

Blootstelling aan biologische factoren in de afvalverwerkende industrie

M. van Tongeren¹, D. J. J. Heederik², H. Kromhout³

Summary

Exposure to organic dust, endotoxine, and micro-organisms was measured in a compost screening plant and a waste transshipment facility. The personal exposure to inspirable dust in the compost screening plant exceeded the maximal acceptable concentration for nuisance total dust in 30% of the measurements. Extremely high concentrations of micro-organisms were found (Fungi: mean $13.1-31.2 \times 10^3$ cfu/m³; bacteria: mean $10.3-21.4 \times 10^3$ cfu/m³; gram-negative bacteria: mean $1.9-5.0 \times 10^3$ cfu/m³). Various fungi and bacteria were determined; including allergic and infectious species. Mean personal endotoxine exposure ranged from 17.6 to 28.8 ng/m³. It was concluded that health effects due to exposure to organic dust, endotoxine, and micro-organisms are possible among workers at the two facilities. Comparable exposures are likely in other areas of the waste collection, shipment, and processing industry.

Inleiding

In tal van industrietakken, zoals de textielindustrie, de graanverwerkende industrie, de hout- en papierverwerkende industrie, de voedings- en genotsmiddelenindustrie en de agrarische industrie worden werknemers blootgesteld aan biologische factoren, zoals schimmels, bacteriën, toxinen en allergenen (Heederik en Smid, 1988). De blootstellingsniveaus in deze industrietakken zijn vaak zodanig

hoog dat een breed spectrum aan gezondheidseffecten mogelijk is (Rylander et al., 1985). Vooral respiratoire effecten waaronder CARA (astma, bronchitis) en allergische luchtwegaandoeningen treden op de voorgrond. Over zowel de blootstellingsniveaus als gezondheidseffecten in de afvalverwerkende sector is echter weinig bekend.

Afval kan, afhankelijk van de bron, uit een groot aantal componenten bestaan. Huisvuil neemt samen met straatvuil ongeveer 8% van de totale afvalberg in beslag. Daarnaast vormt industrieel afval en afval van slachterijen en ziekenhuizen een belangrijke bijdrage aan de totale hoeveelheid afval (RIVM, 1988). Huisvuil bestaat uit een anorganisch deel (steen, klei, porselein, glas, metaal en kunststof) en een organisch deel (hout, karton, papier, textiel, groente, fruit- en tuinafval, en uitwerpselen van mensen en dieren) (Münz, 1982; Duckett et al., 1980).

In 1990 werd in totaal 5 miljoen ton huishoudelijk afval geproduceerd (Brasser, 1990), waarvan ongeveer 100 000 ►

1. Vakgroepen Luchthygiëne en -verontreiniging en Humane epidemiologie en Gezondheidsleer. Landbouwuniversiteit Wageningen.

2. Vakgroep Humane epidemiologie en Gezondheidsleer, Landbouwuniversiteit Wageningen. Correspondentie-adres: Dr. ir. D.J.J. Heederik, vakgroep Humane epidemiologie en Gezondheidsleer, Postbus 238, 6700 AE Wageningen.

3. Vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging, Landbouwuniversiteit Wageningen.

ton groente-, fruit- en tuinafval. Het organisch deel van het afval kan, al dan niet aan de bron, gescheiden worden van de rest van het afval en worden gecomposteerd. Compostering is een microbiologisch proces waarbij het afval door zogenaamde rottingsorganismen, bijvoorbeeld bacteriën (actinomyceten), schimmels, gisten, algen en protozoën, onder aërobe omstandigheden, omgezet wordt in eenvoudige verbindingen (Münz, 1982). Dit levert een nuttig produkt op dat gebruikt kan worden in land- en tuinbouw als grondverbeteraar en als voedingsstof. In een aantal onderzoeken wordt melding gemaakt van hoge blootstellingen aan micro-organismen in de afvalverwerkende sector. Tabel 1 geeft een samenvatting van de resultaten van enkele onderzoeken bij composteringsinstallaties, afvalsorteerbedrijven en stortplaatsen. De variatie in de stof en endotoxineblootstelling en de concentratie micro-organismen in de lucht is groot. Gemiddelde stofconcentraties in composteringsinstallaties, een afvalsorteerbedrijf en bij afvalstortplaatsen variëren van 0,1 - 43,3 mg/m³ (Lacey et. al., 1990; Clark et. al., 1983; Duckett et al., 1980; Rahkonen et. al., 1987). Endotoxine is bij twee van de in tabel 1 vermelde onderzoeken gemeten (Clarke et. al., 1983; Sigaard et. al., 1990) met zeer uiteenlopende resultaten. Ook de gemiddelde concentratie aan micro-organismen varieert sterk en bovendien blijkt dat blootstelling aan diverse soorten micro-organismen voorkomt, waaronder fecale micro-organismen (Duckett et. al., 1980; Lembke en Kniseley, 1980) en thermofiele actinomyceten (Lacey et. al., 1990; Rahkonen et. al., 1987). Extreem hoge blootstellingen aan stof, endotoxine en micro-organismen zijn, gezien deze gegevens, mogelijk in de afvalverwerkende industrie. Blootstelling aan organisch stof, daarin voorkomende micro-organismen en toxinen en enzymen geproduceerd

