

Slibverbranding, gecombineerd met huisvuilverbranding

In het artikel 'Slibverbranding, al of niet gecombineerd met huisvuil', H₂O (1982) nr. 6 wordt een tamelijk compleet overzicht gegeven van de verschillende praktisch toegepaste slibverbrandingsprocessen. Waar het de gecombineerde slibverbranding, met huisvuil in een roosterverbrandingsinstallatie betreft, wordt echter voorbijgegaan aan een aantal aspecten van (huisvuil-) verbrandingstechnische aard, en daardoor ook aan een aantal mogelijke voordelen van deze combinatie.

Wij geven daarom gaarne de volgende



IR. M. WÜRDEMANN
Von Roll Nederland bv,
Duiven

aanvulling op de inhoud van genoemd artikel:

1. Het 'verbrandingsdiagram' van een vuilverbrandingsinstallatie (VVI)

De capaciteit van een VVI wordt in grote lijnen door twee factoren bepaald:

- de belasting in tonnen, maatgevend voor installatiedelen als bunker, kraaninstallatie, rooster, slakafvoer etc.

- de thermische belasting, maatgevend voor o.a inhoud van de vuurhaard, luchthoeveelheden, ketelinstallatie, rookgasreiniging etc.

Omdat huisvuil en soortgelijke afvalstoffen

zeer wisselend van samenstelling zijn, en dus ook de verbrandingswaarde per kg nogal kan variëren, wordt de capaciteit van een VVI gewoonlijk in de vorm van een zg. 'verbrandingsdiagram' vastgelegd.

Afb. 1 geeft een voorbeeld van een dergelijk diagram, waarin zijn aangegeven:

- maximale thermische continubelasting van de installatie (in het voorbeeld 38,9 MW)
- de maximale continue tonnencapaciteit (14 t/h)
- de maximale en de minimale gemiddel-

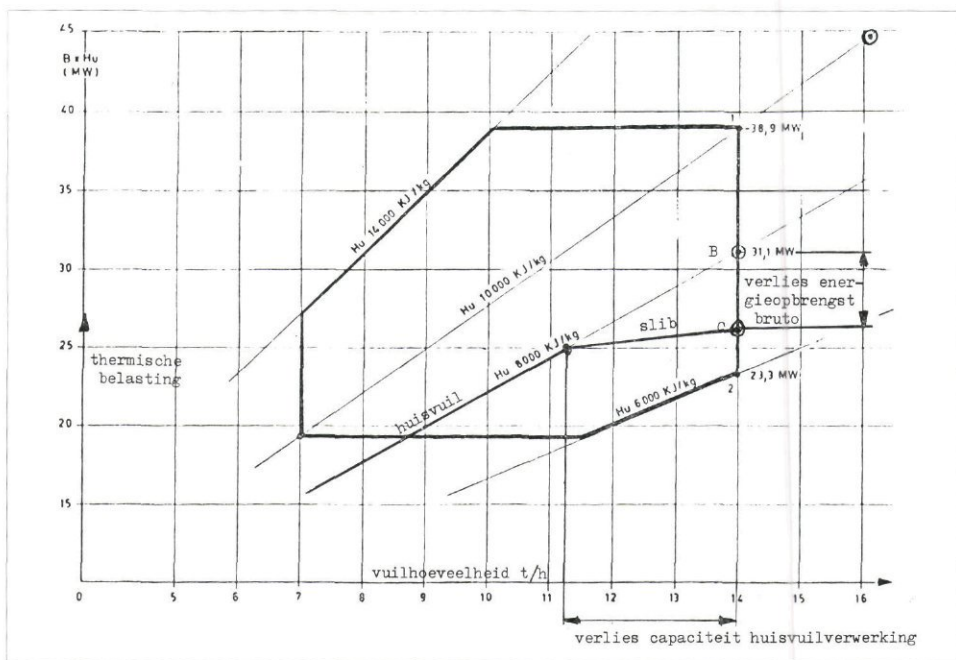
de verbrandingswaarde van het afval (14.000 resp. 6.000 kJ/kg)

- de maximale piekbelasting gedurende korte tijd (reserve + 15 %)

- het zg. bedrijfspunt van de installatie (B).

