

ing. P.F.M.M. Roelofs

# Desinfectie van bedrijfsvreemd materiaal door blootstelling aan UV-C

*Disinfection of material  
taken to pig farms, using  
UV-C radiation*



**Praktijkonderzoek Varkenshouderij**

Locatie:  
Praktijkbedrijf

Proefverslag nummer P 1 .166  
december 1996  
ISSN 0922 - 8586

# VOORWOORD

Dit onderzoek naar de effectiviteit van blootstelling aan UV-C is uitgevoerd naar aanleiding van een vraag van een praktizerend varkenshouder. De heer. B. Dirven, varkenshouder in Someren, wil het materiaal dat zijn bedrijf binnenkomt desinfecteren. Het materiaal mag als gevolg van de desinfectie niet beschadigen en gezondheidsrisico's voor de varkenshouder, zijn personeel en bezoekers aan zijn bedrijf moeten uitgesloten zijn. Daarom is gekozen voor een onderzoek naar desinfectie door blootstelling aan UV-C. Het onderzoek is uitgevoerd op het bedrijf van de varkenshouder.

De heer J. ter Stege (Germicidal Lamps and Applications, GLA, Lelystad) heeft op basis van randvoorwaarden met betrekking tot omvang van de UV-kast en blootstellingsduur de benodigde capaciteit berekend en de UV-kast ontwikkeld waarin de desinfectie heeft plaatsgevonden.

Naar beiden gaat een woord van dank uit voor hun inbreng en hun medewerking aan het onderzoek.

Dr. ir. L.A. den Hartog,  
directeur Praktijkonderzoek Varkenshouderij

# INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	4
	SUMMARY	6
1	INLEIDING	
2	MATERIAAL EN METHODE	9
2.1	Opzet van het onderzoek	9
2.1.1	Te behandelen materialen	9
2.1.2	Experiment 1	10
2.1.3	Experiment 2	10
2.2	Waarnemingen	11
2.3	Verwerking van de gegevens	11
2.4	Economische analyse	12
3	RESULTATEN	13
3.1	Experiment 1	13
3.2	Experiment 2	13
3.3	Kosten van desinfectie met UV-C	15
4	DISCUSSIE	17
4.1	Desinfectie met UV-C	17
4.1.1	Verschillen tussen materialen	17
4.1.2	Positie op het voorwerp	17
4.1.3	Behandelprotocol	18
4.2	Beoordeling van de kiemgetallen	19
4.3	Validiteit van het onderzoek	19
4.4	Kostprijsberekening	20
4.5	Betekenis voor de praktijk	20
5	CONCLUSIES	23
	LITERATUUR	24
	BIJLAGEN	25
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	28

# SAMENVATTING

Voor individuele varkenshouders wordt een hoge gezondheidsstatus van hun bedrijf steeds belangrijker. Door gerichte maatregelen poogt de varkenshouder een bepaalde status te handhaven of te verbeteren. Op het bedrijf van varkenshouder B. Dirven moeten bezoekers zich douchen en bedrijfskleding aantrekken, maar de heer Dirven wil ook dat het materiaal dat binnenkomt gedesinfecteerd wordt. Een niet-destructieve desinfectiemethode is het blootstellen van het materiaal aan ultraviolette straling met een golflengte van 200 tot 280 nm (UV-C). Het Proefstation voor de Varkenshouderij heeft tussen november 1995 en juli 1996 op het bedrijf van de heer Dirven onderzoek verricht naar de effectiviteit van een hiervoor ontworpen UV-C-kast. In deze kast, met een inhoud van 1,2m<sup>3</sup>, wordt het te desinfecteren materiaal gedurende vijf minuten aan alle kanten blootgesteld aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup>. De voorwerpen waarmee het onderzoek is uitgevoerd zijn eerst besmet door ze een week in een zeugenafdeling te leggen of te hangen. De effectiviteit van de blootstelling aan UV-C is bepaald door voor en na de blootstelling kiemgetalbepalingen uit te voeren met behulp van Rodac-plaatjes.

