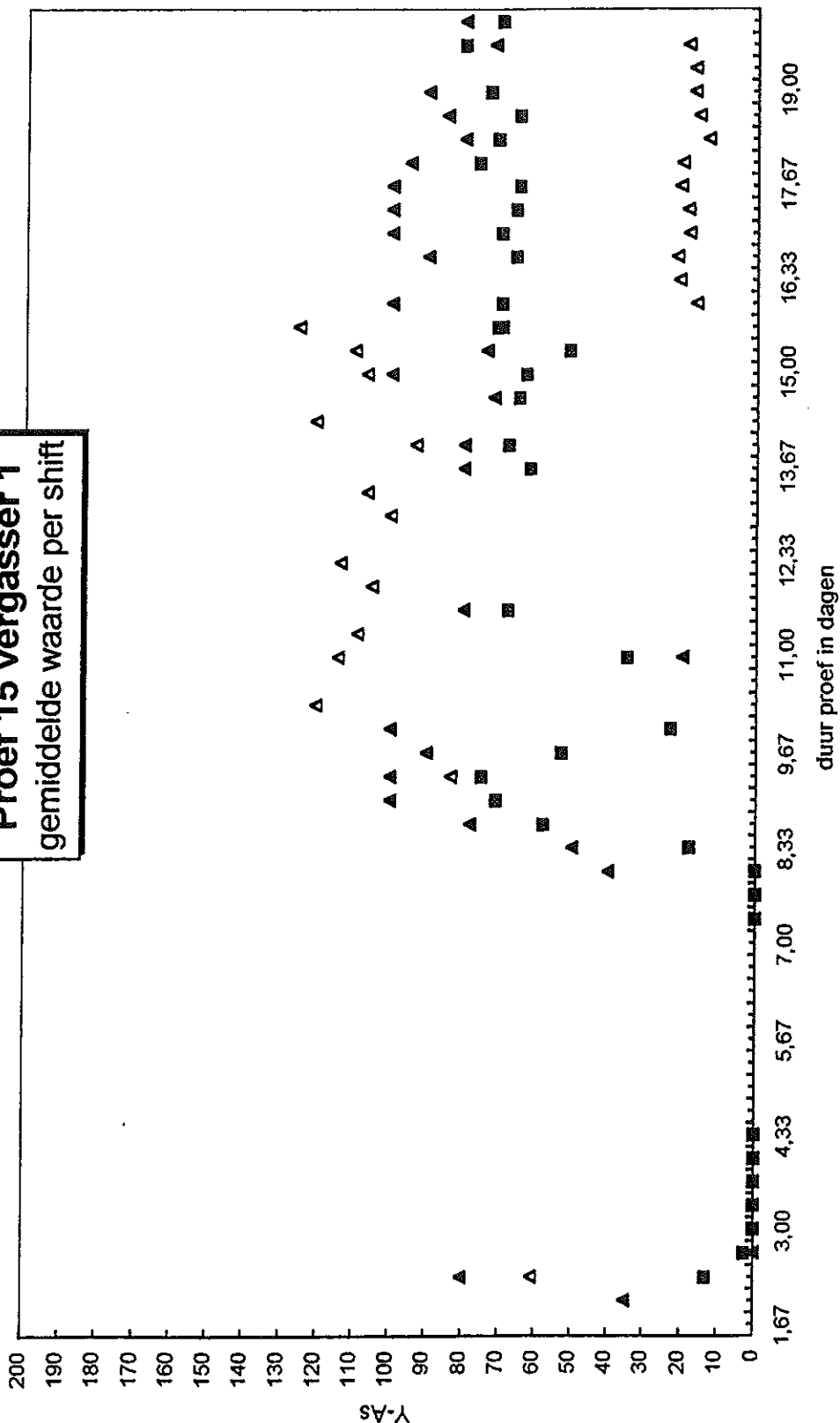
kg/uur
m³/uur
Y₁₂ %C



■ brikettoevoer kg/uur
▲ luchtflow boven m³/uur
△ gloeiverlies %C

kg/uur
m³/uur
1/2 °C

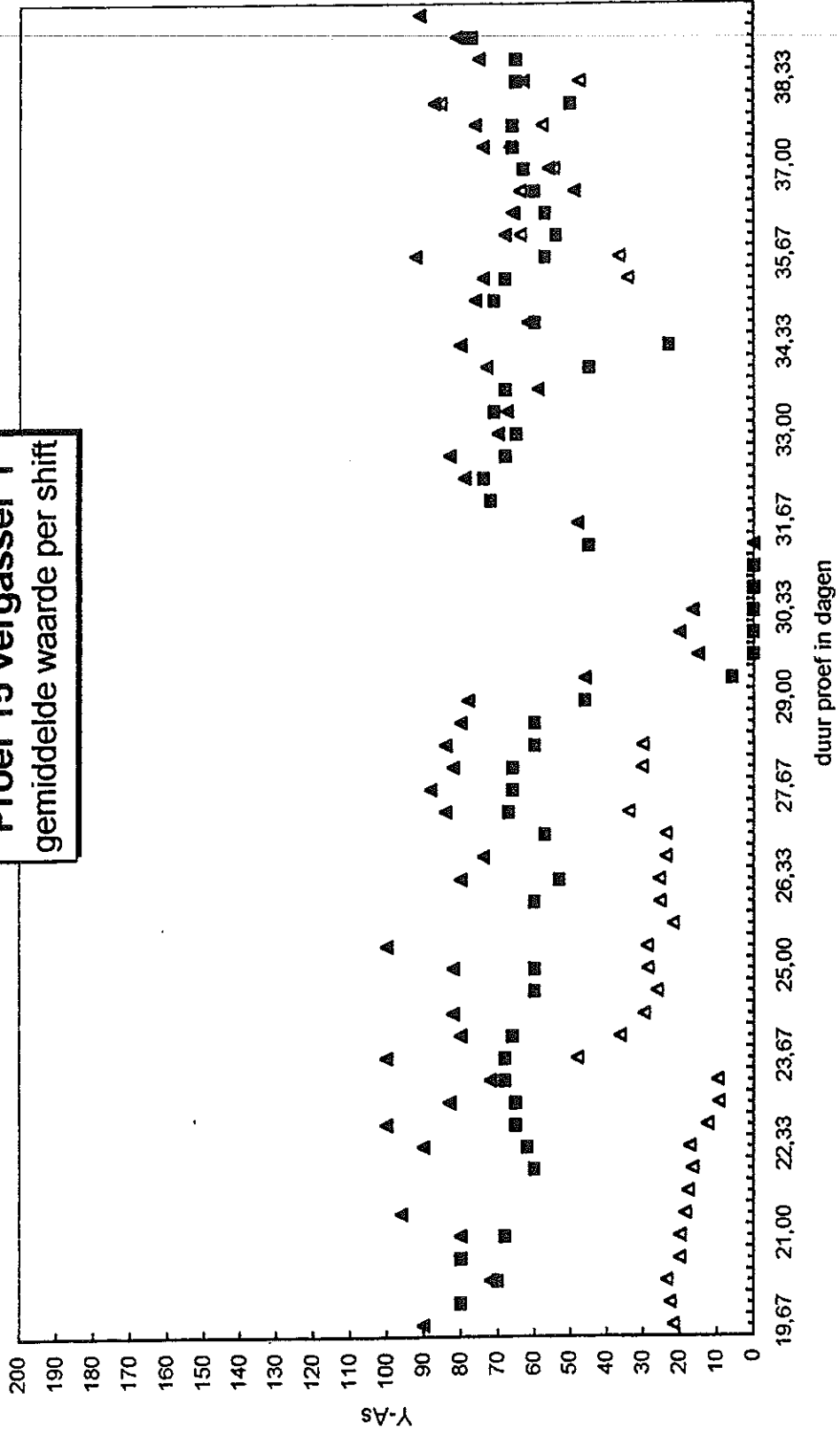
Proef 15 vergasser 1 gemiddelde waarde per shift



kg/uur
m³/uur
%C

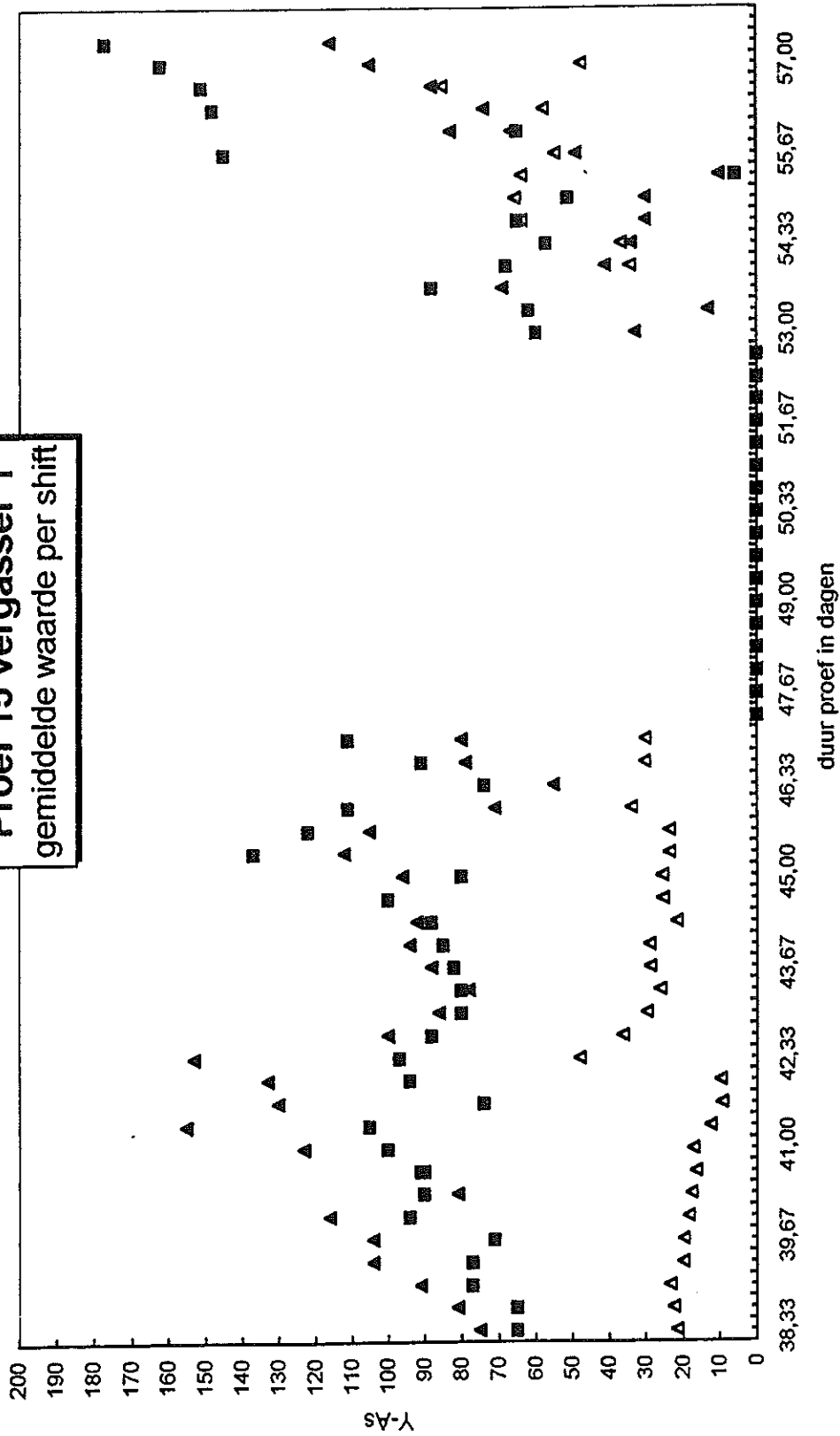
Proef 15 vergasser 1
gemiddelde waarde per shift

■ brikettoevoer kg/uur
▲ luchtflow boven m³/uur
△ gloeiverlies %C



kg/uur
m³/uur
γ₂ %C

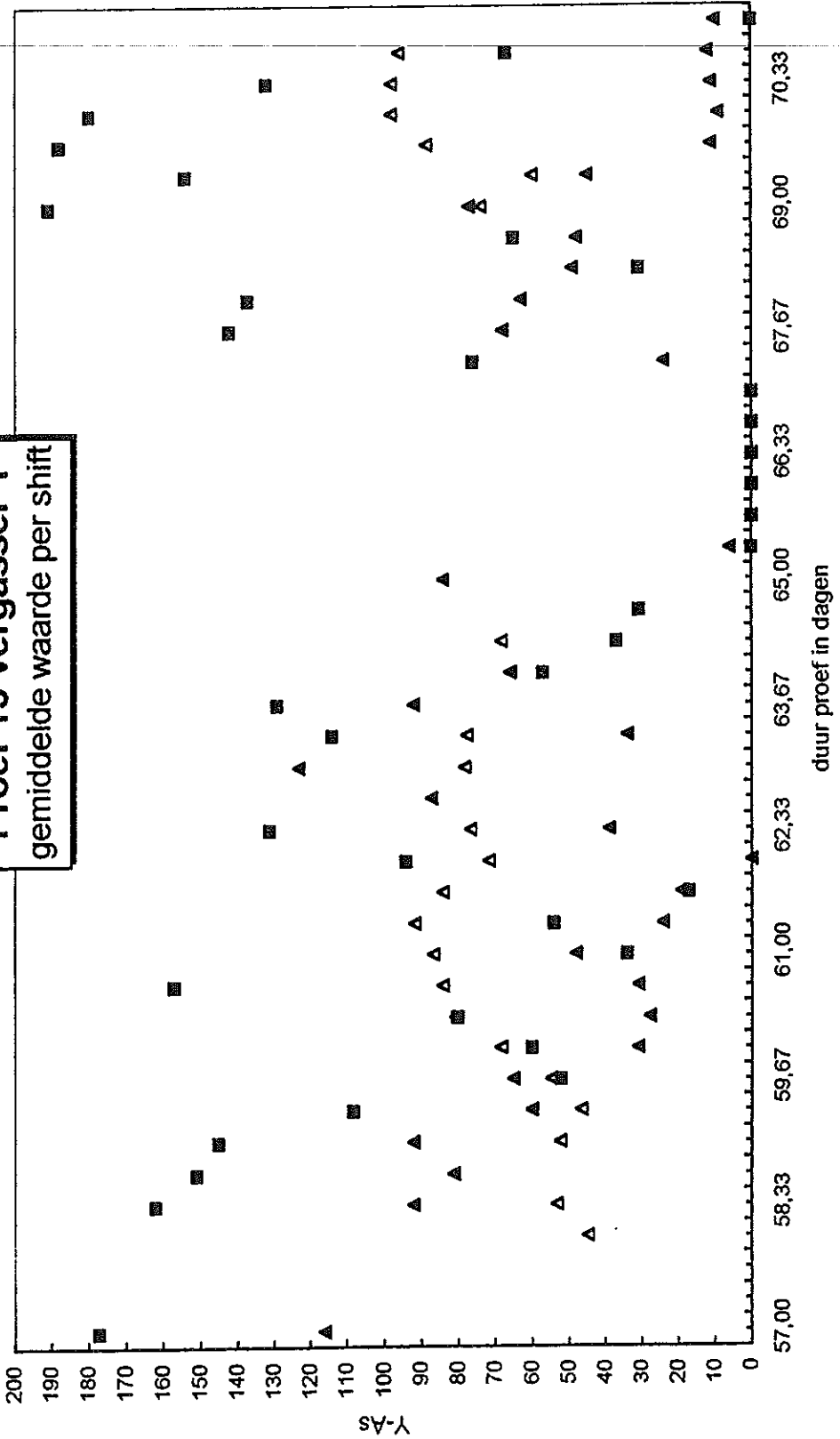
Proef 15 vergasser 1 gemiddelde waarde per shift



■ briкетtoevoer kg/uur
▲ luchtflow boven m³/uur
△ gloeiverlies %C

kg/uur
m³/uur
%C

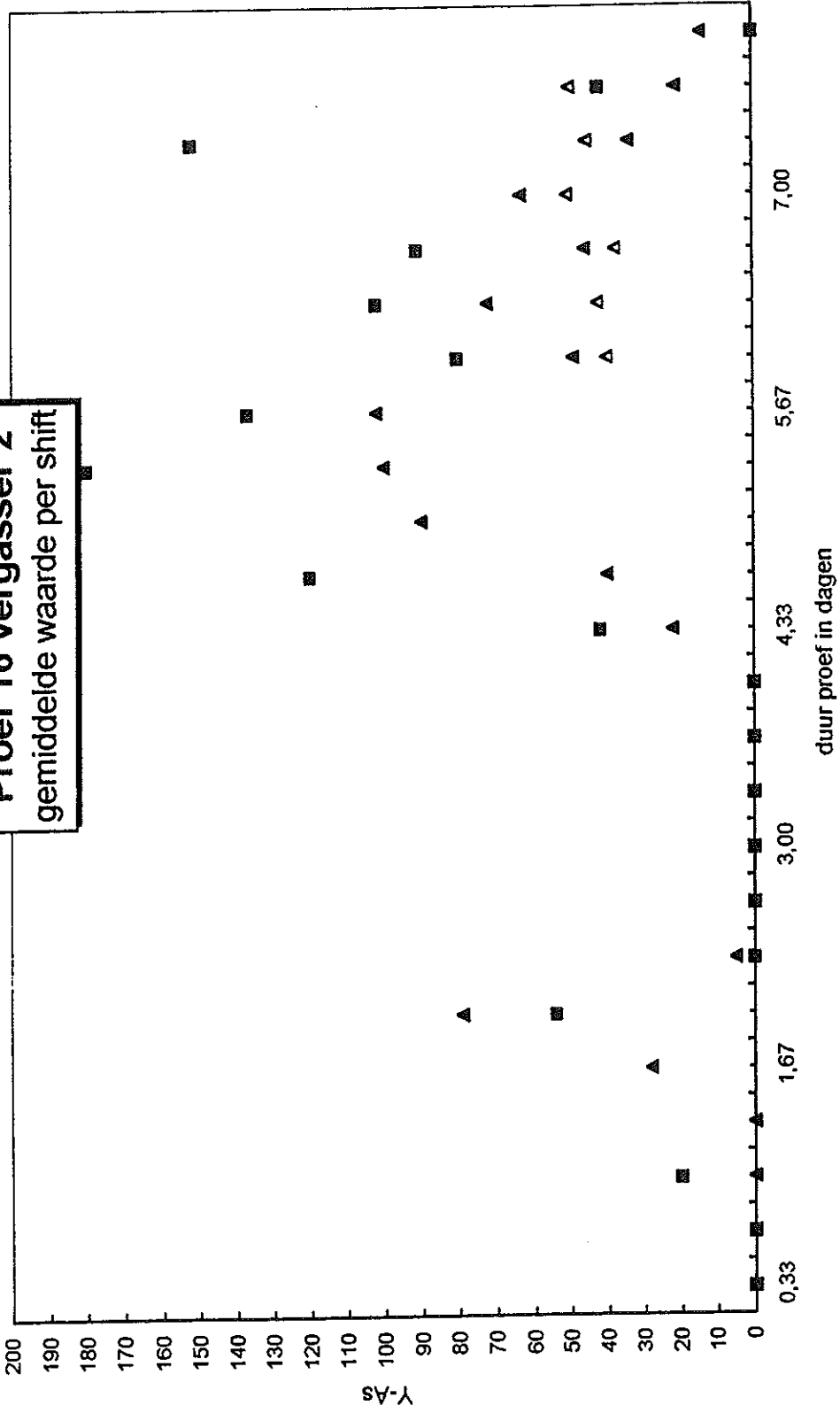
Proef 15 vergasser 1
gemiddelde waarde per shift



■ briketoevoer kg/uur
▲ luchtflow boven m³/uur
△ gloeiverlies %C

kg/uur
m³/uur
Y/₂ %C

Proef 16 vergasser 2
gemiddelde waarde per shift



■ briketoevoer kg/uur
▲ luchtflow boven m³/uur
△ gloeiverfies %C

3.3 Bedrijfservaringen

3.3.1 Vergassers

Algemeen

Zoals in de inleiding vermeldt was een primaire doelstelling van het proefbedrijf vast te stellen dat de vergassers op praktijkschaal functioneerden, een andere doelstelling was om gegevens te verkrijgen over de vergasser c.a. ten behoeve van verdere installaties.