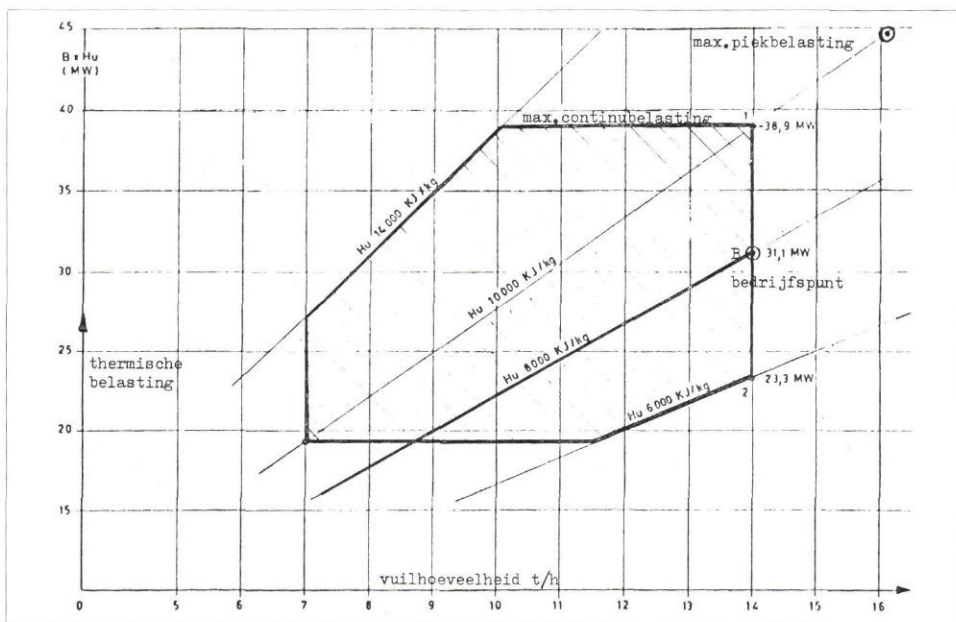
De feitelijke continubelasting van de VVI moet binnen het gearceerde gebied blijven. De keuze van een verbrandingsdiagram voor een bepaalde oven hangt af van de aard en samenstelling van het te verwerken afval. Huisvuil ('zakkenvuil') heeft veelal een verbrandingswaarde rond de 7.000 kJ/kg. Afwijkingen van $\pm 20\%$ zijn echter normaal, en onder omstandigheden kunnen nog veel grotere variaties optreden. Bedrijfsafval dat samen met huisvuil wordt verwerkt heeft vaak een aanzienlijk hogere verbrandingswaarde. Normaliter wordt bij de dimensionering van de installatie van een zodanig verbrandingsdiagram uitgegaan, dat het bedrijfspunt, d.w.z. de gemiddeld te verwerken afvalstroom ongeveer op de in afb. 1 met punt B, aangegeven positie komt te liggen. Bij maximale tonnenbelasting kunnen dan redelijke variaties in verbrandingswaarde zonder problemen worden verwerkt. Bij meer dan 20 % toename van de verbrandingswaarde dient echter met het oog op de thermische belasting, de tonnencapaciteit enigszins teruggenomen te worden.

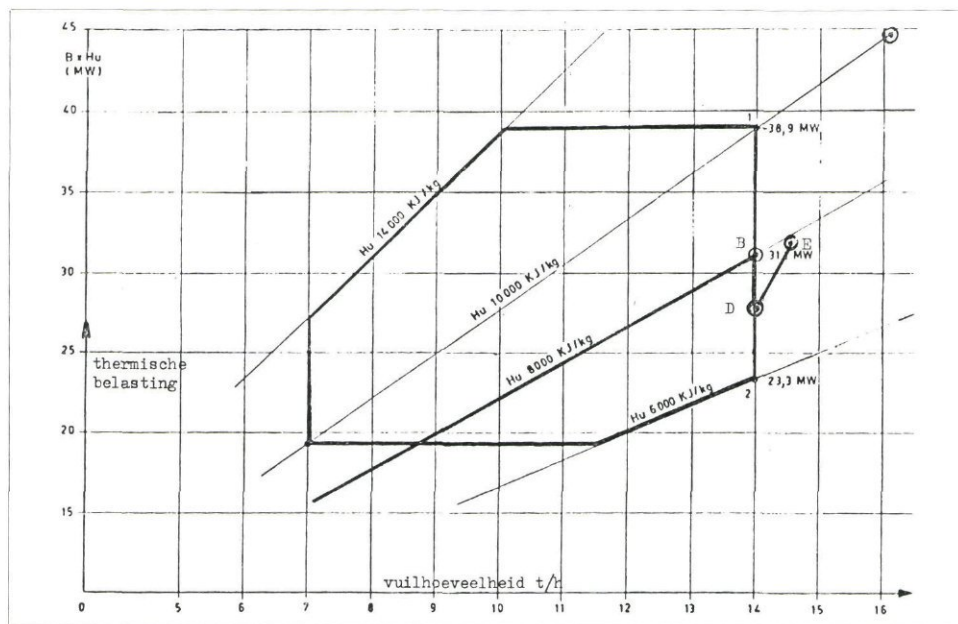
In de volgende punten zullen wij nagaan wat de invloed van de drie in genoemd artikel beschreven systemen voor gecombineerde huisvuil- en slibverbranding is op respectievelijk verwerkingscapaciteit en energie-opbrengst van de combinatie.