door micro-organismen kunnen in de longen aanleiding geven tot infecties en allergieën (Dutkiewicz et. al., 1988). In de agrarische industrie zijn een aantal longaandoeningen bekend als gevolg van blootstelling aan de biologisch actieve componenten in organisch stof, bijvoorbeeld de boerenlong en champignonskwekerslong. Thermofiele actinomyceten spelen waarschijnlijk een belangrijke rol bij deze aandoeningen (Lacey et. al., 1990). Extrinsieke allergische alveolitis en beroepsastma worden ook vaak vermeld als gevolg van blootstelling aan micro-organismen (Rylander, 1986). Blootstelling aan endotoxine wordt in relatie gebracht met 'Organic Dust Toxic Syndrome' (Rylander, 1986), welke zich uit in het optreden van koortsverschijnselen na een excessief hoge blootstelling. In een onderzoek door Lundholm en Rylander (1980) bij elf werknemers van een compostfabriek werden werkgerelateerde symptomen gevonden, waaronder hoofdpijn (bij 5 van de 11 werknemers) en diarree (bij 4 van de 11 werknemers). Nederlandse gegevens over gezondheidseffecten zijn schaars.

Naar aanleiding van een geval van Aspergillose bij een werknemer in een huisvuilverbrandingsinstallatie is een onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van antilichamen tegen componenten van het organisch stof in het sera van de werknemers van deze installatie (Van der Laar, 1990). In een aantal gevallen werden antilichamen tegen op de werkplek voorkomende schimmels gevonden, vooral tegen *Aspergillus fumigatus* en *Penicillium notatum*.

Om een overzicht te krijgen van de blootstellingsniveaus aan organisch stof, micro-organismen en endotoxinen in de afvalverwerkende industrie in Nederland zijn twee onderzoeken uitgevoerd, bij een vuilverlaadstation en in een compostzeefabriek. In beide onderzoeken is de bloot-

Tabel 1. Overzicht van rekenkundig gemiddelde (AM) concentraties stof, endotoxine en micro-organismen in verschillende sectoren van de afvalverwerkende industrie

soort bedrijf	stof-concentratie	endotoxine-concentratie	concentratie micro-organismen	ref.
Composteringsinstallatie	AM: 43,3 mg/m ³	—	AM: 1,3 × 10 ⁵ - 1,5 × 10 ⁶ kve/m (bacteriën) AM: 1,9 × 10 ⁵ - 4,6 × 10 ⁵ kve/m ³ (thermofiele actinomyceten) AM: 4,8 × 10 ⁴ - 1,1 × 10 ⁶ kve/m ³ (schimmels) AM: 1,1 × 10 ⁴ - 2,8 × 10 ⁴ kve/m ³ (gram-negatieve bacteriën)	Lacey et. al. (1990)
Composteringsinstallatie	AM: 0,1-10,6 mg/m ³	AM: 1-4,2 ng/m ³	AM: 0,1 × 10 ³ - 1,0 × 10 ⁵ kve/m ³ (bacteriën) AM: 0,1 × 10 ³ - >1,5 × 10 ⁶ kve/m ³ (<i>Aspergillus fumigatus</i>)	Clark et. al. (1983)
Afvalsorteerbedrijf (1980)	AM: 28,1 mg/m ³	—	AM: >4,5 × 10 ⁶ kve/m ³ (totaal micro-organismen) AM: 8,6 × 10 ⁶ kve/m ³ (fecale micro-organismen)	Duckett et. al
Afvalsorteerbedrijf	—	—	AM: 0,1 × 10 ³ - 2,1 × 10 ³ kve/m ³ (bacteriën) AM: 0,02 × 10 ³ - 1,0 × 10 ³ kve/m ³ (fecale bacteriën)	Lembke en Kniseley (1980)
Afvalsorteerbedrijf	—	480-990 ng/m ^{3a}	>20 × 10 ³ kve/m ^{3a} (bacteriën) >6 × 10 ³ kve/m ^{3a} (gram-negatieve bacteriën) >10 × 10 ³ kve/m ^{3a} (schimmels)	Sigaard et. al. (1990)
Afval stortplaatsen	AM: 1,0 mg/m ³	—	AM: 7,4 × 10 ³ kve/m ³ (bacteriën) AM: 6,8 × 10 ³ kve/m ³ (schimmels) AM: 0,2 × 10 ³ kve/m ³ (thermofiele actinomyceten)	Rahkonen et al. (1987)

