

NN31050.79-8

1979-08

stora

Stank
op
rioolwaterzuiveringsinrichtingen

2. Behandeling van procesgassen
(inventarisatie)

22/440(70-00)

stora

postbus 414, 2280 AK Rijswijk Z.H. ☎ 070 - 980.287 stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Stank
op
rioolwaterzuiveringsinrichtingen

2. Behandeling van procesgassen
(inventarisatie)



	Inhoud	
	Ten Geleide	
1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	2 - 3
2.1	Algemeen	2
2.2	Geurwaarneming, begrippen en relaties	2 - 3
3	INVENTARISATIE VAN STANKPROBLEMEN OP RIOOLWATERZUIVERINGS- INRICHTINGEN IN NEDERLAND	4 - 5
3.1	Inleiding	4
3.2	Methode van onderzoek	4
3.3	Resultaten van het onderzoek	4 - 5
4	STANK ALS GEVOLG VAN THERMISCHE SLIBBEHANDELING	6 - 8
4.1	Inleiding	6 - 7
4.2	Algemene beschouwing over afgasbehandeling	7 - 8
5	STANK VAN PRIMAIR-SLIBINDIKKERS	9 - 11
5.1	Inleiding	9
5.2	Stankbestrijdingsmethoden bij primair-slibindikers	9
5.3	Het voorkomen van stankemissie	9 - 11
5.3.1	<i>verduunning door spoelen</i>	9
5.3.2	<i>toevoeging van chemicaliën of lucht</i>	10
5.3.3	<i>verkleining van het emissie-oppervlak</i>	10 - 11
5.3.4	<i>opmerking</i>	11
5.4	Afdekking, afzuiging en gasbehandeling	11
6	STANKBESTRIJDINGSSYSTEMEN	12 - 26
6.1	Inleiding	12
6.2	Stankbestrijding door adsorptie, absorptie of naverbranding	12 - 15
6.2.1	<i>actieve kool</i>	12 - 13
6.2.2	<i>chemische wassing</i>	13
6.2.3	<i>naverbranding</i>	13
6.2.4	<i>kosten</i>	13 - 15
6.3	Stankbestrijding met micro-organismen (biowasser, compost- filter)	15 - 18
6.3.1	<i>inleiding</i>	15
6.3.2	<i>biowasser</i>	15 - 17
6.3.3	<i>compostfilter</i>	17 - 18
6.3.4	<i>kosten</i>	18

6.4	Stankbestrijding door atmosferische verdunning	19 - 26
6.4.1	<i>inleiding</i>	19
6.4.2	<i>verspreidingsmodel</i>	19 - 22
6.4.3	<i>lange-termijngemiddelde</i>	22 - 23
6.4.4	<i>maximale concentraties en schoorsteenhoogteberekening</i>	23 - 24
6.4.5	<i>schoorsteenkosten</i>	25
6.5	Systeemkeuze	25 - 26
7	ALTERNATIEVEN VOOR THERMISCHE SLIBBEHANDELING	27
8	AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK	28 - 31
8.1	Inleiding	28
8.2	Vereist onderzoek	28 - 30
8.3	Prioriteiten	31
9	LITERATUURLIJST	32

BIJLAGEN

1	Vragenlijst telefonische enquête	33
2	Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (enquête-resultaten)	34 - 39
3	Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (samenvatting)	40
4	Stankemissie en stankbestrijding bij thermische slibdrogers	41
5	Verslag van een bezoek aan de rwzi Tilburg-Noord	42 - 43
	Doel van het bezoek	42
	Gegevens van de zuiveringsinrichting	42
	Stankbestrijdingsmethode	42
	Proefresultaten	42 - 43
	Aanbevelingen	43
6	Stankbestrijding slibdrooginstallatie Hoensbroek	44 - 48
	Beschrijving proefinstallatie	45
	Proefprogramma	45 - 46
	Aanpassing van de proefinstallatie	46 - 47
	Bepalingen van het rendement	47
	Opmerking	48
	Naschrift	48
7	Chemische wassing rioolwaterzuiveringsinrichting Apeldoorn	49 - 54
	Inleiding	49
	Uitvoering indikers	49
	Bedrijfsvoering indikers	49
	Oorzaak van de stank	49
	Onderzochte maatregelen	49 - 50
	<i>afdekken met plastic balletjes op het vloeistofoppervlak</i>	49
	<i>afdekken, afzuigen en behandelen met actief kool</i>	49
	<i>afdekken, afzuigen en chemisch wassen</i>	50
	Uitvoering chemische wasser	50 - 51
	<i>zeildoek</i>	50
	<i>skelet en afzuiging</i>	50
	<i>wasser</i>	50 - 51
	Kosten	51 - 52
	Bedrijfservaringen	52 - 54
	<i>waswater</i>	52
	<i>bediening</i>	52
	<i>werking</i>	52 - 54
8	Ervaringen gemeente Den Haag met sorptie en naverbranding	55 - 57
	Gaswasinstallatie	55 - 56
	<i>gegevens</i>	55
	<i>processchema</i>	55
	<i>beschrijving en resultaten</i>	55
	<i>kosten</i>	56
	<i>opmerkingen</i>	56
	Katalytische verbrander	56
	<i>gegevens</i>	56
	<i>kosten</i>	56
	<i>opmerkingen</i>	56
	Koolfilter	57
	<i>gegevens</i>	57
	<i>kosten</i>	57
	<i>opmerkingen</i>	57

Ten geleide

Het onderzoek dat hier wordt gerapporteerd, is uitgevoerd door DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V., namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit: ir. T. Meijer, ir. K. Visscher en dr. D.K.J. Tommel (voorzitter).

Het rapport mondt uit in aanbevelingen tot onderzoek naar biologische bestrijdingsmethoden van stankoverlast van primair-slibindickers en thermische slibbehandelingsprocessen.

Deze methoden lijken economisch het meest interessant; de aanbevelingen zijn, op voorstel van de Onderzoekadviescommissie*, inmiddels door het algemeen bestuur van de STORA opgevolgd.

Rijswijk, augustus 1979.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

* prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en dr.ir. H.J. Eggink, prof.dr. P.G. Fohr, ir. R. Karper, ir. C.H. Kuggeleijn, ir. J.S. Kuyper, ir. Th.G. Martijn, ir. H.A. Meijer, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubink, ir. J. van Selm, ir. M. Tiessens, drs. A.A. Wismeijer (leden).

1 SAMENVATTING

Influent, primair slib (in indikers) en gassen die vrijkomen bij thermische behandeling van zuiveringsslib zijn de voornaamste bronnen van stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen in Nederland.

Het voorkomen en bestrijden van stankproblemen door influent is onderwerp van afzonderlijk STORA-onderzoek*.

Stankoverlast van de twee andere bronnen kan worden bestreden door:

- adsorptie (aan actieve kool), absorptie (chemische wassing) of naverbranding van de stinkende gassen;
- verdunning in de atmosfeer;
- biologische afbraak van stankcomponenten door micro-organismen in biowassers en bodemfilters.

Het onderzoek indiceert dat van de niet-biologische methoden de volgende technieken het goedkoopst zijn:

- bij hoge concentraties : naverbranding
- bij lage concentraties : actief-koolfiltratie
- bij gemiddelde concentraties : chemische wassing, alleen of in combinatie met koolfiltratie of atmosferische verdunning.

Van de biologische bestrijdingsmethoden vermeldt de literatuur voor biowassers op veestallen jaarlijkse kosten (exclusief toezicht) van f 0,05 à f 0,10 per 1000 m³ lucht.

Deze kosten zijn uitzonderlijk laag in vergelijking met de kosten van chemische wassing (f 2,-- tot f 4,-- per 1000 m³).

Dit prijsverschil wordt voornamelijk veroorzaakt door de chemicaliënkosten; de genoemde bedragen zijn richtwaarden.

Van de jaarlijkse kosten van de andere biologische methode, bodemfiltratie, is weinig bekend; zij worden vooral bepaald door de terrein- en energiekosten.

Naast de behandeling van stinkende gassen, is het ook mogelijk de emissie van deze gassen bij primair-slibindikers te verminderen door verdunning (spoelen), toevoeging van chemicaliën of lucht (om het slib aëroob te houden) en verkleining van het emissie-oppervlak.

* gerapporteerd onder de titel: "Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. 1. Bestrijding in transportleidingen" (STORA, 1979).

2 INLEIDING

2.1 Algemeen

Geuren op of rondom rioolwaterzuiveringsinrichtingen worden onderscheiden in systeemgebonden geur (geur die op of in de onmiddellijke nabijheid van de inrichting kan worden waargenomen) en in geuren die - op afstanden groter dan de, door de Inspectie voor de Hygiëne van het Milieu, aanbevolen bufferzones - stankhinder kunnen veroorzaken.

Als afmetingen voor deze bufferzones worden aanbevolen¹⁷:

- 250 m bij inrichtingen met een capaciteit tot 20.000 i.e.
- 250-500 m bij inrichtingen met een capaciteit tussen 20.000 en 100.000 i.e.
- 500 m bij inrichtingen met een capaciteit groter dan 100.000 i.e.

Ter identificatie van de belangrijkste stankbronnen op zuiveringsinrichtingen is gesproken met vrijwel alle beheerders daarvan.

Het resultaat van deze inventarisatie is gegeven in hoofdstuk 3.

Uit de inventarisatie blijken anaeroob influent, thermische slibindiking (droging, thermische oxydatieve conditionering, thermische conditionering) en primair-slibbindickers de voornaamste stankbronnen te zijn.

Over de bestrijding van stank van anaeroob influent is elders* gerapporteerd: dit rapport (hoofdstuk 4 en 5) beperkt zich tot een inventariserend onderzoek van de andere twee aspecten.

In hoofdstuk 6 komen verschillende stankbestrijdingsmethoden ter sprake. De gegevens zijn gebaseerd op informatie van vóór 1978. Meer uitgewerkte en recentere informatie - met name over de praktijkervaring met compostfiltratie en biowassing - zal afzonderlijk worden gerapporteerd.

Hoofdstuk 7 gaat in op mogelijke alternatieven voor thermische slibbehandeling; in hoofdstuk 8 worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

In de volgende paragraaf (2.2) wordt verder ingegaan op enkele begrippen en relaties die in verband staan met de waarneming van geur.

2.2 Geurwaarneming, begrippen en relaties

De intensiteit van de geurwaarneming I neemt minder dan recht evenredig toe met de concentratie c van de geurstof. Een veel gebruikte wet was die van Weber-Fechner:

$$I = k \log c/c_0$$

waarin:

k = konstante

c_0 = de geurdrempel

De geurdrempel van een component is de concentratie in lucht van die component, waarbij 50% van een groep waarnemers het mengsel nog juist onderscheidt van schone lucht.

*STORA-rapport:

Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. I. Bestrijding in transportleidingen.

Latere onderzoeken hebben uitgewezen dat de volgende formule een juistere benadering is:

$$\log I = K \log c/c_0$$

$$\text{ofwel } I = (c/c_0)^K$$

Dit is de zogenaamde machtwet van Stevens¹³. De waarde voor K verschilt per component. Een onderzoek¹¹ naar K-waarden voor diverse alcoholen leverde getallen tussen 0,3 en 0,5. Er zijn auteurs die erop wijzen dat I niet blijft toenemen met de concentratie maar een bovengrens heeft¹⁶.

De geurconcentratie van een mengsel wordt uitgedrukt in een aantal geureenheden (g.e.) per m³.

Een geureenheid is een dusdanige hoeveelheid van een gasvormige component of mengsel van componenten dat door opmenging van deze hoeveelheid met zuivere lucht tot een volume van 1 Nm³ een mengsel ontstaat dat door 50% van een groep waarnemers qua geur nog juist van schone lucht kan worden onderscheiden.

1 g.e./m³ wordt dus per definitie nog door de helft van de mensen waargenomen.

De geurconcentratie geeft dus aan hoeveel maal men moet verdunnen opdat de helft van de waarnemers het verkregen verdunde mengsel nog juist van schone lucht onderscheidt.

Niet alle waarnemers zijn even gevoelig. Er bestaat een zekere spreiding in de gevoeligheid voor geur.

Een klein gedeelte van de bevolking zal een geurconcentratie van bijvoorbeeld 0,5 g.e./m³ nog waarnemen, terwijl een ander (klein) deel pas bij enkele geureenheden per m³ iets begint te ruiken.

Geurconcentratie is niet hetzelfde als geurintensiteit. Het verband tussen geureenheden per m³ en concentratie van stankcomponenten is lineair. Het verband tussen geurintensiteit en concentratie van stankcomponenten is exponentieel.

Geurcomponenten kunnen met elkaar interfereren. Een mengsel van geurcomponenten in lucht kan intenser ruiken dan men zou verwachten op grond van de concentraties van de afzonderlijke componenten (synergisme) of juist zwakker (antagonisme) en vaak anders.

Daarom moet men voorzichtigheid betrachten bij het beoordelen van het rendement van een stankbestrijdingsapparaat aan de hand van de concentratie-afname van afzonderlijke componenten. De afname van de geurconcentratie kan anders zijn (lager of hoger) dan de concentratie-afname van de gemeten componenten.

Het beste is dan ook stankbestrijdingsapparatuur te beoordelen aan de hand van geurconcentratiemetingen (organoleptische, olfactometrische of sensorische metingen). Meettechnische problemen nopen echter toch soms tot het meten van de concentratie-afname van één of enkele "karakteristieke" componenten.

3 INVENTARISATIE VAN STANKPROBLEMEN OP RIOOLWATERZUIVERINGSINRICHTINGEN IN NEDERLAND

3.1 Inleiding

Er is een inventarisatie uitgevoerd onder negentien waterschappen/zuiveringschappen en drie gemeenten.

Doel van de inventarisatie was het verkrijgen van een globaal inzicht in de oorzaak, plaats en omvang van de stankproblemen en het verzamelen van ervaring met bestrijdingsmethoden tegen stank.

3.2 Methode van onderzoek

De inventarisatie is uitgevoerd per telefoon; de vragenlijst is gegeven in bijlage 1 (p. 33).

De enquête omvatte 470 rioolwaterzuiveringsinrichtingen, waarvan:

281 actief-slibinrichtingen	(60%)
105 oxydatiebedden	(22%)
6 tweetrapsinrichtingen	(1%)
78 mechanische zuiveringsinstallaties	(17%)

De gegevens uit de enquête zijn in bijlage 2 (pp. 34 - 39) vermeld.

Een overzicht van de belangrijkste informatie is gegeven in bijlage 3 (p. 40).

3.3 Resultaten van het onderzoek

Uit de inventarisatie blijkt het volgende:

a. Stankhinder is geen nieuw verschijnsel; het treedt de laatste jaren vooral op de voorgrond door:

- de bouw van grote regionale zuiveringsinrichtingen met relatief lange transportleidingen voor het afvalwater;
- de toepassing van thermische slibverwerkingsmethoden;
- de mobilisatie van de publieke opinie tegen onvrijwillig opgelegde hinder.

b. Bij circa 10% van de inrichtingen was sprake van stank. Stank treedt voornamelijk op aan het begin (ontvangput, vijzelgoot, zandvanger, voorbezinking) van de inrichtingen en bij de slibverwerking (indikers, afgassen van thermische slibbehandeling).

c. Bij 25% van de inrichtingen met stank laat men bestrijdingsmaatregelen achterwege.

De reden hiervoor is geringe overlast voor de omgeving door gunstige ligging ten opzichte van de woonbebouwing qua afstand of heersende windrichting. Ook laat men bestrijding achterwege wanneer de inrichting op korte termijn wordt uitgebreid (stank ten gevolge van overbelasting) of geamoveerd.

d. Bij 40% van de inrichtingen met stank is deze met succes bestreden door meestal één van de volgende maatregelen:

- afdekken van ontvangput, vijzelgoot en overstortputten;
- aanbrengen van een waterslot (onder vloeistofniveau inbrengen van influent-leiding);
- wijziging (optimalisering) van de bedrijfsvoering van onderdelen van de inrichting.

e. Bij 35% van de inrichtingen met stank zijn maatregelen op komst of is onderzoek daarnaar gaande.

De onder d. genoemde maatregelen bieden in de meeste gevallen een afdoende oplossing, behalve voor:

- stank uit zeer lange transportleidingen met extreem lange verblijftijden bij inrichtingen met voorbezinking*;
- stank uit primair slibindikers en
- stank van thermische slibverwerking.

Als na optimalisering van de bedrijfsvoering van de indikers toch stank optreedt kunnen nog de volgende maatregelen worden genomen:

- doseren van bepaalde chemicaliën aan het in te dikken slib;
- afdekken van de indikker en afzuigen en behandelen van de bovenstaande lucht (bijvoorbeeld door wassing, rwzi Apeldoorn).

Met beide stankbestrijdingsmethoden bestaat nog niet erg veel ervaring.

Onder thermische slibverwerking kan worden verstaan:

- thermische droging;
- thermische conditionering (Porteous);
- thermische oxydatie/stabilisatie (Zimpro).

Bij dit deel van de zuiveringsinrichting liggen de grootste onopgeloste stankproblemen (voor details zie bijlage 4, p. 41).

Meerdere slibverwerkingsinstallaties mogen of kunnen, wegens de stankoverlast, niet in bedrijf.

Voor het oplossen van dit stankprobleem is of wordt praktijkonderzoek uitgevoerd in Zeist, Tilburg en Hoogezand. Experimenten in Tilburg (thermische slibconditionering) met een biowasser lijken goede resultaten op te zullen leveren.