Voorzien was dat de temperatuur en de temperatuurverdeling in de vergassers kritisch is, een plaatselijk te hoge temperatuur leidt tot smelten van het as, bij afkoeling stolt de gesmolten massa en ontstaat slakvorming. Ernstige slakvorming verstoort de werking van het proces, slakken kunnen alleen verwijderd worden nadat een vergassers is uitgeschakeld en afgekoeld.

Een belangrijk onderdeel van het proefbedrijf was het bepalen waar en hoe de lucht moest worden ingevoerd, waar de brandhaard zich moest bevinden, hoe de brandstofinvoer zich moest verhouden tot de luchtinvoer en/of er secundaire maatregelen nodig waren om de temperatuur te regelen, in het ontwerp was toevoeging van stoom voorzien.

Aan de vergassers zijn aan de hand van ervaring en onderzoeksresultaat diverse modificaties aangebracht welke vanuit het vergassingsproces gezien noodzakelijk waren. Andere wenselijke aanpassingen zijn nog niet uitgevoerd, omdat de beoogde voorziening gezien kosten en/of tijd te ingrijpend was voor directe uitvoering en/of nadere studie nodig is.

Luchttoevoer

De luchttoevoer was zo uitgevoerd dat de lucht primair ter hoogte van de oxidatiezone werd ingeblazen. Een tweede luchttoevoer ter plaatse van het rooster, onder in de vergasser was aangebracht om een tweede oxidatiezone te verkrijgen.

De primaire luchttoevoer is later verplaatst naar het bovendeksel zodat de lucht wordt verspreid bij de doorgang door de onverbrande briketten boven de oxidatiezone, op deze wijze vindt een optimale verdeling plaats en worden hot-spots die leiden tot slakvorming voorkomen.

Op verschillende wijze wordt secundaire lucht in de vergasser gebracht onder andere via diverse wandnozzles ter plaatse van de oxidatiezone en met speciaal aangebrachte lansen die circa 30 cm in het bed steken.

De onderluchttoevoer functioneert uitsluitend met behulp van perslucht (met een druk van > 6 bar): hierin werd gedurende het proefbedrijf voorzien met een mobiele compressor.

Deze hogere luchtdruk is noodzakelijk doordat anders de luchttoevoer verstopt raakt door stof(as). Door het (draaiende) roosteren worden de vergaste briketten fijn-gemalen tot poeder waardoor een grote luchtweerstand ontstaat in het onderluchtcircuit. Wel vormt het fijngemalen brikettenas een optimale gas-afdichting onder in de vergasser (gasontsnapping naar buiten toe via de asafvoer).

Brikettentoevoer

De brikettentoevoer vormt een essentieel element voor een bedrijfszeker bedrijf van de vergassers. De toevoer van briketten functioneert goed, echter is tijdens het proefbedrijf deze verder stofdicht gemaakt, tevens is de spoelluchtvoorziening tussen de roterende briketsluisjes van de briketteninvoer uit bedrijf genomen (door de bovenluchttoevoer in de vergasser is deze niet noodzakelijk, tevens verstopte het luchtafvoerleiding-systeem regelmatig ten gevolge van de aanwezige stof).

De brandstof voor de vergassers, de briketten, moeten mechanisch voldoende sterk zijn om niet te breken tijdens transport naar en in de vergassers. Met name het vocht-gehalte speelt een rol. Bij een juiste instelling en goede conditie van de brikettenpers is de kwaliteit voldoende gebleken.

Bij de opslag in de briketsilo degenereert de kwaliteit mogelijk waardoor een selectie noodzakelijk is voordat de briketten de vergassers ingaan, wat bereikt kan worden door een zeefinrichting met een retour naar de briketpers of droge stof-opslagsilo. Deze modificatie kan eventueel in de toekomst worden aangebracht.

Het bed in de vergasser

De verblijfstijd van de briketten in de vergasser is circa 8 uur bij gemiddelde belasting. In deze tijd verplaatsen de briketten zich langzaam naar beneden waarbij zij de verschillende fasen van het proces doorlopen. Tijdens het proces houden ze grotendeels hun structuur, de echte as-vorming vindt pas plaats onderin de vergasser bij de asafvoer.

Over het algemeen kan gesteld worden dat alle objecten in de vergasser en vooral dwars in het bed gestoken delen obstakels vormen voor een goede (briketten)-bed verplaatsing, deze zijn, waar zij niet noodzakelijk zijn, gedemonteerd. Noodzakelijke objecten moeten robuust en voor de heersende verplaatsingen vorm-vriendelijk zijn, zo zijn tijdens het proefbedrijf alle niet noodzakelijke lansen verwijderd en de wel noodzakelijke lansen ingekort.

Ten gevolge van de hierboven genoemde mechanische belasting zijn de ingestoken niveausensoren onderhoudsgevoelig.

De bemetseling op de vergasserwand veroorzaakt een hoge schuif (verplaatsings) weerstand op de randzone van het vergasserbed en veroorzaakt naast de ingestoken obstakels een in-homogene verplaatsing van de briketten.

Daar komt bij dat het in de briketten aanwezige vocht kan condenseren bij de wand van de vergasser juist daar waar verplaatsing van de briketten het kleinst is. Dit veroorzaakt een aankoeking van de briketten aan de wand en een verkleining van de doorlaat in de vergasser, vooral wanneer de brandstoftoevoer veel stof bevatte.

Tijdens een proef is over een gedeelte van de wand in één van de vergassers, ter plaatse van de oxidatiezone een hittebestendige metaalplaat tegen de bemetseling gemonteerd.

Hierbij bleek dat deze vorm van (wand)bekleding een positief effect kan hebben tegen het vastbakken van briket-massa's en een gelijkmatige doorschuiving over het bed bevordert.

Asafvoer

Het draaiende rooster heeft een zeer grote mechanische sterkte, hetgeen ook noodzakelijk blijkt, echter is een constante asafvoer, onder de verschillende condities, nog niet verzekerd.

Regelmatig treden verstoppingen op, zowel juist onder het rooster alsook bij de asafvoer schroeven tussen vergassers en ascontainer.

Hierdoor ontstaat ook een stofoverlast voor de omgeving.

Tijdens de stop is het ronddraaiende rooster onder in de vergasser geborgd en ingrijpend gemodificeerd.

Temperatuurmeting

Daar de plaatselijk temperaturen in de vergasser kritisch zijn, te hoge plaatselijke temperaturen leiden tot stilstand, is de temperatuurmeting essentieel.

Oorspronkelijk waren 4 thermokoppels nabij de wand in de vergasser aangebracht. Deze raakte snel defect in verband met de hoge temperaturen en het corrosie veroorzakende milieu. Tevens waren de horizontale uitstekende delen waarin de thermokoppels waren aangebracht obstakels voor de verplaatsing van de briketten. Uiteindelijk zijn 8 steviger, hittebestendige thermowells in de vergasserwand geschroefd en zijn daarin temperatuuropnemers gemonteerd. Verder zijn zowel op het (koele) briketenniveau en op het asnivrau 4 niet hittebestendige thermokoppels aanwezig.

Tevens is een centrale thermowell in het hart van de vergasser aangebracht, met daarin 4 thermokoppels, dit systeem functioneert naar behoren. Totaal zijn nu 20 meetpunten per vergasser beschikbaar.

Stoomsysteem

In de installatie was een stoomsysteem aangebracht om gelijktijdig met de lucht stoom in te brengen om de plaatselijke opwarming te compenseren door koeling door het reageren van het water met koolstof (een endotherme reactie). Het systeem bleek overbodig door verplaatsing van de luchttoevoer terwijl stoom aanleiding geeft tot verstoppingen. Het is buiten bedrijf gesteld. De vochttoevoer wordt geregeld door middel van het vochtpercentage in de briketten.

3.3.2 Slibontvangst, transport en droging

De slibontvangstinstallatie, transportsystemen en de droger zijn vóór het proefbedrijf in bedrijf gesteld en zijn vrijwel continu in bedrijf geweest.

Gedurende de proefperiode zijn de tandwieloverbrenging en lagers van de slibtransportschroeven vervangen in verband met fabricagefout van deze onderdelen, het viel onder de fabrieksgarantie.

De slibontvangstbunker is tijdens de onderhoudsstop schoon gemaakt en geïnspecteerd, om onderhoud mogelijk te maken is het veiligheidsrooster van de instortopening van de bunker demontabel gemaakt.

De slibpomp is na circa 1.800 bedrijfsuren geïnspecteerd naar aanleiding van een verminderde opbrengst van de pomp, hierbij bleek dat slib was opgedroogd op de wanden van de pomp en in het bijzonder in de persklephuizen waardoor het functioneren van de kleppen werd belemmerd. Gelijktijdig zijn ook de pers- en zuigkleppen en de zittingen van de pomp vervangen (dit is een jaarlijks terugkerende revisie).

Ten behoeve van het onderhoud en inspectie van het slib transportsysteem moeten te zijner tijd nog op enkele plaatsen spoel/aftappluggen worden aangebracht.

De droger is nagenoeg onbewaakt te bedrijven en heeft weinig storingen.

Op enkele plaatsen zijn nog eenvoudige voorzieningen getroffen om nog minder omkijk te hebben voor dit installatiedeel en te bereiken dat alleen preventief onderhoud nodig is.

Zo is een reinigingsaansluiting geïnstalleerd op de tussenwarmtewisselaar van het condensatsysteem van de droger, deze moet in eerste instantie zeer frequent gereinigd worden (dit werd mede veroorzaakt door de grote hoeveelheid suppletie water die nodig is bij het opstarten van de installatie).

Door de tussenwarmtewisselaar in "tegenstroom" te monteren, wat ontwerptechnisch de bedoeling was, wordt de capaciteit hiervan vergroot waardoor er reserve ontstaat van belang in verband met het vervuilingseffect.

Wat nog aandacht vraagt is het verder voorkomen van verstoppingen in het droge stof afvoer systeem. Tevens moeten de inspectie/beveiligingsluiken op dit systeem beter stofdicht worden gemaakt; thans is de stofoverlast bij het opstarten onaanvaardbaar.

3.3.3 Droge stof verwerking

Deze installatiedelen hebben relatief veel, teveel tijd en kosten geveegd. Storingen waren aanleiding tot stilstand van de installatie.

Ze behelzen:

- de droge stof silo
- briketteerinstallatie
- brikettenopslagsilo
- transportsysteem met het weeg- en doseersysteem vóór de vergasser.

De droge stof silo

In de droge stof silo is in het begin enkele malen zelfontbranding opgetreden, later bij een continu bedrijf is dit niet meer voorgekomen.

Een groter probleem is de opbouw van gedroogd slib tegen de binnenwand van de silo. Dit wordt veroorzaakt door condensatie van nog aanwezige water in het slib door afkoeling tegen de koude wand. Er vormt zich een steil talud. Enig water in het gedroogde slib is nodig voor de vervaardiging van briketten. De opbouw reduceert de nuttige capaciteit van de silo tot circa 25% van zijn inhoud. Daar de silo bemeten is voor een vergrote installatie werd de bedrijfsvoering niet ernstig gestoord.

Transportsysteem

Al reeds in een vroeg stadium waren er storingen en defecten aan de transportbakjes van dit systeem, voornamelijk bij de vul- en lospunten; de integriteit is tijdens het bedrijf op verschillende punten verbeterd.

De mechanische stijfheid/stabiliteit is enkele keren gemodificeerd, zo is onder andere de lossing van achtergebleven stof door de leverancier van het systeem gewijzigd, dit stof wordt nu op een aantal plaatsen continu afgevoerd ter voorkoming van verstoppingen en schade aan bewegende transportdelen.

Ter voorkoming van overbelasting van de diverse aandrijfmechanismen zijn ook hierop aanpassingen uitgevoerd, wat met zich meebracht dat ook aanpassingen in het besturings-systeem nodig waren.

Het gehele systeem is verder stofdicht gemaakt, dit is echter nog niet geheel gereed.

Ook zijn aanpassingen op het droge stof aanvoersysteem aangebracht, met name aan de droge stof doseersilo boven de briketpers, dit dient mede ter voorkoming van brugvorming in deze silo, dit laatste zou een vlotte uitstroom van droge stof aanvoer voor de brikettenpers beletten.

Dosering van de briketten in en over de beide vergassers is gewijzigd, de aanpassing bleek noodzakelijk ten behoeve van een grotere capaciteit (verbruik) van de vergassers. Hierbij is ook de briketdoseerprioriteit van de aanvoer naar de vergassers gewijzigd.

De brikettenpers met aan- en afvoersysteem

De brikettenpers en aan- respectievelijk afvoer van slib en briketten vormt nu een eenheid welke tijdens het bedrijf weinig aandacht vraagt.

De pers moet één keer per jaar gereviseerd worden, de voordrukschroef is een aan slijtage onderhevig deel en de persrollen moeten nagesteld en/of uitgewisseld worden.

De te vervangen delen zijn kostbaar en er moet worden gezocht naar minder onderhoudsgevoelige materialen.

Aan de voordrukschroef in de brikettenpers is nog een bewegingsmechanisme aangebracht om verstoppingen te voorkomen.

De zeef, welke opgesteld is onder de brikettenpers, is voorzien van een bots/slijtplaat (de zeef was daar na enige tijd kapot gedrukt).

De brikettenopslagsilo

Omdat de briketten kapot vielen is deze na enige tijd voorzien van een inwendige geleidegoot.

De goot voorkwam het kapot vallen, echter bleef stofvorming optreden omdat de briketten degenereren gedurende de opslagtijd, hierdoor verzamelt zich stof in de silo en op de geleidegoot.

De brikettenvoorraad mag derhalve niet te groot zijn zodat de opslagtijd kort is.

De opslag van de briketten vertoonde op een bepaald moment zelfontbranding, evenals de droge stof opslag echter hier in ernstigere mate.

Dit is verholpen door het aanbrengen van een speciale ventilatiesysteem boven de brikettenvoorraad in de silo.

3.3.4 Asbehandeling

De asbehandeling tussen vergassers en ascontainer heeft gedurende het proefbedrijf regelmatig stilstand/storing van de vergassers veroorzaakt, onder andere door verstoppingen en vastlopen van de aangedreven transportschroeven en de asafvoersluisjes onder de vergassers.

De asafvoersluisjes zijn tijdens het proefbedrijf voorzien van inspectieluikjes welke tevens gebruikt worden voor het schoonmaken van de roterende delen in de sluisjes. Deze luikjes worden ook gebruikt om door de sluisjes heen de verstoppingen bij de asroosters in de vergassers te verhelpen. Deze worden veroorzaakt door slak- of kluitvorming of doordat massief-harde delen, welke de asafvoer passeren, ten gevolge van hun afmeting vastlopen en zelfs kettingbreuk veroorzaken.

Het verhelpen van de storingen veroorzaakt stofoverlast. Bij het verhelpen van grotere verstoppingen vallen er ook hete, brandende asresten uit, wat uit veiligheidsredenen onaanvaardbaar is.

In de asafvoer zijn in de zomerstop luchtlansen geplaatst in de afvoer om de afvoer door te kunnen blazen.

Bij een normale bedrijfssituatie functioneert dit, echter bij het opstarten en ook bij lage deellast van de vergasser is het "as" nog koud en ontstaat door afkoeling (door buitenlucht) inwendige condensatie. Hierdoor krijg je klontvorming dat niet is weg te blazen en dus mechanisch moet worden verwijderd.

De op de asafvoer voorziene koelmantel om de as af te koelen is (nog) niet noodzakelijk gebleken. Het koelwater is op dit deel dan ook afgesloten om bevroeringsgevaar te voorkomen.

Het gehele asafvoersysteem is op diverse plaatsen verder stofdicht gemaakt, stof blijft een probleem ook omdat werkzaamheden moeten worden verricht waarbij stof vrijkomt.

De asafvoer vergt veel onderhoud en is slijtagegevoelig. Het is wenselijk en mogelijk het ingrijpend te modificeren tot een minder complex en minder onderhoudsgevoelig systeem, mogelijk een direct vrije val in een ascontainer voor elke vergasser afzonderlijk.

3.3.5 Synthesegassysteem

Bedoeld wordt het leidingsysteem met toebehoren voor synthesegas tussen vergassers en de naverbrander. Het synthesegas bevat, naast de brandbare bestanddelen en stikstof ook waterdamp, stof en in geringere mate zware koolwaterstoffen. De gassen zijn uiteraard meestal warm maar in de opstartperiode relatief koud (temperatuur < 100 °C). Voor de reiniging van het synthesegas zijn cyclonen aangebracht. De cyclonen zijn gedurende het proefbedrijf verbeterd, vooral om ze te kunnen schoonmaken. Zij functioneren nog niet naar wens, zodat afzetting van stof, vocht en koolwaterstoffen plaatsvindt in het leidingsysteem, in de gasklep die dan niet te bedienen is en in de naverbrander en ketel.

Ook hier, evenals bij de asopvang, komen de problemen deels voort uit de relatief lage temperaturen gedurende de opstart fasen.

In een nader ontwerp moet de synthesesegasreiniging worden aangepast. Met name moet rekening worden gehouden met de koele fase van het gas, tevens moeten de gasbemonsteringspunten verplaatst worden.

In de synthesesegasleiding moet uit veiligheidsoverweging in iedere leiding een tweede gasklep worden ingebouwd.

3.3.6 Naverbrander en ketel

Vóór aanvang van het proefbedrijf is de naverbrander en het stoomsysteem in bedrijf geweest met propaan als brandstof. Dit diende ter beproeving van de installatie en voor stoomproductie om de droger te testen, de droger was weer nodig voor de productie van droge stof om de briketteninstallatie en het transportsysteem te beproeven.