^a in deze publikatie worden geen gemiddelde waarden gegeven

stelling aan stof, schimmels, bacteriën, gram-negatieve bacteriën en endotoxinen afkomstig van gram-negatieve bacteriën gemeten. De gevonden blootstellingsniveaus zijn vergeleken met bestaande grenswaarden en vuistregels (stof en endotoxine), en met resultaten van andere onderzoeken waarbij gezondheidseffecten gevonden zijn (stof, micro-organismen en endotoxine).

Materiaal en methode

In het overlaadstation wordt huishoudelijk afval aangevoerd in vrachtwagens en overgeladen in wagons die het afval vervolgens transporteren naar een stortplaats. Het afval wordt of direct overgeladen in een wagon, of eerst in een stortbunker gestort en later overgeladen. In de compostzeeffabriek wordt geïmposteerd organisch afval op verschillende fracties gezeefd. Allereerst worden de grove delen uit het compost gehaald (zeef 3). Vervolgens wordt de compost gezeefd op de kleinste fractie (zeef 1). De restfractie wordt hierna op een iets grovere fractie gezeefd (zeef 2).

Totaal stof is zowel stationair als persoonlijk gemeten. De stationaire metingen zijn uitgevoerd in de stortbunker en op het rangeerterrein van het overlaadstation en bij de drie zeven in de compostzeeffabriek. Totaal stof is gemeten met behulp van een Pas-6 filterhouder bij een debiet van 2,0 l/min (Van der Wal, 1983; Ter Kuile, 1984). De meetduur van alle stofmetingen bedroeg 6 tot 8 uur.

Van de stofmonsters van de compostzeeffabriek is het endotoxine gehalte bepaald. Het endotoxine is geëxtraheerd van het stof en verdund met pyrogeenvrij water. De bepaling van de endotoxineconcentratie gebeurt met een Limulus Amoebocytlysaat Test (LAL-test). Endotoxine activeert een pro-enzym in het Limulus Amoebocytlysaat, waarna het gevormde enzym de splitsing van p-nitro-aniline uit het substraat katalyseert onder de vorming van azijnzuur (Boley et al., 1987). Het azijnzuur wordt vervolgens spectrofotometrisch bepaald. Voor meer details over deze bepaling wordt verwezen naar Kateman et al. (1990).

Bij de analyse van de monsters van de zeefabriek is gebruik gemaakt van een kinetisch turbidimetrische methode (Milton et al., 1990). Dit is een verfijning van de algemeen gebruikte LAL-test. De reactiesnelheid heeft een sigmoïdaal verloop. De reactie komt traag op gang, verloopt vervolgens steeds sneller en neemt tegen het eind van de reactie weer in snelheid af. De endotoxineconcentratie wordt berekend door van de reactiecurve de richtingscoëfficiënt van het rechte deel te berekenen en deze te vergelijken met die van een aantal ijklijnen. Het voordeel van deze analyse ten opzichte van de conventionele LAL-test is de hogere precisie.

De concentratie schimmels, bacteriën en gram-negatieve bacteriën is gemeten met de N_6 -modificatie van de Andersen Sampler (Jones et al., 1985). Het debiet is ingesteld op 28,3 l/min. Voor de schimmel-monstername is gebruik gemaakt van Malt Extract Agar (MEA) als voedingsbodem. Voor de bacterie-monstername was dit Plate Count Agar (PCA) en voor de gram-negatieve bacterie-monstername Plate Count Agar met kristalviolet (PCA+) (n=176). De voedingsbodems voor de schimmelmetingen zijn gedurende 4 dagen geïncubeerd bij een temperatuur van 24°C. De voedingsbodems voor de bacteriemetingen zijn 1 dag geïncubeerd bij een temperatuur van 37°C. Na de incubatieperiode zijn de kolonievormende eenheden op voedingsbodems geteld. Na correctie voor zogenaamde 'multiple hits' met behulp van de 'positive hole conversion table', werd de concentratie berekend en uitgedrukt als kolonievormende eenheden (kve) per m³. Een aantal voedingsbodems is geselecteerd voor determinatie van de schimmels en bacteriën.