Tijdens het eerste experiment is de optimale blootstellingsduur vastgesteld. Besmette plastic potjes werden eerst met een droge papieren doek schoongeveegd en vervolgens gedurende 1, 2, 3, 4, 5, 10 of 15 minuten blootgesteld aan UV-C. In het traject van 1 tot 4 á 5 minuten ( $p < 0,05$ ), nam het kiemgetal verder af naarmate de blootstellingsduur toenam. Bij een langere blootstellingsduur nam het kiemgetal niet verder af. Op basis van deze resultaten is de rest van het onderzoek uitgevoerd met een blootstellingsduur van vijf minuten.

Het tweede experiment is uitgevoerd met reeksen identieke voorwerpen, die vier soorten materiaal representeerden: bakstenen (ruw & poreus), plastic potjes (glad & dicht), plaatjes karton (papier) en zakdoeken (vezelstof). De voorwerpen werden gelijkmatig verdeeld over drie behandelprotocollen:

1) stofvrij maken en blootstellen aan UV-C (SB), 2) extra schoon maken en blootstellen aan UV-C (ESB) en 3) stofvrij maken en halverwege de blootstelling aan UV-C omkeren (SBO). Direct voor en direct na de blootstelling aan UV-C werden contactafdrukken genomen. Beide keren werden er per baksteen vier contactafdrukken genomen (boven-, onder-, voor- en zijkant) en van de overige voorwerpen telkens twee contactafdrukken (boven- en onderkant).

Vóór blootstelling aan UV-C, maar na het stofvrij of extra schoon maken, waren de gemiddelde kiemgetallen (onafhankelijk van het behandelprotocol) van de soorten materiaal ruw & poreus, glad & dicht, papier en vezelstof respectievelijk 5.701, 117, 639 en 512 kolonievormende eenheden (kve) per 16 cm<sup>2</sup>. Na blootstelling aan UV-C waren de kiemgetallen veel lager ( $p < 0,0001$ ), namelijk 1.594, 7, 43 en 23 kve/16 cm<sup>2</sup>.

De Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland berekent zogenaamde hygiëncijfers voor gereinigde en gedesinfecteerde stallen. Deze hebben betrekking op kiemen die al op het bedrijf aanwezig zijn. In dit onderzoek staan bedrijfsvreemde kiemen centraal en zouden strengere normen gehanteerd kunnen worden. Omdat er geen andere referentiecijfers beschikbaar zijn dan de hygiëncijfers, zijn de kiemgetallen toch hiermee vergeleken. Volgens deze norm waren vóór de blootstelling aan UV-C alle materiaalsoorten, behalve glad & dicht, zeer slecht tot onvoldoende gedesinfecteerd. Na de blootstelling aan UV-C waren de hygiëncijfers voor ruw & poreus materiaal nog steeds slecht tot zeer slecht, voor de overige materialen ruim voldoende tot zeer goed. De plaats van de monsternamen, en daarmee samenhangend de positie in de UV-C-kast, had geen invloed op het kiemgetal na blootstelling.

Het behandelprotocol (SB, ESB of SBO) had vooral invloed op het kiemgetal vóór blootstelling aan UV-C. Bij alle materiaalsoorten waren de kiemgetallen vóór de blootstelling na behandelprotocol ESB lager dan die na SB en SBO ( $p < 0,05$ ). Na blootstelling van de materiaalsoorten glad & dicht, papier en

vezelstof verschilden de drie behandelprotocollen niet meer in kiemgetal. Alleen bij ruw & poreus materiaal was het kiemgetal na ESB of SBO lager dan na SB ( $p < 0,05$ ). Waarschijnlijk kan de desinfectie van ruw materiaal worden verbeterd door de voorwerpen tijdens de blootstelling aan UV-C te keren of draaien, maar blijft het resultaat slechter dan dat van glad materiaal. De kosten van het op deze wijze behandelen van bedrijfsvreemd materiaal dat een varkensbedrijf binnenkomt, worden vrijwel geheel bepaald door de investering in de UV-C-kast (circa f 2.950,-) en bedragen ongeveer f 415,- per jaar.