Deze ervaringen zijn vastgelegd in bijlage 5 (pp. 42 - 43).

Een algemene oplossing voor de stankbestrijding bij thermische slibverwerking is nog niet voorhanden.

Samenvattend blijkt, dat stankoverlast op zuiveringsinrichtingen slechts in een beperkt aantal gevallen optreedt en in bijna de helft van deze gevallen met succes wordt bestreden.

Bij rioolwaterzuiveringsinrichtingen met sterk aangerot afvalwater lijkt afdekken, aanbrengen van een waterslot of doseren van een oxydatiemiddel een afdoende oplossing.

Voor stankbestrijding bij indikers en thermische slibverwerking is nog geen algemene oplossing voorhanden.

Dit laatste aspect is onderwerp van een afzonderlijk STORA-onderzoek.

* Zie STORA-rapport:
"Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen"
1. Bestrijding in transportleidingen (1979)

4.1 Inleiding

De processchema's van thermische slibdroging en thermisch/oxydatieve conditionering zijn schematisch weergegeven in de figuren 1 en 2. Het processchema van thermische conditionering is - op de luchttoevoeging na - gelijk aan het in figuur 2 weergegeven schema.

Er kunnen twee oorzaken van stank zijn: proceslucht en ruimtelucht. Ruimtelucht kan vooral een probleem vormen bij vacuümontwatering van geconditioneerd slib.

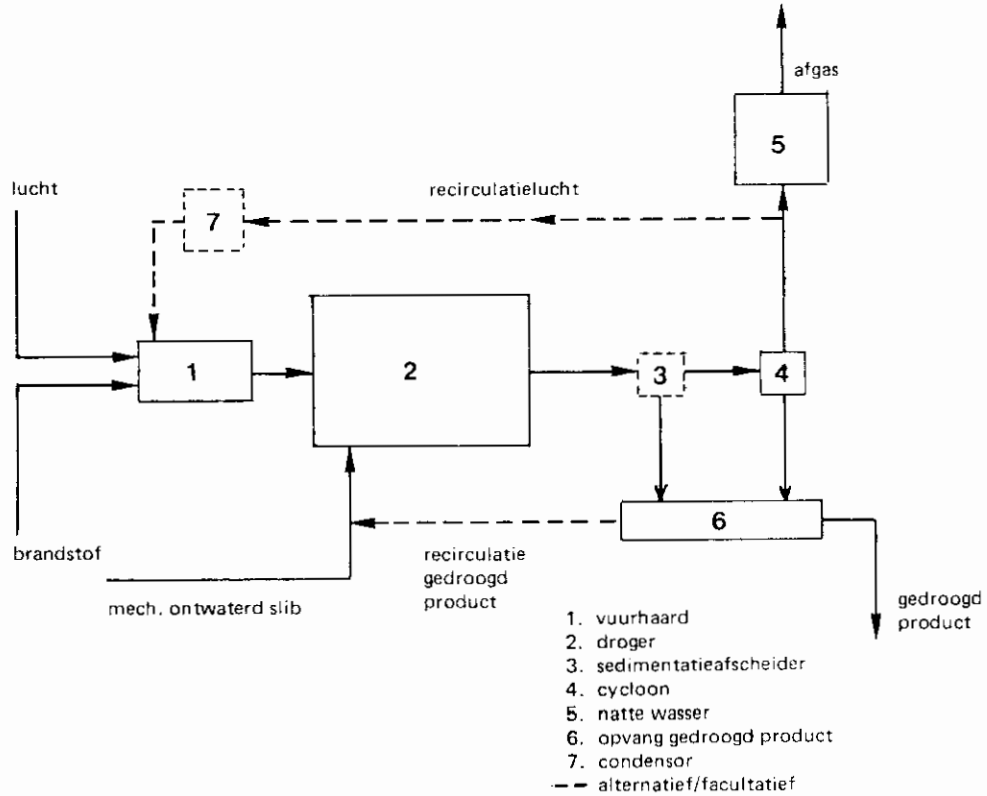


Fig. 1. Thermische slibdroging (processchema).

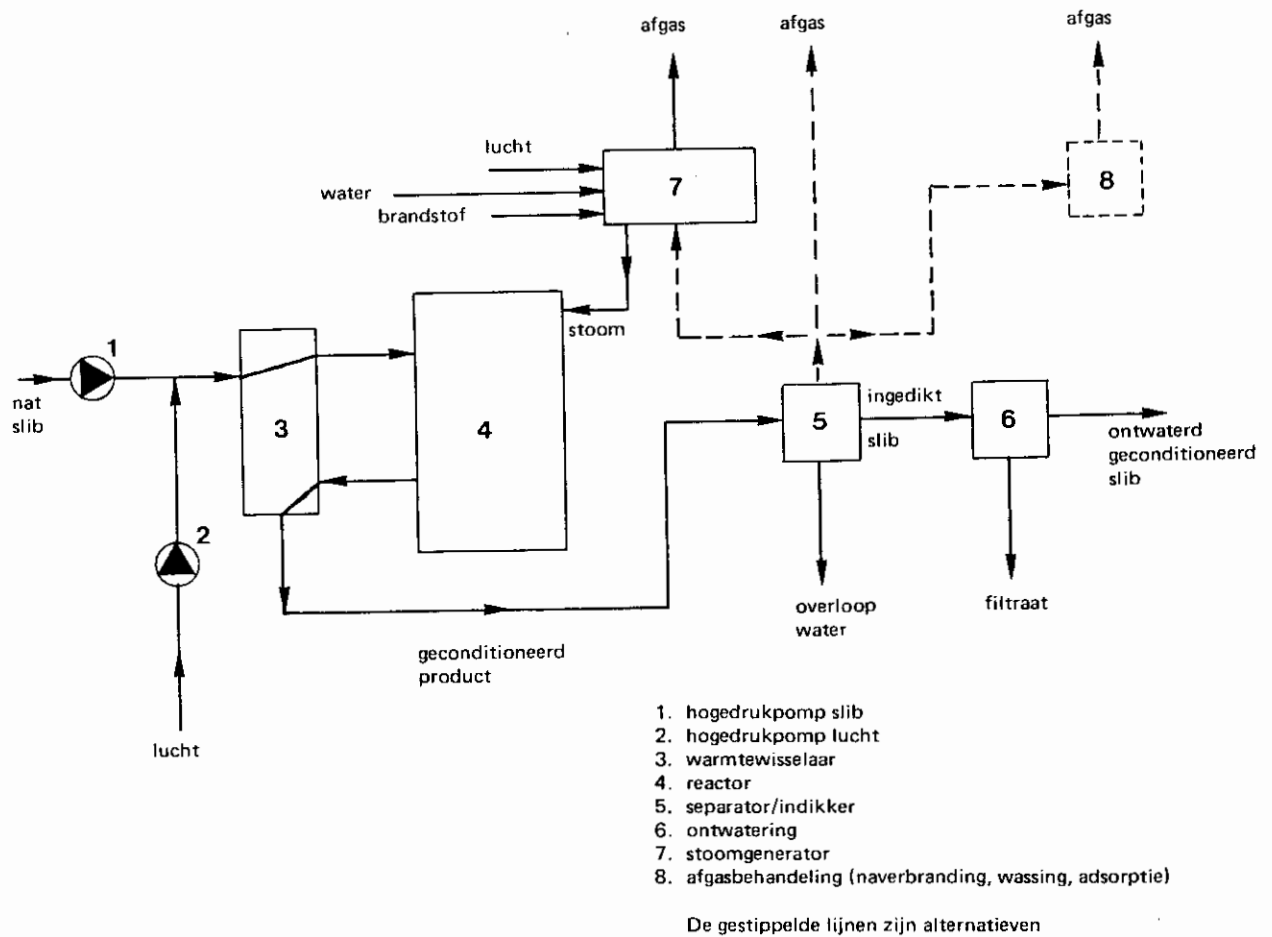


Fig. 2. Thermisch/oxydatieve slibconditionering (processchema)

4.2 Algemene beschouwing over afgasbehandeling

De methoden voor afgasbehandeling kunnen als volgt worden ingedeeld:

- naverbranding : katalytische naverbranding
thermische naverbranding;
- absorptie : chemische wassing (zuur, basisch, oxydatief)
biologische wassing;
- adsorptie : actieve kool
bodemfiltratie;
- verdunning in de atmosfeer (schoorsteen).

Bij thermische slibbehandeling kan de vuurhaard worden gebruikt om een deel van de stankstoffen te elimineren voor naverbranding van - gerecirculeerde - proceslucht.

Bij bestaande installaties zijn zulke voorzieningen vaak niet getroffen.

De redenen hiervoor kunnen zijn:

- bij het ontwerp van de installatie waren er geen milieu-eisen ten aanzien van stank;

- recirculatie van afgassen kan regeltechnische problemen opleveren en/of zeer dure voorzieningen eisen.

Bij stankproblemen op bestaande installaties zal per geval de optimale wijze van gasbehandeling uitgezocht moeten worden.

Daarbij komen in principe alle genoemde technieken in aanmerking, alleen of in combinatie met elkaar. Van belang zijn hierbij het karakter van de afgassen (debiet, concentratie van de stankstoffen, vochtigheid, temperatuur) en de norm voor stank.

Bij het ontwerpen van nieuwe installaties moet met de vuurhaard als mogelijke naverbrander rekening worden gehouden.

In hoofdstuk 6 (p. 12) wordt verder ingegaan op de verschillende stankbestrijdingssystemen en de systeemkeuze.

5 STANK VAN PRIMAIR-SLIBINDIKKERS

5.1 Inleiding

Bij het indikken van primair slib kunnen zich anaerobe rottingsprocessen afspelen. Daarbij komt stank vrij, waarvan zwavelwaterstof vaak een belangrijke component zal zijn.

Waar men moeite doet om de gevolgen van anaerobe rotting tijdens de aanvoer van het rioolwater zo veel mogelijk te beperken (bijvoorbeeld door korte aanvoerleidingen, chemicaliëndosering) moet dit, logischerwijze, zijn vervolg vinden op de zuiveringsinrichting door de verblijftijd in de indikker van onbehandeld of nog niet gestabiliseerd slib zo veel mogelijk te bekorten.

Tevens dient te worden voorkomen dat in de indikker dode hoeken ontstaan waardoor H₂S-emissie kan gaan optreden. Bij het ontwerp dient hiermee rekening te worden gehouden; bij lange aanvoerleidingen verdient een ontwerp zonder primair-slibindikking overweging.

5.2 Stankbestrijdingsmethoden bij primair-slibindikers

Stankproblemen bij primair-slibindikers kunnen worden bestreden of verminderd door:

- verdunning (door het opvoeren van het spoelwaterdebiet tot de maximale hydraulische belasting van de normale aanvoer);
- bestrijding van de stankstoffen in de vloeistoffase (door toevoeging van chemicaliën - chloorbleekloog, waterstofperoxyde, ijzer²⁺-oplossing, natronloog of kalk - of lucht);
- verkleining van het emissie-oppervlak (door afdekking met drijvend materiaal, zoals kunststof balletjes, plastic);
- afdekking en afzuiging, waarna de ventilatielucht behandeld wordt (verbranding, absorptie, adsorptie, verdunning).

Toepassing van een van de eerste drie methoden betekent dat stankemissie geheel of gedeeltelijk wordt voorkomen. In de volgende paragraaf wordt verder op deze methoden ingegaan.

5.3 Het voorkomen van stankemissie

5.3.1 *verdunning door spoelen*

Verdunnen van het slib met spoelwater heeft als belangrijkste effect dat de drijvende kracht voor overdracht van stankstoffen uit de vloeistof naar de gasfase afneemt; gesteld kan worden dat de hoeveelheid naar de luchtfase overgaande stankstoffen ongeveer recht evenredig zal dalen met de concentratie van deze stankstoffen in de waterfase (als aangenomen wordt dat de evenwichtsconcentratie in de lucht hoog is in vergelijking met de werkelijke concentratie).

De verdunning met spoelwater kan worden opgevoerd tot de maximaal toelaatbare hydraulische belasting van de indikker.

5.3.2 *Toevoeging van chemicaliën of lucht*

Wanneer verdunning niet voldoende soelaas biedt, kan het spoelwater worden belucht. Ook kunnen chemicaliën aan het slib of aan het spoelwater worden toegevoegd, als volgt:

- Beluchting van het spoelwater

Door het spoelwater te beluchten, kan de bovenste laag in de indicator aeroob worden gehouden. Daardoor wordt rotting in deze laag zoveel mogelijk bestreden, terwijl de stankstoffen, die van onderaf deze laag binnendringen, daarin geheel of gedeeltelijk worden geoxydeerd.

- Toevoegen van een oxydatiemiddel (chloorbleekloog, waterstofperoxyde)

Chloorbleekloog en waterstofperoxyde hebben een sterk oxyderende werking op een aantal stankstoffen (waaronder H_2S).

Toevoeging van een oxydatiemiddel aan het slib of het spoelwater kan het vrijkomen van stankstoffen voorkomen; een nadelige bijwerking kan zijn de vorming van chlooramines en gechloreerde koolwaterstoffen. Deze oxydatiemiddelen zijn niet bijzonder selectief, zodat het verbruik hoog is. Bij oriënterende proeven van het zuiveringschap Veluwe op de rwzi Apeldoorn is dit nadeel duidelijk naar voren gekomen.

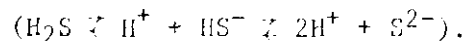
- Toevoeging van een ijzer²⁺-oplossing

Door tweewaardig ijzer toe te voegen wordt vooral H_2S gebonden tot het onoplosbare FeS ; vooral bij defosfatering met ijzer komt deze vorm van stankbestrijding in aanmerking.

- pH-correctie

Door het slib alkalisch te maken wordt vooral de overgang van H_2S naar de lucht belemmerd.

Het H_2S evenwicht verschuift bij stijgende pH naar rechts



Voor pH-correctie kunnen kalk, natronloog of chloorbleekloog worden toegepast. Voordeel van chloorbleekloog is dat het zowel pH-corrigerend als oxyderend werkt.

5.3.3 *verkleining van het emissie-oppervlak*

Overgang van een vluchtige stof uit de vloeistof naar de gasfase wordt niet alleen bepaald door de drijvende kracht ten gevolge van het verschil tussen de evenwichtsconcentratie in de gasfase en de werkelijke concentratie, maar ook door de grootte van het grensvlak: vloeistof/gas.

Door het vloeistofoppervlak van de indicator af te dekken kan het emissie-oppervlak drastisch worden verkleind. De afdekking kan te worden gemaakt met kunststofballietjes (reductie vrij oppervlak: 91% op een oppervlak van "doek". Bij toepassing van ballietjes moet de indicator voor een afschot worden voorzien.

Bij deze methode hoeft niet voor corrosieproblemen te worden gevreesd, omdat het afdekmateriaal direct aansluit op de vloeistof.

Door aangroei op de balletjes zouden deze op den duur zelf een bron van stank kunnen worden. Regelmatige schoonmaak kan daarom noodzakelijk zijn.

5.3.4 *opmerking*

Met geen van de in paragraaf 5.3 genoemde methoden bestaat, voor zover bekend, veel ervaring.

5.4 Afdekking, afzuiging en gasbehandeling

Wanneer een indikker zodanig wordt afgedekt, dat ruimte ontstaat tussen het vloeistofoppervlak en de afdekkap, dan moet de lucht uit deze ruimte worden afgezogen ter voorkoming van corrosie en explosiegevaar. De afdekking moet gedeeltelijk of geheel - en eenvoudig - demontabel zijn.

De hoeveelheid af te zuigen en te behandelen lucht wordt voornamelijk bepaald door de onderdruk, die in de overdekte ruimte wordt gehandhaafd om lek van stanklucht naar buiten te voorkomen (minimale luchtsnelheid in ventilatie-openingen).

Het zuiveringschap Veluwe heeft op de rwzi Apeldoorn reeds enige tijd ervaringen opgedaan met het afdekken van primair-slibindikers en de behandeling van de afgassen in een chemische wasser. Deze ervaringen zijn gedetailleerd vermeld in bijlage 7 (pp. 49 - 54).

In bijlage 8 (pp. 55 - 57) zijn enkele ervaringen met absorptie, adsorptie en naverbranding gegeven in de gemeenten Den Haag en Zoetermeer.

6 STANKBESTRIJDINGSSYSTEMEN

6.1 Inleiding

Bekende en beproefde stankbestrijdingstechnieken zijn:

- het actief koolfilter (adsorptie)
- chemische wassing (absorptie)
- naverbranding.

Deze drie methoden worden in paragraaf 6.2 kort besproken.

De laatste tijd komen biologische methoden, zoals het bodemfilter en de biowasser, in de belangstelling; daarop wordt in paragraaf 6.3 van dit hoofdstuk wat dieper ingegaan.

In paragraaf 6.4 komt verdunning in de atmosfeer - via een schoorsteen - ter sprake.

In de laatste paragraaf wordt de systeemkeuze besproken.

6.2 Stankbestrijding door adsorptie, absorptie of naverbranding

6.2.1 *actieve kool*

Afgaszuivering door actieve kool is een wijd verbreide luchtbehandelingstechniek.

Randvoorwaarden voor toepassing van actief-koolfiltratie zijn:

- het te behandelen gas moet een relatief lage temperatuur hebben (de adsorptie neemt af bij hogere temperatuur);
- in het filter mag zich geen condens vormen (kanaalvorming - en daarvoor een ongelijkmatige belasting van het filter - kan het gevolg zijn).

Voor het verwijderen van specifieke (groepen) componenten zijn verschillende soorten geïmpregneerde actieve kool verkrijgbaar.