Resultaten

De gemiddelde, stationair bepaalde stofconcentratie in het overlaadstation en de compostzeeffabriek is lager dan de MAC-waarde voor hinderlijk totaal stof (10 mg/m³, 8 uur tgg) (tabel 2). De gemiddelde total stofconcentratie is het hoogst in de stortbunker van het overlaadstation (AM 2.8 mg/m³, GSD 2.4). De grote betrouwbaarheidsintervallen rond de geometrisch gemiddelden voor de bunker en het rangeerterrein worden veroorzaakt door de kleine aantallen metingen.

De persoonlijke stofblootstelling is weergegeven in tabel 3. Behalve voor de werknemers in de bunker geldt dat de

Tabel 2. Resultaten stationaire totaal stof-metingen (in mg/m³)

	n	AM	GM	GSD	95% btbhi
Overlaadstation:					
bunker	4	2,8	2,2	2,4	0,5- 8,9
rangeerterrein	3	0,7	0,6	2,4	0,1- 5,3
Compostzeeffabriek:					
zeef 1	26	0,5	0,7	1,8	0,6- 0,9
zeef 2	26	1,2	0,7	2,6	0,5- 1,0
zeef 3	23	1,7	1,2	2,7	0,8- 1,8

n= aantal metingen

AM= rekenkundig gemiddelde (mg/m³)

GM= geometrisch gemiddelde (mg/m³)

GSD= geometrische standaard deviatie

95% btbhi= 95% betrouwbaarheidsinterval van GM (mg/m³)

persoonlijke stofblootstelling hoger is dan de stationair bepaalde concentratie. Dit wordt veroorzaakt doordat werknemers door hun werkzaamheden over het algemeen dicht bij de stofbron komen. In het geval van de stortbunker wordt de lagere persoonlijke blootstelling waarschijnlijk veroorzaakt doordat de afstand van de werknemers tot de bron door technische hulpmiddelen vergroot is (bijv. een afgesloten cabine in het geval van kraanmachinisten). De geometrisch gemiddelde stofblootstelling in de compostzeeffabriek bedraagt 4,7 mg/m³ (GSD 3,5). Bij 6 van de 20 metingen werd de grenswaarde voor hinderlijk totaal

Tabel 3. Persoonlijke stofblootstelling (in mg/m³)

	n	AM	GM	GSD	95% btbhi
Overlaadstation:					
bunker	13	2,1	1,8	1,7	1,3- 2,5
rangeerterrein	12	2,2	1,9	1,7	1,4- 2,7
stortperron	3	3,1	2,9	1,6	0,9- 9,3
algemeen	4	2,4	2,2	1,7	0,9- 5,1
Compostzeeffabriek:					
persoon 1	9	1,9	1,7	1,6	1,2- 2,4
persoon 2	5	19,7	12,9	2,8	3,6- 46,3
persoon 3	3	12,2	10,8	1,8	2,5- 46,5
persoon 4	3	14,4	7,7	5,5	0,1->100

n = aantal metingen

AM = rekenkundig gemiddelde (mg/m³)

GM = geometrisch gemiddeld (mg/m³)

GSD = geometrische standaard deviatie

95% btbhi = 95% betrouwbaarheidsinterval van GM (mg/m³)

Tabel 4. Stationaire en persoonlijke endotoxineconcentratie (ng/m³) in de compostzeeffabriek

	n	AM	GM	GSD	95% btbhi
<i>Stationair</i>					
zeef 1	13	7,4	0,9	5,4	0,3- 2,5
zeef 2	13	2,1	1,0	3,3	0,5- 2,1
zeef 3	13	2,8	1,0	4,2	0,4- 2,4
<i>Persoonlijk</i>					
persoon 1	9	23,8	3,8	6,2	0,9- 15,4
persoon 2	5	14,4	3,5	5,2	0,4- 34,5
persoon 3	3	17,6	14,8	2,2	2,1- 104,9
persoon 4	3	17,7	8,2	4,5	0,4- 344,0

n= aantal metingen

AM= rekenkundig gemiddelde (ng/m³)

GM= geometrisch gemiddeld (ng/m³)

GSD= geometrische standaard deviatie

95% btbhi= 95% betrouwbaarheidsinterval van GM (ng/m³)

stof overschreden. De kans op grenswaarde-overschrijding van de MAC-waarde voor hinderlijk stof varieert bij de werknemers in de zeefabriek van minder dan 5% tot 60%, de kans op grenswaarde-overschrijding bij de werknemers van het overlaadstation is kleiner dan 5%. Bij deze resultaten moet bedacht worden dat weliswaar volgens de totaal stof-definitie, een aanzuigsnelheid van 1,25 m/s in de aanzuigopening (Staubforschungsinstitut, 1973), is gemonsterd, maar dat in de praktijk is gebleken dat de afvangstcurve van de PAS-6 redelijk overeenkomt met de inspireerbare fractie van het stof en dus een onderschatting van de totaal stofblootstelling plaatsvindt