De verbrandingsgassen van de naverbrander gingen door de rookgasreiniging maar deze werd niet belast omdat de verbrandingsgassen van propaan niet hoeven te worden gereinigd.

Na de aanvang van het proefbedrijf is de naverbrander en het stoomsysteem vrijwel continu in bedrijf geweest. Thermisch gezien is de capaciteit voldoende en zijn de stoomcondities goed.

De naverbrander en evenzo de rookgasreiniging welke procesmatig hier achter is geschakeld, en waar van het goed functioneren een (procesmatige) voorwaarde is om het geproduceerde generatorgas op juiste wijze te verbranden, hebben regelmatig niet aan de gestelde voorwaarden voldaan zodat de vergassers automatisch werden afgefakkeld.

Bij deze storingen zijn ook enkele keren onderdelen van de hulpbrander gesmolten omdat een systeem ontbreekt om de warmte in de naverbrander tijdens een storing af te voeren. Het systeem moet dienaangaande worden gemodificeerd.

Om deze storingen tegen te gaan zijn naast een veranderde procesinstellingen ook enkele aanpassingen aan de installatie uitgevoerd, onder meer is de hulpbrander vervangen vanwege defecten aan de brandermond, zijn aansteekbranders voorzien van separate verbrandingsluchtventilatoren en worden zij op een hogere gasdruk bedreven. De druksensoren en temperatuuropnemer zijn aangepast en/of vervangen.

Als vanuit de vergasser stof wordt meegenomen veroorzaakt dit steeds verstoppingen in de ketelpijpen.

In eerste instantie veroorzaakte het smeltende stof in de naverbrander ook verstoppingen, echter door andere procesparameters te kiezen kon het smelten worden voorkomen en dit worden verholpen (losse stof blijft wel achter in de ketelpijpen).

Diverse appendages in het verbrandingsluchtsysteem en het propaangassysteem en diverse sensoren die in een buitenopstelling staan corroderen. Enkele moesten vanwege hun storingsgevoeligheid en het niet meer functioneren worden vervangen.

Door de afdeling Inspectie Gas van DELTA Nutsbedrijven is een veiligheidsinspectie uitgevoerd van de verbrandingsinstallatie. Uit deze inspectie kwam voort dat diverse voorzieningen moeten worden aangebracht om een veiligheid te bereiken welke in overeenstemming is met die van vergelijkbare industriële installaties. Deze voorzieningen welke circa f 50.000 kosten zijn nog niet getroffen.

3.3.7 Rookgasreiniging

De rookgasreiniging is procesmatig direct gekoppeld aan de naverbrander en ketel en is daarom ook vrijwel continu in bedrijf geweest wanneer de vergassers in bedrijf waren.

In de eerste wasser, eigenlijk bedoeld als koeler, worden in de praktijk ook zure gassen verwijderd zodat zich hier reeds zuren vormen. Daar de eerste wasser, in tegenstelling tot de tweede, niet uit kunststof is gemaakt maar uit staal, treedt corrosie op zowel in de wasser zelf als in de hulpapparatuur. Diverse lekkages zijn gerepareerd en leidingstukken zijn vervangen.

De twee stalen circulatiepompen van de wassers zijn tijdens de onderhoudsstop vervangen door corrosievaste pompen. In verband met het milieu in de eerste wasser zijn onder andere ook de niveausensoren vervangen.

Doordat de procesgascyclonen niet voldoende stof vangen wordt dit stof teruggevonden in het bed van de eerste wasser, hetgeen daar verstoppingen veroorzaakt. In het bed van de wassers zetten zich ook nog uit reacties gevormde stoffen af. Hierdoor moeten deze bedden regelmatig worden gereinigd. Spoelen is niet afdoende, daar er geen voorzieningen zijn voor chemische reiniging moet voor het reinigen de inhoud worden verwijderd en buiten de installatie worden schoongemaakt. Ten gevolge van de vervuiling veroorzaakt het afloopwater uit de rookgasreiniging verstoppingen in het afvoersysteem.

De natronloogopslag en dosering functioneert naar behoren. De opslagtank moet in verband met uitwendige corrosie op een droge ondergrond worden geplaatst.

Van de omloopklep tussen de twee rookgaswassers (rookgasleiding) is in verband met corrosie de luchtklep vervangen en verplaatst.

De schoorsteen (rookgasleiding) is tussentijds geïnspecteerd. Er is geen corrosie waargenomen, wel is de isolatie tussen binnen- en buitenschoorsteen door vocht verzadigd, wat niet van belang is voor het functioneren.

3.3.8 Utilities

Drink/industrie/ketelvoedingwaterhandeling

In het drink- en industriewatertoevoersysteem zijn in verband met de afnamecontracten van het water afnamebegrenzers geplaatst.

Het ketelvoedingwaterbehandelingssysteem heeft gedurende het bedrijf naar behoren gefunctioneerd.

Stoomsysteem met noodcondensor

Het stoomsysteem is een integraal deel van de installatie en is daarom ook altijd in bedrijf.

Ondergeschikte storingen zoals kleine lekkages hebben zich voorgedaan en zijn op eenvoudige wijze verholpen. Watermeters zijn ingebouwd om het ketelvoedingwater te meten.

Tijdens de winter '95/'96 is een gedeelte van het noodcondensorsysteem stuk gevroren (delen met stilstaand water), hetgeen mogelijk was omdat dit systeemdeel altijd bijstaat echter slechts daadwerkelijk in bedrijf is als de overcapaciteit van de stoomproductie moet worden afgevoerd. (zoals bij storingen in het droger bedrijf en/of bij niet drogen).

Het condensaatopslagvat/ontgasser functioneert nog niet naar behoren, dit moet nog worden verbeterd.

Persluchtvoorziening

De persluchtvoorziening wordt hoofdzakelijk gebruikt voor de instrumentenlucht/afstandsbediening van appendages en voor het klopsysteem voor het reinigen van de filterkaarsen van het stoffilter.

Enkele aanpassingen in dit systeem waren nodig zoals capaciteituitbreiding en automatische afblaas/ontwatering van de luchtketels.

Op het luchtfiltersysteem is nog een modificatie gedaan om de mechanische overbelasting van het klopsysteem te voorkomen.

De onderlucht op de vergassers is gerealiseerd door een tijdelijke extra hulpcompressor te plaatsen die de hoge benodigde luchtdruk kan leveren.

Ventilatie/verwarming en luchtbehandeling/stofafzuiging

De ventilatie is zowel in de regelkamer als in de drogerhal uitgebreid met extra ventilatoren, hoofdzakelijk om stank en stof te beperken in ruimten waar de operators werken. Bij de luchtbehandelingsunit is de recirculatieopening afgesloten ter voorkoming van de recirculatie van stof. Nu wordt te allen tijde buitenlucht aangezogen.

Het ontbreken van een separate verwarmingsunit voor de ruimteverwarming geeft problemen bij een storing van de ketel of bij het uit bedrijf zijn in de winterperiode (bevriezingsgevaar voor de watersystemen in de drogerhal als de ketel in storing valt).

De stofafzuigingsunit is, gezien de soort- en hoeveelheid stof dat afgevangen dient te worden, op diverse punten aangepast.

Het stof/luchtafzuigleidingssysteem is onderhoudsgevoelig en moet regelmatig ontstopt worden (horizontale leidingdelen). De droge stof- en brikettensilo's zijn losgekoppeld van het stofafzuigstelsel. Zoals eerder gesteld is de brikettensilo voorzien van een eigen luchtverversingssysteem.

Afvalwaterhandeling

De afvalwaterhandeling (afvoer per as) is in verband met het ontbreken van een openbaar riool en de constante aanvoeren van water van een regeling/alarmering voorzien om het overlopen van tankwagens te voorkomen.

In de winterperiode is het open en voor vorst onbeschermd systeem storingsgevoelig. Een en ander wordt gewijzigd bij het gereed komen van de AWZI-Sloe.

Koelwatercircuit met koeltoren

Het koelwatercircuit is in de winterperiode '95/'96 op diverse plaatsen stuk gevroren, de te koelen installatiedelen welke functioneel geen extra koeling met behulp van koelwater nodig bleken te hebben zijn ook niet meer hierop aangesloten. Het systeem heeft verder gedurende het proefbedrijf goed gefunctioneerd.

Stroomvoorziening

Ten gevolge van een waterlekage in een aansluitkast is kortsluiting in de elektrische installatie ontstaan waardoor de plant gedurende enige tijd uit bedrijf is gegaan, de noodstroomvoorziening bracht geen oplossing voor deze storing. Tijdens dit incident is de noodstroomvoorziening van de PLC's/PC ten gevolge van de kortsluiting ook defect geraakt.

Het besturingssysteem is essentieel.

Op de genoemde noodstroomvoorziening is overspanningsbeveiliging aangebracht.

De noodstroomvoorziening is gedurende de proefperiode niet uit noodzaak in bedrijf geweest, de voorziening is wel uitgetest.

Affakkelvoorziening

De affakkelvoorziening staat altijd paraat, gereed om indien nodig het gas uit de vergassers af te voeren en te verbranden. Tevens wordt de fakkel gebruikt bij opstarten en afschakelen van de vergassers.

Het luchtsysteem en ook de onderzijde van de fakkel is gezien de uitvoering onderhoudsgevoelig (corrosie).

3.3.9 Gebouw en terrein (infrastructuur)

In het drogergebouw is ten behoeve van het onderhoud, juist boven de brikettenpers een hijsbalk/takel gemonteerd.

Op enkele plaatsen zijn nog werkbordessen gerealiseerd en voorzieningen getroffen om veilige werkomstandigheden te realiseren. Op enkele plaatsen moeten deze voorzieningen nog worden aangebracht, echter gezien het karakter (proefbedrijf) van de installatie is dit nog niet gebeurd.

De ruimte voor omkleden van operators en plaatsen van kleerkasten ontbreekt. Er is tijdelijk een unit geplaatst om hierin te voorzien. Tevens is opslag/magazijnruimte gecreëerd in een tijdelijke unit.

De overgang van de vloer van de vergassershal en het open veld is ter voorkoming van bodem/grondverontreiniging een schrobgoot met uitwaairand voorzien.

3.3.10 Procesbesturing en automatisering

De installatie was bij de start van het proefbedrijf voorzien van een beperkt aantal proces controlepunten in de vorm van procesparameteropnemers en monsterpunten. Vanuit de bevindingen van reeds de eerste proeven van het vergassingsbedrijf en ook van de latere vervolgbeproevingen zijn op diverse plaatsen uitbreidingen hierop gerealiseerd.

Bij het ontwerp van de installatie en evenzo bij de realisering is van de ondergenoemde besturingsfilosofie uitgegaan.

Elke eenheid in de installatie, met uitzondering van de vergassers heeft een in de packages meegeleverde PLC. De lokale PLC's communiceren met een centraal besturings-systeem.

De besturing van de plant en van de vergassers is ondergebracht in de PLC welke ook de besturing en de communicatie verzorgt met de onderliggende locale packages-PLC's.

Vergasserssectie

Op basis van de toegepaste PLC-besturing is een vrijwel constant proces van aanpassingen en uitbreidingen van de besturing ontstaan, zoals de vergrendelingen van start-stop voorwaarde van het systemen.

De beschikbare procesinformatie, hoofdzakelijk temperatuurmetingen is uitgebreid.

Tevens is een verdere benutting en uitbreiding van in-/output's van de PLC tot stand gebracht voor de benodigde besturing/bewaking van het te voeren proces. De besturing van de roosters ten behoeve van de asafvoer is evenzo aangepast en uitgebreid.

De uitvoering en locatie van de temperatuuropnemers is diverse keren, aan de hand van ervaringen uit de proeven aangepast.

Bij de eerste proeven is het aantal thermokoppels uitgebreid, bij de vergassingstest 4 ontstond een duidelijke behoefte om ook de procestemperatuur te kunnen beoordelen in het midden (hart) van de vergasser. In een later stadium zijn de meetlocaties aangepast en uitgebreid.

Uit een aantal proeven bleek dat de bedrijfszekerheid verhoogd kan worden als op basis van heersende temperaturen, de luchthoeveelheid wordt aangepast, dit voorkomt slakvorming.

Oorspronkelijk was de besturing van de vergasser volledig handmatig, het gaat om aan- en uitschakelen van de bedieningsorganen (kleppen, motoren e.d.) op de vergassers om het vergassingsproces op gang te krijgen, het op gang houden en het weer uit bedrijf nemen. Het vond plaats op basis van reacties op afwijking van een voorspeld proces. De besturingslogica van de vergassers bestond uitsluitend uit voorwaarden met betrekking tot de bedieningsvolgorde van de bedieningsorganen op de vergasser, uitgaand van een veilige bedrijfsvoering, tevens waren er een aantal alarm set-points ten aanzien van druk en temperatuur.

Lopende het proefbedrijf is het besturingssysteem uitgebreid tot meer procesmatige besturing van de vergassers, zo zijn onder andere constante luchthoeveelheden en roostertijd gekoppeld via een proefondervindelijk vastgestelde factor, evenzo de hoeveelheid lucht en stoom via een factor versleuteld in de besturingslogica. Op een bepaald moment is de brikettentoevoer gekoppeld aan de niveausensor in de vergasser en zijn de temperatuursensoren gebruikt om de heersende temperatuur in de vergassers te sturen met behulp van de hoeveelheid in te blazen lucht.

De procesbesturing is verder geëvolueerd naar een capaciteitsregeling van de vergasser, dit is nodig om een optimaal werkpunt van de vergasser bij een langdurig stabiel bedrijf te verkrijgen - maximale conversie.

Overige delen van de installatie

De droger en de slibtransport eenheden zijn in de plant een gekoppelde (geautomatiseerde) unit waarop nauwelijks aanpassingen noodzakelijk bleken te zijn ten aanzien van de besturing - deze eenheden functioneren vrijwel automatisch en continue op basis van voorraadbeheer van de droge slib voorraad.

De brikettenpers functioneert als een intermitterende (hand) gestuurde unit, waarop later een softwarematige aanpassing in de PLC-besturing heeft plaatsgevonden, om het regelmatig vastlopen van de pers te voorkomen. Nadat ook de aanvoerapparatuur van de droge stof is gemodificeerd functioneert deze unit als een geautomatiseerde unit welke op dit moment nog handmatig moet worden in- en uitgeschakeld uitgaande van het voorraadbeheer van de brandstof (brikettenvoorraad) voor de beide vergassers.

In de besturing van het transportsysteem voor de droge stof, briketten en het vergasseras zijn diverse wijzigingen aangebracht.

Zo zijn onder andere separaat bestuurd transportsecties gemaakt tussen de droge stof opslagsilo en de briketten opslagsilo, tussen de briketten opslagsilo en de beide vergassers en tevens een separate sectie voor de asafhandeling van onderuit de vergassers in de ascontainer.

Ten behoeve van het voorraadbeheer zijn de niveau-signalerings van de beide opslagsilo's vervangen, tevens zijn nagenoeg alle beveiligings/besturingssensoren geëvalueerd en aangepast en/of vervangen, dit was noodzakelijk voor het betrouwbaar laten functioneren van het transportsysteem.

De besturing en beveiligingen van de naverbranders/stoomketel zijn in eerste instantie getest tijdens de koude- en warme inbedrijfname van deze unit en geschikt gemaakt voor het bedrijf.

In een later stadium zijn nog enkele meetpunten aangebracht, respectievelijk doorverbonden met het besturings-systeem om de benodigde procesinformatie beschikbaar te krijgen voor de energie- en massa balans.

Bij de rookgasreiniging zijn bij de koude en warme inbedrijfname enkele aanpassingen gerealiseerd ten aanzien van de besturing en beveiliging, in een later stadium zijn enkele storings met betrekking tot procesbesturing opgelost en de noodzakelijke modificaties uitgevoerd (aarding).

In de looptijd van het proefbedrijf zijn op diverse plaatsen in de gehele installatie monsterpunten aangebracht, in eerste instantie om de droge stof te beoordelen en in later stadium ook nog om de briketten en het vergasseras te bemonsteren.

Tevens zijn op vele plaatsen in het systeem monster/meetpunten aangebracht om de emissie en energie/massa balansmetingen uit te kunnen voeren, dit gebeurt onder meer in de gas/lucht en vloeistofstromen bijvoorbeeld bij de rookgasreiniging.

Diverse setpoint- en alarmfuncties zijn toegevoegd op onder andere de brikettentoevoer, asafvoerregeling en de lucht/stoomdosering.

Deze metingen zijn gebruikt om de afgegeven milieu-vergunning te kunnen toetsen.

Centrale besturingsunit

De presentatie van de beschikbare procesinformatie is in verschillende stappen geëvolueerd en op basis van de bevindingen verbeterd en uitgebreid, onder andere ten aanzien van de overzichtelijkheid van de PC-schermen.

Ook zijn penschrijvers van het softwarepakket ten behoeve van de interpretatie van de gegevens voor de operaties voor de procesbewaking in gebruik genomen, dit naast de reeds beschikbare opslag en presentatiemogelijkheid van de (historische) procesinformatie.

De beschikbaar staande PC was op een bepaald moment niet meer in staat de informatie te verwerken waardoor soms zelfs informatie verloren ging. Er is toen een krachtigere PC neergezet. Deze was ook gewenst om het dataverwerkings-systeem te benutten voor de verdergaande automatisering van de installatie.

De procesbesturing/automatisering is benut om de benodigde bedrijfszekerheid van het vergassersbedrijf te realiseren (temperatuurbewaking) en een capaciteitregeling van de vergassers mogelijk te maken.

Tevens is geïnventariseerd voor de verdere automatisering van de gehele installatie, wat is daar voor nodig, met welke aanpassingen?

Dit is uiteraard nog niet uitgevoerd behalve wanneer dit met de bestaande middelen en apparatuur op een eenvoudige wijze mogelijk was en er ook rechtstreeks voordeel mee was te behalen.

Ook is getracht om de procesgegevens overzichtelijk beschikbaar te krijgen en te verwerken en tevens, wat ook van groot belang is, om de bedrijfsvoering (proefrun-verloop) uit het proefplan op de voorgestelde wijze (geautomatiseerd) tot uitvoering te brengen.

Er is onderzocht hoe een afstandsbediening van de installatie naar elders te realiseren is.

Het proefbedrijftraject heeft geleid tot de evaluatie van de besturing van de gehele installatie, vooral van wat betrekking heeft op de vergassers. Wezenlijk is dat op enkele plaatsen in het proces een aanpassing is doorgevoerd in de besturingsfilosofie. Dit heeft geleid tot aanpassing van een volledig handmatig bediende vergasser tot een procesmatig bestuurd vergasser. Dit was absoluut noodzakelijk voor de kritische temperatuurbeheersing in de vergasser en voor een beheerste brandstofvoorziening van de vergassers.

3.4 Arbo-aspecten

Bij de aanvang van dit project en zeker bij de inbedrijfstelling en bij het proefbedrijf is vanuit de Total Quality Management filosofie steeds aandacht besteed aan Arbo-aangelegenheden.