Bij gebruik van niet-geïmpregneerde kool bestaat de mogelijkheid om ter plaatse de kool te regenereren middels stoom of hete lucht. De uitvoering is dan een dubbelfilter: terwijl het ene filter wordt geregenereerd, is het ander in gebruik. De gasstroom uit het filter, dat wordt geregenereerd, vereist nabehandeling bijvoorbeeld door naverbranding.

Een koolfilter wordt gedimensioneerd op stroomingparameters; het te behandelen gasdebiet is maatgevend voor de grootte van het filter en niet de concentratie van de te verwijderen componenten. De opgeslagen worden gehanteerd een laagdebiet van 25 m³/uur met een snelheid van circa 25 cm/sec.

De concentratie van de stankstoffen is beperkt voor de standtijd van het filter. Dit is de periode, waarin de gemiddelde in de opzuiverde afgassen een bepaalde drempelwaarde niet overschrijft.

De standtijd van de actieve kool is afhankelijk van de belasting van het filtermateriaal, die bij de benutte standtijd bereikt worden bereikt. De belastingsgraad is het aantal grammen "opgevangen" dat per gewichtshoeveelheid actieve kool kan worden opgeslagen.

Deze eigenschap, in combinatie met de concentratie aan adsorbeerbare stof in het te zuiveren gas, bepaalt de kosten van actief-koolfiltratie wanneer geen regeneratie plaatsvindt.

Het zuiveringsrendement van een actief-koolfilter met goede adsorptieve eigenschappen voor het te zuiveren gas ligt in de orde van 99%.

6.2.2 *chemische wassing*

Wanneer een gas oplost in een vloeistof spreekt men van absorptie. Bij gaswassing wordt een groot vloeistof/gas grensvlak gecreëerd, waarbij het de bedoeling is dat de uit de gasstroom te verwijderen componenten zoveel mogelijk in de vloeistof worden opgenomen.

Gaswassers bestaan in vele uitvoeringsvormen: er kan in mee- of tegenstroom worden gewerkt, met of zonder vulmateriaal, met verschillende soorten vulmateriaal, één- of meertraps.

Zure (HCl, H₂SO₄), alkalische (NaOH, Ca(OH)₂) en oxyderende (NaOCl, O₃, H₂O₂, ClO₂) wasvloeistoffen - of een combinatie daarvan - worden veel toegepast.

Het ontwerp van een absorptiekolom, dus de keuze van hoogte, diameter en de grootte van en de verhouding tussen gas- en vloeistofdebiet, is afhankelijk van de overdrachtsnelheid van het te absorberen gas naar de vloeistoffase. Deze hangt op haar beurt af van de aard van het betreffende gas, van het absorbens, van temperatuur en druk, van de snelheid van een eventuele reactie in de vloeistoffase en van de aard van het pakkingmateriaal.

Het zuiveringsrendement van een gaswasser is over het algemeen niet hoger dan 80 à 90%.

6.2.3 *naverbranding*

Naverbranding is katalytisch of thermisch.

Bij katalytische naverbranding wordt het te zuiveren gas ongeveer 1 seconde in aanwezigheid van een katalysator op circa 400 à 500°C gebracht.

Bij thermische naverbranding is de verbrandingstemperatuur 700 à 800°C bij een zelfde verblijftijd.

De werking is niet gericht op één component maar algemeen; het zuiveringsrendement bedraagt 99-100%.

In de gemeente Den Haag is ervaring opgedaan met naverbranding (bijlage 8, pp. 55 - 57).

Een nadeel van de katalytische verbranding kan de - mogelijke - korte gebruiksduur van de katalysator zijn.

Bij hoge debieten wordt warmtewisseling van het afgas met de aangevoerde lucht voordelig.

6.2.4 *kosten*

Voor een kostenvergelijking van de verschillende stankbestrijdingstechnieken moeten de kosten worden uitgedrukt per verwijderde geureenheid*. Gebruikelijk is echter te spreken over kosten per 1000 m³ behandelde lucht.

*zie 2.2., p. 2 en 3.

Bij het bepalen van de kosten van een stanktrijngysteem kan niet
duidelijk onderscheid worden gemaakt in:

- vaste kosten;
- variabele kosten (energie, onderhoud, transport);
- jaarlijkse kosten (som van vaste + variabele kosten).

De variabele kosten zijn bij de hier besproken technieken voor het al-
gemeen aanzienlijk hoger dan de vaste kosten.

De variabele kosten van naverbranding zijn alleen afhankelijk van het
debiet van het stankvrij te maken gas, dus onafhankelijk van de geur-
concentratie; de hele gasstroom moet op een bepaalde temperatuur wor-
den gebracht.

Alleen wanneer het gas zelf een substantiële calorische bijdrage kan
leveren aan het verbrandingsproces, zal het energieverbruik dalen;
deze situatie doet zich echter niet voor bij de afgassen, waar het hier
om gaat.

In Den Haag is een katalytische naverbrander geïnstalleerd met een ca-
paciteit van 350 m³/h. De jaarlijkse kosten bedragen circa f 3,-- per
1000 m³ lucht.

De variabele kosten per verwijderde geureenheid van een chemische was-
ser zullen dalen bij toenemende geurconcentratie (vanwege de grotere
drijvende kracht voor opname in de vloeistoffase), echter minder ge-
prononceerd dan bij naverbranding, waar ze onafhankelijk zijn van de
geurconcentratie. De jaarlijkse kosten bij chemische wassing bedragen
doorgaans enkele guldens per 1000 m³ lucht.

Een koolfilter kan nog stankstoffen adsorberen bij zeer geringe con-
centratie in de gasfase.

Van de jaarlijkse kosten van actief-koolsinstallaties zijn te weinig
representatieve gegevens voorhanden.

De vaste kosten worden bepaald door de investeringskosten van het fil-
ter. Voor de rwzi Beverwijk is in 1976 een koolfilter gedimensioneerd
voor 3600 m³ lucht/h. De investeringskosten bedragen circa f 80.000,--.

Op een gemaal in Zoetermeer is in 1975 een koolfilter geïnstalleerd
voor 2500 m³ lucht/h. De investeringskosten bedroegen circa f 12.000,--
voor een, kwalitatief minder goed, filterhuis dan in Beverwijk. De va-
riabele kosten (f 3,00) + f 4,00/h. worden voornamelijk bepaald
door de standtijd van de kool.

Op grond van deze gegevens, en de bekende standtijden van de kool,
kan een voorlopige schatting worden gemaakt van de jaarlijkse kosten
van een koolfilter voor de afvoer van stankstoffen uit de afvalwater-
zuivering.

De kosten zijn:

Investering:

Operatie:

Totaal:

per m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

per 1000 m³ lucht:

Bij hoge debieten en hoge concentraties kan men bijvoorbeeld denken aan een combinatie van een dubbel actief-koolfilter met beurtelings regeneratie van de filters met hete lucht en verbranding van het regeneratiegas.

De systeemkeuze hangt af van de concrete situatie, waarbij het gewenste zuiveringsrendement en de karakteristieken van het aangeboden gas belangrijk zijn.

6.3 Stankbestrijding met micro-organismen (biowasser, compostfilter)

6.3.1 *inleiding*

Bij stankbestrijding met micro-organismen vormen de te verwijderen componenten de voedselbron voor een biomassa, waarmee de gasstroom in intensief contact wordt gebracht (actief-slib bij de biowasser en compost bij het compostfilter).

Het principe lijkt op biologische afvalwaterzuivering, waarbij de verontreiniging - dan opgelost in water - het voedsel vormt voor micro-organismen.

De randvoorwaarden zijn vergelijkbaar met die voor het goed functioneren van de biologische afvalwaterzuivering; zeer hoge en zeer lage belastingen moeten worden vermeden en de stankstoffen moeten goed afbreekbaar zijn. Een groot biomassa/lucht contactoppervlak is vereist, waarbij het, behalve om de overdracht van zuurstof, vooral ook om de overdracht van stankcomponenten gaat.

In paragraaf 6.3.2 en 6.3.3 wordt een globaal overzicht gegeven van de dimensioneringsgrondslagen, de resultaten en kosten van een biowasser en het compostfilter.

6.3.2 *biowasser*

In figuur 3 is het principe van de biowasser schematisch weergegeven.

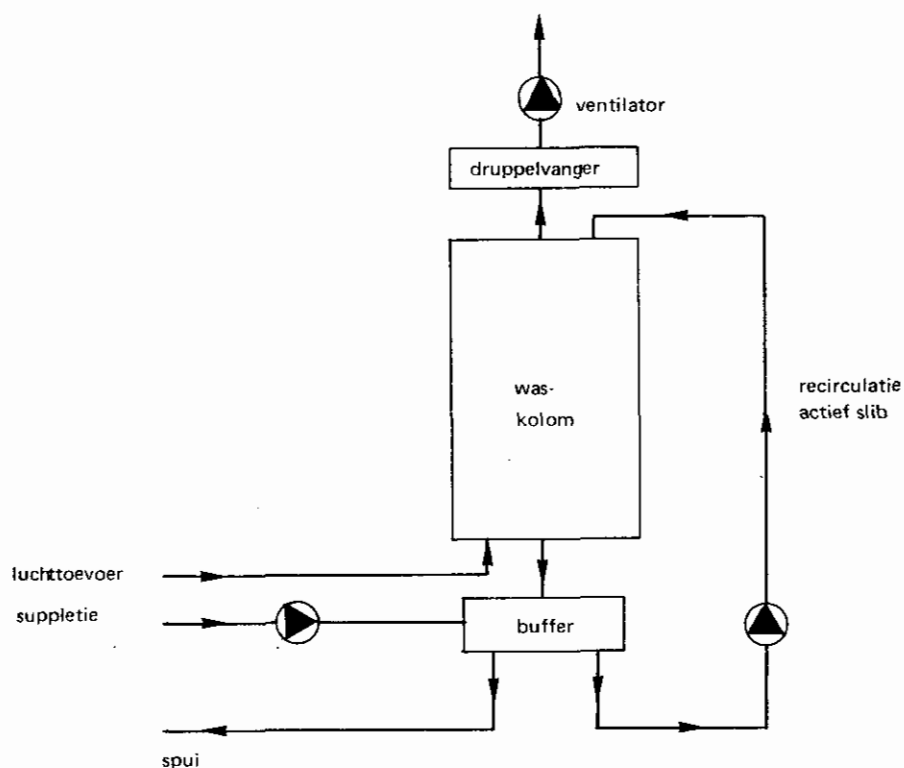


Fig. 3. Biowasser (principe)

Over biowassers, die worden toegepast bij veestallen, zijn de volgende gegevens beschikbaar:

- superficiële luchtsnelheid*: in de literatuur^{3,4,5,9,20} worden waarden van 1,5 tot 2,5 m/s gevonden;
- luchtverblijftijd (en dus laaghoogte van het vulmateriaal): de literatuur geeft op dat deze minimaal 1 seconde moet bedragen;
- spoelbelasting (recirculatie-debiet): gevonden waarden in de literatuur^{3,4,5,9,20} 6 tot 15 m³/m²/uur;
- vulmateriaal: in biowassers is geëxperimenteerd met rashigringen, tellerettes, honingraatsysteem, cloisonyle PVC-buizen en Wavindrainneerbuizen^{5,9,20};
- suppletie: literatuurwaarden 2,5 à 3 l per 1000 m³ lucht, bij suppletie met leidingwater.

Op de rwzi Tilburg-Noord is geëxperimenteerd met actief slib uit één van de aeratiebassins als wasvloeistof.

De behandelde lucht was afkomstig van de trommelfilters van slib, dat geconditioneerd was volgens het zogenaamde Porteous-procédé. De spoelbelasting (met actief slib) was circa 18 m³/m²/uur, terwijl de verblijftijd van de stanklucht in de wasser ongeveer 2,5 seconde bedroeg. Het vulmateriaal bestond uit Pallringen. De werking van de wasser onder deze condities was bevredigend (zie ook bijlage 5, pp. 42 - 43).

De temperatuur van zowel de wasvloeistof als van de te reinigen af-gassen zijn medebepalend voor de goede werking van de biowasser. Temperaturen hoger dan 35°C moeten worden vermeden.

Bij de keuze van het vulmateriaal is het van belang, behalve aan de prijs, aandacht te schenken aan het specifieke oppervlak, aan het gewicht, aan de mechanische sterkte en aan het verstoppingsgevaar.

Het drukverlies over de waskolom bedraagt over het algemeen enkele mm waterkolom per meter laaghoogte; dit is uiteraard afhankelijk van het vulmateriaal en de spoelbelasting.

Tot nu toe zijn slechts rendementen bekend van biowassers uit de bio-industrie. Gemeten zijn daarbij onder andere vetzuren^{5,9}, ammoniak⁵, fenol⁹, paracresol⁹ en hydrazine^{4,5,9,20}. Voorts zijn in een aantal gevallen sensorische metingen verricht^{10,20}.

Het rendement ligt in het algemeen tussen 50 en 90%, dus in dezelfde orde als bij chemische wassers.

Op een rioolwaterzuiveringsinrichting zou het biologische deel (oxydatiebed, beluchtingstank) als biowasser kunnen fungeren.

In plaats van gebruik te maken van de natuurlijke trek zou het oxydatiebed geforceerd met stanklucht geventileerd kunnen worden (deze methode wordt onder andere toegepast bij de afvalwaterzuiveringsinstallatie van de fabrieken van Hoffman-Laroche in Zwitserland).

Bij een systeem met bellenbeluchting zou de benodigde lucht (deels) uit de te behandelen stanklucht kunnen bestaan.

Het verdient aanbeveling met beide methoden experimenten uit te voeren, omdat er nog weinig of geen ervaring bestaat met deze in principe eenvoudige oplossing.

* $\frac{\text{luchtdebiet}}{\text{oppervlakte}}$

Op bestaande inrichtingen zijn deze experimenten wellicht moeilijk uitvoerbaar; bij nieuwbouw zou daarmee rekening kunnen worden gehouden.

6.3.3 *compostfilter*

In figuur 4 is van het compostfilter een schematische doorsnede gegeven.

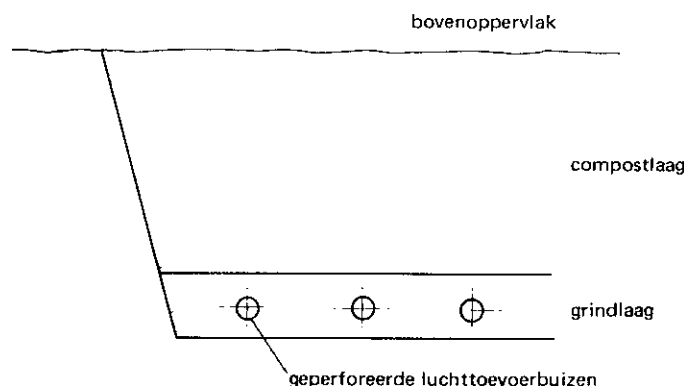


Fig. 4. Compostfilter (doorsnede)

De stanklucht wordt door een compostlaag geleid, waarbij de stankcomponenten worden opgenomen door de micro-organismen.

De doorgeleide lucht moet voldoende zuurstof bevatten en de compost mag niet te droog noch te vochtig zijn (20-30% water⁷).

Het is essentieel dat de aangevoerde lucht gelijkmatig over het filteroppervlak wordt verdeeld; daarvoor dient de aanwezigheid van een grindlaag, waardoor het gas verspreid wordt. De laaghoogte van de compost dient overal gelijk te zijn. Dit ter voorkoming van kortsluitstromen daar, waar de geringste weerstand optreedt. De laaghoogte wordt meestal in de orde van 1 m gekozen.

Voor een gelijkmatige belasting van de compost is tevens van belang dat de korrelgrootte een niet te grote spreiding vertoont en dat de compost niet al te fijn is.

De parameter, die het benodigde oppervlak van een bodemfilter bepaalt, is de gekozen oppervlaktebelasting: het gasdebiet, waarmee elke m² van het bodemfilter belast kan worden. Gegeven een zekere filterhoogte en porievolume wordt door deze parameter tevens de gasverblijftijd bepaald. De keuze voor een bepaalde oppervlaktebelasting hangt af van de concentratie en de aard van de verontreinigingen en het rendement dat moet worden bereikt. In de literatuur vindt men zeer uiteenlopende waarden variërend van 1 m³/m²/uur voor de behandeling van proceslucht van thermische slibstabilisatie tot enkele tientallen m³/m²/uur voor ruimtelucht uit gemalen en slibbehandelingsgebouwen.

De corresponderende gasverblijftijd varieert dan van enkele tientallen seconden tot enkele minuten. Ook de filterweerstand varieert dienovereenkomstig en beweegt zich van enige mm waterkolom tot een honderdtal mm waterkolom.

Van belang is de temperatuur van het te zuiveren gas. Deze bepaalt de temperatuur van het bodemfilter en dus ook de mate van biologische activiteit in het filter. Evenals bij de biowasser zal de optimale temperatuur worden bepaald door een juist evenwicht tussen de adsorp-

tiesnelheid, die daalt naarmate de temperatuur hoger wordt, en de biologische activiteit, die binnen bepaalde grenzen stijgt bij toenemende temperatuur.

Grote en snelle temperatuurschommelingen moeten worden voorkomen.

Het optimale vochtgehalte in het filter ligt in de orde van 20 à 30%⁷. Te hoge vochtigheid veroorzaakt anaerobiose en verhoogt de filterweerstand, een te laag vochtgehalte is fnuikend voor de biologische activiteit in het filter.