Tabel 5. Schimmel- en bacterieconcentratie (in kve × 10⁻³/m³)

	n	AM	GM	GSD	95% btbhi
<i>Schimmels (voedingsbodem MEA)</i>					
Overlaadstation:					
bunker	7	31,2	30,0	1,4	21,9- 41,0
rangeerterrein	17	14,3	13,4	1,5	10,9- 16,5
Compostzeeffabriek:					
zeef 1	44	13,1	9,4	2,4	6,9- 12,3
zeef 2	35	18,6	12,3	2,4	9,1- 16,6
zeef 3	30	26,9	19,9	2,2	14,8- 26,7
<i>Bacteriën (voedingsbodem PCA)</i>					
Overlaadstation:					
bunker	14	10,3	9,0	1,6	6,9- 11,8
rangeerterrein	21	10,3	7,8	2,1	5,6- 10,9
Compostzeeffabriek:					
zeef 1	35	13,0	8,8	2,6	6,3- 12,2
zeef 2	36	19,2	16,0	1,9	12,9- 19,9
zeef 3	29	21,4	18,1	1,9	14,2- 23,1
<i>Gram-negatieve bacteriën (voedingsbodem PCA + kristalviolet)</i>					
Overlaadstation:					
bunker	23	5,0	4,7	1,4	4,1- 5,4
rangeerterrein	30	2,6	0,6	6,0	0,3- 1,2
Compostzeeffabriek:					
zeef 1	43	3,0	0,7	8,5	0,4- 1,4
zeef 2	44	1,9	0,8	3,6	0,5- 1,2
zeef 3	36	3,1	1,0	7,0	0,5- 1,9

n= aantal metingen

AM= rekenkundig gemiddelde (× 10⁻³ kve/m³)

GM= geometrisch gemiddelde (× 10⁻³ kve/m³)

GSD= geometrische standaard deviatie

95% btbhi= 95% betrouwbaarheidsinterval van GM (× 10⁻³ kve/m³)

(Boley et. al., 1987). De grote spreiding in de blootstelling die zich uit in de hoge geometrische standaarddeviatie bij de werknemers in de zeefabriek wordt vooral veroorzaakt door grote verschillen in blootstelling tussen werknemers en tussen werkdagen. Eén werknemer had een significant lagere blootstelling dan de overige werknemers. Oorzaken hiervan zijn op grond van de verzamelde gegevens niet met zekerheid te geven, maar moeten waarschijnlijk gezocht worden in een verschil in takenpakket, een verschil in werkmethode tussen verschillende werknemers en verschillende werkdagen en/of een verschil in vochtigheid van het compost.

De resultaten van de endotoxinebepaling zijn weergegeven in tabel 4. De gemiddelde, stationair gemeten, endotoxineconcentratie in de compostzeeffabriek bedraagt 4,1 ng/m³. De persoonlijke blootstelling is echter hoger, namelijk 19,6 ng/m³. De hoge geometrische standaardafwijkingen (GSD) geven aan dat de endotoxineconcentratie erg variabel is. Evenals bij de persoonlijke stofblootstelling, worden bij de endotoxineblootstelling grote verschillen gevonden tussen verschillende werknemers en werkdagen, hetgeen veroorzaakt wordt door verschillen in de blootstelling en verschillen in het endotoxinegehalte van de stof.

De gemiddelde schimmel- en bacterieconcentratie varieert tussen 13,1 × 10³ kve/m³ en 31,2 × 10³ kve/m³ (tabel 5). De gemiddelde concentratie gram-negatieve bacteriën varieert tussen 1,9 × 10³ kve/m³ en 5,0 × 10³ kve/m³. Bij het beoordelen van deze resultaten moet bedacht worden dat de hier gevonden schimmel- en bacterieconcentratie-niveaus de bovenste limiet van de meetmethode benaderen. Bij een groot aantal metingen waren de voedingsbodems overgroeid en konden hierdoor niet geteld worden. De bovenste limie wordt bepaald doordat maximaal 400 kolonievormende eenheden op een voedingsbodem uit een 'Andersen sampler' geteld kunnen worden. Bij een monsternametijd van 1 minuut is de bovenste limiet 14,1 × 10³ kve/m³ (hogere concentraties worden desondanks toch gevonden door toepassing van een correctie voor 'multiple hits'). Bovendien wordt aanbevolen om niet korter dan 1 minuut te monstern, omdat de fout geïntroduceerd door het aan- en uitzetten van de pomp dan te groot wordt. De werkelijke concentratie is daarom waarschijnlijk hoger dan de hier gepresenteerde.