Voor het in bedrijf nemen heeft de veiligheidsdienst van EPZ op ons verzoek inspectie uitgevoerd welke primair was gericht op de veiligheid van in te zetten medewerkers van EPZ.

Naast materiële zaken zoals werkbordessen, werkschakelaars en dergelijke zijn voorschriften en procedures ontstaan ten aanzien van de veiligheid en bediening en zijn ook instructies opgesteld met betrekking tot uit te voeren handelingen en de registratie hiervan.

Afspraken zijn gemaakt ten aanzien van gebruik van beschermingsmiddelen, optreden bij ongeval, brand en storingen in de installatie en dergelijke.

Productspecificaties zijn gemaakt met betrekking tot de te verwerken en in bewerking zijnde producten, nat slib, droge stof, briketten, procesgas en as.

Bij een zeer specifieke stof, te weten droge stof, is in verband met onbekendheid van het product een nader onderzoek verricht naar de risico's van endotoxine besmetting (zie bijlage 1).

Hierbij kan opgemerkt worden dat de methode van slibverwerking, welke in deze installatie gebruikt wordt, voordelen biedt ten aanzien van gezondheidsrisico's ten opzichte van andere methoden, zoals drogen en storten. *?? Nonsens*

Het slib wat aangevoerd wordt is nat-materiaal dat geen risico geeft en direct in een gesloten systeem wordt gevoerd en daar wordt verwerkt en als neutraal as uit de installatie vrijkomt. *? -> Vanwege dat zoveel stof problemen*

De installatie is zeer geëigend om stof dicht te functioneren, zodat geen ontoelaatbare gezondheidsrisico's ontstaan bij het ongecontroleerd vrijkomen van stof. Bij open systemen van verwerking is dit niet te waarborgen, zeker als het gedroogde product ook nog wordt getransporteerd naar andere locaties (installaties) ten behoeve van verdere verwerking.

Bij verbranding is ook sprake van een gesloten systeem en zijn uit dien hoofde geen risico's te verwachten.

Bij een nader ontwerp zal ook naar behoren aandacht dienen te worden geschonken aan gebruikelijke Arbo-zaken zoals werkbordessen, veiligheidsschakelaars, bereikbare meetpunten, bereikbare afsluiters en dergelijke.

4 MEETGEGEVENS

4.1 Algemeen

Opmerking:

De tabellen zijn opgenomen in bijlage 2.

Gedurende het gehele proefbedrijf zijn op diverse manieren procesgegevens verzameld:

- meetstaten met procesdata
- grafische weergave in trendingen
- bodemas analyse
- meetdagen/periodes voor bepalen emissies en massa-balansen.

Gedurende iedere testrun zijn procesgegevens verzameld in meetstaten. Ieder uur zijn de waarden van de meest relevante procesparameters van de diverse units van de installatie genoteerd, zoals temperaturen, drukken, doorzetten etc. Na de zomerstop is dit verzamelen van gegevens geautomatiseerd, waarbij deze meetstaten direct door het besturingssysteem zijn afgedrukt.

Deze data zijn ook grafisch verwerkt in trendingen, waarbij het verloop van het proces in de tijd is zichtbaar gemaakt. Deze trendingen zijn ook door het besturingssysteem van de installatie gegenereerd. Handmatig zijn van de performance van de vergasser grafieken gemaakt, waarin het functioneren is gevolgd (brikettoevoer, roostertijd, org. gehalte as, luchttoevoer etc.).

De vergassers zijn iedere 8 uur bemonsterd op de bodemas, ter bepaling van het organisch gehalte van de asrest. De analyse zelf is off-line uitgevoerd bij het laboratorium van EPZ.

Deze gegevens zijn gebruikt voor het bijsturen van het proces ter plaatse en interpretatie achteraf van de resultaten van de testruns.

In juni 1996 is een meetdag uitgevoerd ter bepaling van de emissies. Hierbij zijn metingen verricht aan het gezuiverde rookgas (met uitzondering van dioxines). Hierbij blijkt het gezuiverde rookgas aan de normen van de vergunning te voldoen. Tevens zijn de verbruiken van de installatie bepaald over een periode van 24 uur.

In oktober 1996 is deze meetdag in uitgebreider vorm herhaald, ter bepaling van gegevens voor het MER. Bemonstering heeft plaatsgevonden gedurende een periode van enige dagen. De metingen zijn uitgevoerd bij een stabiele bedrijfsvoering en constante assamenstelling. Dit is van belang voor het kunnen opstellen van de balansen. Door de lange verblijfstijd in de vergasser is het voor het kunnen opstellen van de massabalansen van belang dat de condities constant zijn, zodat de bemonsteringsgegevens van ingaande en uitgaande stromen met elkaar kunnen worden gecombineerd.

Representativiteit?
1 meetdag bij
geen 100% belasting
??

Maar niet
100% belasting

De installatie heeft tijdens deze meetperiode nog niet op volle capaciteit gefunctioneerd. Op basis van de meetdag zijn de gegevens omgerekend naar volle capaciteit (tabel 4.2).

Tijdens deze meetperiode zijn uitvoerige emissiemetingen verricht. Eveneens zijn de vaste stof stromen bemonsterd (mech. ontwaterd slib, droog slib, briketten, bodemas) en tevens zijn de diverse afvalwaterstromen bemonsterd. In tabel 4.1 staat een overzicht van welke componenten van de processtromen gemeten zijn. Alle bemonsteringen zijn in duplo uitgevoerd.

Eveneens zijn de verbruiken van de installatie over 96 uur bepaald. Aan de hand hiervan is een massabalans en energiebalans over de fabriek als geheel opgesteld.

De bemonstering/analyse heeft plaatsgevonden door de volgende instanties:

- emissiemetingen en meting procesgas: SGS Ecocare
- afvalwaterstromen: laboratorium DELTA Nutsbedrijven
- vaste stoffen (mech. ontw. slib, droog slib, briketten en bodemas): Intron en EPZ.

De bemonstering van vaste stoffen en vloeistoffen heeft plaatsgevonden door middel van steekmonsters die in duplo op verschillende tijdstippen zijn genomen. De emissiemetingen hebben on-line plaatsgevonden met behulp van een meetwagen. Iedere component is als uurgemiddelde bemonsterd. Alle metingen zijn in duplo uitgevoerd. Componenten in de rookgassen als zoutzuur, stof, dioxinen en metalen zijn conform de geldende meetvoorschriften off-line in het laboratorium geanalyseerd.

De resultaten worden in de volgende paragrafen gepresenteerd.

4.2 Massabalans

In figuur 4.1 staan schematisch de belangrijkste massastromen weergegeven van de installatie tijdens de meetperiode in oktober. In tabel 4.2 zijn deze stromen per unit verder uitgesplitst. Tijdens deze meetperiode hebben de vergassers 131 kg/h droge stof verwerkt. Ter voorkoming van intermitterend gedrag is de naverbrander bijgestookt met propaan op de minimumstand van de brander en een briketten-doorvoer niet conform de slibdoorvoer. Dit voorkomt wisselende debieten van de rookgasstroom wanneer tijdelijk energietekort voor stoomproductie optreedt. Door dit bijstoken met propaan kan een grotere hoeveelheid slib op basis van droge stof (206 kg/h) worden gedroogd dan in de vergassers wordt verwerkt (131 kg/h).

In figuur 4.2 zijn deze droge stof doorzetten aan elkaar identiek voor droger en vergasser op de volle capaciteit (308 kg/h). In tabel 4.2 zijn de massastromen uitgesplitst en is de omrekening zichtbaar. Bij vergelijking van de processtromen op basis van de meetdag voor 2.000 ton d.s. met het oorspronkelijk ontwerp, blijken de uitgangspunten juist te zijn geweest (volgens kolom 2 en 3 van tabel 4.2). De verschillen zijn een wat groter luchtverbruik van de vergassers (doordat tijdens de meetperiode geen stoom is toegepast) en een wat lager loogverbruik van de rookgasreiniging (40 l/h in plaats van 50 l/h).

In de praktijk is aangetoond dat de diverse units de ontwerpcapaciteiten daadwerkelijk leveren. Dit geldt ook voor de vergassers, maar hierbij zijn de processtromen (onder andere bodemas) nog niet geoptimaliseerd. Doordat de gegevens voor de MER reeds in oktober 1996 beschikbaar dienden te zijn, is de meetdag ruimschoots voor het einde van het proefbedrijf uitgevoerd. Herhaling is niet overwogen gezien de hoge kosten (ordegrootte 40.000 NLG), afgezien van de benodigde mankracht voor uitwerking en interpretatie van de resultaten.

Overigens is in het oorspronkelijke ontwerp uitgegaan van een bedrijfstijd van de installatie van 6.500 uur/jaar (74%). De werkelijke bedrijfstijd zal vermoedelijk hoger uitvallen. Tijdelijk draaien op een wat lagere uurcapaciteit kan hiermee worden gecompenseerd.

In tabel 4.2 zijn ook de inschattingen van de massastromen van de installatie na uitbreiding (6.000 ton) weergegeven, zie vierde kolom (6000).

Op basis van bovengenoemde gegevens staat in tabel 4.3 een overzicht van de overall massabalans. Hierin staan de ingaande en uitgaande massastromen van de installatie weergegeven. Dit geeft aan wat de fabriek ingaat en uitgaat, zonder dat interne stromen worden aangegeven.

4.3 Energiebalans

Op dezelfde wijze als voor de massastromen is de energiebalans opgesteld. In tabel 4.4 zijn de energiestromen weergegeven zoals gemeten tijdens de meetperiode. Ook zijn deze omgerekend naar gelijke droge stof doorzet van droger en vergasser van de huidige installatie, evenals van de uitbreiding naar 6.000 ton d.s.

De vergasser blijkt een rendement te hebben van 76%, dat wil zeggen dat 76% van de in de briketten aanwezige energie vrijkomt in de vorm van procesgas. Het produceren van stoom met de combinatie van procesgas en propaan vindt plaats met een rendement van 91%.

*af juist 6500
lager dan 6500 uur
geeft op de wie
storingen??*

Bij identieke doorzet van droge stof door droger en vergassers, blijkt ruimschoots voldoende energie aanwezig om de benodigde hoeveelheid stoom te produceren. Daardoor hoeft geen propaan te worden bijgestookt. Eigenlijk is een kleine hoeveelheid energie over. Vandaar dat het thermisch rendement van de naverbrander bij 2.000 ton en 6.000 ton d.s. lager uitvalt (resp. 84% en 81%) doordat een gedeelte van de beschikbare energie niet wordt benut, door overproductie van stoom dat wordt weggekoeld in de noodcondensor.

In de praktijk is ook vastgesteld dat bij uitschakeling van de propaanbrander het mogelijk is om met uitsluitend procesgas stoom te produceren voor het droogproces.

Op basis van bovengenoemde gegevens is in tabel 4.5 de overall balans opgesteld. Deze tabel kan als volgt worden gelezen. In het aangevoerde slib is in de situatie van 2.000 ton d.s. in potentie 1121 kW energie aanwezig. Voor productie van procesgas wordt hiervan 858 kW benut. Voor de productie van stoom wordt vervolgens hiervan 719 kW benut. De conclusie is dan ook dat in het slib voldoende energie aanwezig is om door middel van vergassing energie te leveren voor droging, inclusief rekening houden met de rendementen van de vergassers, naverbrander en droger.

In werkelijkheid zal toch enig propaan worden verbruikt wanneer bijvoorbeeld de verwerkingshoeveelheden van de vergassers en droger onderling afwijken, wanneer het slib natter is of minder organische stof bevat en tijdens opstartperiodes van de installatie. Vandaar dat in de energiebalans met 0 Nm³/h propaan wordt gerekend, terwijl in de exploitatiekosten voor verbruiksmiddelen toch kosten zijn meegenomen voor propaan.

Wanneer tijdelijk een overschot aan energie ontstaat, wordt dit altijd vernietigd door koeling met koelwater in de noodcondensor.

4.4 Samenstelling processtromen

De tijdens de meetperiode gemeten samenstellingen van de verschillende processtromen worden per unit weergegeven. De grootte van de stromen is opgenomen in paragraaf 4.2 (massabalans) en de energetische waarde in paragraaf 4.3 (energiebalans).

De gemeten processtromen van de droger zijn:

- mechanisch ontwaterd slib: tabel 4.6
- gedroogd slib: tabel 4.7
- afvalwater droger: tabel 4.15.

De gemeten processtromen van de vergassers zijn:

- slibbriketten: tabel 4.8
- bodemas: tabel 4.9
- procesgas: tabel 4.10.

De gemeten processtromen van de rookgasreiniging zijn:

- ongezuiverd rookgas: tabel 4.11
- gezuiverd rookgas: tabel 4.12
- afvalwater wasser 1: tabel 4.16
- afvalwater wasser 2: tabel 4.17

Verder gemeten stromen zijn:

- spuiwater koeltoren: tabel 4.18
- spuiwater ketel: tabel 4.19

4.5 Milieuhygiënische gegevens

Lucht

Milieuhygiënische aspecten met betrekking tot de lucht betreffende het gezuiverde rookgas uit de rookgasreiniging. De emissie-eisen van de vergunning waaraan het gezuiverde rookgas dient te voldoen zijn weergegeven in tabel 4.13. Bij vergelijking van de werkelijke emissies met de vergunning in tabel 4.14 blijken de emissies ruimschoots aan deze vergunning te voldoen. Wanneer rekening wordt gehouden met uitbreiding naar 6.000 ton d.s. blijkt dat de uurvrachten dusdanig zijn dat dezelfde emissie-plafonds kunnen worden gehanteerd, waarbij dezelfde rookgasreinigingsconfiguratie kan worden toegepast.

Afvalwater

Op de installatie ontstaan de volgende afvalwaterstromen:

- afvalwater droger: tabel 4.15
- afvalwater rookgasreiniging (wasser 1): tabel 4.16
- afvalwater rookgasreiniging (wasser 2): tabel 4.17.

Deze stromen worden gecombineerd afgevoerd naar een RWZI. Met name het water van de droger heeft een behoorlijke vuillast.

Het spuiwater van de koeltoren en ketel is dusdanig dat dit op het oppervlaktewater mag worden geloosd.

Bodem

Het bodemas dat vrijkomt bij de vergassing (tabel 4.9) kan volgens een recent door SVZ ontvangen brief van de Vliegassunie worden hergebruikt door toepassing in bouwstoffen. Tijdens het proefbedrijf is deze as gestort op de stortplaats.

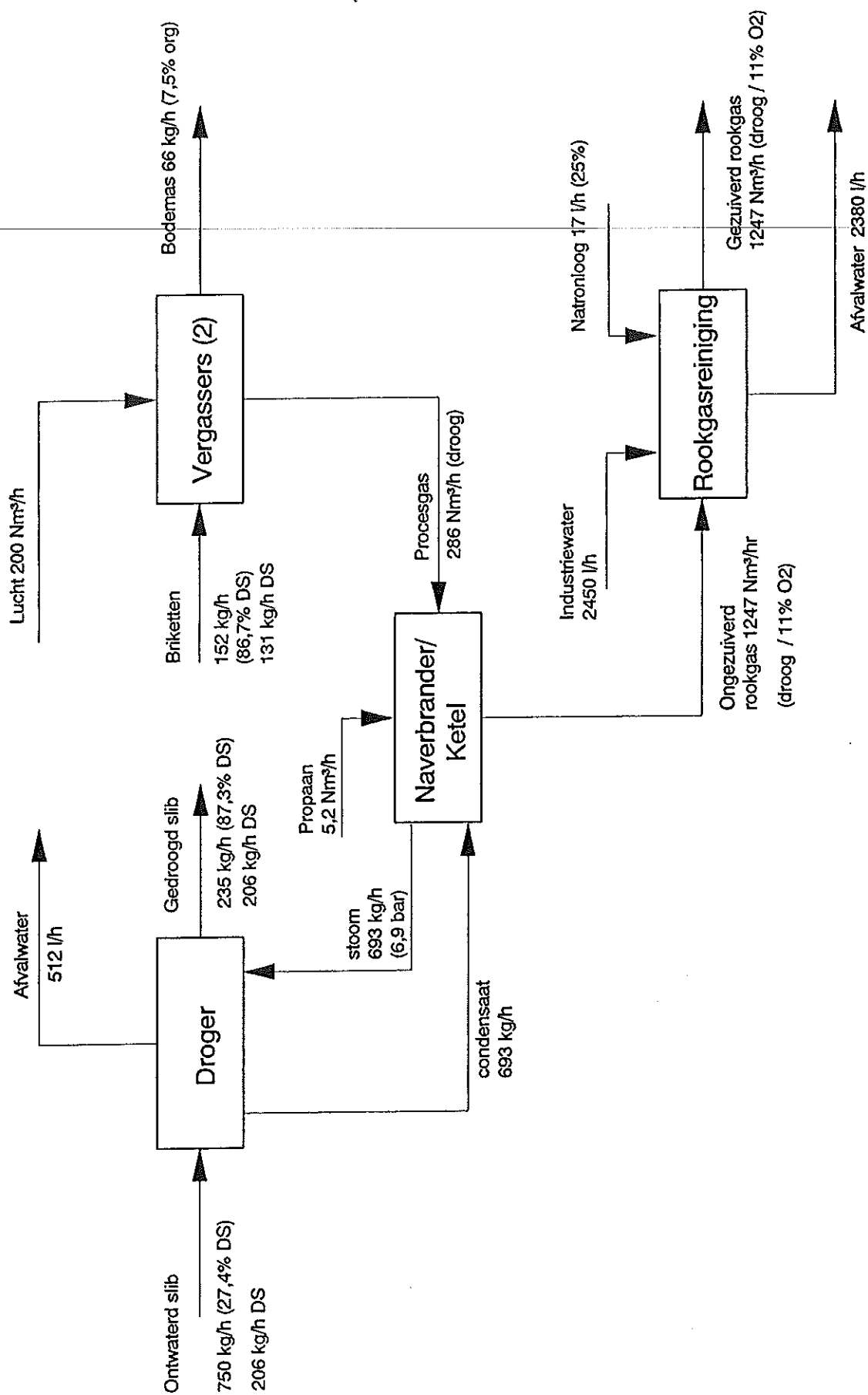
4.6 Conclusie

Uit de metingen kan worden geconcludeerd dat het mogelijk is het zuiveringsslib te vergassen door benutting van de inherent aanwezige energie in het slib. Hierbij wordt een reductie van 87% gerealiseerd. Het slibvergassingsproces voldoet ruimschoots aan alle emissie-eisen uit de vergunning. Het vrijkomende bodemas kan worden hergebruikt als toeslagstof in bouw materiaal.