Afb. 2 - Verbranding van slib op het rooster in de vuurhaard.

Afb. 1 - Verbrandingsdiagram 14 t/h.





Afb. 3 - Toepassing van een maaldroger; punt D: alléén droging punt E: droging en verbranding.

2. De gezamenlijke verbranding in dezelfde vuurhaard, door het mengen van het slib met huisvuil in de voorraadbunker of door direct doseren in de vuurhaard

Bij deze systemen wordt het mechanisch ontwaterde slib op het rooster verbrand. Mechanisch ontwaterd slib heeft een verbrandingswaarde die sterk afhankelijk is van de v.w. van de drogestof en het d.s. gehalte.

Onder redelijk gunstige omstandigheden, waarvan wij hier zullen uitgaan, is een verbrandingswaarde van ca. 2000-3000 kJ/kg bereikbaar. Wanneer nu bijvoorbeeld ca. 20 % slib op het rooster wordt meeverbrand daalt daardoor de gemiddelde verbrandingswaarde van het afval met ca. 15 %.

In afb. 2 is het nieuwe werkpunt in het verbrandingsdiagram aangegeven (C). De gevolgen zijn:

- een verlaagde verwerkingscapaciteit voor huisvuil
- een dalende thermische belasting, en daardoor een geringere stoomproductie van de ketel.

Er treedt geen energieverlies in eigenlijke zin op, omdat de verbrandingswaarde van het slib positief is. Voor de overige aspecten verwijzen wij naar genoemd artikel.

3. Directe droogprocessen (maal- of trommeldroger)

In afb. 5 is het schema van een gecombineerde VVI voor de verwerking van huisvuil met slibmaaldroging en warmteterug-

winnig aangegeven. De voor de droging van het slib benodigde warmte wordt in de vorm van hete rookgassen (800° - 1000°) aan de vuurhaard onttrokken. De droogdampen worden in de vuurhaard teruggevoerd (desodorisering). Het gedroogde slib wordt onder toevoering van verbrandingslucht in de vuurhaard als poeder verbrand. Essentieel is, dat het rooster zelf niet door de slibverbranding belast wordt.

De genoemde warmte-onttrekking uit de vuurhaard heeft voor de thermische belasting een soortgelijk effect als de lagere verbrandingswaarde onder punt 2. Het effect is in afb. 3 aangegeven (D). De

thermische belasting gaat in dit geval omlaag, de verwerkingscapaciteit voor huisvuil blijft echter gelijk.

Wanneer het gedroogde slib tevens verbrand moet worden, ontstaat een verschil tussen de toepassingsvormen trommeldroger en maaldroger. Bij de trommeldroger moet deze verbranding op het rooster plaatsvinden, hetgeen ten laste gaat van de huisvuilverbrandingscapaciteit. Bij maaldroging kan het slib direct in de vuurhaard verbrand worden. Het effect van deze processtap is eveneens in afb. 3 aangegeven (punt E). Wij zien dat bij gecombineerde slibmaaldroging/verbranding:

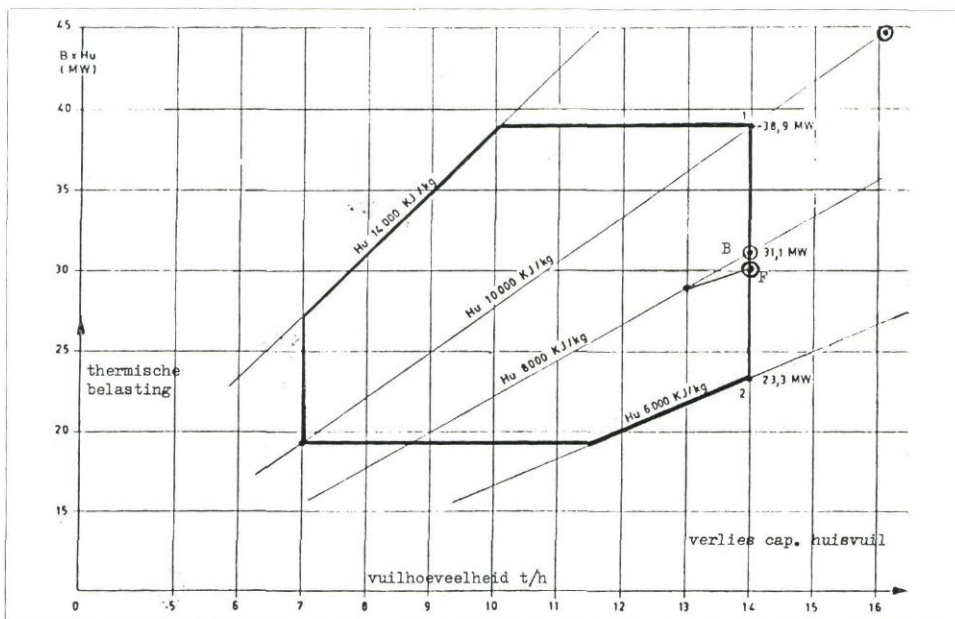
- de thermische belasting ten opzichte van het oorspronkelijke bedrijfspunt ongeveer gelijk blijft (afhankelijk van de verbrandingswaarde)
- de huisvuilverbrandingscapaciteit ook op hetzelfde niveau gehandhaafd kan blijven.

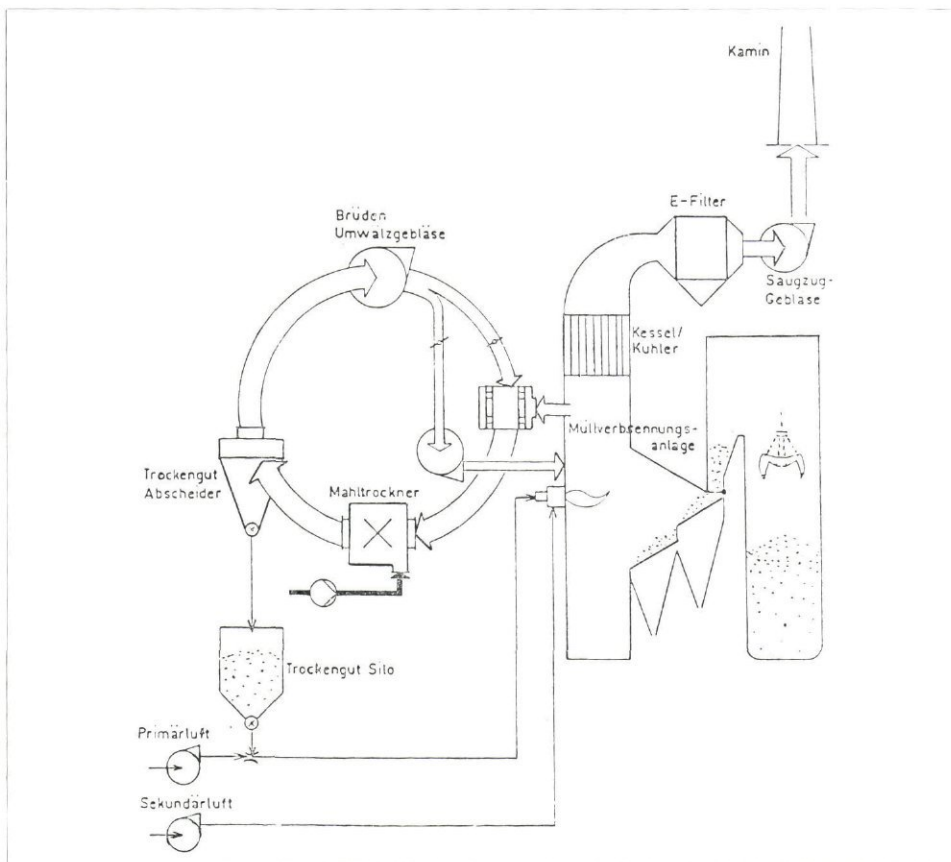
Op enkele andere aspecten, t.w. stank, vliegaspductie, geluidsaspecten en energieverbruik komen wij verderop nog terug.