Uit de determinatie van de micro-organismen van een aantal geselecteerde monsters van de zeefabriek blijkt dat de variatie in soorten micro-organismen groot en complex is (tabel 6). De populatie bestaat uit potentieel allergene micro-organismen, zoals *Aspergillus* spp. en *Penicillium* spp. en infectieuze micro-organismen, zoals *Candida albicans* en *Cryptococcus neoformans* (Duguid and Path, 1969). Bij de schimmels zijn relatief veel *Penicillium* spp. gevonden, en bij de bacteriën relatief veel *Pseudomonas*, *Staphylococcus* en *Bacillus* spp. De concentratie per micro-organisme kon niet worden berekend, aangezien slechts een beperkt aantal monsters is geselecteerd voor kwalitatieve determinatie. Er zijn weinig tot geen thermofiele micro-organismen aangetoond.

Discussie en conclusie

De blootstelling aan organisch stof en biologisch actieve componenten in de afvalverwerkende industrie blijkt hoog te zijn. Voor organisch stof wordt veelal uitgegaan van de MAC-waarde voor hinderlijk totaal stof (10 mg/m³) over 8 uur. De aard van de gezondheidseffecten die ten gevolge van beroepsmatige blootstellingen zijn beschreven, geeft aan dat dit ten onrechte is (Heederik en Smid, 1988). Afhankelijk van de aard van en de actieve componenten in het stof kunnen al bij lagere blootstellingen gezondheidseffecten optreden (Heederik, 1990). De persoonlijke

stofblootstelling in de compostzeeffabriek overschreed de grenswaarde voor hinderlijk totaal stof in 30% van de metingen.

Voor de blootstelling aan endotoxine bestaat geen MAC-waarde. Door een internationale werkgroep is in het begin van de jaren tachtig een grenswaarde gesuggereerd van 100 ng/m³ (Heederik en Smid, 1988). Latere publikaties (Castellan et. al., 1984; Palchak et. al., 1983) suggereren een lagere grenswaarde voor endotoxine in de range van 10-30 ng/m³. In beide gevallen is de grenswaarde gebaseerd op acute effecten op de luchtwegen. In de praktijk moet worden gestreefd naar een zo laag mogelijke bloot-

worden beschouwd (CGBF, 1989). Boven deze niveaus moeten maatregelen genomen worden. Een commissie van de 'American Conference of Governmental Industrial Hygienists' (ACGIH) heeft geadviseerd dat de concentratie saprofytische micro-organismen (=micro-organismen die leven in organisch afval) in de binnenlucht minder dan een derde van de buitenlucht moet bedragen als de buitenlucht de enige bron van micro-organismen is (Burge et. al., 1987). Deze vuistregels geven echter geen garantie voor bescherming van de werknemer en moeten niet als grenswaarden worden beschouwd (Heederik, 1990). Overigens zijn ook situaties bekend waarbij blootstelling aan hogere niveaus dan deze richtwaarden plaatsvond zonder dat gezondheidseffecten voor leken te komen. Duidelijk is dat de concentraties in beide hier onderzochte arbeidssituaties zeer hoog zijn. Bovendien blijkt uit de determinaties dat een veelvoud aan verschillende soorten schimmels en bacteriën voorkomt in de lucht, waaronder micro-organismen met potentieel allergene en potentieel infectieuze eigenschappen.

In tegenstelling tot andere onderzoeken bij composteringsbedrijven (Millner et. al., 1977; Clark et. al., 1983; Lacey et. al., 1990) werden in dit onderzoek nauwelijks thermofiele micro-organismen gevonden. Het is niet aannemelijk dat in de compostzeeffabriek geen thermofiele micro-organismen voorkomen. De afwezigheid van dergelijk micro-organismen kan verklaard worden doordat in dit onderzoek gebruik is gemaakt van algemene technieken om micro-organismen te meten, terwijl het meten van thermofiele micro-organismen een specifieke aanpak vereist. De resultaten komen overeen met het beeld dat ontstaat uit andere onderzoeken in verschillende sectoren van de afvalverwerkende industrie (Lacey et. al., 1990; Rahkonen et. al., 1987; Duckett et. al., 1980; Lembke en Knisely 1980; Clark et. al., 1983). Algemeen kan dan ook gesteld worden dat hoge blootstellingen aan organisch stof en extreem hoge blootstellingen aan micro-organismen in de afvalverwerkende sector kunnen voorkomen. Meer aandacht voor de arbeidsomstandigheden is dan ook gewenst. De overheid geeft in het Nationaal Milieubeleidsplan (Tweede Kamer der Staten Generaal, 1989) aan dat in het jaar 2000, 55% van het afval op een of andere manier hergebruikt moet worden. Grote investeringen in de afvalverwerkende sector worden dan ook voorzien. Bij het invullen van de investeringen is het noodzakelijk dat aandacht besteed wordt aan arbeidsomstandigheden van de werknemers en aan beheersmaatregelen om zodoende toekomstige blootstellingen en mogelijke schadelijke gezondheidseffecten te voorkomen of te reduceren. Onderzoek naar gezondheidseffecten bij werknemers in de afvalverwerkende industrie als gevolg van de huidige blootstelling aan organisch stof is noodzakelijk. Bovendien is onderzoek nodig naar mogelijke beheersmaatregelen om in de huidige en toekomstige situatie de blootstelling aan organisch stof en de biologische componenten hierin zo laag mogelijk te houden.