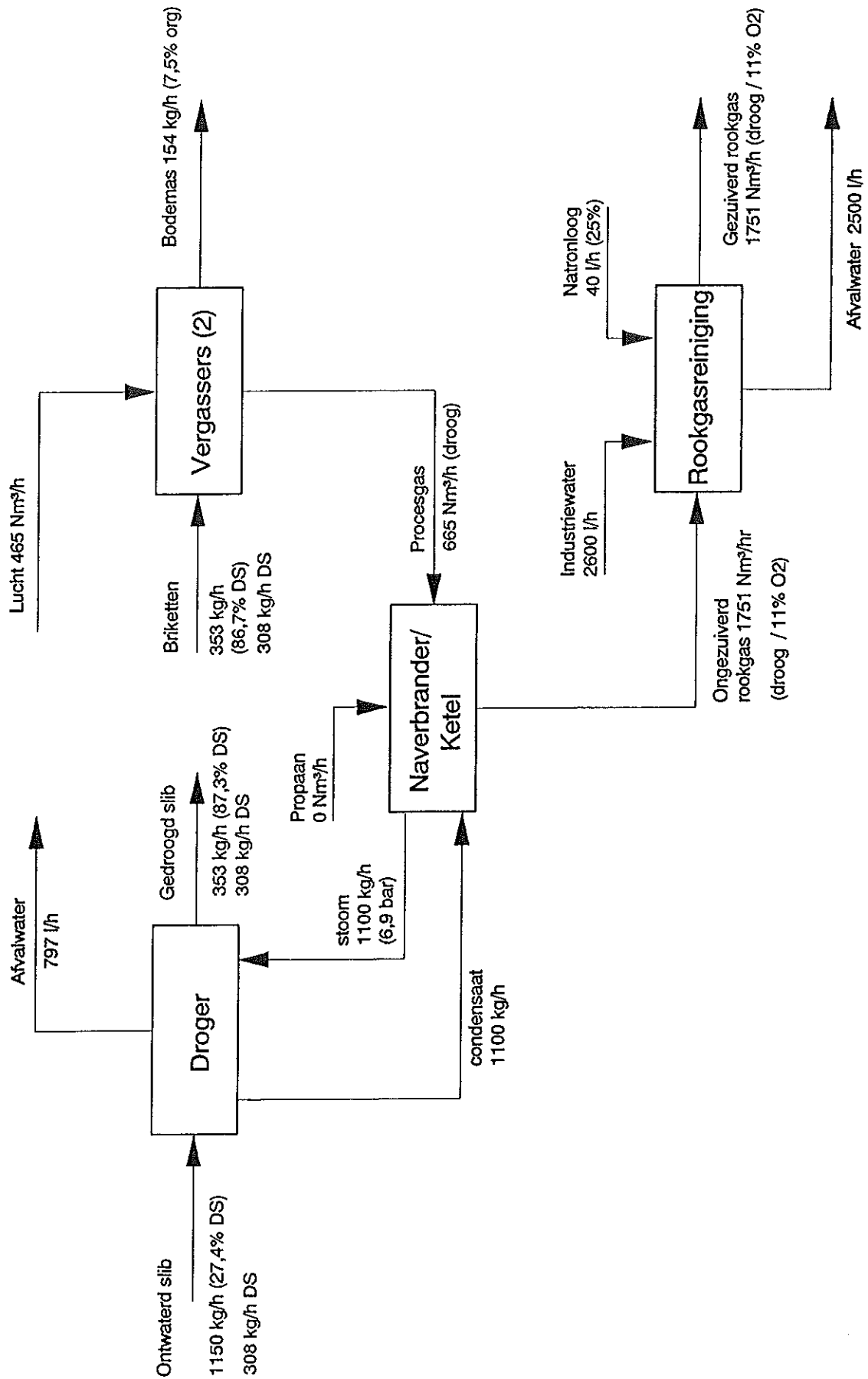
4.7 Figuren

*Teveel een
verloopplaatje
-> had exact
deze richting bij
het proces vast
gesteld moeten
worden.*

*Is niet
bevezen*



Figuur 4.1 Processtromen tijdens meetperiode oktober 1996



Figuur 4.2 Processtromen bij volle capaciteit

5 FINANCIËLE ASPECTEN

6 ANALYSE

6.1 Procesmatig

Aan de hand van de ervaringen van het proefbedrijf is het slibvergassingsprocédé procesmatig geëvalueerd. Hierbij is onder andere gelet op de samenstelling van de processtromen en capaciteiten. Met andere woorden: werkt het proces? Hierbij is het proces opgesplitst in 3 stukken:

- bewerkingsproces vóór de vergassers
- vergassers
- na de vergassers.

6.1.1 Bewerkingsproces voor vergassers

Slibopslag en drogen

Het proces heeft conform de verwachtingen gefunctioneerd.

Droog slibopslag en briketopslag

In het begin van het proefbedrijf is het voorgekomen dat broei in deze silo's ontstond. De oorzaak hiervan was dat luchttransport door de silo via het centrale afzuigstelsel broei bevorderde. Dit is opgelost door de ventilatie van de silo's aan te passen. Bij de droog slib silo is gekozen de afzuiging af te koppelen. Het gevolg hiervan is dat condensatie van vocht plaatsvindt waardoor wandopbouw van slib optreedt.

Bij de briketsilo is gekozen voor een geforceerde ventilatie met toevoer en afvoer van lucht in de bovenzijde van de silo.

Briketteren

Tijdens het proefbedrijf is gekozen om het droge stofgehalte van de briketten iets te verlagen. In plaats van een d.s.-gehalte van 90-95% is gekozen voor 86-88% d.s. Dit is gedaan vanwege de volgende redenen:

- 1 hierdoor ontstaan steviger briketten
- 2 op deze manier kan meer water in de vergassers worden gebracht. Dit is een alternatief voor directe stoomdosering
- 3 bij opslag in silo's ontstaat minder snel broei
- 4 minder stofontwikkeling bij briketteringsproces.

6.1.2 Vergassers

Tijdens het proefbedrijf zijn een aantal procesmatige aanpassingen verricht.

- Luchttoevoer: in plaats van toevoer via inwendige horizontale lansen met kleine gaatjes is gekozen voor toevoer via een leiding door het deksel. Het bezwaar van de lansen was dat dit mechanische obstructies zijn waardoor doorstroming belemmerd werd en dat de luchtverdeling niet optimaal was. Hierdoor ontstond ver-
slakking.

*Wat was de
verwachting dan?
Zeer subjectief*

- Plaats vuurzzone: gebleken is dat wanneer de heetste zone in de vergasser (oxidatiezone) te laag wordt gehouden, er vocht, stof en teer meegaat met het procesgas. Dit leidt tot verstopping van de cyclonen, gevolgd door verstopping van de ketel.
- Luchtbevochtiging: het gekozen principe van luchtbevochtiging is gewijzigd naar directe stoominspuiting. Dit is minder gecompliceerd doordat geen condensatie optreedt. Deze inspuiting is op praktijkschaal getest toen de luchtlansen nog aanwezig waren. Na verwijdering hiervan is stoominspuiting nog niet toegepast.
- Onderlucht: gebleken is dat bij toepassing van onderlucht een hogere druk nodig is. Het effect van onderlucht is echter zeer beperkt uitgetest. Duidelijk is dat hierdoor capaciteitswinst te bereiken is.
- Asafvoer: bij het opstarten van de vergassers condenseert het vocht vanuit de briketten op de koude delen. Hierdoor kunnen verstoppingen optreden bij het afvoersysteem. Om dit te voorkomen dient houtskool gebruikt te worden bij opstart.

6.1.3. Na vergassers

Naverbrander/ketel

Procesmatig voldoet de naverbrander en ketel aan de verwachtingen. Het effect van rookgasrecirculatie op onderdrukking van NOx-vorming is niet uitgetest.

Rookgasreiniging

Gebleken is dat reeds in de eerste trap het grootste gedeelte van de vuillast wordt afgevangen. De rookgasreiniging functioneert naar verwachting. Hierdoor voldoen de rookgassen ruimschoots aan de emissie-eisen.

6.2 Technisch

6.2.1 Inleiding

De technische analyse is gerelateerd aan de ervaringen van de bedrijfsvoering zoals de slibvergassingsinstallatie gedurende een jaar in bedrijf is geweest.

De analyse is een toets op basis van de gestelde uitgangspunten, te weten:

- het op praktijkschaal aantonen dat het gerealiseerde systeem (ontwerp) van verwerking functioneert
- het genereren van kwalitatieve- en ontwerpgegevens voor opschaling en/of het ontwerp van grotere verwerkingsinstallaties.

Voor het verkrijgen van een continu lopend proces is de afwezigheid van horizontaal lopende obstakels in de vergassers noodzakelijk terwijl verticale leidingen en dergelijke moeten worden beperkt. Voor een bedrijfszeker proces mag geen condensatie in de vergasser optreden of anderszins verstoppingen ontstaan.

Voor vergroting van de capaciteit en ter verkrijging van een vermindering van het wandeffect in de vergasser zouden de vergassers een grotere diameter kunnen krijgen waarbij de lucht op meerdere plaatsen met lansen in de koude briketmassa zou kunnen worden geïnjecteerd.

6.2.3 Overige delen van de installatie, vóór de vergassers

De slibontvangst en transportsystemen met het daaraan gekoppelde systeem van drogen is reeds in andere slib-verwerkingsbedrijven, gedurende meerdere jaren toegepast en is een beproefd concept.

Ook uit het gevoerde bedrijf kan de conclusie worden getrokken dat deze onderdelen zonder meer op te schalen zijn voor grotere installaties en tevens volledig geautomatiseerd kunnen worden bedreven.

De slijtvastheid van de kleppen en zittingen van de slib-pomp moet nog worden verbeterd ter bevordering van de standtijd.

Met de opslag van de droge stof en van de briketten en tevens het transport van deze stoffen is in het gevoerde proefbedrijf veel ervaring opgedaan.

De stofdichtheid is een primaire eis.

De droge stofsilo zal moeten worden aangepast om condensatie en wandopbouw van de droge stof te voorkomen.

De aanmaak van briketten is een bewezen techniek, de kwaliteit van de briketten is een wezenlijke parameter voor het vergassersbedrijf.

De toepassing van slib als het te briketteren medium in de pers heeft specifieke aanpassingen geëist ten aanzien van juiste aanvoer van droge stof. Dit is echter reeds bekend en gerealiseerd waardoor ook de brikettenpers nu als volledig geautomatiseerde unit kan functioneren.

De slijtvastheid van enkele delen van deze pers moet nog verder worden opgevoerd. De thans opgetreden slijtage is uit kostenoverwegingen niet aanvaardbaar.

Het brikettentransportsysteem zal bij een grotere installatie moeten worden gemodificeerd.

De opgedane ervaringen tonen dat het transporteren van briketten specifieke eisen stelt aan de installatie. Hij moet robuust en bedrijfszeker zijn en bestand tegen de onvermijdelijke aanwezigheid van stof en gebroken briketten. Daarnaast moet hij briket-vriendelijk zijn. Er is aangetoond dat het transportsysteem automatiseerbaar is.

De brikettensilo moet zijn voorzien van faciliteiten om breuk te beperken en moet een aparte bovenluchtventilatie hebben. Bij een permanent bedrijf zal deze lucht moeten worden gefilterd voordat hij naar buiten komt.

6.2.4 Overige delen van de plant, na de vergassers

De vervuiling van de synthesesegasleidingen ten gevolge van stof, waterdamp en zwaardere koelwaterstoffen, moet worden voorkomen.

De mogelijke oplossing hiervoor kan gevonden worden door optimalisatie van de cyclonen (maximale stofafvang) en door het leidingsysteem voldoende warm te houden (voorkomen van condensatie).

Ten gevolge van de vervuiling is de werking van de hete gaskleppen niet betrouwbaar. De klep dient om het synthegas te kunnen blokken en is essentieel voor de veiligheid. Conform het veiligheidsadvies dient per vergasser een tweede klep aanwezig te zijn.

Het gasmonsterpunt moet verplaatst worden om een representatief gasmonster te kunnen nemen van elke vergasser afzonderlijk (op dit moment ontstaat menging van de verschillende gassen uit de twee vergassers).

De synthesesegasleidingen moeten bij voorkeur korte lengte hebben en uit rechte leidingstukken bestaan, een en ander ten behoeve van beperking van de warmte (energie)verlies en tevens ten behoeve van onderhoud (inspectie en reinigen); ook treedt dan geen condensatie op van waterdamp en zwaardere koolstoffen.

De naverbrander moet bij voorkeur bedreven worden met een vaste (proces)instelling met betrekking tot de hoeveelheid verbrandingslucht respectievelijk rookgassen in verband met de constante stoombelasting. De hulpbrander(s) moeten een groot regelbereik hebben vooral in het gebied van 0-20% (belasting) zodat het bijstoken van propaan zeer geleidelijk (regeltechnisch) gerealiseerd wordt, dit voorkomt drukgolven en opslingering van regelkringen. Diverse veiligheidsvoorzieningen dienen te worden getroffen, onder meer in de regeling.

De ervaringen met de asafvoer van de vergasser heeft het volgende geleerd. Ten gevolge van de specifieke eigenschappen van het as is het een zeer storings- en slijtagegevoelig gedeelte van de installatie.

Er moet naar worden gestreefd om bij de asbehandeling een minimum aan bewegende onderdelen toe te passen.

Als oplossing bestaat de mogelijkheid, met behulp van de zwaartekracht, de as uit elke vergasser afzonderlijk in een container te storten.

De huidige ascontainer verzamelt zowel het as van een in bedrijf zijnde vergasser als ook de nog brandbare afvoer van een opstartende vergasser. Tevens is het briket-afvoerpunt in dezelfde container voorzien. Een en ander veroorzaakt regelmatig brand.

De rookgasreiniging welke de natte wassing uitvoert met betrekking tot SO₂-, HCl- en HF-bestanddelen en tevens de zwevende stofdelen afvang functioneert op zich zelf goed. Doch in de eerste wasser welke in staal is uitgevoerd ontstaan ontoelaatbare corrosiesnelheden (zeer korte levensduur van dit installatiedeel, hooguit enkele jaren). De stof wat in deze wasser wordt opgevangen is niet goed af te voeren. Tevens verstopt het bed door de neerslag van de vaste reactiedelen. Ten gevolge van bovengenoemde ontstaat ontoelaatbare stilstand. De wasser moet worden uitgevoerd uit een corrosie vast metaal en worden voorzien van een reinigingssysteem om het reactiebed te reinigen en in de juiste bedrijfsconditie te houden.

Alle randapparatuur zoals appendages en regelinstrumenten moeten ten aanzien van de uitvoeringsvorm geëigend zijn voor buitenopstelling onder de gegeven condities.

De natronloogopslagtank moet op een droog bodembed worden gezet.

6.2.5 Procesbesturing

De procesbesturing van de vergassers is op dit moment geschikt voor verder bedrijf. De besturing voorziet in temperatuurbelijding van het te voeren proces met instelbare setpoints. Dit is noodzakelijk ter voorkoming van slakvorming.

Tevens is het asrooster voorzien van een regeling, met als setpoint de gewenste askwaliteit als grondstof voor verdere toepassingen of alternatief met een laag koolstofpercentage.

Een terugkoppeling (eventueel regeling) van de kwaliteit van het geproduceerde synthesegas is onderzocht. Het is niet verder tot uitvoering gekomen in verband met de hoge investering.

Wel zijn regelmatig gasmonsters genomen en off-line geanalyseerd. Dit heeft goede informatie opgeleverd (samenstellingen en verbrandingswaarde).

De PLC ten behoeve van de besturing van de vergassers is op dit moment ook voor andere besturingen (communicatie) in gebruik hetgeen vanuit de modulaire ontwerpfilosofie ongewenst is.

Opgemerkt is dat de PLC van de vergassers (gasgeneratoren) niet gekwalificeerd is om dit soort apparatuur (gasinstallaties) te besturen.

De procesbesturing van de slibaanvoer, droger en brikettenfabricage is van opzet en ontwerp goed.

Vorbereidingen zijn al getroffen om de besturing van het transportsysteem verder te integreren in de procesbesturing van het geheel. Een deel moet nog worden gekoppeld met de brikettenfabricage.

Een en ander is zonder meer mogelijk, doch moet nog wel gerealiseerd worden. Het eist aanpassingen in de bekabeling van de overige installatiedelen (regelkringen formeren).

De overige twee transportsecties, te weten briketaanvoer en asafvoer, zijn nu al voor een belangrijk deel in de vergassersbesturing geïntegreerd.

De besturing van de naverbrander/ketel is zoals heden gerealiseerd, gezien de uitvoeringsvorm, moeilijk te integreren in de centrale besturing. Dit houdt in dat dit totaal, te zijner tijd, aangepast moet worden. De procesbesturing van de naverbrander, ketel en rookgasreiniging zijn uitgevoerd als twee afzonderlijke besturingsblokken (PLC's). Hierin zijn nog regelkringen welke verder moeten worden geïntegreerd en geoptimaliseerd (met betrekking tot lucht- en gasventilatoren). Hierdoor zou de bedrijfszekerheid en storingsgevoeligheid verbeterd worden.

Ten aanzien van de storingen en onderhoudsgevoeligheid is de keuze van verschillende soorten en fabrikanten van PLC's, met de daarbij verschillende communicatieprotocollen en programmeergereedschappen, niet wenselijk. Dit houdt in dat enkele PLC's uitgewisseld zouden moeten worden om tot een standaard te komen. Dit geldt zeker ook voor de toegepaste appendages, sensoren en dergelijke (geen standaard gerealiseerd).

6.2.6 Onderlinge afstemming

Configuratie

De huidige installatie welke uitgelegd is voor verwerking van 2.000 ton d.s./jaar is voor wat betreft de vergasserhal modulair uit te breiden tot 6.000 ton d.s./jaar. In het oorspronkelijke ontwerp is dat reeds voorzien. Bij een uitbreiding tot 8.500 respectievelijk 12.000 ton d.s./jaar zal de configuratie moeten worden herzien. Hiervoor is een voorstudie nodig. De grootte van het terrein is waarschijnlijk voldoende, de gebouwen moeten drastisch worden gewijzigd.

De modulaire opschaling tot 6.000 ton d.s. welke reeds in het ontwerp is voorzien houdt het volgende in.

De slibontvangst en het transport is in principe toereikend voor deze capaciteit. De slibontvangstbunker zou moeten worden uitgebreid bij het volcontinu op afstand bewaakt bedrijf.

De drogercapaciteit en bijbehorende hulpapparatuur moet worden uitgebreid, doch de drogerhal is van voldoende grootte.

De droge stof opslag is toereikend mits het beschreven euvel van wandopbouw in deze silo wordt verholpen.

De brikettenpers is toereikend voor de capaciteit en de opslagsilo lijkt zonder meer geschikt.

De capaciteit van het brikettentransportsysteem zal moeten worden vergroot.

De installatiedelen in de vergasserhal, te weten de vergassers, naverbrander, rookgasreiniging als ook de hal zelf, moet totaal worden aangepast. De vergassers kunnen modulair worden aangebouwd, echter zal een nadere studie moeten worden uitgevoerd naar het optimale samenstel van vergassers, naverbranders en rookgasreiniging.