4. Indirecte droogprocessen, zoals de dunne filmdroger toegepast bij de VVI Dieppe

Hier heeft de droogstap géén invloed op het verbrandingsdiagram. De droging kost wel energie, in de vorm van stoomverbruik. Aangezien deze energie de transformatie van de warmte-inhoud van rookgassen naar stoom reeds heeft ondergaan, moet aan deze energie een beduidend hogere

Afb. 4 - Toepassing van indirecte droging. Het verlies aan energie-opbrengst is niet uit het verbrandingsdiagram afleesbaar ((stoomzijdig).





Afb. 5 - Principeschema voor een slibmaaldroog- en -verbranding in combinatie met een VII.

kostprijs worden toegerekend dan bij de directe droging.

Het effect van de verbranding van het tot ca. 50 % d.s. gedroogde slib (verbrandingswaarde ca. 6000 kJ/kg) is aangegeven in afb. 4. Ook hier gaat de verbranding van het slib ten koste van een deel van de huisvuilverwerkingscapaciteit, echter in duidelijk veel mindere mate dan bij de gezamenlijke verbranding van ontwaterd slib.

De resultaten van afb. 2, 3 en 4 zijn in tabel I schematisch samengevat, waaruit blijkt, dat de combinatie huisvuilverbranding met directe maaldroging van het slib en poederverbranding de minste energie- en capaciteitsverliezen met zich meebrengt.

5. Enkele aspecten van gecombineerde huisvuilverbranding en slibmaaldroging/verbranding

Wij zijn ons ervan bewust in het voorgaande slechts een zeer gedeeltelijke analyse van de effecten van de combinatie van huisvuil- en slibverbranding gegeven te hebben. Vooral wanneer het toepassing van slibverbranding bij een bestaande VVI betreft, dient nog met een groot aantal praktische en door de omstandigheden bepaalde beperkingen rekening te worden gehouden. Wij willen niet nalaten voor het maal-

droogstelsel op enkele van de belangrijkste punten kort in te gaan:

– Stank

De bij veel silbdrogingsprocessen optredende stank kan bij combinatie met een VVI zeer effectief bestreden worden. De droogdampen worden teruggevoerd in de vuurhaard, en bij temperaturen van boven 800 °C en voldoende verblijftijd gedesorodiseerd. Door de maaldroger onder een (geringe) onderdruk te laten werken kan stankoverlast goed worden voorkomen.

– Vliegaspductie

De drogingsstap levert geen extra vliegaspductie op, omdat uit de naar de vuurhaard teruggevoerde droogdampen de

drogestof in een cycloon is afgescheiden. Deze droogdampen zullen veelal minder met stof belast zijn dan de oorspronkelijke hete rookgassen!

Anders ligt het voor de verbrandingsstap. Wanneer de poederverbranding op een goede plaats en met toevoer van voldoende verbrandingslucht plaatsvindt, wordt een zeer goede uitbrand van het slib bereikt. De resterende as komt als vliegaf vrij, en kan een extra vliegaf-belasting van de rookgassen in de vuurhaard in de orde-grootte van 15 - 25 % betekenen. Tevens treedt door de additionele slibverbranding een vergroting van de rookgasstroom op, waardoor de effectiviteit van het E-filter enigszins zal teruglopen. Hierdoor kan toepassing bij een bestaande VVI op bezwaren stuiten. Bij een nieuw te bouwen installatie kunnen door een goede dimensionering van ketel en rookgasreiniging afdoende maatregelen worden genomen, zoals reeds bij diverse installaties is aange-toond.

– Geluid

Bij toepassing van een maaldroger verdienen ook de geluidsaspecten aandacht. Zowel de droger zelf als de toegepaste ventilatoren vormen een geluidsbron. Constructieve en akoestische maatregelen zijn vereist. Slijtage van roterende delen moet zoveel mogelijk worden voorkomen, omdat de daardoor optredende onbalansen het geluidsniveau aanzienlijk kunnen verhogen.