Een bepaald vochtgehalte is vooral ook noodzakelijk voor een optimale regeneratie van de micro-organismen. Afbraakprodukten lossen namelijk deels op in het aanwezige water en kunnen zo worden afgevoerd. Voor een ander deel worden ze verademd als gas (CO₂, SO₂, N₂, etc.), dat met de afgassen wordt meegevoerd.

Bij te lage relatieve vochtigheid van de aangevoerde lucht zal het vocht in het compostfilter aangevuld moeten worden door een beregeninstallatie. Bij een te grote opeenhoping van afbraakprodukten in het compostfilter (zouten, pH-daling), kunnen deze continu of periodiek met het bevoeiingswater (eventueel regen!) worden uitgespoeld. Aan dit bevoeiingswater kan kunstmest ten behoeve van de micro-organismen worden toegevoegd of andere chemicaliën (zoals natronloog om de pH van de bodem weer op te voeren; dit kan ook gebeuren door toevoeging van kalk aan de compost). Voor handhaving van een optimaal vochtgehalte zal het vaak aan te bevelen zijn een drainagesysteem voor de afvoer van overtollig water onder het compostfilter aan te leggen.

De compostlaag zal inslinken door de afbraak van het erin aanwezige organisch materiaal. Op de zuiveringsinrichting van de stad Nürnberg (W-Duitsland) - waar compostfilters met succes gebruikt worden voor de behandeling van proces- en ruimtelucht uit de thermische slibontwatering en van lucht afgezogen boven primair slibindickers - was dat circa 10% per jaar⁶; in Nürnberg wordt dan ook elke 2 à 3 jaar verse compost bijgevuld.

Bij een juiste bedrijfsvoering ligt het rendement van een compostfilter in de orde van 95 à 100%. Onder een juiste bedrijfsvoering moeten vooral constante procescondities (temperatuur, vochtigheid, belasting, samenstelling aangevoerd gas) worden verstaan. Onder zulke omstandigheden kan een compostfilter de vergelijking met elk ander gaszuiveringsstelsel doorstaan⁶.

6.3.4 *kosten*

Evenals bij chemische wassing, koolfiltratie en naverbranding geldt ook voor compostfiltratie en biowassing dat voor een objectieve vergelijking de kosten per verwijderde geureenheid zouden dienen te worden gehanteerd.

De in de literatuur vermelde jaarlijkse kosten voor biowassers op vee-stallen liggen in de orde van f 0,05 tot f 0,10 per 1000 m³ lucht (exclusief toezicht). Deze kosten zijn uitzonderlijk laag in vergelijking met de kosten voor chemische wassing (f 2 tot f 4 per 1000 m³ lucht). Het verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door de chemicaliënkosten. Deze bedragen dienen als richtwaarde te worden gebruikt.

Over de jaarlijkse kosten van bodemfiltratie is nog weinig bekend; ze worden vooral bepaald door de vaste kosten (grondoppervlak) en de energiekosten (filterweerstand tot een honderdtal mm waterkolom per meter compost).

6.4 Stankbestrijding door atmosferische verdunning

6.4.1 *inleiding*

Het verspreiden van stankcomponenten in de atmosfeer kan acceptabel zijn, wanneer de concentratie op leefniveau zo laag blijft dat er geen schade voor de gezondheid of hinder optreedt.

Vragen in dit verband zijn:

- welke geurconcentratie kan op leefniveau worden verwacht, wanneer een geurmengsel op een bepaalde hoogte de lucht wordt ingeblazen?
- hoe hoog moet de schoorsteen zijn, opdat bepaalde geurnormen niet worden overschreden en welke kosten brengt dit met zich mee?

6.4.2 *verspreidingsmodel*

De verspreiding van gassen in de atmosfeer vanuit een continue bron kan worden beschreven met het Gaussisch pluimmodel. In zijn algemene vorm luidt de formule voor een puntbron¹⁵:

$$C(x,y,z;H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp \frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \cdot \left\{ \exp \frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2} + \exp \frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right\} \quad (1)$$

waarin:

$C(x,y,z;H)$ = de gemiddelde concentratie in kg/m^3 (of g.e./m^3) in het punt (x,y,z) t.g.v. de emissie Q (in kg/s of g.e./s) uit een puntbron op hoogte H ;

x = de afstand in m langs de x -as in de richting van de gemiddelde wind;

y = de afstand in m langs de y -as loodrecht op de gemiddelde windrichting;

z = de afstand in m boven het grondoppervlak;

u = de over een zeker tijdsinterval gemiddelde windsnelheid in m/s ;

σ_y = de standaardafwijking in meters van de gemiddelde concentratieverdeling loodrecht op de pluimas in horizontale richting;

σ_z = de standaardafwijking in meters van de gemiddelde concentratieverdeling loodrecht op de pluimas in verticale richting;

C, u, σ_y, σ_z = hebben betrekking op dezelfde middelingsperiode.

Naast de aanname van de homogene en stationaire turbulentie zijn bij de afleiding van de formule nog de volgende veronderstellingen gemaakt:

- a. De pluim wordt volledig door de grond gereflecteerd (er is dus geen absorptie van verontreiniging aan het aardoppervlak). In principe is het mogelijk met afwijkingen van deze randvoorwaarde rekening te houden;
- b. De verontreiniging is een gas of bevat deeltjes die zo klein zijn dat ze niet door de zwaartekracht uitzakken. De concentratie van de verontreiniging die uit een bron komt is zo laag, dat de fysische eigenschappen van de emissie zijn te benaderen door hiervoor die van de omgevingslucht te gebruiken.

- c. Aan de pluim wordt geen verontreiniging toegevoegd door chemische reacties en er verdwijnt geen verontreiniging uit de pluim door fysische of chemische processen (met andere woorden: er is voldaan aan de continuïteitswet voor de betrokken component);
- d. De gemiddelde windsnelheid u is representatief voor de hele laag waarin de diffusie plaatsvindt. Verder is de windrichting op alle niveaus gelijk: er is geen "windschering".

Voor het bepalen van de maximale concentratie onder de as van de pluim op grondniveau* ($y=0$ en $z=0$) is de formule te vereenvoudigen tot:

$$C(x,0,0;H^{**}) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \frac{-H^2}{2\sigma_z^2} \quad (2)$$

Het model gaat niet op als de windsnelheid tot nul nadert. De berekende concentratie wordt dan oneindig hoog. Het model wordt nog toegepast voor windsnelheden vanaf 0,5 m/s. Windstilte ($u < 0,5$ m/s) of variabele wind treedt in Nederland ongeveer 10% van de tijd op, van is het model dus niet geldig.

De dispersiecoëfficiënten σ_y en σ_z zijn een functie van de toestand van de atmosfeer, de hoogte boven het aardoppervlak, de ruwheid van het aardoppervlak, de afstand tot de bron en van de meetpunt, waarover de concentratie wordt gemiddeld.

Waarden voor 10 minuten-gemiddelden van σ_y en σ_z , ontleend aan de literatuur^{12,13} zijn gegeven in onderstaande tabel.

stabiliteitsklasse	A				F			
	100	200	300	1000	100	200	300	1000
afstand tot de bron (m)	100	200	300	1000	100	200	300	1000
σ_y (m)	30	50	100	200	4	8	20	35
σ_z (m)	15	30	100	500	2	4	8	15

Tabel 1. Globale waarden voor 10 minuten-gemiddelden van σ_y en σ_z als functie van stabiliteitsklasse en afstand tot de bron.

De invloed van de hoogte boven- en de ruwheid van het aardoppervlak komt in tabel 1 niet tot uiting.

* Wanneer woongebouwen in de directe omgeving staan, kunnen de concentraties op hoger niveau (leefniveau) ook relevant zijn.

** H = de effectieve hoogte van de uitworp; bij de werkelijke schoorsteenhoogte h moet de (eventuele) stijging van de pluim worden opgeteld.

De stabiliteit van de atmosfeer geeft de mate van verticale beweging van luchtmassa's in de atmosfeer aan. Dit hangt nauw samen met de temperatuursopbouw van de atmosfeer.

De stabiliteit wordt ingedeeld in zes klassen (A t/m F).

Bij klasse A (zeer onstabiel) is de verticale uitwisseling sterk, bij klasse F (zeer stabiel) is deze gering.

Een temperatuurinversie boven de bron kan de concentratie op grondniveau verhogen. Bij zo'n inversie neemt de temperatuur over een bepaald traject toe (in plaats van af) met de hoogte.

Een dergelijke situatie betekent een barrière voor de verspreiding: de uitgeworpen gassen blijven onder de inversielaag.

De pluimstijging wordt vooral bepaald door de warmte-emissie van de bron; hete gassen stijgen meer dan koude.

Wanneer de temperatuur van het uitgeworpen gas gelijk is aan de omgevingstemperatuur kan $H = h$ worden gesteld.

Voor de pluimstijging wordt vaak de formule van Briggs gebruikt (Δh in m)

$$\Delta h = 109 \frac{Q_H^{3/4}}{u} \quad \text{als } Q_H < 6 \text{ MW}$$

$$\Delta h = 143 \frac{Q_H^{3/5}}{u} \quad \text{als } Q_H > 6 \text{ MW}$$

met een bovengrens van $\Delta h = 115 \left(\frac{Q_H}{u}\right)^{1/3}$

In deze formule s betekent:

u : De windsnelheid ter hoogte van de schoorsteentop (m/s).

Q_H : De warmte-emissie in MW (= debiet x soortelijke dichtheid x $(T-15)$ x soortelijke warmte; T = de temperatuur van het uitgeworpen gas; wanneer soortelijke dichtheid en soortelijke warmte gelijk aan die van lucht worden gesteld, wordt $Q_H = 0,36 \times 10^{-6}$ x debiet (m^3 /uur) x $(T-15)$).

Het gaussisch pluimmodel gaat uit van een puntbron, dus van een oneindig hoge concentratie bij de bron. Dat betekent:

- het model gaat pas op vanaf een afstand tot de bron, waar de berekende concentratie zeer klein is ten opzichte van de concentratie bij de bron;
- afgezien van een eventuele pluimstijging zijn de berekende concentraties onafhankelijk van het volumedebiet, waarin de verontreiniging zich bevindt. Een extra verdunning bij de bron (door bijmengen van schone lucht) heeft dus geen invloed op de waarde van Q in de formules (1) en (2) en dus ook niet op de daarmee berekende concentraties. In feite zal deze aanname pas opgaan vanaf een afstand tot de bron, waarop de verdunning tengevolge van de verspreiding zeer groot is ten opzichte van een eventuele voorverdunning.

In figuur 5 zijn de gemiddelde concentraties op grondniveau als functie van de afstand tot de bron berekend voor de stabiliteitsklassen A en F. De berekening is gebaseerd op de volgende gegevens: $\sigma = 0,2$ m, $Q = 1000$ g/s, $u = 2$ m/s, $H = 100$ m, $z = 10$ m, $z_0 = 0,2$ m, $Q = 1000$ g/s, $u = 2$ m/s, $H = 100$ m, $z = 10$ m, $z_0 = 0,2$ m. Gebanteerde uitgangspunten (tabel 1, pp. 10) voor de waarden van σ en z_0 . H = verkleinde schoorsteenhoogte, H_0 = werkelijke schoorsteenhoogte ($H_0 = 100$ m).

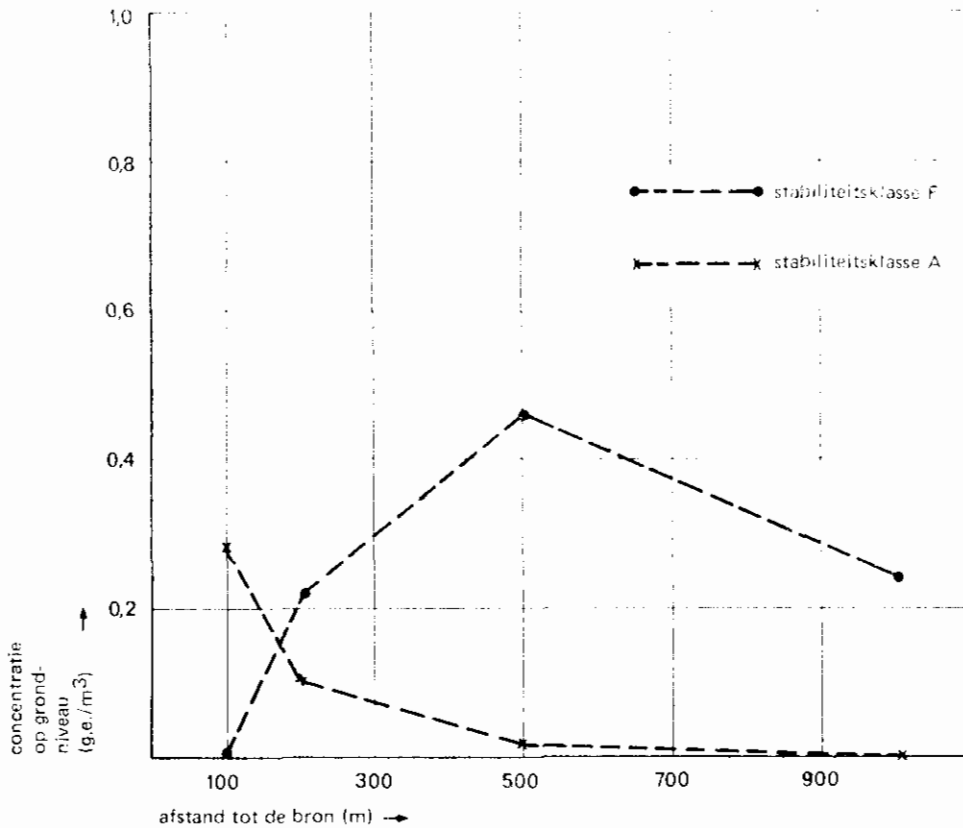


Fig. 5. De concentratie op grondniveau als functie van de afstand tot de bron.

6.4.3 lange-termijngemiddelde

De formules (1) en (2) kunnen worden gebruikt bij de berekening van de verspreiding bij een bepaalde meteorologische situatie.

Voor de berekening van een gemiddelde over langere termijn zijn deze formules niet voldoende; dan moet rekening worden gehouden met de frequentieverdeling van windrichting, windsnelheid, stabiliteitsklasse en menghoogte (= de hoogte van het grondoppervlak tot een eventueel aanwezige inversie).

De berekening van lange-termijngemiddelde concentratie is voor Nederland gestandaardiseerd in het zogenaamde lange-termijnmodel¹⁵.

Zoals reeds gesteld in de vorige paragraaf is het gebruikte model geldig voor ongeveer 90% van de tijd. Voor die periode is het mogelijk om, met behulp van de gegevens die ook voor het lange termijnmodel worden gebruikt, te berekenen waar en hoeveel maal per jaar een bepaalde concentratie theoretisch wordt overschreden.

Op een dergelijke berekening kan de schoorsteenhoogte worden gebaseerd.

In de volgende paragraaf worden voor een zeer ongunstige meteorologische situatie maximale concentraties berekend. Tevens wordt ingegaan op de lozingshoogte die onder die omstandigheden noodzakelijk zou zijn om onder een bepaalde normconcentratie te blijven.

6.4.4 maximale concentraties en schoorsteenhoogteberekening

Een zeer ongunstige situatie is een inversie ter hoogte van de bron. Men moet dan in het model het bovenste deel van de pluim als het ware omgeklapt zien, zie figuur 6.

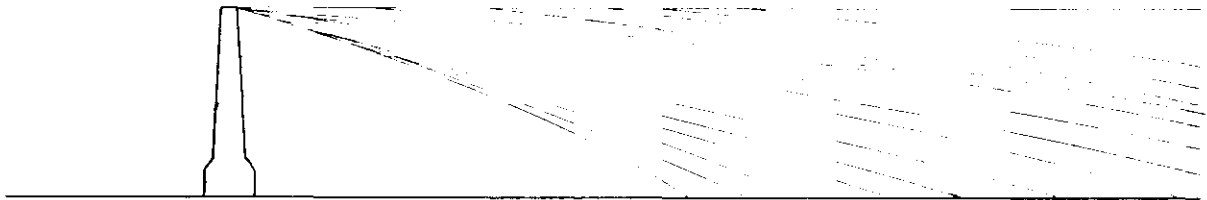


Fig. 6. Inversie net boven de schoorsteen

Formule (2) voor de concentratie op grondniveau onder de as van de pluim wijzigt zich dan in:

$$C(x,0,0;h) = \frac{2Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \frac{-h^2}{2\sigma_z^2} \quad (3)$$

Wanneer we alleen geïnteresseerd zijn in de maximale concentratie op grondniveau en we nemen aan dat de verhouding σ_y/σ_z constant is (blijkens tabel 1 gaat dat ongeveer op tot enkele honderden meters van de bron; σ_y/σ_z is dan ongeveer 2), dan kan de maximaal optredende concentratie worden gevonden door C naar σ_z te differentiëren en

$$\frac{\partial C}{\partial \sigma_z} = 0 \text{ te stellen.}$$

σ_z is dan $\frac{1}{2} h/\sqrt{2}$.

Wanneer nu $u = 0,5$ m/s dan is de maximale concentratie:

$$C_{\max}(x,0,0;h) = \frac{4Q}{\pi e h^2} \approx 0,5 \frac{Q}{h^2} \quad (4)$$

Formule (4) geeft een extreem ongunstige modelsituatie weer, die slechts incidenteel zal optreden.