Deze voorstudie dient te worden gebaseerd op het gemaakte ontwerp van 2.000 respectievelijk 6.000 ton d.s./jaar en de ervaringen verkregen in de afgelopen periode van het proefbedrijf.

Onderdelen

Bij het ontwerp van de onderdelen van de installatie moet rekening worden gehouden met zaken die niet rechtstreeks voortkomen uit het ontwerp van dat onderdeel.

Tijdens het proefbedrijf zijn de ondergenoemde aandachtspunten naar voren gekomen die bij en opschaling (ontwerp) relevant zijn.

Stofbeheersing

- Stofafzuiging op de transportsystemen toepassen om het onderhoud in de gehele installatie te beperken. De afgefilterde stof moet retour opslagsilo droge stof worden gevoerd.
- Asafvoer stofdicht uitvoeren.
- De stof welke vrijkomt bij de opstart van de installatie en bij bijzonder onderhoud, bijvoorbeeld van de droger, moet worden afgezogen, als het op andere wijze niet afgesloten kan worden. De stof afvoeren naar de droge stof silo ten behoeve van verdere verwerking.
- De droge stof opslagsilo stofdicht uitvoeren, de brikettensilo moet worden geventileerd en de vrijkomende lucht moet worden meeverbrand in de naverbrander.
- De ventilatie in het drooggebouw moet gebeuren met schone buitenlucht.

Verwarming

De verwarming (van het drooggebouw) moet gerealiseerd worden door een separate verwarmingsunit of op andere wijze vorstbestendig worden gebruikt.

Onderhoud

Het gebouw moet totaal (nat) schoongemaakt kunnen worden, met een minimum aan stofverzamel punten (randen, open profielen/kabelgoten en dergelijke).

Corrosiebestendigheid

De procesdelen welke in aanraking komen met vocht of met droge stof/briketten moet glad zijn en bij voorkeur in roest vast staal worden uitgevoerd (corrosiebestendig, goed schoon te maken en glad - weinig stofverkleaving). Dit geldt ook voor de afvalwatersystemen.

6.3 Bedrijfseconomisch

CONCLUSIE

De conclusie zal plaatsvinden aan de hand van de in de inleiding geformuleerde doelstellingen.

- a Aantonen dat slibvergassing op praktijkschaal een goede methode is om slib te verwerken.

De vergassers zijn na de zomerstop vrijwel continu in bedrijf geweest, zie 3.2.

Er was sprake van een goed beheersbaar bedrijf.

De energiebalans wijst aan dat extra brandstof alleen nodig is om onregelmatigheden in het productieproces op te vangen; de kwaliteit van de reststoffen is goed.

Tijdens de proefperiode, ook na de zomerstop, hebben zich storingen voorgedaan die tijdelijk afregeling van de installatie nodig maakte, de storingen zijn gelokaliseerd en verholpen. Bij een nader ontwerp kunnen zij worden vermeden.

In de periode tussen de zomerstop en de meetperiode is de doorvoer beperkt tot een hoeveelheid die met grote zekerheid kon worden verwerkt. Daarna is de doorvoer verhoogd.

De installatie conformeerde zich aan de ontwerpfilosofie. Dit geldt ook ten aanzien van de benutting van de aanwezige energie. Het is echter ook mogelijk het vergassingsproces te scheiden van het droogproces, beschikbare restwarmte te benutten voor het drogen en het synthesegas apart te benutten; de kwaliteit van het verkregen gas laat dit toe.

- b Verkrijging gegevens ten behoeve van de beleidsMer.

In de meetperioden zijn voldoende gegevens verkregen om te verzekeren dat slibvergassing is opgenomen in de MER als een bruikbare milieuvriendelijke techniek met een kostprijs die concurrerend is met verbranden. De emissies zijn ruim beneden de in de vergunning opgenomen waarden.

- c Verkrijgen van kwalitatieve ontwerpgegevens.

Gedurende het proefbedrijf is bepaald waar problemen met het vergassingsproces kunnen optreden en hoe dit kan worden verholpen. De te nemen maatregelen zijn zowel procedureel, ontwerptechnisch als besturings-technisch. Zij betreffen zowel de vergasser als de behandeling en benutting van de verbrandingsproducten als de overige apparatuur.

Diverse van de gewenste procedures en modificaties zijn tijdens de zomerstop reeds ingevoerd.

Door de opgedane ervaring kan een volgend ontwerp zorg dragen voor een nagenoeg storingsvrij proces.

*De energiebalans
en hoe bij ontwerp
is te aanpakken.*

Na omkeering?

Het proefbedrijf heeft ook de noodzakelijke ervaring gegeven in het werken met zuiveringsslib en in het bijzonder in het werken met gedroogd zuiveringsslib. Het heeft aangetoond waar in verband hiermee bijzondere ontwerptechnische maatregelen nodig zijn.

- d Kwantitatieve gegevens ten behoeve van het ontwerpen van grotere installaties.
De gewenste gegevens zijn verkregen. De gegevens uit de massa- en energiebalans en de emissiegegevens zullen worden benut bij een nader ontwerp.

70% 10-77
Uit de gegevens uit de massa- en energiebalans, de financiële interpretatie van deze gegevens alsmede uit de verdere financiële gegevens volgt een verwerkingsprijs van f/ton d.s. bij een 6.000 ton installatie.

In de beleidsMER zijn voor slibvergassing verwerkingsprijzen opgenomen die lager zijn dan de verwerkingskosten bij verbranding doch hoger dan de kosten bij minder milieuvriendelijke technieken als composteren. De verwerkingskosten voor vergassen zoals opgenomen in de MER zijn hoger dan onze berekeningen omdat daar investeringsbedragen zijn aangehouden en omdat exploitatiekosten in de MER zijn gebaseerd op een volcontinue bezetting met meerdere mensen.

BIJLAGE 1

Rapport Arbo-dienst Zeeland inzake stof- en endotoxinemetingen.

Rapport
Stof- en endotoxinemetingen
Slibverwerking Zeeland B.V.

Middelburg, november 1996
Ir. P.H.M. Timmermans
Arbeidshygiëniste

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Normen en richtlijnen	2
3. Resultaten	3
4. Evaluatie	4
5. Conclusies	6
6. Aanbevelingen	7

Bijlagen

I Materialen en methoden

II Statistische bewerkingen stationaire meetgegevens

III Literatuur

1. Inleiding

Op verzoek van Slibverwerking Zeeland B.V. zijn in de periode van 17 tot 27 september 1996 een aantal stof- en endotoxinemetingen verricht bij de slibvergassingsinstallatie.

Er werden 6 persoonlijke metingen verricht. Deze metingen hadden tot doel om inzicht te krijgen in de stof- en endotoxinebelasting van de operators tijdens normaal bedrijf.

Op elk van de volgende plaatsen werden 3 stationaire metingen verricht:

- bij de weegtafel in de drogerhal,
- bij de briketpers in de drogerhal,
- centraal in de drogerhal,
- bij het vulpunt van de vergassers in de vergasserhal,
- bij de asafvoer in de vergasserhal,
- centraal in de vergasserhal,
- in de controlekamer.

De (in totaal 21) stationaire metingen hadden tot doel om inzicht te krijgen in de stof- en endotoxineconcentraties die tijdens normaal bedrijf op verschillende plaatsen in de hal aanwezig zijn.

De resultaten van het onderzoek worden in dit rapport aan u gepresenteerd.

2. Normen en richtlijnen

Bij het vaststellen van een Maximaal Aanvaarde Concentratie wordt als uitgangspunt gehanteerd dat die concentratie bij herhaalde blootstelling (8 uur per dag, 5 dagen per week, een arbeidsleven lang) in het algemeen de gezondheid van zowel de werknemers als van hun nageslacht niet benadeelt. De Maximaal Aanvaarde Concentratie noemen we in het vervolg de MAC-waarde.

Inhaleerbaar stof

Inhaleerbaar stof is dat deel van het aanwezige stof dat kan worden ingeademd via mond en/of neus.

Wanneer sprake is van stofdeeltjes waarvan geen specifieke schadelijke eigenschappen bekend zijn, wordt de MAC-waarde voor hinderlijk stof gehanteerd. De MAC-waarde voor hinderlijk inhaleerbaar stof bedraagt 10 mg/m³ lucht. Dat betekent dat de blootstelling, gemiddeld over een 8-urige werkdag, beneden deze waarde moet blijven.

Endotoxinen

Endotoxinen zijn een onderdeel van de celwand van bepaalde bacteriesoorten die in het slib kunnen voorkomen. Wanneer deze bacteriën doodgaan, kunnen endotoxinen vrijkomen.

Op dit moment is er nog geen MAC-waarde voor de blootstelling aan endotoxinen. Wel is de Werkgroep van Deskundigen bezig met een evaluatie van endotoxinen en uit betrouwbare bron hebben wij vernomen dat hun gezondheidkundig onderbouwde advieswaarde naar alle waarschijnlijkheid 50 EU/m³ zal worden. De eenheid EU staat voor Endotoxin Units. Bij de evaluatie van de meetresultaten gaan wij uit van deze norm.

3. Resultaten

In de onderstaande tabellen vindt u de resultaten van respectievelijk de persoonlijke en de stationaire metingen.

<i>dienst</i>	<i>datum</i>	<i>inhaleerbaar stof in mg/m³</i>	<i>endotoxinen in EU/m³</i>
7.00 - 15.00	17/9/96	0,46	46,69
7.00 - 15.00	26/9/96	2,08	120,02
15.00 - 23.00	23/9/96	0,41	10,39
15.00 - 23.00	18/9/96	0,63	300,38
23.00 - 7.00	24/9/96	6,26	2550,00
23.00 - 7.00	19/9/96	0,56	25,20

<i>meetplaats</i>	<i>dienst</i>	<i>datum</i>	<i>inhaleerbaar stof in mg/m³</i>	<i>endotoxinen in EU/m³</i>
weegtafel drogerhal	7.00 - 15.00	17/9/96	0,23	33,79
	15.00 - 23.00	18/9/96	0,79	223,50
	23.00 - 7.00	19/9/96	0,02	14,86
briketpers drogerhal	7.00 - 15.00	17/9/96	0,19	36,66
	15.00 - 23.00	18/9/96	0,22	22,08
	23.00 - 7.00	19/9/96	0,02	16,24
centraal drogerhal	7.00 - 15.00	17/9/96	0,24	39,10
	15.00 - 23.00	18/9/96	0,16	29,03
	23.00 - 7.00	19/9/96	0,09	13,85
vulpunt vergassers vergasserhal	7.00 - 15.00	17/9/96	0,41	78,90
	15.00 - 23.00	18/9/96	0,50	33,78
	23.00 - 7.00	19/9/96	0,17	24,88
asafvoer vergasserhal	7.00 - 15.00	17/9/96	0,40	5,62
	15.00 - 23.00	18/9/96	0,48	5,52
	23.00 - 7.00	19/9/96	0,16	5,85
centraal vergasserhal	7.00 - 15.00	17/9/96	0,11	12,40
	15.00 - 23.00	18/9/96	0,66	20,43
	23.00 - 7.00	19/9/96	0,28	10,62
controle- kamer	7.00 - 15.00	17/9/96	0,01	5,74
	15.00 - 23.00	18/9/96	0,09	11,83
	23.00 - 7.00	19/9/96	0,11	22,26

4. Evaluatie

Persoonlijke metingen

Alle persoonlijk gemeten stofconcentraties blijven onder de grenswaarde van 10 mg/m³. Drie keer blijven de persoonlijk gemeten endotoxineconcentraties beneden de grenswaarde van 50 EU/m³, drie keer wordt de grenswaarde overschreden.

Uit de door de medewerkers bijgehouden werkzaamhedenregistratie blijkt de installatie tijdens twee van de zes metingen niet 'normaal' in bedrijf te zijn geweest. Eén keer, op 26 september van 7.00 tot 15.00 uur, was de installatie gedurende de hele meetperiode niet in bedrijf. Eén keer, op 24 en 25 september van 23.00 tot 7.00 uur, was er sprake van een storing die uiteindelijk aanleiding gaf tot het uit bedrijf nemen van de droger. De betreffende operator geeft aan tijdens zijn dienst ongeveer drie uur bezig te zijn geweest met werkzaamheden die verband hielden met de storing.

De stofconcentraties die tijdens de bovengenoemde periodes werden gemeten bedragen respectievelijk 2,08 en 6,26 mg/m³, de endotoxinenconcentraties respectievelijk 120,0-2 en 2550,00 EU/m³. Navraag bij de medewerker waarbij de hoogste stof- en endotoxineconcentratie werd gemeten, maakte duidelijk dat het hier naar alle waarschijnlijkheid geen reële weergave van de blootstelling betreft. De betreffende medewerker gaf aan dat de meetapparatuur ongeveer 50% van de werktijd op verschillende plaatsen in de werkruimte heeft gelegen, waarbij het alleszins denkbaar is dat het meetkopje een of meerdere malen in het stof heeft gehangen. Hoewel dus met name bij het laatstgenoemde resultaat vraagtekens kunnen worden geplaatst, geven deze resultaten een indicatie voor een hogere endotoxineblootstelling tijdens storingen.

Wanneer we bovengenoemde resultaten buiten beschouwing laten om te kijken naar de blootstelling tijdens normaal bedrijf, ligt één van de overige vier endotoxinemetingen boven de grenswaarde. Het betreft hier de meting op 18 september van 15.00 tot 23.00 uur (300,38 EU/m³). Uit de werkzaamhedenregistratie van de betreffende operator wordt duidelijk dat deze werkzaamheden heeft uitgevoerd die tijdens normaal bedrijf gebruikelijk zijn, waaronder het nemen van stof- en asmonsters, het legen van het stoffilter en het bekijken van de inhoud van de briketsilo.

Opvallend is echter de hoge endotoxineconcentratie die in dezelfde periode stationair bij de weegtafel in de drogerhal werd gemeten. Ook de op dit punt gemeten stofconcentratie ligt, hoewel nog steeds laag, hoger dan alle overige stationair gemeten stofconcentraties. Naar alle waarschijnlijkheid moet een verklaring voor de persoonlijk gemeten endotoxineconcentratie dan ook gezocht worden in het wegen van de stofmonsters. Bovenstaande impliceert dat de individuele werkwijze de stof- en endotoxineblootstelling sterk beïnvloedt, hetgeen de grote variatie in de meetresultaten deels kan verklaren.

Stationaire metingen

Alle stationair gemeten stofconcentraties blijven ruim beneden de grenswaarde van 10 mg/m³. Met uitzondering van twee metingen geldt dit ook voor de stationair gemeten endotoxineconcentraties. De grenswaarde van 50 EU/m³ werd één keer duidelijk overschreden bij de weegtafel in de drogerhal (223,50 EU/m³) en één keer licht overschreden bij het vulpunt van de vergassers in de vergasserhal (78,90 EU/m³).

Zoals eerder beschreven wordt de hoge concentratie bij de weegtafel mogelijk verklaard door individuele verschillen in de werkwijze bij het nemen en wegen van de stofmonsters. Het is onduidelijk waardoor de eenmalig hogere concentratie bij het vulpunt van de vergassers wordt veroorzaakt.

Verondersteld werd dat de endotoxinen het verhittingsproces in de vergassers niet zouden overleven. De metingen bevestigen dit: bij de asafvoer werden de laagste endotoxineconcentraties aangetroffen. Ook centraal in de vergasserhal en in de controlekamer zijn de gemeten endotoxineconcentraties laag.

Op de overige meetpunten zijn de in de dag- en avonddienst gemeten concentraties zonder uitzondering hoger dan de concentraties die in de nachtdienst werden gemeten. Ook dit is niet verwonderlijk daar er in de nachtdienst doorgaans sprake is van minder activiteiten.

Omdat er tijdens de stationaire metingen geen sprake was van storingen aan de installatie, geven de meetresultaten een goed beeld van de stof- en endotoxineconcentraties die tijdens normaal bedrijf in de hal aanwezig zijn. In het algemeen kan dan ook gesteld worden dat de stationair gemeten stof- en endotoxineconcentraties tijdens normaal bedrijf vooralsnog geen aanleiding geven tot problemen. Wel dient te worden nagegaan of er een oorzaak is aan te wijzen voor de twee concentraties die de endotoxinegrenswaarde overschrijden.

Het redelijke aantal stationaire meetgegevens maakte het mogelijk om, met behulp van statistische technieken, de kans op grenswaarde-overschrijding te berekenen. In bijlage II vindt u de resultaten van de berekeningen.

5. Conclusies

- Tijdens normaal bedrijf zijn zowel de stationair als de persoonlijk gemeten inha-leerbaar stofconcentraties laag.
- Tijdens normaal bedrijf zijn de stationair gemeten endotoxineconcentraties in de controlekamer, bij de asafvoer en centraal in de vergasserhal laag.
- Met uitzondering van één meting bij de weegtafel in de drogerhal (223,50 EU/m³) en één meting bij het vulpunt van de vergassers (78,90 EU/m³), blijven ook de overige stationair gemeten endotoxineconcentraties beneden de gehanteerde grens-waarde van 50 EU/m³.
- De persoonlijke gemeten endotoxineconcentraties blijven drie keer beneden de grenswaarde, drie keer wordt de grenswaarde overschreden. Twee van deze drie overschrijdingen werden aangetroffen op dagen waarop de installatie niet normaal in bedrijf was. Hoewel nog steeds beneden de grenswaarde, ligt ook de persoon-lijk gemeten inhaleerbaar stofconcentratie op deze dagen hoger.
- Totdat meer inzicht is verkregen, dient er van uit te worden gegaan dat storingen aan de installatie gepaard gaan met hoge stof- en endotoxinebelastingen.
- De variatie in de persoonlijk gemeten endotoxineconcentraties is groot. Onder-zocht dient te worden welke factoren/activiteiten daaraan ten grondslag liggen.
- Hoewel gebaseerd op twee meetresultaten, moet het nemen van stofmonsters beschouwd worden als een bron van endotoxinen, die tot een hoge persoonlijke blootstelling kan leiden.

6. Aanbevelingen

Normaal bedrijf

Uit de werkzaamhedenregistratie blijkt dat er nauwelijks verschillen zijn in de werkzaamheden die tijdens normaal bedrijf door de verschillende operators worden verricht. Desondanks is de variatie in persoonlijke belasting groot. Wij adviseren u dan ook om na te gaan welke factoren en/of activiteiten hiervoor verantwoordelijk kunnen zijn. Voor een dergelijke analyse kunt u, naast observaties van de verschillende werkhandelingen, gebruik maken van de door de medewerkers ingevulde werkzaamhedenregistraties.

Op basis van bovenstaande analyse dient te worden bekeken welke maatregelen genomen kunnen worden om de blootstelling op bepaalde plaatsen en/of bij bepaalde werkhandelingen verder te reduceren.