Uit het onderzoek blijkt dat het kiemgetal van de meeste visueel schone materialen afneemt door de materialen bloot te stellen aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup>. Bij gladde, niet poreuze materialen is de afname zodanig dat er sprake is van een effectieve desinfectie. Omdat het materiaal niet steriel wordt, kan niet helemaal worden uitgesloten dat er met bedrijfsvreemd materiaal toch nog ziektekiemen op het bedrijf komen. Het verdient daarom de voorkeur zoveel mogelijk gebruik te maken van bedrijfseigen materiaal.

## SUMMARY

A good farm health status is of increasing importance to individual sow farmers. Specific measures are taken to maintain or improve this health status. On the sow farm owned by Mr. B. Dirven, visitors have to shower and to wear clothes owned by the farm. He also wants the material which they bring with them to be disinfected. Exposure to ultraviolet radiation is a non-destructive method for disinfection. Between November 1995 and July 1996, the Research Institute for Pig Husbandry studied the effectiveness of UV-C on his farm. Material was exposed to a 162 mJ/cm<sup>2</sup> UV-C dose for five minutes. The study was conducted with objects that were infected by placing them in a room with pregnant sows for one week. The effectiveness of the exposure was measured using agar contact dishes.

The study included two experiments. In the first experiment, the optimal exposure time was determined. Infected plastic pots were cleaned with a dry paper tissue and then exposed to UV-C radiation for 1, 2, 3, 4, 5, 10 or 15 minutes. The number of bacteria/micro-organisms decreased with an increasing exposure time ( $p < 0.05$ ) up to an exposure time of 4 to 5 minutes. The number of bacteria/micro-organisms did not differ for exposure times of 5, 10 or 15 minutes. An exposure time of five minutes was chosen during the second experiment on the basis of these results.

In the second experiment, batches of identical objects were used, representing different types of material. The objects used were: bricks (rough & porous), plastic tubes (smooth & shiny), pieces of carton (paper) and handkerchiefs (textile). The objects were submitted to three treatments: removal of dust and exposure to UV-C (CU), extensive cleaning and exposure to UV-C (ECU) and exposure to UV-C and turning the objects after 2.5 minutes (CUT). Four contact prints (top, bottom, frontside and flankside) of each brick were made before and after UV-C exposure. Two contact prints (top and bottom) of the other objects were made before and after exposure.

After cleaning the objects and before exposure to UV-C, the average number of bacteria/micro-organisms, measured as colony forming units (cfu) per 16 cm<sup>2</sup>, on the material types rough & porous, smooth & shiny, paper and textile were 5,701, 117, 639 and 512, respectively. The Animal Health Service calculates hygiene-scores ("very poor", "poor", "unsatisfactory", "satisfactory", "good", "very good") for cleaned and disinfected rooms for pigs. After ECU treatment and before UV-C exposure, the hygiene-scores of all material types except the smooth & shiny ones were between "very poor" and "unsatisfactory". After UV-C exposure the number of bacteria present were much lower ( $p < 0.0001$ ), namely 1,594, 7, 43 and 23 cfu/cm<sup>2</sup>, respectively. The hygiene-scores for the rough & porous material still lay between "very poor" and "poor", the other hygiene-scores lay between "satisfactory" and "very good".

The sampling spot on the objects and the position in the UV-C compartment did not affect the number of bacteria after UV-C exposure.

Treatments mainly affected the number of bacteria before UV-C exposure. The number of bacteria before UV-C exposure was lower in ECU than in CU or CUT on all materials ( $p < 0.05$ ). After UV-C exposure, the treatment did not affect the number of bacteria on pots, carton and handkerchiefs. The number of bacteria on bricks after UV-C exposure was lower in ECU and CUT than in CU ( $p < 0.05$ ).