In tabel 2 staan voor enkele waarden van Q en h de maximaal optredende concentraties. In de berekening is aangenomen dat het maximale overloopte op minder dan ongeveer 10 m van de bron is.

bronsterkte (g.e./uur)	maximale concentratie bij verschillende schoorsteenhoogtes (g/m ³)		
	h = 10 m	h = 25 m	h = 50 m
10 ⁵	0,11	0,018	0,0044
10 ⁶	1,1	0,18	0,044
10 ⁷	11	1,8	0,44
10 ⁸	110	18	4,4

Tabel 2. Maximaal optredende concentraties (10 minuten-gemiddelden) als functie van bronsterkte en schoorsteenhoogte

(formule: $C = 0,5 Q \cdot h^{-2}$)

Wanneer we als norm invoeren: $C_{\max} = 1 \text{ g.e./m}^3$, dan kan formule (4) getransformeerd worden in $h = \sqrt{0,5 Q}$.

Tabel 3 geeft voor enkele bronsterkten het resultaat.

bronsterkte (g.e./uur)	schoorsteenhoogte (m)
10 ⁵	4
10 ⁶	12
10 ⁷	37
10 ⁸	117

Tabel 3. Schoorsteenhoogte als functie van de bronsterkte

(norm: $C_{\max} = 1 \text{ g.e./m}^3$; formule: $h = \sqrt{0,5 Q}$)

Het moet worden benadrukt dat bovenstaande formule voor de schoorsteenberekening een uitzonderlijke meteorologische situatie tot uitgangspunt heeft.

Wanneer de schoorsteen tussen of nabij gebouwen staat kan de pluim door ongunstige luchtwervelingen direct naar grondniveau worden gevoerd en daar tamelijk onverdund aankomen. In verband hiermee wordt vaak als veilige norm gehanteerd dat de hoogte van de schoorsteen minstens 2,5 maal de hoogte van het (de) naastliggende gebouw(en) moet bedragen.

6.4.5 schoorsteenkosten

De kosten van een schoorsteen zijn - behalve van de diameter en de hoogte - afhankelijk van:

- het materiaal waarvan de schoorsteen is gemaakt (kunststof, staal, beton);
- de fundering;
- het al of niet nodig zijn van vertuiling;
- bekleding en isolatie.

Deze variabelen zijn afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden (aard van het te zuiveren gas, samenstelling van de bodem, beschikbare ruimte).

In orde van grootte moet worden gedacht aan een investering van f 10.000 voor een stalen schoorsteen met een hoogte van 10 m en een diameter van 0,2 m (geschikt voor gasdebieten tot circa 10.000 m³/uur) en van f 200.000 voor een stalen schoorsteen met een hoogte van 50 m en een diameter van circa 2 m (geschikt voor gasdebieten van ongeveer 100.000 m³/uur).

Bij een annuïteit van 10% (rente 9%, afschrijvingstermijn 30 jaar) komt dit neer op vaste lasten in de orde van grootte van hoogstens enige centen per 1000 m³ gas.

6.5 Systeemkeuze

Bij het zoeken naar een optimale oplossing voor een stankprobleem op een rioolwaterzuiveringsinrichting is de belangrijkste vraag vaak niet welk systeem het beste werkt (meestal zijn verscheidene oplossingen technisch mogelijk), maar welk systeem de laagste kosten met zich meebrengt en geen andere (bijvoorbeeld esthetische) bezwaren heeft.

In tabel 4 zijn de verschillende keuzemogelijkheden bij de bestrijding van stankoverlast gerangschikt.

1e trap	2e trap	3e trap
- lozen	-	-
- schoorsteen	lozen	-
- chemische wassing	lozen schoorsteen actief kool compost filter	- lozen lozen lozen
- biologische wassing	lozen schoorsteen actief kool compostfilter	- lozen lozen lozen
- actief-koolfilter	lozen verbranding	- lozen
- compostfilter	lozen	-
- naverbranding	lozen	-

Tabel 4. Mogelijke maatregelen tegen stankoverlast.

Daarnaast bestaan er voor het voorkomen van stankemissie bij primair-slibindikers nog enkele specifieke mogelijkheden, zoals verdunnen, toevoegen van chemicaliën of verkleining van het emissie-oppervlak.

Met geen van de in dit hoofdstuk genoemde methoden of combinatie van methoden bestaat voor de hier ter sprake zijnde afgassen een brede ervaring, met de biologische methoden zelfs vrijwel geen. De ervaring, die bestaat, is nauwelijks getalsmatig vastgelegd.

Het is wel mogelijk in grote lijnen aan te geven met welk systeem een bepaald effect kan worden bereikt.

Een optimale keuze op basis van rendement en kosten is met de huidige kennis niet goed mogelijk.

In hoofdstuk 8 (p. 28) is daarom het onderzoek - en de prioriteit ervan - aangegeven dat nog vereist is om wel een goede keuze te kunnen maken.

Het kan zijn, dat de stankbestrijding zó duur is, dat de gedachten uitgaan naar een alternatief zonder stankproblemen. Met het oog hierop wordt in hoofdstuk 7 kort ingegaan op alternatieven voor thermische slibbehandeling, die geen stankproblemen met zich meebrengen.

ALTERNATIEVEN VOOR THERMISCHE SLIBBEHANDELING

Vooropgesteld moet worden, dat deze alternatieve behandelingsmethoden een vergelijkbaar eindresultaat moeten leveren als de methoden die in paragraaf 4.1 (pp. 6 - 7) zijn behandeld.

Dat wil zeggen, dat het eindproduct een hoog drogestofgehalte moet hebben (d.s. > 40%).

Methoden die een dergelijk eindproduct opleveren zijn de bioreactor* en verbranding*.

Wat betreft het eerste systeem, dat in Nederland nog niet wordt toegepast, bestaat onzekerheid ten aanzien van stankontwikkeling.

Verbranden van slib levert geen stankontwikkeling als de verbrandings-temperatuur hoog genoeg is en de verblijftijd van alle verbrandingsgassen bij die temperatuur voldoende lang is.

Aan deze voorwaarden kan door verbranding in een wervelbed-oven worden voldaan. Bij verbranding in een etage-oven echter in principe niet omdat daar wegens de warmte-economie slib en verbrandingsgassen in tegenstroom door de oven bewegen. Naschakelen van een herverhitter met verbrandingsluchtverwarmer is dan weer noodzakelijk.

Een andere oplossing is het mengen van de afgassen van de etage-oven met de hoge temperatuurverbrandingsgassen van een vuilverbrandingsoven. Dit is een mogelijkheid, die zich echter zelden zal voordoen.

De kosten van verbranden kunnen niet los worden gezien van de kosten van de voorafgaande ontwatering. Er moet naar een optimalisatie worden gestreefd; besparingen op ontwateringsinstallatie en vlokmiddelenverbruik resulteren in een grotere oven en hoger brandstofverbruik.

De enige slibverbrandingsinstallatie in Nederland (Oss) werkt nog te kort op de ontwerpercondities om een betrouwbare kostenopgave mogelijk te maken.

Het optimum wordt gesteld op f 300,-/ton droge stof (prijspeil 1976). Het kostenpeil van de verbrandingsinstallatie in Dordrecht is volgens opgave f 460,-/ton droge stof (prijspeil 1976).

Uit de kostencijfers blijkt, dat deze nogal uit elkaar liggen. Datzelfde is overigens ook het geval bij de kostenopgaven van de eerdergenoemde thermische slibverwerkingssystemen.

*Zie ook STORA-rapport: Slibontwatering tot meer dan 40% droge stof (1979).

8 AANBEVELINGEN VOOR VERBOD ODERZOEK

8.1 Inleiding

In de vorige hoofdstukken zijn een aantal stankbestrijdingsmethoden en gaszuiveringstechnieken ter sprake gekomen, die in principe geschikt zijn voor de behandeling van stanklucht afkomstig van primair slibindickers en afgassen van thermische slibbehandelingsinstallaties. Gebleken is dat een goede keuze nog niet mogelijk is door gebrek aan informatie.

In de volgende paragraaf is daarom systematisch voor stank van primair-slibindickers, van drogers en van thermische conditionering (naet en zonder luchttoevoer) nagegaan welke onderzoeking vereist is om wel tot een goede keuze te kunnen komen.

In paragraaf 8.3 (p. 31) is aangegeven welke prioriteit bij het onderzoek gewenst lijkt.

8.2 Vereist onderzoek

In tabel 5 (pp. 29 - 30) zijn nogmaals alle stankbestrijdingsmethoden opgesomd. Vermeld is welke parameters moeten worden onderzocht, waarbij voor de verschillende stanksoorten is nagegaan of experimenteel onderzoek is vereist of niet.

principe	mogelijkheden	vereist onderzoek	wijze van onderzoek			
			stank van primaire slibvalk- kers	proceslucht drogers	proceslucht oxydatieve thermische conditie- nering	ruimtelucht thermische conditie- nering
naverbranding	<ul style="list-style-type: none"> - gebruik van bestaande vuurhaarden <ol style="list-style-type: none"> vuurhaard v.d. verwarming van de slibgisting vuurhaard v.d. droger vuurhaard v.d. thermische slibconditionering - separate katalytische naverbranding 	<ul style="list-style-type: none"> - welke zijn de praktische mogelijkheden - resultaten - kosten 	+	+	+	+
absorptie	<ul style="list-style-type: none"> - separate thermische naverbranding - chemische wassing - biologische wassing <ol style="list-style-type: none"> separate biowasser beluchttingsbassin als biowasser oxydatiebed als biowasser - actief kool - bodemfilter - schoorsteen 	<ul style="list-style-type: none"> - welke zijn de eigen- schappen van de kataly- sator t.a.v. de te verbranden gassen - kosten - welke (combinatie van) vloeistoffen zijn nodig en in welke hoeveelheid - rendement - kosten - dimensioenering - rendement - kosten - type actief kool - maximale beladingsgraad - dimensioeneringsgrond- slagen - rendement - kosten - vereiste schoorsteen- hoogte - esthetische effecten - kosten 	+	+	+	+
adsorptie	<ul style="list-style-type: none"> - actief kool - bodemfilter - schoorsteen 	<ul style="list-style-type: none"> - type actief kool - maximale beladingsgraad - dimensioeneringsgrond- slagen - rendement - kosten - vereiste schoorsteen- hoogte - esthetische effecten - kosten 	+	+	+	+
verdamping in de atmosfeer	<ul style="list-style-type: none"> - schoorsteen 	<ul style="list-style-type: none"> - vereiste schoorsteen- hoogte - esthetische effecten - kosten 	+	+	+	+

Tabel 5. Onderzoek naar stankbestrijdingsmethoden
(vervolg en legenda op p. 30).

principe	mogelijkheden	vereist onderzoek	wijze van onderzoek			
			stank van primair slibindikers	proceslucht drogers	proceslucht oxidatieve thermische conditionering	inletlucht thermische conditionering
diverse mogelijkheden t.a.v. de stankbestrijding van primair slibindikers	- verdunnen	- de praktische mogelijkheden - vereiste verdunning - kosten	o			
	- toevoegen chemicaliën of lucht	- welke chemicaliën in welke hoeveelheid? - rendement - kosten	o			
	- verkleining emissieoppervlak	- mogelijkheden - rendement - kosten	+			

Tabel 5. Onderzoek naar stankbestrijdingsmethoden (vervolg)

+: contact fabrikant, leverancier; bezoek geplaatste installaties; literatuuronderzoek.

o: experimenteel onderzoek.

- 1a) stank van primair slibindikers is vergelijkbaar met stank afkomstig van influent van zuiveringsinstallaties; er bestaat enige ervaring in ons land (o.a. Den Haag) en in het buitenland (o.a. Nürnberg) ten aanzien van chemische wassing van stanklucht afkomstig van ruw rioolwater; daarom is hier geen experimenteel onderzoek vereist; bovendien bestaat op de rwzi Apeldoorn ervaring met chemische wassing van stank afkomstig van een primair slibindikker.
- 1b) opmerking 1a geldt ook voor de werking van koolfilters bij stank van primair slibindikers.
- 2) het hier vereiste onderzoek houdt in dat de geurconcentratie van de afgassen bepaald wordt; uitgaande van een bepaalde norm kan de vereiste schoorsteenhoogte worden berekend.
- 3) zoals blijkt uit tabel 4 op bladzijde 25 kunnen adsorptiemedia ook als de tweede trap worden ingeschakeld na een voorafgaande wassing; door het wassen kan de stanklucht zodanig van karakter veranderen dat de werking van het adsorptiemedium dan niet vergelijkbaar is met de werking zonder voorafgaande wassing; daarom dient de werking van het actief-koolfilter en het bodemfilter in relevante situaties voor beide omstandigheden nagegaan te worden; relevante situaties zijn situaties waarbij sprake is van een relatief hoge geurconcentratie, dus waarschijnlijk alleen bij thermische slibbehandeling.

8.3 Prioriteiten

Voor elk van de vier stanksoorten uit tabel 5 (pp. 29 - 30), geldt dat pas een goede keuze voor de wijze van behandeling kan worden gemaakt als alle noodzakelijke onderzoeken zijn verricht.

Uit de inventarisatie van bestaande stankproblemen in Nederland komt naar voren dat naast stank, tengevolge van anaeroob influent, de af-gassen van thermische slibdrogers momenteel het grootste probleem vormen. Op grond daarvan lijkt het zinvol hieraan, voor wat betreft onderzoeken, de prioriteit te geven.*

Voor toetsing van de mogelijkheden van het actief-slibbassin als bio-wasser kan stanklucht via een gasverdeelpaat onder in een beluchtingsbassin worden geblazen en aan het oppervlak geheel of gedeeltelek worden opgevangen: zowel in de ingeblazen als behandelde lucht wordt de geurconcentratie bepaald.

Een proefprogramma voor experimenten met een biowasser is bij dit rapport gevoegd (bijlage 6, pp. 44 - 48).

* Deze aanbeveling is door de Onderzoekadviescommissie en het bestuur van de STORA gehonoreerd (*red*)

- 1 Bohm, H.L. - Soil and compost filters of malodorous gases, J.A.P.C.A. 25, 1975, 9, 953-55.
- 2 Carlson, D.A. & Leiser, C.P. - Soilbeds for the control of sewage odors, J.W.P.C.F. 38, 1966, 5, 829-840.
- 3 Dirkse, R.J.A. - Biologische luchtzuivering kan oplossing zijn voor veel stankproblemen, M.P.G. Milieutechniek, februari 1974, blz. 4.
- 4 Dirkse, R.J.A. - Milieubewust drogen, P.T. 25-7-1973, 495-503.
- 5 Geelen, M.A. van - Oplossing voor de stankhinder veroorzaakt door ventilatielucht uit varkensstallen en kippehokken, Landbouwkundig Tijdschrift/pt (1976) 88, 11, 7-13.
- 6 Hartmann, H. - Geruchbekämpfung in Kläranlagen am Beispiel der Klärwerke der Stadt Nürnberg, Korrespondenz Abwasser, 23, 1976, 9, 275-284.
- 7 Helmer, R. - Sorption und mikrobieller Abbau in Bodenfiltern bei der Desodorisierung von Luftströmen, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, no. 49, München, R. Oldenbourg, 1972.
- 8 Instituut voor Mechanisatie Arbeid en Gebouwen, persoonlijke mededeling, juli 1977.
- 9 Jongebreur, A.A. & Geelen, M.A. van - Bestrijding van door ventilatielucht veroorzaakte stankhinder, I.L.B. publicatie 63, 1974.
- 10 Jongebreur, A.A. & Schaefer, J. - Emissies uit intensieve veehouderijen, Handboek voor milieubeheer, deel II. Vermande en Zonen, 1977.
- 11 Köster, E.P. - Psychonomie/2, Intermediair, 14, 10, 1978, 25-29.
- 12 Luchtverontreiniging en weer, 's Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1974.
- 13 Michon, J.A., Eijkman, E.G.J. & De Klerk, L.F.W. - Handboek der Psychonomie, Deventer, van Loghuan Sloterus B.V., 1976.
- 14 Miner, J.R. & Kreis, R.D. - Odors from confined livestock production, E.P.A. Series 660/2-74-023, April 1974.
- 15 Modellen voor de berekening van de verspreiding van luchtverontreiniging inclusief aanbevelingen voor de waarden van parameters in het lange-termijnmodel, 's Gravenhage, Staatsuitgeverij, april 1976.
- 16 Sarteur, R. & Fayard, J.C. - Contribution à l'estimation quantitative d'une odeur par analyse spectrale, Pollution Atmosphérique, oct.-déc. 1974, 64, 398-404.
- 17 Scheltinga, H.M.J. - Toepassing van de hinderwet op afvalwaterzuiveringsinrichtingen en op rioolgemalen, H₂O, 10, 1977, 9, 198-199, 203.
- 18 Stone, R. & Newton, L.C. - J. Rowlands, Wastewater pumping station designed to avoid odor problems, Public Works, januari 1975, 44-45.
- 19 Stork, B. & Gemert, L.J. van - Sensorische geurbepaling, Studiedag Geurhinder, Gent, 10-3-1976.
- 20 Wolfermann, H.F., Hornig, J. & Schirz, S. - Tierhaltung ohne Geruchsprobleme, Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Bauwesen Hessen C.V., Informationsbericht nr. 27, 1975.