Op basis van de meetresultaten is het aan te bevelen om in ieder geval het nemen, drogen en wegen van stofmonsters kritisch te bekijken. U kunt dat doen door een antwoord te zoeken op de volgende vragen:

- Is de handeling noodzakelijk voor de bedrijfsvoering? Indien dit het geval is,
- Is de frequentie van monsterneming noodzakelijk of zou het proces ook met het nemen van minder monsters goed kunnen lopen?
- Welke blootstellingsmomenten zijn bij deze handeling te onderscheiden? Denk onder andere aan het nemen van het monster uit de droger, het afwegen van de juiste hoeveelheid, het verwijderen van het teveel aan stof en het opruimen van het monster.
- Hoe kan op deze momenten de blootstelling worden gereduceerd? Denk daarbij, behalve aan technische maatregelen, ook aan werkprocedures en voorlichting met betrekking tot hygiëne en zorgvuldig werken.

Nadat maatregelen genomen zijn, adviseren wij u om opnieuw metingen uit te laten voeren zodat het effect van de maatregelen zichtbaar wordt.

Totdat maatregelen gerealiseerd zijn, is het aan te raden om tijdens het nemen van stofmonsters een P2-masker te dragen. Om besmetting te voorkomen dient bij elke monsternamen een nieuw masker gebruikt te worden.

Tenslotte dient opgemerkt te worden dat naar aanleiding van een bespreking van de onderzoeksresultaten, voorafgaand aan de presentatie van deze rapportage, direct een aantal maatregelen genomen zijn. Er is een niveausensor aangebracht in de briketsilo en de frequentie van monsterneming is teruggebracht van drie keer naar één keer per dienst.

Storingen

Zoals eerder vermeld was dit onderzoek er niet op gericht om inzicht te krijgen in de blootstelling tijdens storingen. Desondanks geven de meetresultaten voldoende aanleiding om aan te nemen dat in ieder geval de endotoxineblootstelling tijdens storingen de grenswaarde overschrijdt. In welke mate de grenswaarde overschreden zal worden is op basis van dit onderzoek niet te zeggen.

Zoals eerder vermeld, wordt bij het vaststellen van een Maximaal Aanvaarde Concentratie als uitgangspunt gehanteerd dat die concentratie bij herhaalde blootstelling (8 uur per dag, 5 dagen per week, een arbeidsleven lang) in het algemeen de gezondheid van zowel de werknemers als van hun nageslacht niet benadeelt. Dit betekent dat rekening wordt gehouden met chronische effecten die na herhaalde blootstelling kunnen optreden. Over de hoogte van het blootstellingsniveau waarbij acute effecten kunnen optreden is in algemene zin vrij weinig te zeggen, omdat dit van een heleboel factoren afhankelijk is (denk daarbij bijvoorbeeld aan verschillen in individuele gevoeligheid en aan verschillen in activiteit van endotoxinen die van verschillende bacteriestammen afkomstig zijn). Een vastgestelde grenswaarde mag echter, ook tijdens storingen, niet overschreden worden.

Op basis van bovenstaande is het ten zeerste aan te bevelen om de stof- en endotoxinebelasting tijdens storingen in kaart te brengen. Totdat een beter inzicht is verkregen, dient tijdens storingswerkzaamheden in ieder geval een P2-stofmasker te worden gedragen.

Bijlage I

Materialen en methoden

Persoonlijke metingen

Voor de persoonlijke metingen werden de betreffende medewerkers uitgerust met een pompje (GilAir-5, 1cc-5 LPM, Tri-Mode Air Sampler) waaraan een filterhouder met filter (glasvezel) werd bevestigd. Met behulp van het pompje werd omgevingslucht door het filter gezogen. Het filter werd vervolgens geanalyseerd op de aanwezigheid van inhaleerbaar stof en endotoxinen. De analyses werden uitgevoerd door de vakgroep Humane Epidemiologie en Gezondheidsleer van de Landbouwniversiteit te Wageningen.

De monstername voldeed aan de volgende voorwaarden:

- er werd 2 liter lucht per minuut aangezogen,
- de aanzuigopening van de filterhouders hadden een diameter van 6 mm,
- de aanzuigopeningen werden zoveel mogelijk in de ademzone parallel aan het gezicht van de medewerkers geplaatst,
- de duur van de monsterneming was overeenkomstig de duur van een shift.

Er werden persoonlijke metingen verricht bij:

- twee operators in de dagdienst (van 7.00 tot 15.00 uur),
- twee operators in de avonddienst (van 15.00 tot 23.00 uur),
- twee operators in de nachtdienst (van 23.00 tot 7.00 uur).

De zes metingen werden op zes verschillende dagen verricht, verspreid over twee weken.

Stationaire metingen

Voor elke stationaire meting werd een pompje met filterhouder en filter aan een statief bevestigd. De filterhouder werd op 1,50 meter boven het vloeroppervlak opgehangen met de aanzuigopening naar beneden gericht. De stationaire monstername en analyse werd verder op dezelfde wijze verricht als hierboven beschreven.

Op elk van de volgende plaatsen werden 3 stationaire metingen verricht:

- bij de weegtafel in de drogerhal,
- bij de briketpers in de drogerhal,
- centraal in de drogerhal,
- bij het vulpunt van de vergassers in de vergasserhal,
- bij de asafvoer in de vergasserhal,
- centraal in de vergasserhal,
- in de controlekamer.

Op elke meetplaats werd een stationaire meting verricht in de dagdienst, de avonddienst en de nachtdienst. De metingen werden verricht op drie achtereenvolgende dagen.

Bijlage II

Statistische bewerkingen stationaire meetgegevens

Alle bewerkingen werden uitgevoerd met een speciaal voor arbeidshygiënist ontwikkeld statistisch programma (Hyginist, Scheffers 1994, versie 2.13).

In de arbeidshygiënische praktijk zijn variaties in concentraties doorgaans erg groot en worden concentratieverdelingen over het algemeen goed beschreven met een lognormale verdeling. Dit betekent dat de logaritmen van de concentraties normaal verdeeld zijn.

Voor een aantal sets van stationaire meetgegevens werd met behulp van de Shapiro-Wilk test bekeken of de lognormale verdeling geaccepteerd kon worden. Indien dit het geval was, werden het geometrisch gemiddelde (GM) en de geometrische standaarddeviatie (GSD) geschat. In een lognormale verdeling ligt 50% van de concentraties beneden het GM, 50% ligt daar boven. De GSD zegt iets over de spreiding van de concentraties. Hoe hoger de GSD, hoe groter de spreiding.

Vervolgens werd met behulp van Wilks (unbiased estimate of compliance) de kans (p) op overschrijding van de grenswaarde geschat. Met behulp van Tuggle (Noncentral Student) werd een schatting gemaakt van de betrouwbaarheid (δ) waarmee gezegd kan worden dat minder dan 5% van de stationair gemeten concentraties de grenswaarde overschrijdt.

De gehanteerde grenswaarden vindt u terug in hoofdstuk 2 van dit rapport.

Bovengenoemde bewerkingen zijn toegepast op de volgende meetsets:

1. Stationair inhaleerbaar stof in de drogerhal (drie meetpunten, 9 metingen).
2. Stationair inhaleerbaar stof in de vergasserhal (drie meetpunten, 9 metingen).
3. Stationair endotoxinen in de controlekamer, bij de asafvoer en centraal in de vergasserhal (drie meetpunten, 9 metingen). Deze meetset werd gekozen omdat op deze plaatsen lage endotoxineconcentraties werden verwacht.
4. Stationair endotoxinen op de overige meetplaatsen met uitzondering van de eenmalig hoge concentratie bij de weegtafel in de drogerhal (4 meetpunten, 11 metingen).
5. Als bij 4 met het verschil dat van deze meetset ook de eenmalig hogere meting bij het vulpunt van de vergassers werd uitgesloten (4 meetpunten, 10 metingen).

In de tabel op de volgende pagina zijn de resultaten van de statistische bewerkingen van bovengenoemde meetsets weergegeven.

<i>Meetset</i>	<i>GM</i>	<i>GSD</i>	<i>Overschrij- dingskans (p)</i>	<i>Betrouwbaar- heid (δ)</i>
1	0,13 mg/m ³	3,30	0,43 %	98,26%
2	0,30 mg/m ³	1,85	0,032 %	99,91%
3	9,76 EU/m ³	1,75	1,18%	94,10%
4	27,53 EU/m ³	1,66	14,39%	10,48%
5	24,78 EU/m ³	1,48	6,02%	57,12%

- In de arbeidshygiënische praktijk wordt een overschrijdingskans (p) van 5% of meer doorgaans te hoog gevonden en is het streven er op gericht om de betrouwbaarheid (δ) 95% of meer te laten bedragen.
- Opgemerkt moet worden dat hier niet is berekend wat de kans voor een medewerker is op een blootstelling boven de grenswaarde. Berekend is de kans op grenswaarde-overschrijding van de stationair gemeten concentraties op bepaalde punten (afhankelijk van de gekozen meetset). Persoonlijke blootstellingsmetingen laten doorgaans, en ook in dit onderzoek, hogere concentraties zien. Vanwege het geringe aantal persoonlijke metingen tijdens normaal bedrijf (4), is een statistische bewerking van de persoonlijke meetresultaten echter weinig zinvol.
- Het is natuurlijk wel zo dat het streven naar een overschrijdingskans kleiner dan 5% en een betrouwbaarheid groter dan 95% voor wat betreft de omgevingsconcentraties, ook de persoonlijke blootstellingen ten goede zal komen.

Bijlage III

Literatuur

S 50 Beroepsmatige blootstelling aan organisch stof en de daarmee samenhangende risico's voor de gezondheid; D. Heederik, T. Smid
Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg 1988

S172-2 Blootstelling aan biologische factoren in rioolwaterzuiveringsinstallaties; K. Westveer, J. Douwes, D. Heederik, K. Leeuwinga
Sdu Uitgeverij Plantijnstraat, Den Haag 1994

S172-3 Endotoxinen: Gezondheidseffecten, monsternamen en analyse van endotoxinen; J. Douwes, D. Heederik, A. Hollander, P. Versloot
Sdu Uitgeverij Plantijnstraat, Den Haag 1994

Occupational Hygiene of Chemical and Biological Agents; J. Boleij, E. Buringh, D. Heederik, H. Kromhout
Elsevier Science B.V., Amsterdam 1995

S172-9 Onderzoek naar de blootstelling aan biologische factoren in een compost-zeffabriek; M.J.A. van Tongeren, D.J.J. Heederik
Sdu Uitgeverij Plantijnstraat, Den Haag 1994

BIJLAGE 2

Tabellen inzake meetgegevens.

**Tabel 4.1 Overzicht van de gemeten componenten
in de processtromen.**

Processtroom	Te meten componenten
Massabalans	In: Mech. ontwaterd slib, proceswater, natronloog, propaan Uit: As, afvalwater, rookgas
Energiebalans	In: slib, propaan, (elektriciteit) Uit: as, rookgas, koeltoren
Gezuiverd rookgas	O ₂ , CO ₂ , SO ₂ , NO _x , CO, C _x H _y , HCl, HF, stof, dioxine, Cd, Hg, Metalen (Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn, As, Co, Ni, Se, Te).
Procesgas	O ₂ , N ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , >C ₃ , CO, H ₂ , CO ₂ , H ₂ O
Condensaat droogdam- pen	pH, N-kjeldahl, NH ₃ /NH ₄ ⁺ , BZV, CZV, stof
Afvalwater rookgasrei- niging	pH, HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , F ⁻ , zware metalen, N-kjeldahl, NH ₃ /NH ₄ ⁺ BZV, CZV, stof
Mech. ontwaterd slib	ds, NH ₃ /NH ₄ ⁺ , zware metalen
As	Gloeirest, as, zware metalen

Tabel 4.2 Massastromen per unit

UNIT	Eenheid	Meetperiode (okt '96)	2000 ton (volle cap.)	2000 ton (ontwerp)	6000 ton (uitbreiding)
------	---------	--------------------------	--------------------------	-----------------------	---------------------------

Droger

<i>in:</i>					
Mech. ontw. slib	kg/h	750	1150	1140	3450
DS gehalte mech. ontw. slib	%	27.4	27.4	27.0	27.4
Mech. ontw. slib (droge stof)	kg/h	206	308	308	924
Stoom in	ton/h	0.7	1.1	1.1	3.2
<i>uit:</i>					
Droog slib uit	kg/h	235	353	342	1059
DS gehalte gedroogd slib	%	87.3	87.3	90.0	87.3
Afvalwater	l/h	512	797	800	2391
Droogdampen	Nm3/h	184	200	300	600
Stoomcondensaat	ton/h	0.7	1.1	1.1	3.2

Vergassers (totaal)

<i>in:</i>					
Briketten in	kg/h	152	353	342	1059
Ds-gehalte briketten	%	86.7	86.7	90.0	86.7
Organisch gehalte droge stof	%	53.3	53.3	54.4	53.3
Asgehalte droge stof	%	46.7	46.7	45.6	46.7
(droge stof in)	kg/h	131	306	308	918
(organische brandstof in)	kg/h	70	163	164	489
(as in)	kg/h	61	143	140	429
Lucht in	m3/h	200	466	328	1397
Stoom in	kg/h	0	0	14	0
<i>uit:</i>					
Procesgas uit (droog)	Nm3/h	286	666	600	1998
As uit	kg/h	66	154	152	461
Gloeiverlies as	%	7.5	7.5	7.5	7.5
(organische brandstof uit)	kg/h	4.95	11.5	11.4	34.6

Naverbrander/ketel

<i>in:</i>					
Procesgas uit (droog)	Nm3/h	286	666	600	1998
Propan in	Bm3/h	2.7	0.0	2.7	0.0
Propan in (factor 1,9)	Nm3/h	5.2	0.0	5.1	0.0
Stoomcondensaat	ton/h	0.7	1.1	1.1	3.2
<i>uit:</i>					
Rookgas uit (droog, 11% O2)	Nm3/h	1247	1751	2080	5253
Stoom uit	ton/h	0.7	1.1	1.1	3.2

Rookgasreiniging

<i>in:</i>					
Rookgas in (droog, 11% O2)	Nm3/h	1247	1751	2080	5253
Industriewater in, wasser 1	l/h	1150	1200	550	3600
Industriewater in, wasser 2	l/h	1300	1350	1500	4050
Loogverbruik (25%)	l/h	17	40	50	119
<i>uit:</i>					
Gezuiverd rookgas (dr, 11% O2)	Nm3/h	1247	1751	2080	5253
Afvalwater (totaal wasser 1+2))	l/h	2380	2500	1980	7500
Afvalwater (wasser 1)	l/h	1080	1150	480	3450
Afvalwater (wasser 2)	l/h	1300	1350	1500	4050

Tabel 4.3 Massabalans overall

Processtroom	Eenheid	Meetperiode (okt '96)	2000 ton (volle cap.)	6000 ton (uitbreiding)
<i>In:</i>				
Mech. ontw. slib @27.4% ds	kg/h	750	1150	3450
Asgehalte droge stof	%m/m ds	46.7	46.7	46.7
Industriewater	m3/h	2.8	3	9
Drinkwater	m3/h	0.21	0.3	0.9
Natronloog (25 %)	l/h	17	40	120
Propaan	Nm3/h	5.3	0	0
Electriciteit	kWh	132	150	300
<i>Uit:</i>				
Gezuiverd rookgas (droog 11% O2)	Nm3/h	1247	1751	5253
Bodemas @7.5% org. stof	kg/h	66	154	462
Afvalwater droger	m3/h	0.51	0.8	2.4
Afvalwater rookgasreiniging	m3/h	2.38	2.5	7.5
Spuiwater ketel + koeltoren	m3/h	0.6	0.7	2.1

Tabel 4.4 ENERGIEBALANS VERGASSER EN NAVERBRANDER

Unit / Processtroom	Eenheid	Meetperiode oktober '96		2000 ton	6000 ton	
BRIKETTEN						
Brikettentoevoer:	kg/uur	152		353	1059	
Watergehalte	%	13.3		13.3	13.3	
Droge stof	kg/uur		131	306	918	
Organisch(dr. stof)	%	53.3		53.3	53.3	
As (droge stof)	%	46.7		46.7	46.7	
Organisch (ds)	kg/uur		70	163	489	
As (droge stof)	kg/uur		61	143	429	
Stookwaarde (briketten)	MJ/kg	11.43		11.4	11.4	
Energieinh. briketten	MJ/uur		1733	481 kW	1121	3362 kW
AS						
Koolstofgehalte	%	7.5		7.5	7.5	
Hoeveelheid as	kg/uur		66	154	462	
Stookwaarde as	MJ/kg as		6.17	6.17	6.17	
Energieinh. as	MJ/uur		407	113 kW	264	792
PROCESGAS						
Flow (droog)	m3/uur	286		669	2006	
Stookwaarde,ond.	MJ/m3	3.9		3.9	3.9	
Energieinh.	MJ/uur		1115	310 kW	724	2173 kW
Flow (nat)	Nm3/uur	356		832	2497	
Temp.	°C	410		410	410	
Voelbare warmte	MJ/uur		205	57 kW	133	400
Tot.energieinhoud	MJ/uur		1321	367 kW	858	2573 kW
Rendement vergassers	%			76 %	77	77 %
NAVERBRANDER						
Propaan,midd.br.	m3/uur	2.7		0	0	
Propaan,midd.br.	Nm3/uur		5.265			
Energieinh. mid.br	MJ/uur		491	136 kW	0	0
Propaan, aanst.br.	Nm3/uur	0.03315				
Energieinh.aanst	MJ/uur		3	1 kW	1	1 kW
Energieinh. prop.	MJ/uur		494	137 kW	1	1 kW
Energieinh. proc.g	MJ/uur		1321	367 kW	858	2573 kW
Energieinh. tot.	MJ/uur		1815	504 kW	859	2574 kW
STOOM						
Debiet voed.water	m3/uur	0.7		1.1	3.2	
Stoomdruk	bar(o)	6.5		6.5	6.5	
Enthalpie stoom	kJ/kg	2772		2772	2772	
Enthalpie water (100°C)	kJ/kg	419		419	419	
Enthalpieverschil	kJ/kg		2353	2353	2353	
Toegevoegde energieinh.	MJ/uur		1647	458 kW	719	2092 kW
Therm. rend. incinerator	%			91 %	84	81 %

Tabel 4.5 Energiebalans overall

Processtroom	Eenheid	Meetperiode okt. '96	2000 ton	6000 ton
Aangevoerd slib	kW	481	1121	3362
Bodemas	kW	113	264	792
Procesgas productie	kW	367	858	2573
Propaan toevoeging	kW	137	0	0
Stoomproductie	kW	458	719	2092

Tabel 4.6 : Mechanisch ontwaterd slib

Component	Eenheid	Meting 1	Meting 2	Gemiddeld
vocht	% m/m	71.7	73.5	72.6
droogrest	% m/m	28.3	26.5	27.4
organisch stof	% m/m ds	49.2	48.7	48.95
asrest	% m/m ds	46.7	47.1	46.9
Hg	mg/kg ds	1.7	3.3	2.5
Cd	mg/kg ds	1.8	1.7	1.75
N-NH4	mg/kg ds	380	560	470
N-Kj	mg/kg ds	35000	30000	32500
P-tot	mg/kg ds	25000	26000	25500
P2O5	mg/kg ds	57250	59540	58395
verbrandingswarmte	J/g	3470	3225	3347.5
verbrandingswarmte w. vrij	J/g	12260	12160	12210
stookwaarde	J/g	1590	1315	1452.5