The costs of exposure to UV-C are mainly investment-costs (f 415,- a year), which are more or less independent of farm size. It was concluded that the number of bacteria on material that is visually clean can be considerably reduced by exposure to a 162 mJ/cm<sup>2</sup> UV-C dose. The reduction in the number of bacteria on smooth, non-porous surfaces is large enough to conclude that exposure to UV-C is an effective disinfectant. Since the materials were not sterile after UV-C exposure it remains possible that bacteria are carried on them. For this reason it is best to use only material that has never been on other farms if possible.

# 1 INLEIDING

Het "Nationaal Programma Varkensgezondheidszorg" is gericht op verbetering van de gezondheidsstatus van de Nederlandse varkensstapel. Eén van de vijf onderdelen van dit programma is vastgelegd in de verordening "Minimumeisen Varkenshouderij 1993", die de verplichtingen weergeeft waaraan alle varkensbedrijven moeten voldoen (IKC-afdeling Varkenshouderij, 1993). De minimaleisen hebben betrekking op:

- 1 de aanwezigheid en het gebruik van voorzieningen voor schoeiselontsmetting;
- 2 de aanwezigheid en het gebruik van een omkleedruimte;
- 3 de aanwezigheid en het gebruik van een gesloten kadaveropslag;
- 4 de registratie van medicijngebruik en sterfte van varkens;
- 5 het voor sectie indienen van kadavers als de uitval hoger is dan een bepaalde drempel

Varkenshouders worden zich in toenemende mate bewust van de eigen verantwoordelijkheid met betrekking tot het weren en bestrijden van ziekten op hun bedrijf. Op basis van bloed- of biestanalyses kunnen ze de gezondheidsstatus van hun bedrijf aantonen. Als ze vrij zijn van bepaalde ziekten krijgen ze een certificaat. Om op bedrijfsniveau een hoge gezondheidsstatus te bereiken en te handhaven, wordt aanbevolen meer maatregelen te treffen om ziekte-insleep te voorkomen. Peters en Schoorlemmer (1994) noemen bijvoorbeeld het aankoopbeleid van opfokzeugen, het schone/weg/vuile weg-principe, afleverfaciliteiten, ingangsbeveiliging en bezoekersdiscipline. Onder bezoekersdiscipline verstaan ze het weren van (huis-)dieren, het alleen toelaten van bezoekers die echt in de stallen moeten zijn en het zich laten omkleden en laten handen wassen door deze bezoekers. Sommige varkenshouders gaan nog verder. Bij hen moet elke bezoeker zich douchen en bedrijfskleding aantrekken voordat hij of zij het bedrijf op mag.

Het materiaal en gereedschap dat bezoekers meebrengen vormt ook een potentiële besmettingsbron. Zo nemen monteurs hun gereedschap en voorlichters hun schrijfma-

teriaal van bedrijf naar bedrijf mee. Het gebruik van bedrijfseigen gereedschap heeft de voorkeur. Dit is echter niet altijd mogelijk omdat het soms zeer specialistische apparatuur betreft, zoals bij het controleren of instellen van de klimaatregeling. Een manier om ziekte-insleep via materiaal en gereedschap te beperken is het desinfecteren van dergelijke materialen. Dit kan bij voorkeur gebeuren terwijl de bezoeker zich doucht. Mogelijkheden van desinfectie zijn verhitten, dompelen in een (verwarmd) bad met halamid of natronloog, behandelen met formaldehyde of behandelen met UV-C-straling. Omdat bij verhitten en dompelen het gereedschap kan beschadigen en formaldehyde carcinogeen (kankerverwekkend) is, is onderzoek gedaan naar behandeling met UV-C-straling.