BIJLAGE 1 Vragenlijst telefonische enquête

- i
- Welke installaties stinken of hebben gestonken?
- 1a. Welke type rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi) betreft het?
- actief-slibinrichting (inclusief oxydatiesloten)
 - oxydatiebed
 - oxydatiebed + actief-slibinstallatie (tweetrapsinstallatie)
 - mechanische zuiveringsinstallatie.
- 1b. Op welke wijze wordt het afvalwater aangevoerd?
- vrij verval
 - persleiding
 - combinatie vrij verval/persleiding.
- 1c. Hoeveel bedraagt de globale lengte van het aanvoerriool?
- 0-2 km
 - 2-5 km
 - > 5 km
- 1d. In welke mate is de inrichting belast?
- onderbelast
 - volbelast
 - overbelast
- 1e. Hoe is het afvalwater samengesteld?
- huishoudelijk
 - industrieel
 - combinatie
 - heeft het industriële afvalwater speciale kenmerken?
- 1f. Welke stankbronnen heeft de rwzi; is de oorzaak bekend?
- 1g. Zijn er officiële klachten van omwonenden?
- 1h. Treedt de stank periodiek of continu op?
- 1i. Welke soort stank betreft het?
- rioollucht/zwavelwaterstof
 - specifieke geur
- 1j. Zijn er stankmetingen verricht? (sulfide; geurconcentratie)
- 2
- Zijn er maatregelen tegen de stank genomen?
- a. welke?
 - b. met succes?
- 3
- Over hoeveel rwzi's heeft u het beheer en in welke categorie kunnen ze worden ingedeeld?

beheerder	aantal installaties in beheer	typen	installaties met stank	plaats/ onderdeel	oorzaak	bestrijding	resultaat	opmerking
I	25	12 as 5 ob 1 mz	geen	-	-	-	-	vrijwel nergens ooit maatregelen van betekenis genomen
II	33	21 as + ob 8 mz	a.s. 50.000 i.e.	thermische slibdroger	-	voorzieningen voor recirculatie van afgas- sen in voorber- reiding idem	nog geen ervaringen	beheerder heeft installaties met lange persol- dingen die niet hinderlijk stin- ken
			a.s. 20.000 i.e.	idem	-	-	idem	-
III	35	18 as 14 ob 1 ob + as 2 mz	ob + as/ 70.000 i.e.	thermische slibdroger	-	geen maat- regelen	-	beheerder heeft enkele installaties met lange persol- leidingen welke hinderlijke stank
IV	34	12 as 6 ob 9 mz	ob/60.000 i.e.	vrijwel sand- vanger/over- stortput/ in de zwaar- oek de oxyda- tiebedden	lange pers- leiding overbelasting	. vrijwelput + geet afdek- ken . AVR-dose- ring in vrijwelput	succes/ klachten en stank vrijwel verdwonen	-
V	22	12 as 6 ob 1 ob + as 3 mz	ob/60.000 i.e.	ontvangput oxydatie- bedden	overbelasting	installatie wordt binnen- kort uitge- breid	-	-

BIJLAGE 2. Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (enquêteresultaten)

as = actiefslibinstallatie
ob = oxydatiebedinstallatie
mz = mechanische zuiveringsinstallatie
ob + as = 1e trapinstallatie: oxydatiebedden + actief slib

beheerder	aantal installaties in beheer	typen *	installaties met stank	plaats/ onderdeel	oorzaak	bestrijding	resultaat	opmerking
VI	23	14 as 4 ob 5 mz	as/50.000 i.e.	vijzelput + soot zandvangner	veel zwavel- lozing door industrie gas uit gas- houder	maatregelen op komst effluent- recirculeren afdekken afgas verbranden	nog niet bekend; beheerder heeft verlopende vertoeken in maat- regelen	
			ob/44.000 i.e.	voorbezinktank	vermeedelijk conserven- fabriek (overbelas- ting!)	maatregel op komst/water- stofperoxyde dosering in influent	onbekend	stank vrijheid uitsluitend in campagne
VII	23	16 as 6 ob 1 ob + as	ob/10.000 i.e. as/275.000 i.e. ob/140.000 i.e.	gehele installatie voorindikers gistingsgas	sterke over- belasting veel H ₂ S	installatie wordt geamo- veerd afdekken + wassen van de lucht naverbranding	- succes succes	
			ob/20.000 i.e.	vijzelput + goot verdeelput voorbezinking	lange perslei- ding overbelasting	maatregel op komst: afdek- ken + gaskassing installatie wordt geamo- veerd	onbekend	
VIII	24	19 as 4 ob 1 mz	as/230.000 i.e. ob/230.000 i.e. ob/20.000 i.e.	1e trap oxydatie- bedden ontvangput incl.	overbelasting industrie (chemisch afvalwater) overbelasting	constructie- wijziging waardoor bete- re verdeling te en 2e trap installatie wordt uitge- breid; voor calamiteiten waterstofper- oxydosering geen klachten dus geen maat- regelen	succes - succes	
			ob/20.000 i.e.	ontvangput incl.	onderbelasting lange pers- leiding (> 3 km) > 40 h)			

BIJLAGE 2. Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (enquêteresultaten, vervolg)

*Legenda op p. 34.

beheerder	aantal installaties in beheer	typen *	installaties met stank	plaats/ onderdeel	oorzaak	bestrijding	resultaat	opmerking
IX	32	18 as 10 ob 1 ob + as 3 mech.	ob/100.000 i.e.	zandvang voorbezinking, gisting	rotting in VFV, slechte gaszuivering	recirculatie van effluent via VFV	nog niet bekend	installatie met vrij grote stankproblemen door gunstige ligging. Geen klachten van omwonenden
				thermische slijdreger	slachtafval in slijb	controle en sanering slachterij	geen klachten meer	
				ontvangput influent	lange verblijftijd in persleiding	doorspoelen met oppervlaktewater	succes	
				voorbezinking thermische slijdreger	angerot afvalwater eiwitafbraak	doorspoelen met water onderzoek gaande	succes	
12	5 as 5 ob 2 me	as/80.000 i.e.	ontvangput influent voorbezinking filtraat thermische slijb-behandeling	visverwerken de industrie	nog geen maatregelen genomen	-		
			ontvangput influent	angerot influent	maatregelen op komst - afdekken - waterslot	nog niet bekend		
14	8 as 4 ob 2 ob + as	as/40.000 i.e.	oxydatie-bedden (open)gistingstank	overbelasting vrij-uitstroming van gistinggas	- capaciteitsvergroting - afdekken	succes		
			ontvangput	angerot afvalwater sterke gaszuivering	maatregelen op komst: - afdekken - affakelen	nog niet bekend		
			ob/70.000 i.e.	voorbezinking gistingstank	angerot H ₂ S-voeding	maatregelen op komst - afdekken - luchtzuiveren met actief kool	nog niet bekend	
			ob, as/170.000 i.e.	ontvangput	angerot influent	maatregelen op komst - afdekken	nog niet bekend	

BIJLAGE 2. Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (enquêteresultaten, vervolg)

*Legenda op p. 34.

beheerder	aantal installaties in beheer	typen *	installaties met stank	plaats/onderdeel	oorzaak	bestrijding	resultaat	opmerking
			ob/14.000 i.e.	slibdoo- bedden	zwaar verlo- pend gisings- proces	verbetering van gisings- proces door kalkdosering etc.	op korte termijn verbetering verwacht	-
			as/6.000 i.e.	slibbakken	overheersend karakter van zuivelfabriek	slib recht streeks af- voeren naar vuilstort	-	op de overige installaties van deze be- heerder geen stank van betekenis
XII	40	22 as 14 ob 4 mz	as/75.000 i.e.	aanvoergemaal/ voor beluch- ting/actief slibruimte/ droogbedden	lange aanvoer- leiding che- misch lucht- je in afval- water te kor- te sibleef- tijd (over- belasting)	nog geen maat- regelen geno- men momenteel wordt het effect van dor- tering van wa- terstofperoxyde of chloorbleek- loog aan het slib onderzocht	nog onbe- kend	-
			as/250.000 i.e.	aanvoervijzel + zandvang	lange aanvoer leiding	geen maatregel en omdat er geen klachten zijn	-	-
			as/3.000 i.e.	aanvoerleiding	lange ver- blijftijd in aanvoertool	afdekken + invoeren onder water	succes	+ afdekken van de afvoer- kelder
XIII	4	3 as 1 ob	ob/6.400 i.e.	clarigester	overbelasting	geen maatregel en omdat er geen klachten zijn	-	-
			as/4.000 i.e.	gehele in- stallatie/ droogbedden	overbelasting (midden-tus- sen-behouwing)	installatie wordt geamo- veerd	-	-
XIV	10	3 as 4 ob 3 mz	as/12.000 i.e.	aanvoergemaal/ droogbedden	lange perslei- ding, onjuiste bedrijfsvoe- ring indikker lange pers- leiding	geen maatregel en, bedrijfs- voering gewij- zigd	-	-
			ob/110.000 i.e.	aanvoer- kelder	lange pers- leiding	maatregel op komst (er zijn klachten!)	nog niet bekend	-

BIJLAGE 2. Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (enquêteresultaten, vervolg)

*Legenda op p. 34.

beheerder	aantal installaties in beheer	typen *	installaties met stank	plaats/ onderdeel	oorzaak	bestrijding	resultaat	opmerking
XV	3	2 as 1 ob	ob + as/ 40.000 i.e.	zandvanger	tankcleaning bedrijf	cleaningbe- drijf heeft nu eigen zuivering	geen stank meer	-
XVI	50	20 as 5 ob 25 mz	op geen enkele installatie sprake van hinderlijke stank	-	-	-	-	-
XVII	18	12 as 2 ob 4 mz	as/650.000 i.e. mz/105.000 i.e.	voorindikker afgas the- mische slijb- conditioning ontvangkelder/ vóórindikker/ uitworp centrifuge- gebouw	H ₂ S-ontwikke- ling vetzuren in afgas industriële afvalwater (leerindus- trie)	er wordt onder- zoek verricht naar mogelijke oplossingen . afdekken/ gaswassen plannen af- dekken; af- zuigen + was- sen bij ontvang- kelder en voor- indikker reeds uitgevoerd; afzuiging cen- trifugegebouw installatie wordt geamo- veerd	nog niet bekend	-
XVIII	37	31 as 3 ob 3 mz	mz/30.000 i.e. as/2.500 i.e. as/150.000 i.e. as/400.000 i.e. ob/43.500 i.e.	ontvangkelder gotenkelder/ zandvanger/ voorbezink- tank voorindikers le trap oxydatie- bedden	leerindustrie H ₂ S-vorming aangerot afvalwater lang aanvoer- riool te lange ver- blijftijd overbelasting	injectie van waterstof- peroxyde en vloei-bare zuurstof in 2 km-perslei- ding wijziging bedrijfs- voering parallel- schakeling oxidatiebedden	succes succes; klachten zijn ver- dwenen succes; stank verdwenen succes	-

BIJLAGE 2. Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (enquêteresultaten, vervolg)

* Legenda op p. 34.

beheerder	aantal installaties in beheer	typen *	installaties met stank	plaats/onderdeel	oorzaak	bestrijding	resultaat	opmerking
XIX	22	12 as 7 ob 3 mz	mz/4.500 i.e. ob/7.500 i.e. as/200.000 i.e.	gehele installatie ontvangkelder/voorbezinktank afgas thermische slijdroger	aangerot afvalwater aangerot afvalwater overbelasting -	afdekken + afzuiging (wassing) wijziging ontvangkelder om riool beter te ledigen installatie uit bedrijf; onderzoek gaande	nihil -	-
XX	2	2 as	as/150.000 i.e.	regenwaterbasin; afgassen thermisch slijverwerking	overbelasting	uitbreiding installatie op korte termijn gaswassing door biowasser	- succes stank gro- tendeels verdwenen	-
XXI	2	2 as	as/80.000 i.e.	afgassen slijdroger	-	geen maatregelen genomen	-	-
XXII	3	3 as	as/130.000 i.e.	beluchttingsruimte	onduidelijk; misschien overbelasting	geen maatregelen	-	-

BIJLAGE 2. Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (enquêteresultaten, vervolg)

* Legenda op p. 34.

Potentiele stankbronnen op zuiveringsinstallaties	Aanvoer ontvang-put t/m voorbe-zinking	Beluch-tings-ruimte	Oxydatie-bedden	Nabeziuk-tanks	Indikers	Slib-gisting	Slib-droog-bedden	Thermi-sche slijfver-werking	Opmerkingen
Aantal installaties met betreffende bren	470	287	111	392	70*	200*	200*	15	* geschat
Aantal installaties met stank uit betreffende bren	32	3	6	0	4	5	7	14	
Oorzaak van de stank									
• lange verblijftijd in pers-leiding (aangetroffen afvalwater)	16	-	-	-	-	-	-	-	-
• overbelasting van de installatie	8	1	6	-	-	-	2	-	-
• industriële lezing	8	2	-	-	1	-	3	-	-
• zwaarwaterstof in slibingsgas	-	-	-	-	-	5	-	-	-
• processtoring en juiste bedrijfsvoering	-	-	-	-	3	-	2	-	-
• bedrijfstemperatuur slijfdrager	-	-	-	-	-	-	-	14	-
Installaties waar maatregelen tegen stank zijn uitgevoerd:	9	1	4	-	2	3	4	**	**
met succes:	8	1	4	-	2	3	4	1	-
zonder succes:	1	0	0	-	0	0	0	0	-

BIJLAGE 3. Stank op rioolwaterzuiveringsinrichtingen (samenvatting enquêteresultaten)

* { 281 actiefslibinstallaties (incl. oxydatiesloten)
 10% oxydatiebedinstallaties
 6 oxydatiebed + actiefslibinstallaties
 78 mechanische zuiveringsinstallaties }

** { 49 installaties met één of meerdere stankbronnen
 { 26 actiefslibinstallaties
 17 oxydatiebedinstallaties
 2 oxydatiebed + actiefslibinstallaties
 4 mechanische zuiveringsinstallaties }

BIJLAGE 4. Stankemissie en stankbestrijding bij thermische slibdrogers in Nederland.

In Nederland zijn tot maart 1977 de volgende slibdrogers geïnstalleerd:

plaats	beheerder	cap. rwzi	type droger	ontwerp cap. (t/h)*
1. Hoogezand	PWS Groningen	50.000	v.d. Broek	3,3
2. Gouda	Unilever	125.000	v.d. Broek	3,3
3. Hoensbroek	W.Z. Limburg	200.000	Seiler-Koppers (Spaans)	5
4. Meppel	Zuiv. Drenthe	70.000	v.d. Broek	3
5. Zeist	PWS Utrecht	70.000	v.d. Broek	2,5
6. Leek	PWS Groningen	34.000	v.d. Broek	2,2
7. Ridderkerk	gem. Ridderkerk	80.000	v.d. Broek	3,3
8. Bunnik	PWS Utrecht	32.000	Seiler-Koppers	1,0
9. Bunschoten	PWS Utrecht	30.000	Seiler-Koppers	0,8
10. Breukelen	PWS Utrecht	32.000	Seiler-Koppers	1,0
11. Barneveld	Zuiv. Veluwe	55.000	Seiler-Koppers	3,0
12. Epe	Zuiv. Veluwe	42.000	Seiler-Koppers	0,8
13. Capelle a/d IJssel	gem. Capelle a/d IJssel	25.000	Nateko	1,0

* tonnen waterverdamping/h.

Uit telefonische informatie van de betreffende beheerders blijkt, dat - met uitzondering van de Nateko te Capelle a/d IJssel - alle thermische slibdrogers stinken.

Toevoegen van zuur/loog aan het waswater, waar geprobeerd, had geen waarneembare invloed op de stank.

Bij 70% recirculatie van de afgassen was het stankprobleem nog niet voldoende opgelost; in één geval wordt daarom na recirculatie gemaskeerd (maskeren = toevoegen van aangename reukstoffen).

De mate waarin afgassen overlast veroorzaken hangt sterk af van plaatselijke omstandigheden (situering, windrichting, bedrijfsuren).

Alleen de Nateko ("Flygt-droger") stinkt niet, maar dit type wijkt sterk af van de Van der Broek of Seiler-Koppers drogers.

Bij de Nateko wordt het ingedikte slib zonder mechanische ontwatering rechtstreeks in de trommel gebracht; als dragermateriaal fungeren kunststof balletjes. Het gedroogde slib wordt als poeder afgezogen. De afgassen worden vrijwel volledig gerecirculeerd. De bedrijfstemperatuur is 140°C (in andere drogers komen plaatselijk veel hogere temperaturen voor die een hinderlijke schroeilucht veroorzaken).

De afgassen zijn, volgens de bedrijfsvoerder, vrijwel reukloos.

Op de droger te Zeist is een deelstroom van de afgewerkte gassen met succes in een koolfilter behandeld.

Verder zijn bij de vismeelindustrie in Duitsland goede resultaten bereikt met een gaswasser van het fabrikaat "Kurmeier".

BIJLAGE 5. Verslag van een bezoek aan de rwzi Tilburg-Noord in het kader van het STORM-project stankbestrijding bij rwzi's (1977)

Doel van het bezoek

Het doel van het bezoek aan de rwzi Tilburg-Noord was het verzamelen van praktijkgegevens over de stankbestrijding bij de thermische slibverwerking.

Gegevens van de zuiveringsinrichting

De inrichting is van het actief-slibtype met voorbezinking; zij heeft een mechanische capaciteit van 300.000 i.e. en een biologische capaciteit van 150.000 i.e.

De actief-slibtanks hebben een ontwerp-slibbelasting van 0,2 kg BZV per kg d.s. per dag.

Het biologisch deel van de installatie is sterk overbelast; de werkelijke slibbelasting bedraagt circa 0,35 kg BZV (kg d.s. per dag).