Tabel 4.7 : Droog slib

Component	Eenheid	Meting 1	Meting 2	Gemiddeld
vocht	% m/m	12.8	12.7	12.75
droogrest	% m/m	87.2	87.3	87.25
organisch stof	% m/m ds	48.5	48.9	48.7
asrest	% m/m ds	47.4	47	47.2
N-NH4	mg/kg ds	340	390	365
N-Kj	mg/kg ds	35000	35000	35000
P-tot	mg/kg ds	23000	24000	23500
P2O5	mg/kg ds	52670	54960	53815
verbrandingswarmte	J/g	11020	11100	11060
verbrandingswarmte w. vrij	J/g	12635	12715	12675
stookwaarde	J/g	10000	10080	10040
Sb	mg/kg ds	3.4	3.5	3.45
As	mg/kg ds	21	21	21
Ba	mg/kg ds	130	120	125
Cd	mg/kg ds	1.8	2.2	2
Cr	mg/kg ds	38	40	39
Co	mg/kg ds	<0.8	<0.8	<0.8
Cu	mg/kg ds	470	480	475
Hg	mg/kg ds	2.7	2.8	2.75
Pb	mg/kg ds	220	210	215
Mn	mg/kg ds	200	210	205
Ni	mg/kg ds	41	41	41
Se	mg/kg ds	<2.0	<2.0	<2.0
Te	mg/kg ds	12	10	11
Sn	mg/kg ds	<8.0	8.1	8.0
V	mg/kg ds	41	34	37.5
Zn	mg/kg ds	1100	1100	1100

Tabel 4.8: Briketten

Component	Eenheid	Meting 1	Meting 2	Gemiddeld
vocht	% m/m	13.5	13.1	13.3
droogrest	% m/m	86.5	86.9	86.7
organisch stof	% m/m ds	49	49	49
asrest	% m/m ds	46.2	47.2	46.7
verbrandingswarmte	J/g	10615	10605	10610
verbrandingswarmte w. vrij	J/g	12270	12205	12237.5
stookwaarde (as received)	J/g	11480	11390	11435
Sb	mg/kg ds	3.4	3.5	3.45
As	mg/kg ds	21	21	21
Ba	mg/kg ds	130	120	125
Cd	mg/kg ds	1.8	2.2	2
Cr	mg/kg ds	38	40	39
Co	mg/kg ds	<0.8	<0.8	<0.8
Cu	mg/kg ds	470	480	475
Hg	mg/kg ds	2.7	2.8	2.75
Pb	mg/kg ds	220	210	215
Mn	mg/kg ds	200	210	205
Ni	mg/kg ds	41	41	41
Se	mg/kg ds	<2.0	<2.0	<2.0
Te	mg/kg ds	12	10	11
Sn	mg/kg ds	<8.0	8.1	8.0
V	mg/kg ds	41	34	37.5
Zn	mg/kg ds	1100	1100	1100
C elementair	% m/m ds	27.2	26.98	27.09
H elementair	% m/m ds	3.84	3.95	3.895
N elementair	% m/m ds	3.71	3.74	3.725
O elementair	% m/m ds	14.54	13.85	14.195
Cl elementair	% m/m ds	0.24	0.23	0.235
S elementair	% m/m ds	4.16	3.95	4.055
F elementair	% m/m ds	0.11	0.1	0.105

Tabel 4.9 : Bodemas

Component	Eenheid	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Gemiddeld
vocht	% m/m	0	0	0	0	0
droogrest	% m/m	100	100	100	100	100
organisch stof	% m/m ds	7.9	7.7	8.8	5.5	7.475
asrest	% m/m ds	83.8	84.8	84.7	88.8	85.525
verbrandingswarmte	J/g	6580	6420	6410	5405	6203.75
verbrandingswarmte w. vrij	J/g	6580	6420	6410	5405	6203.75
stookwaarde (as received)	J/g	6530	6385	6385	6385	6421.25
Sb	mg/kg ds	4.8	4.5	4.6	4.1	4.5
As	mg/kg ds	31	27	30	29	29.25
Ba	mg/kg ds	150	180	130	150	152.5
Cd	mg/kg ds	1.5	1.1	1.3	0.94	1.21
Cr	mg/kg ds	58	59	60	58	58.75
Co	mg/kg ds	9.1	9.4	9.1	9.6	9.3
Cu	mg/kg ds	780	830	780	830	805
Hg	mg/kg ds	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Pb	mg/kg ds	250	260	260	260	257.5
Mn	mg/kg ds	410	420	410	420	415
Ni	mg/kg ds	81	67	85	68	75.25
Se	mg/kg ds	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Te	mg/kg ds	10	9.5	9.5	9.6	9.65
Sn	mg/kg ds	12	11	12	10	11.25
V	mg/kg ds	64	61	64	64	63.25
Zn	mg/kg ds	1700	1900	1800	1800	1800
Al ₂ O ₃	% m/m ds	11	10	11	11	10.75
CaO	% m/m ds	12	11	12	12	11.75
Fe ₂ O ₃	% m/m ds	81	32	32	32	44.25
K ₂ O	% m/m ds	1.1	1.1	1	1.1	1.075
MgO	% m/m ds	2.4	2.8	2.6	2.1	2.475
Na ₂ O	% m/m ds	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
SiO ₂	% m/m ds	23	23	23	23	23
TiO ₂	% m/m ds	0.5	0.5	0.6	0.5	0.525
SO ₃	% m/m ds	3.5	4.9	2.6	3	3.5
P ₂ O ₅	% m/m ds	16	15	16	15	15.5

Tabel 4.10 Procesgas

Vergasser		verg. I	verg. II	gemiddeld
Luchtflow	m3/uur	102	101	101.5
Tijdsduur meting	min	33	16	
Volume doorgeleid monster	l	60	41	
Gewicht gevangen vocht	g	13.05	7.31	
Vochtgehalte 'droog' gas	g/m3	218	178	
Volume water/m3 'droog' monster	l/m3	271	222	
Procesgasflow (nat)/ idem (droog)	l/l	1.27	1.22	

O2	%	0.55	0.57	0.56
N2	%	43.67	45.50	44.59
CH4	%	1.07	0.94	1.01
C2H6	%	0.06	0.03	0.04
C2H4	%	0.15	0.08	0.12
>C3	%	0.32	0.08	0.20
CO	%	6.61	6.96	6.78
CO2	%	11.65	10.72	11.18
H2	%	14.56	16.94	15.75
H2O	%	21.31	18.17	19.74
Totaal		99.94	99.99	99.97
CO/CO2	% / %	36	39	38
H2/H2O	% / %	41	48	44

Luchtflow	m3/uur	102	101	102
Procesgasflow (droog)	m3/uur	144	142	143
Procesgasflow (nat)	m3/uur	182	173	178
Procesgasflow (droog)/luchtflow	m3/m3	1.41	1.40	1.41
Procesgasflow (nat)/ idem (droog)	m3/m3	1.27	1.22	1.25
Procesgasflow (nat)/luchtflow	m3/m3	1.79	1.72	1.75
Stookwaarde(droog), bovenwaarde	MJ/m3	4.44	4.30	4.37
Stookwaarde(droog) , onderwaarde	MJ/m3	3.97	3.80	3.89
Totale energie(droog gas), bovenwaarde	MJ/uur	637	610	624
Totale energie(droog gas), onderwaarde	MJ/uur	570	539	554

Tabel 4.11: Ongezuiverd rookgas

Component	Concentratie			
	meting 1	meting 2	gemiddeld	eenheid
Stof	41	24,4	32,7	mg/Nm ³
HCL als Cl ⁻	276	360	318	mg/Nm ³
HF als F ⁻	32.2	40	36.1	mg/Nm ³
SO2	2045	2191	2118	mg/Nm ³
NO	286	282	284	mg/Nm ³
NO2	0	0	0	mg/Nm ³
NOx totaal als NO2	438	431	434.5	mg/Nm ³
Cd + Hg	n.g.	n.g.	n.g.	mg/Nm ³
Metalen totaal	n.g.	n.g.	n.g.	mg/Nm ³
CO	37	16	26.5	mg/Nm ³
Org. C	0	0	0	mg/Nm ³
Dioxinen	n.g.	n.g.	n.g.	mg/Nm ³
CO2	7.3	7.6	7.45	%-vol droog

Tabel 4.12: Gezuiverd rookgas

Component	Concentratie			
	meting 1	meting 2	gemiddeld	eenheid
Stof	36,7	31,7	34,2	mg/Nm ³
HCL als Cl ⁻	< 7,6	< 5,8	< 6,7	mg/Nm ³
HF als F ⁻	< 0,14	< 0,11	< 0,13	mg/Nm ³
SO ₂	0	0	0	mg/Nm ³
NO	267	271	269	mg/Nm ³
NO ₂	0	0	0	mg/Nm ³
NOx totaal als NO ₂	409	414	411.5	mg/Nm ³
Cd + Hg	0.03	0.05	0.04	mg/Nm ³
Metalen totaal	0.32	0.59	0.46	mg/Nm ³
CO	12	10	11	mg/Nm ³
Org. C	0	0	0	mg/Nm ³
Dioxinen	0.0027-0.0083	n.g.	0.0027-0.0083	TEQ ng/Nm ³
CO ₂	7	7.6	7.3	%-vol droog

Cd	1.22	1.57	1.395	µg/Nm ³
Hg	31.1	45.9	38.50	µg/Nm ³
Cd + Hg totaal	32.32	47.47	39.90	µg/Nm ³

Sb	< 7,7	11.3	< 9,5	µg/Nm ³
Pb	31.9	69.7	50.8	µg/Nm ³
Cr	8.9	10.3	9.6	µg/Nm ³
Cu	254.0	447.0	350.5	µg/Nm ³
Mn	8.1	12.3	10.2	µg/Nm ³
V	< 7,7	< 9,1	< 8,4	µg/Nm ³
Sn	9.3	13.1	11.2	µg/Nm ³
As	< 7,7	< 9,1	< 8,4	µg/Nm ³
Co	< 7,7	< 9,1	< 8,4	µg/Nm ³
Ni	12.2	18.4	15.3	µg/Nm ³
Se	< 7,7	< 9,1	< 8,4	µg/Nm ³
Te	< 7,7	12.7	< 10,2	µg/Nm ³
Metalen totaal	324.4	594.8	459.6	µg/Nm ³

Opmerkingen:

- 1) Voorziening voor onderdrukking NO_x was tijdens meetdag niet in gebruik. Werkelijke concentratie zal lager zijn.
- 2) Ongereinigde uurvracht NO_x: 0,75 kg/h
- 3) Ongereinigde uurvracht metalen: 0,8 g/h

Tabel 4.13: Emissie-eisen vergunning

Component	Maximale emissie-waarde	Toelichting
stof	50 mg/m ³ ₀	NER
HCl	10 mg/m ³ ₀	ALARA
HF	1 mg/m ³ ₀	ALARA
SO ₂	Indien de ongereinigde uur-vracht kleiner is dan 5 kg/u dan geen emissiewaarde. Anders geldt: 200 mg/m ³ ₀	NER
NO _x	Indien de ongereinigde uur-vracht kleiner is dan 5 kg/u dan geen emissiewaarde. Anders geldt: 200 mg/m ³ ₀	NER
Cadmium +Kwik	0,2 mg/m ³ ₀	NER
metalen	Indien de ongereinigde uur-vracht kleiner is dan 25 g/u dan geen emissiewaarde. Anders geldt: 5,0 mg/m ³ ₀	NER
CO	50 mg/m ³ ₀	ALARA
organisch C	10 mg/m ³ ₀	ALARA
dioxines	0,1 ng 1-TEQ/m ³ ₀	ALARA

- de concentraties zijn gemiddelde waarden over een uur;
- het volume is gebaseerd op een temperatuur van 0° C en een druk van 101.3 kPa;
- de concentraties zijn gebaseerd op droge rookgassen en 11% (volume) O₂;
- onder T.E.Q. wordt verstaan: toxische equivalenten 2, 3, 7, 8 - TCCD overeenkomstig het rapport "Voorstel tot een methode voor de beoordeling van mengsels van gehalogeneerde dibenzo-p-dioxines en dibenzofuranen", van de werkgroep toxiciteitsequivalentiefactoren van maart 1988. De gegeven emissie-eis moet worden opgevat als een streefwaarde.

Tabel 4.14: Vergelijking gemeten emissie met vergunning

Component	gemeten emissie	vergunning	eenheid
Stof	34.2	50	mg/Nm ³
HCL als Cl ⁻	< 6,7	10	mg/Nm ³
HF als F ⁻	< 0,13	1	mg/Nm ³
SO ₂	0	200	mg/Nm ³
NOx totaal als NO ₂	412	geen eis 1)	mg/Nm ³
Cd + Hg	0.04	0.20	mg/Nm ³
Metalen totaal	0.46	geen eis 2)	mg/Nm ³
CO	11	50	mg/Nm ³
Org. C	0	10	mg/Nm ³
Dioxinen	0.0027-0.0083	0.1	TEQ ng/Nm ³

- 1) Geen eis voor NO_x bij ongereinigde uurvracht < 5 kg/h
Werkelijke ongereinigde uurvracht: 0,75 kg/h
- 2) Geen eis voor metalen bij ongereinigde uurvracht < 25 g/h
Werkelijke ongereinigde uurvracht: 0,8 g/h

Tabel 4.15: Afvalwater droger

Component	eenheid	meting 1	meting 2	gemiddeld
slib lab	mg/l	1900	1100	1500
imhoff	ml/l	-	-	-
pH lab	pH	9.4	9.3	9.35
Cl	mg/l	101	114	107.5
N-NH4	mgN/l	0.03	0.03	0.03
N-Kj	mgN/l	1640	1750	1695
P-tot. fosfaat	mgP/l	97	70	83.5
Mn	mg/l	800	700	750
Sb	µg/l	-	8.5	4.25
As	µg/l	70	60	65
Cd	µg/l	8	5.5	6.75
Cr	µg/l	120	120	120
Co	µg/l	4	38	21
Cu	µg/l	2000	2000	2000
Hg	µg/l	1.3	0.9	1.1
Pb	µg/l	700	750	725
Ni	µg/l	140	140	140
Se	µg/l	-	5	-
V	µg/l	85	130	107.5
Zn	µg/l	4100	4200	4150
CZV	mg O2/l	9000	8700	8850
BZV	mg O2/l	3300	3500	3400

Debiet: zie tabel 4.2

Tabel 4.16: Afvalwater rookgasreiniging (water 1)

Component	eenheid	meting 1	meting 2	gemiddeld
slib lab	mg/l	13	14	13.5
lmhoff	ml/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
pH lab	pH	9.5	9.8	9.65
HCO3	mg/l	26100	19500	22800
CO3	mg/l	8700	14500	11600
Cl	mg/l	310	345	327.5
SO3	mgSO3/l	440	320	380
SO4	mg/l	3200	3600	3400
N-NH4	mgN/l	< 0,03	< 0,03	< 0,03
N-Kj	mgN/l	0.6	1.3	0.95
P-tot. fosfaat	mgP/l	0.12	0.09	0.105
Mn	mg/l	3	5	4
Sb	µg/l	-	-	-
As	µg/l	16	18	17
Cd	µg/l	< 0,3	< 0,2	< 0,25
Cr	µg/l	3.5	3	3.25
Co	µg/l	< 4	< 4	< 4
Cu	µg/l	12	7	9.5
Hg	µg/l	9.5	9	9.25
Pb	µg/l	< 10	< 10	< 10
Ni	µg/l	7	7	7
Se	µg/l	-	-	-
V	µg/l	< 8	< 8	< 8
Zn	µg/l	47	49	48
F	mg/l	34	39	36.5
CZV	mg O2/l	85	31	58
BZV	mg O2/l	70	60	65

Debiet: zie tabel 4.2

Tabel 4-17: Afvalwater rookgasreiniging (water 2)

Component	eenheid	meting 1	meting 2	gemiddeld
slib lab	mg/l	2	2.7	2.35
lmhoff	ml/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
pH lab	pH	6.8	6.8	6.8
HCO ₃	mg/l	148	206	177
CO ₃	mg/l	0	0	0
Cl	mg/l	74	74	74
SO ₃	mgSO ₃ /l	2.5	0.9	1.7
SO ₄	mg/l	98	80	89
N-NH ₄	mgN/l	0.06	0.04	0.05
N-Kj	mgN/l	3.9	3.3	3.6
P-tot. fosfaat	mgP/l	0.04	0.06	0.05
Mn	mg/l	7	5	6
Sb	µg/l	-	-	-
As	µg/l	< 1	< 1	< 1
Cd	µg/l	0.2	0.3	0.25
Cr	µg/l	6	7	6.5
Co	µg/l	< 4	< 4	< 4
Cu	µg/l	11	6	8.5
Hg	µg/l	0.3	0.4	0.35
Pb	µg/l	< 10	< 10	< 10
Ni	µg/l	4.5	4	4.25
Se	µg/l	-	-	-
V	µg/l	75	85	80
Zn	µg/l	55	44	49.5
F	mg/l	0.37	0.38	0.375
CZV	mg O ₂ /l	< 10	< 10	< 10
BZV	mg O ₂ /l	10	7.5	8.75

Debiet: zie tabel 4.2

Tabel 4-18: Afvalwater koeltoren

Component	eenheid	meting 1	meting 2	gemiddeld
Imhoff	ml/l	< 0,1	0.3	0.15
pH	pH	8.7	8.3	8.5
Cl	mg/l	210	63	136.5
N-Kj	mg/l	2.2	0.9	1.55
Totaal fosfaat	mg/l	2.86	1.63	2.245
As	µg/l	1.6	2.4	2
Cd	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr	µg/l	3	9	6
Cu	µg/l	30	63	46.5
Hg	µg/l	0.44	0.59	0.515
Pb	µg/l	3	14	8.5
Ni	µg/l	13	11	12
Zn	µg/l	260	348	304
CZV	mg/l	65	24	44.5
BZV (20/s)	mg/l	4.3	6	5.15

Tabel 4-19: Afvalwater ketel

Component	eenheid	meting 1	meting 2	gemiddeld
Imhoff	ml/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
pH	pH	11.3	10.9	11.1
Cl	mg/l	12	18	15
N-Kj	mg/l	0.4	0	0.2
Totaal fosfaat	mg/l	0.58	0.38	0.48
As	µg/l	0.8	< 0,8	< 0,8
Cd	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr	µg/l	3	4	3.5
Cu	µg/l	152	42	97
Hg	µg/l	0.62	1.44	1.03
Pb	µg/l	19	6	12.5
Ni	µg/l	6	< 3	< 4,5
Zn	µg/l	660	160	410
CZV	mg/l	< 10	< 10	< 10
BZV (20/s)	mg/l	4.8	5	4.9