Tabel 6. Resultaten van de schimmel- en bacteriedeterminaties

Schimmels	Gisten	Bacteriën (gram-kleuring)
Penicillium spp. P. arenicola P. digitatum P. echinulatum P. roqueforti P. commune P. aurantio-griseum P. verucosum P. chrysogenum P. paxillii	Saccharomyces spp. S. cerevisiae Cryptococcus spp. Cr. neoformans Cr. laurentii Candida spp C. albicans	Pseudomonas spp. (-) P. putida P. intermedius Serratia spp. (-) S. rubidae Micrococcus spp. (+) M. luteus Staphylococcus spp (+) St. xylosum St. gallinarum St. intermedius Bacillus spp (+) B. megaterium B. cereus B. circulans Erwinia spp. (-) E. herbicola Alcaligenes spp. (-) A. faecalis
Cladosporium spp. Cl. macrocarpum Cl. sphaerospermum Byssochlymas spp. B. nivea B. fulva		
Maniliella spp. M. acetobutens		
Mucor Spp M. racemosus M. hiemalis Aspergillus spp, A. fumigatus A. alternata A. terreus Alternaria spp. A. alternata Absidia spp. A. corymbufera Neurospora spp. N. crassa Trichosporon spp.		

stelling. Uit de resultaten blijkt dat de blootstelling in de compostzeeffabriek zodanig is dat gezondheidseffecten bij de werknemers niet uitgesloten kunnen worden (Kateman et. al., 1990; Houba et. al., 1989).

Blootstellingen aan micro-organismen in zowel de compostzeeffabriek als het overlaadstation zijn hoog en kunnen gezondheidseffecten veroorzaken bij de werknemers. In een rapport van de Contactgroep Biologische Factoren, dat door de Nederlandse Vereniging voor Arbeids en Bedrijfsgeneeskunde (NVAB) en de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) is uitgegeven, wordt aangegeven dat schimmelconcentraties boven 10 × 10³ kve/m³ of boven 500 kve/m³ voor één soort als te hoog kunnen

Op deze plaats willen wij de medewerkers van het vuiloverlaadstation en van de compostzeeffabriek bedanken voor hun medewerking aan het onderzoek. Verder bedanken wij Ton Arends en Nienke van Kerkhof voor de uitvoering van het onderzoek bij het vuiloverlaadstation, en mevr. Bunnik en mevr. den Brinker van de afdeling Bedrijfsgezondheidszorg van de gemeente Hilversum voor hun ondersteuning hierbij.

Literatuur

- Boley, J., D. Heederik, H. Kromhout, 1987; Karakterisering van de blootstelling aan chemische stoffen in de werkomgeving. Pudoc, Wageningen.