Daarom worden oudere types maaldroger, met gecombineerde ventilator (VVI Krefeld, zie [litt. 6]) niet meer toegepast. Door het plaatsen van de cycloon die het gedroogde slib uit de rookgasstroom afscheidt, vóór de ventilator wordt de slijtage aan de ventilator voldoende gereduceerd.

De maaldroger dient van een akoestische omkasting te worden voorzien.

– Elektriciteitsverbruik

Het elektriciteitsverbruik in kWh/ton ligt voor slibverbranding ca. 50 % boven dat van huisvuil. Hier zijn VVI's met warmte-terugwinning en eigen elektriciteitspro-

TABEL I - Invloed van slibdroging resp. -verbranding op de huisvuilverwerkingscapaciteit, en de energie-opbrengst van de oven.

	Alleen droging		Verbranding	
	Invloed op de capaciteit	Energie-opbrengst	Invloed op de capaciteit	Energie-opbrengst
Gezamenlijke verbranding	niet mogelijk		- 20 %	- 15 %
Directe droging				
met de trommeldroger	0	- 10 %	- 5 %	0
met de maaldroger	0	- 10 %	0	0
Indirecte droging	0	- 15 %	- 5 %	- 15 %

De aangegeven effecten zijn indicatief en afhankelijk van factoren als slibsoort en kwaliteit, huisvuilsamenstelling, roostertype, bedrijfsvoering etc.

duktie natuurlijk in het voordeel, vanwege de veelal lage kostprijs van de zelf geproduceerde elektriciteit.

– Flexibiliteit

Voordeel van het slibmaaldroog/verbrandingssysteem is de flexibiliteit. Zo wordt bij de VVI Lisieux het gedroogde slib naar keuze gepelletiseerd en afgezet in de landbouw, danwel als poeder in de VVI verbrand.

– Kosten

Over de kosten van deze vorm van slibverbranding bij bestaande installaties zijn weinig gegevens bekend. Een uitsplitsing van de bedrijfskosten voor huisvuilverwerking enerzijds en slibverwerking anderzijds stuit vaak op problemen.

VVI Lisieux geeft als verwerkingskosten het zeer lage bedrag van f 30,-/ton ontwaterd slib op. Dit is mede het gevolg van het feit dat het gedroogde slib daar met een hoge opbrengst als meststof in de landbouw kan worden afgezet. [lit. 5]. Voor andere installaties zouden de kosten rond de f 50,-/ton kunnen liggen. Projectcalculaties voor nieuwe installaties komen uit op ca. f 60,- tot f 75,-/ton. Dit betekent verwerkingskosten in de buurt van f 300,- per ton drogestof.

6. Conclusie

In deze reactie is ingegaan op enkele verbrandingstechnische aspecten van de gecombineerde verwerking van huisvuil en zuiveringsslib. Alhoewel het voor afvalverwerking in het algemeen zeer moeilijk is tot algemeen geldende uitspraken te komen, blijkt deze combinatie een aantal duidelijke voordelen te bieden, vooral bij toepassing van het maaldroger-systeem. Van dit systeem, dat bij een behoorlijk aantal installaties reeds enkele jaren wordt toegepast, zijn de kinderziektes nu overwonnen. Energetisch treedt bij de gecombineerde verwerking t.a.v. het zuiveringsslib een ongeveer neutrale situatie op. Als onder omstandigheden energie gesuppleerd moet worden kan dat met relatief lage kosten plaatsvinden.

Gecombineerde verwerking komt bij voorkeur in aanmerking bij nieuw te bouwen installaties. Het kostenniveau ligt dan rond de f 300,- per ton droge stof, (exclusief ontwateringskosten) en daarmee aanzienlijk lager dan bij een separate verbrandingsinstallatie. Gezien het toch nog vrij hoge kostenniveau komt ook dit type van slibverwerking alleen in aanmerking voor sterk verontreinigde zgn. 'probleemslibs', of als andere slibafzetmogelijkheden ontbreken.