UV-straling is vergelijkbaar met normaal licht, maar het spectrum van UV betreft kortere golflengten. Vanwege de verschillende effecten op organismen wordt UV-straling op basis van het spectrum onderverdeeld in UV-A, UV-B en UV-C. Met name UV-C heeft een sterke germicide (bacteriegroei-remmende en bacteriedodende) werking. Volgens de definitie van de CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) is UV-C de fractie van het spectrum met een golflengte van 100 tot 280 nanometer (nm), maar volgens Meulemans (1992) en Kalisvaart (1994) wordt bij industriële toepassingen van UV als desinfectans de fractie van 200 tot 280 nm beschouwd als UV-C. De kiemdodende werking van zonlicht is gedeeltelijk gebaseerd op het onderste deel van het spectrum van zonlicht, dat begint bij een golflengte van 290 nm (UV-B). De effectiviteit van UV-straling is maximaal bij een golflengte van 265 nm (Meulemans, 1992 en Kalisvaart, 1994).

Er zijn geen gegevens bekend over toepassing van UV-C voor oppervlaktedesinfectie in de veehouderij. De Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord-Brabant heeft wel onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om het kiemgetal van stallucht te verlagen.

Wagemans (1985) vond in kraamafdelingen met roostervloeren en met een oppervlakte van 52,5m<sup>2</sup>, waarin zeven of elf UV-stralers (type TUV, 30 Watt) horizontaal tegen het plafond waren gemonteerd, een reductie van het aantal kiemen in de lucht van ongeveer 65%.

Oppervlaktedesinfectie met UV-C wordt in de levensmiddelenindustrie wel veelvuldig toegepast, waarbij lagedruk- of middeldruk-lampen worden gebruikt (Meulemans, 1989). De kiemdodende werking is afhankelijk van de stralingsdosis. De stralingsdosis is de intensiteit maal de bestralingsduur.

Drinkwater kan worden gedesinfecteerd met een dosis van 25 mJ/cm<sup>2</sup> (Meulemans, 1989). Onder ideale omstandigheden, dat wil zeggen bij kiemen die bij een lage relatieve luchtvochtigheid vrij in de lucht zweven, is een stralingsdosis van 10 mJ/cm<sup>2</sup> voldoende om de meest voorkomende kiemen voor 90% onschadelijk te maken (Philips Lighting, 1992). Verdubbeling van de dosis reduceert het aantal overlevende kiemen met 90%.

Een eigenschap van de UV-C-bestraling is dat deze alleen aan de oppervlakte effectief is en niet door vuil heen kan dringen, waardoor een dergelijke behandeling op vuile oppervlakken minder effectief is. Ook zal behandeling van ruwe of poreuze oppervlakken minder effectief zijn dan behandeling

van gladde, vlakke oppervlakken. Een gunstige eigenschap van UV-C is dat virussen, die chemisch vaak moeilijker zijn te doden, er even gevoelig voor zijn als bacteriën (Meulemans, 1992) en dat ook schimmels en gisten er gevoelig voor zijn. Een tweede voordeel van blootstelling aan UV-C is dat er geen resistentie kan optreden.

Dit onderzoek is geconcentreerd op bacteriën. Hierbij is aangenomen dat gisten en schimmels in de varkenshouderij minder belangrijk zijn en dat virussen inderdaad even gevoelig zijn voor UV-C als bacteriën.

Het doel van dit onderzoek was na te gaan of het mogelijk is om de insleep van ziekteverwekkers via bedrijfsvreemd materiaal en gereedschap op een betaalbare manier te beperken door dit materiaal bloot te stellen aan UV-C. Een randvoorwaarde was dat de blootstelling niet te lang mocht duren, liever niet langer dan de tijd die bezoekers nodig hebben om zich te douchen.

In het eerste experiment is onderzocht hoe lang het materiaal moest worden blootgesteld aan UV-C-straling met een intensiteit van 540 mW/cm<sup>2</sup>. In het tweede experiment is de effectiviteit van blootstelling aan UV-C op verschillende soorten materialen en na verschillende voorbehandelingen van het materiaal onderzocht.