- Brasser, L. J., 1990; Solid waste disposal in The Netherlands. *J. Air. Waste Manage. Assoc.* 40: 1364-1367.
- Burge, H. A., M. Chatigny, J. Feeley, K. Kreiss, P. Morey, J. Otten, K. Peterson, 1987; Guidelines for the assessment and sampling of saphrophytic bioaerosols in the indoor environment. *Appl. Ind. Hyg.* 2 (no. 5): R10-R16.
- Castellán, R. M. et al., 1984; Acute bronchospasm induced by cotton dust; dose-related responses to endotoxin and other dust factors. *Ann. Int. Med.* 101: 157-163.
- CBGF, Contactgroep Biologische Factoren, studiegroep meetmethoden, 1989; Protocol onderzoeksmethoden (micro-)biologische binnenlucht verontreiniging. NVvA/NVAB, Den Haag.
- Clark, C. S., R. Rylander, L. Larsson, 1983; Levels of gram-negative bacteria, *Aspergillus fumigatus*, dust, and endotoxin at compost plants. *Appl. Environ. Microbiol.* 45:1501-1505.
- Duckett, E. J., J. Wagner, R. Welker, B. Rogers, V. Usdin, 1980; Physical/chemical and microbiological analyses of dusts at a resource recovery plant. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 41:908-914.
- Duguid, J. P. and F. C. Path, 1969; Pathogenic fungi. In: (eds) R. Cruickshank, J. P. Duguid and R. H. A. Swain. *Medical Microbiology*. 11th ed. Livingstone, Edinburgh and London.
- Dutkiewicz, J., L. Jablonsky, S. A. Olenchock, 1988; Occupational Biohazards: A Review. *Am. J. Ind. Med.* 14:605-623.
- Jones, W., K. Moring, P. Morey, W. Sorenson, 1985; Evaluation of the Andersen viable impactor for single stage sampling. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 46:294-298.
- Heederik, D., 1990; Naar een beheersstrategie voor allergenen van biologische herkomst? In: A. Burdorf (ed). *Beheersmaatregelen in de Arbeidshygiëne*. Reeks symposiumverslagen deel 1, Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne.
- Heederik, D. en T. Smid, 1988; Beroepsmatige blootstelling aan organisch stof en daarmee samenhangende risico's voor de gezondheid. *Directoraat Generaal van de Arbeid, Voorburg*.
- Houba, R., D. Heederik, T. Smid, 1989; Longfunctieveranderingen door blootstelling aan organisch stof en endotoxine in de Nederlandse mengvoederindustrie. Vakgroep Gezondheidsleer en vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Kateman, E., D. Heederik, T. M. Pal, M. Smeets, T. Smid, M. Spitteler, 1990; Relationship of airborne microorganisms with the lung function and leucocyte levels of workers with a history of humidifier fever. *Scand. J. Work Environ. Health* 16: 428-433.
- Kuile, W. M. ter, 1984; Vergleichsmessungen mit verschiedenen Geraten zur Bestimmung der Gesamtstaubkonzentration am Arbeitsplatz: Teil II. *Staub-Reinhaltung der Luft*, 44:211-216.
- Laar, M. van der, 1990; Karakterisering van de blootstelling aan organisch stof in de huisvuilverbranding d.m.v. immunocolorimische technieken. Vakgroep Gezondheidsleer, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Lacey, J., P. A. M. Williamson, P. King, R. P. Barbos, 1990. Airborne microorganisms associated with domestic waste composting. Warren Spring Laboratory, Stevenage, United Kingdom.
- Lembke, L. L., R. N. Kniseley, 1980; Coliforms in aerosols generated by a municipal solid waste recovery system. *Appl. Environ. Microbiol.* 40:888-891.
- Lundholm, M. en R. Rylander, 1980; Occupational symptoms among compost workers. *J. Occ. Med.* 22:256-257.
- Millner, P. D., P. B. Marsh, R. B. Snowden, J. F. Parr, 1977; Occurrence of *Aspergillus fumigatus* during composting of sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 34:765-772.
- Milton, D. K., R. J. Gere, H. A. Feldman, I. A. Greaves, 1990; Endotoxin measurement: aerosol sampling and application of a new limulus method. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 51:331-337.
- Münz, H., 1982; Untersuchungen zur Hygiene bei der Ablagerung von Kommunalem Müll, Universität Hohenheim.
- Tweede Kamer der Staten Generaal, 1989; Nationaal Milieubeleidsplan. Vergaderingen 1988-1989, nr. 21 137, SDU publikaties, Den Haag.
- Palchak, R. B. et al., 1983; Airborne endotoxins associated with industrial scale production of protein product in gram-negative bacteria. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 43:811-812.
- Rahkonen, P., M. Ettala, I. Loikkanen, 1987; Working conditions and hygiene at sanitary landfills in Finland. *Ann. Occup. Hyg.* 31:505-513.
- Rijks Instituut voor Milieuhygiëne, 1988; Zorgen voor Morgen, Nationale Milieuverkenning 1985-2000. Samsom-Tjeenk Willink uitgeverij, Alphen a/d Rijn.
- Rylander, R., 1985; Organic dust and lung reactions - Exposure characteristics and mechanisms for disease. *Scan J. Work Environ. Health* 11:199-206.
- Rylander, R., 1986; Lung diseases caused by organic dust in the farm environment. *Am. J. Ind. Med.* 10:221-227.
- Sigsgaard, T., B. Bach, P. Malmros, 1990; Respiratory impairment among workers in a garbage-handling plant. *Am. J. Ind. Med.* 17:92-93.
- Staubforschungsinstitut, 1973; Empfehlung zur messung und beurteilung von gesundheitsgefährlichen stauben. *Staub-Reinhaltung der Luft*, 33:1-3.
- Wal, J. F. van der, 1983; Vergleichsmessungen mit verschiedenen Geraten zur Bestimmung der Gesamtstaubkonzentration am Arbeitsplatz: Teil I. *Staub-Reinhaltung der Luft*, 43:291-294. ■