Het mengsel van primair- en secundair slib wordt afgescheiden in de voorbezinktanks en afgevoerd naar een tweetal gravitatie-indikers.

Het ingedikte slib wordt thermisch geconditioneerd volgens het Porteous-procédé. Bij dit procédé wordt het slib gedurende enkele uren blootgesteld aan een temperatuur van 150°C en, na afkoeling tot circa 45°C, ingedikt en ontwaterd met vacuümfilters.

Bij de thermische slibbehandeling komt bijzonder onaangename stank vrij door de uitworp van de lucht van de vacuümpompen van de trommelfilters en de afzuiging van het slibontwateringsgebouw.

Stankbestrijdingsmethode

Voor de bestrijding van de stank uit deze bronnen is een proef uitgevoerd met een biowasser (een kolom gevuld met Pall-ringen, fabrikaat Norton).

De werking van de biowasser kan als volgt worden omschreven.

De lucht uit de vacuümpompen en het ontwateringsgebouw (2500 m³/h) wordt via een geperforeerde stalen plaat onder in de kolom geblazen. De snelheid van de luchtstroom bedraagt circa 0,7 m/s.

Bovenin de kolom wordt over de Pall-ringen een actief-slibmengsel gesproeid door middel van "douche-koppen".

De actief-slibconcentratie in het mengsel bedraagt circa 6 kg/m³, het debiet is gemiddeld 10 m³/h.

De stroomrichting van de lucht en het waswater (actief-slibmengsel) is tegengesteld. De contacttijd bedraagt circa 4 sec. De spoelbelasting bedraagt 10 m³/m².h.

De temperatuur van het waswater bedraagt bij de intree in de kolom circa 15°C.

De luchttemperatuur varieert van 25-28°C.

Proefresultaten

De beoordeling van de proefresultaten vond alleen kwalitatief plaats; er zijn geen sensorische metingen verricht.

Tijdens het bezoek was de lucht bovenuit de biowasser reukloos. In de kolom was geen sprake van verstopping. Er werd slechts een geringe suppletie toegepast. Voor de bestrijding van stank door thermische slibconditionering lijkt de biowasser een succes.

Aanbevelingen

De stank van thermische slibconditionering komt echter niet overeen met de stank van thermische slibdroging. Het lijkt daarom zinvol soortgelijke proeven bij een thermische slibdroger uit te voeren*.

* Inmiddels uitgevoerd in Hoensbroek en Meppel (verz.); over het resultaat te Hoensbroek wordt bericht op p. 48; de proeven te Meppel worden gerapporteerd in het kader van STORA-vervolgonderzoek.

BIJLAGE 6. Stankbestrijding slibdroeginstallatie rioolwaterzuiverings-
inrichting Hoensbroek.

Proefprogramma biowasser*

INHOUD

Beschrijving proefinstallatie
Proefprogramma
Aanpassing proefinstallatie
Bepaling van het rendement
Opmerking

* gebruikt door het zuiveringschap H. van G. in 1975.

Beschrijving proefinstallatie

Er wordt gebruik gemaakt van een proefinstallatie van NORTON CHEMICAL PROCESS PRODUCTS LTD.

In principe ziet deze installatie eruit zoals weergegeven in figuur 7. Het gestippelde gedeelte wordt niet bijgeleverd.

1. waskolom gevuld met Pall-ringen en voorzien van vloeistofverdeler (1 x 1 x 3,5 m)
 2. bufferbak (1,5 x 2 x 1,8 m)
 3. pomp voor suppletie actief slib (ca. 2,6 m³/uur, 220 V/50 Hz)
 4. recirculatiepomp actief slib (ca. 2,7 m³/uur, 220 V/50 Hz)
- X afsluiters
kleppen

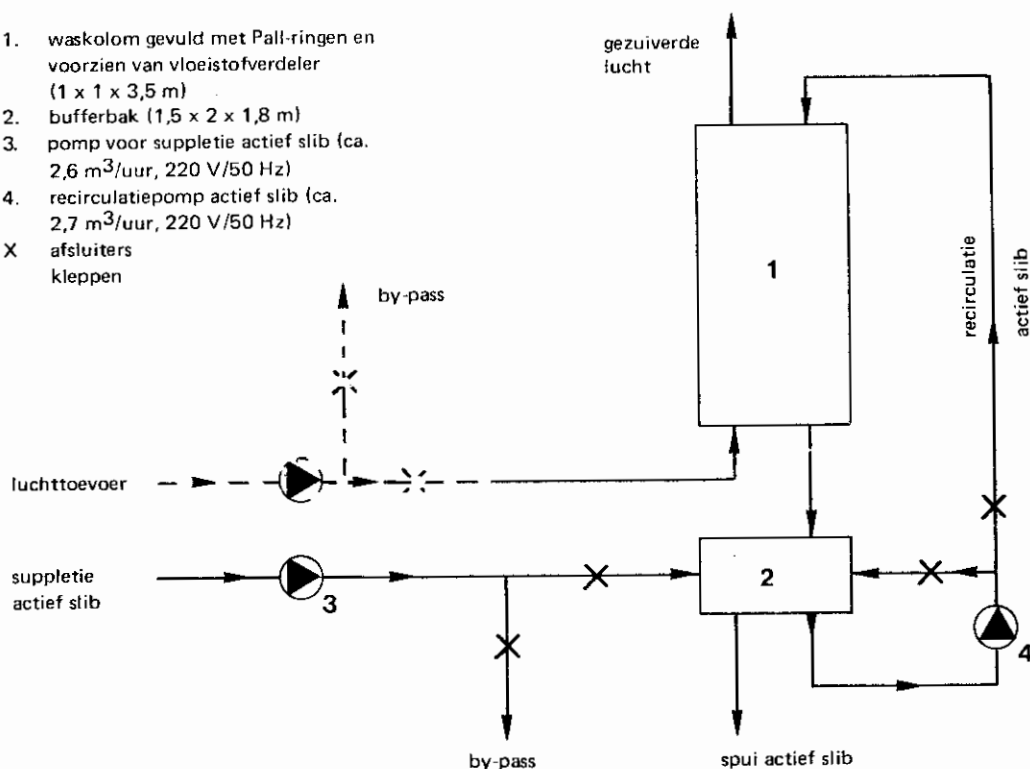


Fig. 7. Proefinstallatie biowasser NORTON

Proefprogramma

De volgende parameters zijn van belang:

- superficiële luchtsnelheid; in de literatuur worden voor biowassers waarden variërend tussen 1,5 en 2,5 m/s gevonden;
- luchtverblijftijd; de literatuur geeft op dat deze minimaal 1 sec. moet bedragen;
- spoelbelasting (i.c. recirculatie-debiet); gevonden waarden in de literatuur 6-15 m³/m²/uur;
- vulmateriaal; materialen, waarmee geëxperimenteerd is in biowassers zijn o.a. rashingringen, tellerettes, honingraatsysteem, cloisonyle PVC-buizen, Wavin-draineerbuizen;
- suppletiedebiet; literatuurwaarden 2,5 à 3 l/1000 m³ lucht bij suppletie met leidingwater.

Genoemde getallen zijn bepaald voor biowassers, toegepast in de industrie; hierbij wordt geen actief-slib, maar leidingwater gesuppleerd, terwijl de voeding van de in het waswater aanwezige micro-organismen uitsluitend bestaat uit de in de stanklucht aanwezige stoffen; het gehalte aan actief slib in het waswater zal daarom waarschijnlijk bedui-

dend geringer zijn, dan wanneer de suppletie uit een actief-slibmengsel bestaat, dat direct afkomstig is van het beluchtingsbassing van een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Variatie van het toe te passen vulmateriaal en de laaghoogte van het vulmateriaal in de wasser is nogal bewerkelijk. Bovendien is het in de proefinstallatie aanwezige vulmateriaal (Pall-ringen) voldoende beproefd in luchtwassers; ook de laaghoogte in de biowasser (circa 3 m) is in vergelijking met het oppervlak van de biowasser zodanig dat bij de boven aangegeven variatie van de superficiële snelheid steeds een minimale verblijftijd van 1 seconde gegarandeerd is.

Daarom lijkt variatie van het luchtdebiet, recirculatie-debiet en hoeveelheid te suppleren actief slib voldoende om het rendement van de proefbiowasser voor de afgassen van de slibdroger van de rwzi Hoensbroek te testen.

Het proefprogramma dient gerealiseerd te worden in zo kort mogelijke tijd, omdat slechts een deelstroom door de biowasser kan worden geleid en de bulk van het afgas onbehandeld uitgestoten wordt. Om alle sensorische metingen (zie par. 4, p. 47) in duplo te kunnen uitvoeren moet er van uitgegaan worden dat elke testinstelling minimaal één dag gehandhaafd moet worden. In verband hiermee moet het proefprogramma tot een minimum beperkt worden. De volgende testcondities worden voorgesteld:

suppletie actief slib 2 en 5 1/1000 m³ lucht
 luchtsnelheid 1 en 3 m/sec.
 spoelbelasting 10 en 20 m³/m²/uur.

In concreto houdt dit voor het proefprogramma het volgende in:

suppletie actief slib	luchtdebiet	recirculatie
7 l/uur	3.600 m ³ /uur	10 m ³ /uur
7 l/uur	3.600 m ³ /uur	20 m ³ /uur
22 l/uur	11.000 m ³ /uur	10 m ³ /uur
22 l/uur	11.000 m ³ /uur	20 m ³ /uur
18 l/uur	3.600 m ³ /uur	10 m ³ /uur
18 l/uur	3.600 m ³ /uur	20 m ³ /uur
54 l/uur	11.000 m ³ /uur	10 m ³ /uur
54 l/uur	11.000 m ³ /uur	20 m ³ /uur

Aanpassing van de proefinstallatie

Uit het proefprogramma blijkt dat de gewenste recirculatie - en suppletiedebieten niet overeenkomen met de capaciteiten van de overeenkomstige pompen in de proefinstallatie (verg. figuur 7, p. 45). Bovendien wordt geen luchtventilator bijgeleverd. Ook voor de benodigde toe- en afvoerleidingen moet zelf worden gezorgd.

Overzicht extra benodigde apparatuur:

- recirculatiepomp, circa 25 m³/uur, laag toerental;
- slibsuppletiepomp, circa 100 l/uur;
- ventilator, circa 12.000 m³/uur, 50 mmwk;
- 2 luchtkleppen, 1 meetflens en 1 differentiaalmanometer in de luchttoevoerleiding;
- toe- en afvoerleidingen.

Bepalingen van het rendement

Om het rendement van de wasser na te gaan is het nodig om vóór en na de wassing sensorische metingen te verrichten. Hierbij wordt de stankconcentratie bepaald, uitgedrukt in geureenheden per m³. Eén geureenheid is gedefinieerd als een zodanige hoeveelheid stanklucht dat deze, opgemengd met schone lucht tot een volume van 1 Nm³ nog juist door de helft van een waarnemingspaneel kan worden waargenomen. Het voor een proef als de onderhavige meest geschikte instrument is de Mannenbeck-olfactometer. Dit instrument is schematisch weergegeven in figuur 8.

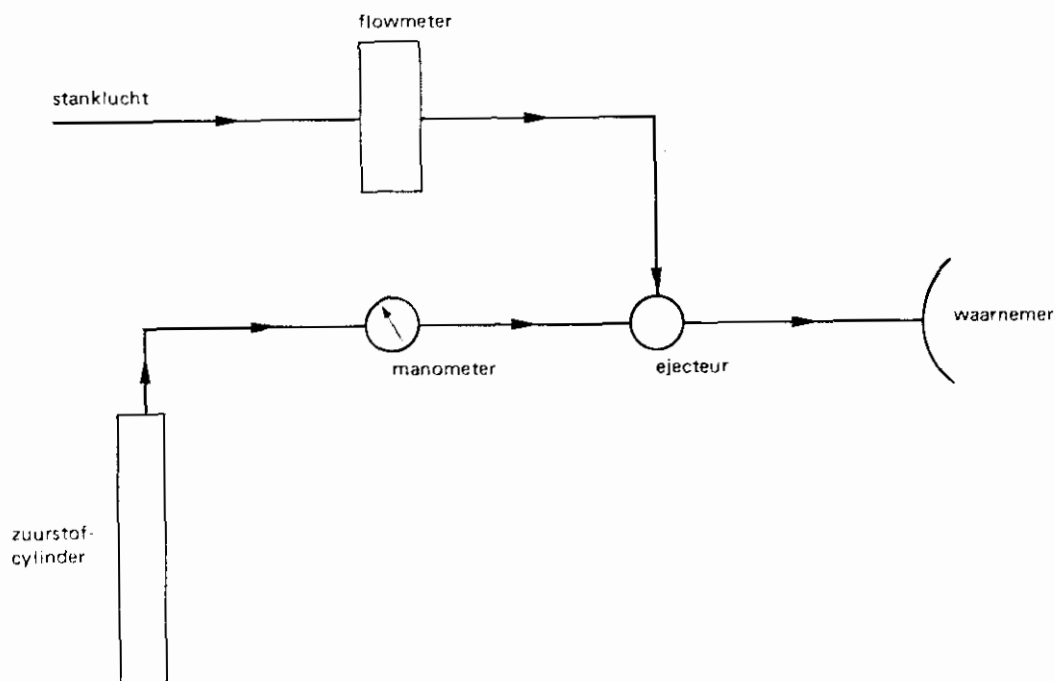


Fig. 8 Olfactometer (schema)

Weliswaar is de nauwkeurigheid van dit instrument voor het meten van de absolute geurconcentratie geringer dan bij meting daarvan middels de mobiele stankmeetwagen van TNO; voor een vergelijkende meting, zoals een rendementsmeting, lijkt de nauwkeurigheid van de Mannenbeck echter voldoende. Uit gelijktijdige metingen met de TNO-stankmeetwagen en de Mannenbeck met dezelfde stanklucht bleek dat het resultaat van de laatste niet meer dan een factor 2 van de eerste afweek. Aanvullend kan hierbij opgemerkt worden dat de mobiele stankmeetwagen van TNO voor één dag meten circa f 10.000,-- kost, hetgeen de proefneming tot een kostbare zaak zou maken.

Opmerking

Wellicht zouden de bestaande straalgaswassers ook als biowassers kunnen fungeren. In plaats van met effluent uit de nabezinktanks wordt dan met actief slib gewassen.

Belangrijke punten bij een dergelijke proef zijn:

- in welke mate overleeft het slib de relatief hoge gastemperatuur?
- welk slibgehalte in het waswater is noodzakelijk om nog voldoende rendement te hebben? Het actief slib uit het beluchtingsbassin zou namelijk bij een te groot afbraak percentage eventueel met effluent verdund kunnen worden.

Naschrift (red.)

Het resultaat van deze proefneming was een aanzienlijke vermindering van stank. Deze vermindering was echter niet zodanig, dat de installatie - zonder aanvullende stankbestrijdingsmaatregelen - in gebruik kon worden gesteld.

BIJLAGE 7. Ervaringen met chemische wassing rioolwaterzuiveringsinrichting Apeldoorn (1977)

Inleiding

Op de rwzi Apeldoorn wordt de stank van de indikkers sinds enige tijd bestreden met een chemische luchtwasser. Om deze reden is een bezoek gebracht aan deze rwzi. De gegevens en ervaringen zijn verstrekt door de technologische dienst van het zuiveringsschap Veluwe.

Uitvoering indikkers

Het primaire en secundaire slib wordt gezamenlijk afgescheiden in de voorbezinktanks en verder ingedikt in een tweetal gravitatie-indikkers. Beide indikkers zijn als volgt gedimensioneerd:

diameter : 21,4 m
oppervlakte : 360 m²
kantdiepte : 3 m

De indikkers zijn voorzien van een vaste loopbrug en een roerwerk met aandrijving op de middenkolom.

Bedrijfsvoering indikkers

Zowel de aan- als de afvoer van de indikkers is discontinu.

De slibaanvoer naar één indikker is drie uur aan, drie uur uit (slib + spoelwater).

De slibafvoer hangt af van de mogelijkheden bij de Zimpro. In de praktijk komt het neer op 1½ uur slibafvoeren uit indikker 1 of indikker 2. Het ingedikte slib wordt geconditioneerd in de Zimpro installatie.

Oorzaak van de stank

Uit een gesprek met de bedrijfsvoerder is duidelijk geworden dat de bedrijfsvoering van de indikkers geen aantoonbare invloed heeft op het ontstaan van de stank.

Zelfs bij continue belasting van beide indikkers met slib en spoelwater ontstaat er geen duidelijke verbetering in de situatie.

Om vast te stellen welke componenten de stank veroorzaken zijn een gering aantal kwalitatieve metingen verricht; vooral zwavelwaterstof en mercaptanen konden worden aangetoond.

De aanwezigheid van mercaptanen kan verband houden met de aanwezigheid van een papierfabriek.

Onderzochte maatregelen

De stankoverlast van de indikkers was destijds accuut en vroeg om snelle oplossing.

De volgende mogelijkheden zijn in beschouwing genomen:

afdekken met plastic balletjes op het vloeistofoppervlak

De oplossing werd verworpen door het ontbreken van ervaring.

afdekken, afzuigen en behandelen met actief kool

Deze oplossing werd verworpen om financiële redenen.

afdekken, afzuigen en chemisch wassen

Besloten werd deze oplossing nader uit te werken. Hierbij is gebruik gemaakt van de ervaringen bij het Emschergerenossenschaft (BRD).

Uitvoering chemische wasser

zeildoek

De indikkers zijn afgedekt met zeildoek.