Literatuur

1. Overbeek, Ir. Th. A. A. van, *Slibverbranding, al of niet gecombineerd met huisvuil*. H₂O (15) 1982, nr. 6.
2. Zeltner, Ing. E. *Bewährte und neu-entwickelte Klärschlamm-Behandlungsverfahren*. Chemische Rundschau (30), 1977, nr. 15.
3. Krings, J. *French experience with Facilities for Combined Processing of Municipal Refuse and Sludge*. CRE-Conference, Montreux, November 1975.
4. Nold, P. *Die gemeinsame Verbrennung von Hausmüll und Klärschlamm*. International Recycling Congress Berlin 1979.
5. Armbruster, A. en Bouchala, Y. *Verwertung der Energie aus Müllverbrennungsanlagen für die Trocknung von Klärschlamm*. IRC Berlin 1979.
6. Sluymers, J. J. *Gecombineerde installatie voor het verbranden van stedelijk afval en zuiveringsslib in Krefeld*. H₂O (13) 1980, nr. 13.
7. Würdemann, Ir. M. *Verbranding van huisvuil en chemisch afval, als methode voor energieretourwinning en milieubehoud*. Technisch Maandblad voor Gemeentereiniging (73) 1982, nr. 2.
8. Thomé-Kozmiensky, Prof. K. J., e.a. *Thermische Behandlung von Haushaltsabfällen*. Techn. Universität Berlin, Juni 1978.
9. STORA-rapport. *Slibontwatering tot meer dan 40 % drogestof*. Rijswijk, mei 1979.
10. Duvoort-van Engers, Ir. L. E. *De productie en bestemming van zuiveringsslib*. H₂O (15) 1982, nr. 2.
11. Graaf, Ir. J. H. J. M. van der. *Slibbehandeling en energie*. H₂O (15) 1982, nr. 2.



Ingezonden:

Anisotropie, een verwaarloosd verschijnsel bij grondwater-vraagstukken

In het artikel van ir. Olsthoorn in H₂O 11/82 'Anisotropie' berusten de 'formele bewijzen' op blz. 262 dat $q' = q$ en $S_s' = S_s$ op niets, daar deze gelijkheden *per definitie* gelden. Laat nl. in het algemeen de transformatie gegeven zijn:

$$x = \sqrt{\frac{k_x}{\alpha}} x' \quad y = \sqrt{\frac{k_y}{\alpha}} y' \quad z = \sqrt{\frac{k_z}{\alpha}} z' \quad t = t'$$

De determinant v/d transformatiematrix = $\sqrt{\frac{k_x k_y k_z}{\alpha^3}}$. Als men nu definieert:

$$\Phi'(x', y', z', t') = \Phi(x, y, z, t)$$

$$q'(x', y', z', t') = q(x, y, z, t)$$

$$S_s'(x', y', z', t') = S_s(x, y, z, t)$$

dan volgt uit blz. 262 (1):

$$\alpha \left(\frac{\partial^2 \Phi'}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 \Phi'}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 \Phi'}{\partial z'^2} \right) + q' - S_s' = 0$$

De vraag is aan de orde of q' en S_s' dezelfde interpretatie hebben als q en S_s .

Bijvoorbeeld voor q, q' :

$$Q = \int_V q \, dx \, dy \, dz = \int_{V'} \sqrt{\frac{k_x k_y k_z}{\alpha^3}} \, q'$$

$$q' \, dx' \, dy' \, dz'$$

$$\text{Dus i.h.a. dient } \sqrt{\frac{k_x k_y k_z}{\alpha^3}} q' \text{ opgevat te}$$

worden als de getransformeerde infiltratie/onttrekkingsstroom. Als $\alpha^3 = k_x k_y k_z$ dan heeft q' dezelfde interpretatie als q . Idem voor S_s' . Dit is in Olsthoorn's artikel het geval. Het ligt dan voor de hand dat grootheden per volume-eenheid hetzelfde geïnterpreteerd kunnen worden, maar grootheden per oppervlakte- of lengte-eenheid in het algemeen niet.

Bijvoorbeeld:

$$\mu(x, y, t) = \int_0^H S_s(x, y, z, t) \, \alpha \, dz =$$

$$= \int_0^{H'} \sqrt{\frac{k_z}{\alpha}} S_s'(x', y', z', t') \, \alpha \, dz'$$

$$\mu'(x', y', t') = \int_0^{H'} S_s'(x', y', z', t') \, \alpha \, dz' =$$

$$= \sqrt{\frac{\alpha}{k_z}} \mu(x, y, t), \text{ etc.}$$

J. v. Eykeren
Pr. Frederiklaan 361
2263 HG Leidschendam

Naschrift auteur

De 'formele bewijzen' op pag. 262 berusten wel degelijk op iets en zijn zinvol omdat deze op een uiterst simpele wijze een fysische betekenis demonstreren van de gekozen transformaties, nl. dat de volumestromen in beide media gelijk zijn, mij