Van het zeildoek zijn de volgende gegevens bekend:

fabrikaat	: Polynorm
leverancier	: Poly Nederland
	Venusstraat 2
	Zwolle
toegepast materiaal	: PVC gecoate polyamiden
dikte	: enkele mm
garantie	: 2 jaar

Het zeildoek hangt over een skelet van roestvaststalen buizen.

De loopbrug en de midden-drijving zijn niet overdekt.

De kosten van het zeildoek, skelet + afzuiging bedroegen totaal f 65.000,-- (prijspeil 1975: exclusief BTW).

De totale oppervlakte van beide indikkers circa 860 m². De gemiddelde hoogte boven het wateroppervlak is 1 m.

De prijs per m² zeildoek bedroeg globaal f 75,--.

(Bij een recent in Almelo aangebrachte overkapping bij de slibstabilisatie door dezelfde firma bedroegen de kosten circa f 83,--/m²).

Uit een gesprek met de leverancier bleek dat deze prijzen vrij hoog zijn. Volgens de leveranciers hebben voornamelijk gebrek aan ervaring met corrosieve omstandigheden en bouwkundige hindernissen (betonpuisten etc.) het geheel nogal duur gemaakt.

Volgens de leverancier behoort het toepassen van een luchthal voor het afdekken van indikkers ook tot de mogelijkheden.

Voor Apeldoorn zou dit neerkomen op f 40.000.

skelet en afzuiging

De lucht onder het zeildoek kan sterk corrosief zijn door de aanwezigheid van H₂S.

Het skelet is daarom uitgevoerd in roestvrijstaal.

Het beton onder de overkapping is niet gecoat.

Het beton lijkt momenteel (na 1½ jaar) licht aangetast.

Voor beide indikkers is een totale afzuigcapaciteit geïnstalleerd van 400 m³/h (centrifugaalventilator ½ pk).

Het "luchtvolume" boven elke indikker wordt geschat op 360 m³.

De verversing is globaal 1 keer per 2 uur.

Vooraf bij warm weer is deze afzuigcapaciteit aan de krappe kant.

Over de H₂S-concentratie in de afgezogen lucht is nog weinig bekend.

wasser

De afgezogen lucht wordt via een twee-tal leidingen diametraal in de wasser gebracht.

Een schets van de wasser en de bijbehorende gegevens zijn weergegeven in figuur 9 (p. 53) en in tabel 6 (p. 54).

De lucht en waterstroom zijn tegengesteld.
De luchtsnelheid bedraagt circa 0,5 m/s.
De contacttijd in het dragermateriaal bedraagt gemiddeld 2 seconden.
De maaswijdte van het kunststofdragermateriaal bedraagt 12 mm; het specifieke oppervlak $220 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

Om de stankcomponenten in het waswater zoveel mogelijk te oxyderen wordt als oxydatiemiddel chloorbleekloog toegevoegd.
Gebleken is dat in het traject pH 9-11 de stankcomponenten optimaal uit de gas in de waterfase overgaan.
Om deze pH-waarde te handhaven wordt behalve chloorbleekloog ook natronloog toegevoegd.
De volgende doseringen worden toegepast:

0,25 l chloorbleekloog (15% actief chloor) per m^3 waswater;
0,02 l natronloog (33%-ig) per m^3 waswater.

NaOH en NaOCl worden tesamen gedoseerd.

De hoeveelheid chemicaliën is empirisch vastgesteld en zou mogelijk verminderd kunnen worden.

Kosten

Voor de rwzi Apeldoorn bedroegen in 1975 de investeringskosten f 100.000,- (excl. BTW).

Deze investering kan als volgt worden gesplitst:

a. afdekken (zeildoek, skelet + afzuiging)	f 65.000,--.
b. water (kolom, circulatie + dressing)	f 20.000,--.
c. bedieningsgebouw	f 15.000,--.

De investering voor bouwkundige en mechanische onderdelen is achteraf moeilijk te splitsen.

Naar schatting bedroeg de bouwkundige investering f 80.000,-- en de mechanische investering f 20.000,--.

Voor het berekenen van de vaste kosten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd*:

- rente	10%
- bouwkundige afschrijving	: 25 jaar
- bouwkundig onderhoud	: 0,5% van de investering
- mechanische afschrijving	: 15 jaar
- mechanisch onderhoud	: 2% van de investering
- lening op annuïteitsbasis	

Vaste lasten bouwkundig 11,52% à f 80.000,-- = f 9.216,--/jaar
idem mechanisch 15,15% à f 20.000,-- = " 3.030,--/jaar

	f 12.246,--/jaar
Variabele lasten energiepompen + ventilator	" 1.600,--/jaar
chemicaliën	" 2.000,--/jaar
	<hr/>
totaal (afgerond)	f 16.000,--/jaar

*De kosten voor bediening, toezicht en suppletiewater zijn zo gering dat ze zijn begrepen in de afrondingen.

De rwzi Apeldoorn is belast met 260.000 i.e.
De stankbestrijding van de indickers kost f 0,06/i.e./jaar.
Per jaar wordt in de luchtwater een hoeveelheid lucht verwerkt van
 $3504 \times 10^3 \text{ m}^3$.
Per 1000 m^3 lucht kost de stankbestrijding f 4,60.

Bedrijfservaringen

waswater

Voor het wassen wordt leidingwater toegepast; zuiver effluent is ook mogelijk.

Circa 30% wordt gespuid; deze hoeveelheid zou vermoedelijk zonder problemen kunnen worden verminderd.

Aan het waswater worden chemicaliën gedoseerd; de noodzaak hiervoor is door proeven aangetoond; wellicht is natronloog ook voldoende.

De sproeikoppen in de sproeileiding van het waswater verstopten twee à drie keer per jaar.

Mogelijk zou een andere kopvorm hierin verbetering kunnen brengen.

bediening

Het toezicht op de wasser bedraagt circa 0,5 h/d.

Er worden geen metingen verricht, behalve de pH-waarde van het waswater.

werking

De wasser functioneert tot volle tevredenheid.

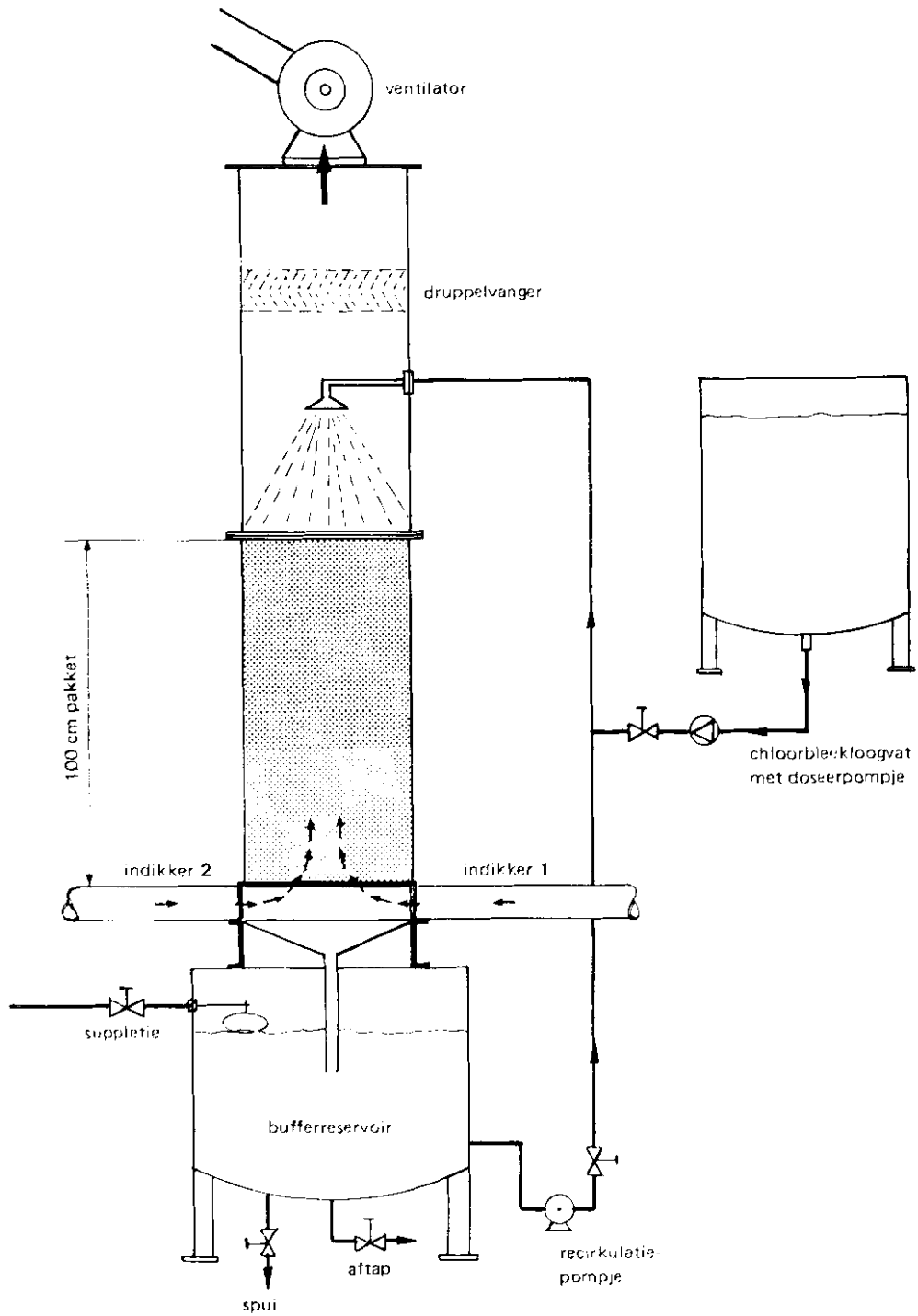


Fig. 9. Opstelling chemische luchtwater rioolwaterzuiveringsinrichting Apeldoorn

fabrikaat		Interpolarcel
type		LWT 100
luchthoeveelheid	m ³ /h	+ 300-400
lucht intredetemperatuur	°C	20-30
lucht uittredetemperatuur	°C	< 20
luchtsnelheid in de wasser	m/s	+ 0,5
kontaktpakket: totale hoogte	m	1
maaswijdte	mm	12
specifiek oppervlak	m ² /m ³	220
recirculerend waswater	m ³ /h	+ 2,8-3,0
type sproeisysteem		Λ
benodigde sproeierdruk	m WK	4,5-5,0
totaal drukverlies in de wasser	mm WK	+ 5
externe statische druk	mm WK	0
wasserafmetingen doorsnede	mm	500
hoogte	mm	+ 2250
drooggewicht	kg	+ 50
bedrijfsgewicht	kg	+ 100
afmetingen luchtinlaten l x b	mm	400 x 100
aanwezig drie luchtinlaten, waarvan er twee afgedicht kunnen worden.		

Tabel 6. Specificatie chemische luchtwasser rioolwaterzuiveringsinrichting Apeldoorn (volgens opgave van Interpolarcel)

BIJLAGE 8. Ervaringen gemeente Den Haag met sorptie en naverbranding
(1975)

Verslag bezoeken aan:

- gaswasinstallatie;
- katalytische verbrander;
- koolfilter.

Gaswasinstallatie (gemaal, Houtrustweg 120, Den Haag)

gegevens

gemiddelde capaciteit gemaal : 3.600 m³/h
ventilatiecapaciteit in verdeelkamer : 13.000 m³/h
gemiddelde H₂S-concentraties in ventilatielucht : 200 ppm

(Conclusie: het rioolwater staat 1 mg/l H₂S af).

processchema

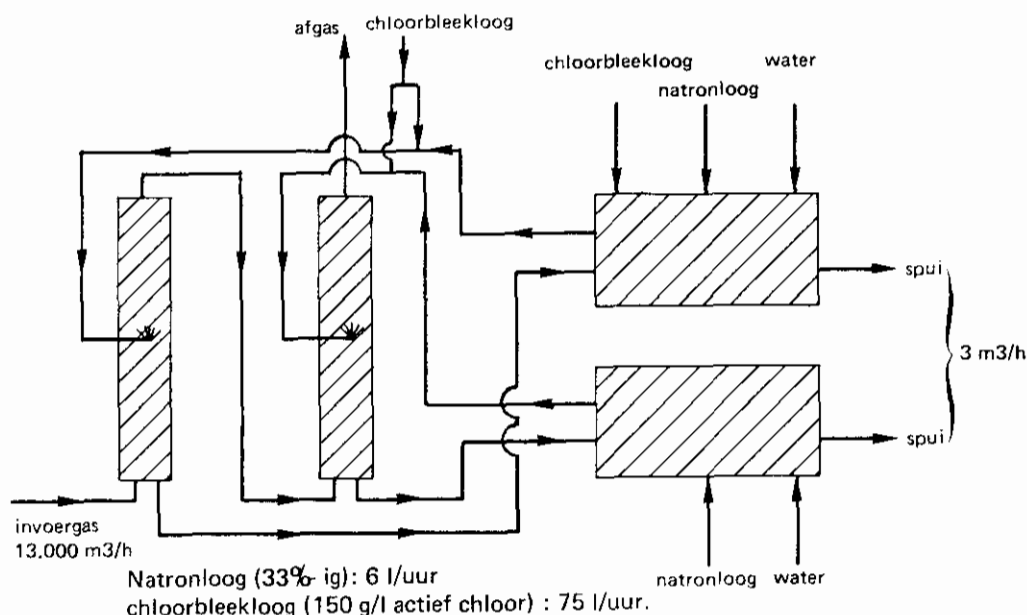


Fig. 10. Processchema gaswasinstallatie gemaal Houtrustweg Den Haag
beschrijving en resultaten

De basische wasvloeistof (pH = 11) wordt onder een druk van 7 mmk in bovenwaardse richting in de waskolommen versproeid. De in de kolom aanwezige plastic balletjes bevinden zich door de snelheid van de ingevoerde lucht in gefluïdiseerde toestand.

Het te zuiveren gas doorstroomt de 2 waskolommen achtereenvolgens in tegenstroom met de wasvloeistof.

De doorgevoerde gasstroom wordt in de eerste wastoren voor 75% van H₂S ontdaan (200 → 20 ppm) en in de 2e waskolom voor 60% (50 ppm → 20 ppm).

Dus totaal 200 → 20 ppm = 90%.

Het gezuiverde gas wordt verdund met een 15 x zo grote hoeveelheid lucht (afkomstig uit de ruimte boven de bezinkbakken) en vervolgens naar een schoorsteen in de duinen gevoerd.

kosten

Investering: + f 400.000,--	per jaar circa f 40.000,--	→ f 0,35/1000 m ³
Chemicaliën: chloorbleekloog	75 l/uur → f 0,20 l → f 1,15/1000 m ³	
natronloog	6 l/uur → f 0,35 l → " 0,16/1000 m ³ +	
		<hr/>
	totaal	f 1,66/1000 m ³

Dit betekent circa f 5,50/kg verwijderde H₂S.

opmerkingen

- De installatie is ontworpen om de H₂S-concentratie van 200 ppm naar 2 ppm te brengen.
Het eind-H₂S-gehalte is echter in doorsnee 20 ppm.
Het lijkt moeilijk en kostbaar om met gaswassing tot zeer lage H₂S-concentraties te geraken.
- De H₂S-concentratie kan sterk wisselen.
Ze kan zelfs oplopen tot 1000 ppm (gemeen!) en ook veel lager zijn dan 200 ppm.
200 ppm is echter een gemiddelde.

Katalytische verbrander (gemaal, Den Haag)

gegevens

gemiddelde ventilatiecapaciteit	: 350 m ³ lucht/uur (wordt bepaald door de ademsnelheid van de natte kelder,
gemiddelde H ₂ S-concentratie	: onbekend
diameter reactor	: + 1 m
hoogte katalysatorbed	: 20 cm
temperatuur in katalysator	: > 270°C
standtijd katalysatorbed	: 2 jaar
gasverbruik	: 600 m ³ gas/week

kosten

Investering	: f 50.000,--	per jaar circa f 5.000,--	→ f 1,63/1000 m ³
Vulling	: f 4.000,--	per 2 jaar	→ " 0,60/1000 m ³
Gas	: 600 m ³ /week	→ f 0,16/m ³	→ " 0,20/1000 m ³
			<hr/>
		totaal	f 2,43/1000 m

opmerkingen

- De resultaten zijn zeer goed.
De H₂S-eindconcentratie is met een drägerbuisje niet meer meetbaar (< 1 ppm).
- Deze verbrander is ook getest op het gemaal van de Houtrustweg.
De capaciteit bleek veel te laag te zijn.
Bovendien had men last van de grote SO₂-produktie.
- De brandercapaciteit is 45.000 kcal/uur.

Koolfilter (gemaal Zoetermeer)

gegevens

debiet : gemiddeld 2500 m³/h
gemiddelde H₂S-concentratie : 125 ppm
standtijd : 9 maanden
volume : 7 m³.

kosten

Investering :		→ f 0,05/1000 m ³
Kool	: f 4.000,--/m ³ , f 8.000,--/ton)	→ " 1,70/1000 m ³ +
		<hr/>
	totaal	f 1,75/1000 m ³
		→ f 9,30/kg verwijderde H ₂ S

opmerkingen

- volgens de bovenstaande gegevens zou het sorptief vermogen van de kool 1 g H₂S/g kool bedragen, hetgeen zeer hoog is;
- de omwonenden klaagden na installatie van het koolfilter niet meer over stank;
- de H₂S-concentratie in de ingevoerde lucht bereikt hoogste waarden van circa 250 ppm.