## 2 MATERIAAL EN METHODE

### 2.1 Opzet van het onderzoek

In samenwerking met het bedrijfsleven is een kast geconstrueerd waarin materiaal kon worden blootgesteld aan UV-C (zie foto 1). De kast is zo gemaakt dat de te behandelen voorwerpen, die op een rooster werden gelegd, vanaf vier zijden direct werden bestraald, terwijl de andere twee zijden door reflectie indirect werden bestraald. Doordat de hele binnenkant van de kast uit aluminium bestond reflecteerde de straling goed (80% reflectie). Het draagvermogen van het rooster waarop het te behandelen materiaal werd gelegd was ongeveer 10 kg op het midden van het rooster. De afmetingen van de kast waren 1,20 x 1 x 1 m (inhoud 1,2 m<sup>3</sup>) en er waren vier 30 Watt-lampen in gemonteerd.

De berekende stralingsintensiteit was 540 mW/cm<sup>2</sup>. Het was de bedoeling het materiaal dat op het bedrijf kwam gedurende de tijd waarin bezoekers zich douchen, naar schatting vijf minuten, te behandelen. Bij een

dergelijke lange blootstellingsduur is het gebruik van relatief goedkope lagedruk-lampen mogelijk.

2.1.1 Te behandelen materialen  
Tijdens het onderzoek zijn reeksen identieke voorwerpen behandeld. Deze voorwerpen representeren normale gebruiksvoorwerpen. Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van blootstelling aan UV-C op verschillende materialen is voor vier soorten representatieve materialen gekozen: ruw & poreus, glad & dicht, karton en vezelstof. Per soort zijn in dit onderzoek de volgende materialen gebruikt: bakstenen (ruw & poreus), plastic potjes (glad & dicht), plaatjes karton (papier) en nieuwe zakdoeken (vezelstof). Om uit te sluiten dat er door dit onderzoek ziektekiemen op het bedrijf zouden komen, zijn voorwerpen gebruikt die op het bedrijf aanwezig waren (lege spermapotjes) of zijn nieuwe voorwerpen (bakstenen, kartonnen plaatjes en zakdoeken) gebruikt, die vervolgens op het bedrijf zijn besmet. De materialen werden op het bedrijf via de lucht en



Foto 1: Kast waarin materiaal wordt gedesinfecteerd door blootstelling aan UV-C

stofdeeltjes besmet door ze gedurende een week in een afdeling met drachtige zeugen op te hangen (potjes karton en zakdoek) of op een droog stuk roostervloer achter de varkens te leggen (baksteen). De bakstenen zijn gedurende deze week éénmaal nat gemaakt en omgekeerd.

### 2.1.2 Experiment 1

Het doel van het eerste experiment was het bepalen van de juiste blootstellingsduur aan bestraling met een intensiteit zoals in de UV-C-kast.

Het experiment is uitgevoerd met 63 spermatozoes, die na besmetting zijn voorbehandeld door met droge papieren handdoeken het stof er af te vegen. Vervolgens is op alle potjes een kiemgetalbepaling uitgevoerd.

Tijdens experiment 1 bestond een kiemgetal-



Foto 2: Proefopstelling met te behandelen voorwerpen (vezelstof) in de UV-C-kast

bepaling uit één contactafdruk per potje. Daarna werden batches van negen potjes in de UV-kast geplaatst, op een zodanige afstand van elkaar dat ze niet in elkaars schaduw stonden. De batches werden willekeurig ingedeeld in zeven behandelingen, die verschilden in blootstellingsduur. De potjes zijn gedurende 1, 2, 3, 4, 5, 10 of 15 minuten blootgesteld aan UV-C. Na blootstelling is van elk potje een tweede contactafdruk gemaakt, vlak naast de eerste.

### 2.1.3 Experiment 2

Het doel van het tweede experiment was drieledig. Ten eerste is de desinfecterende werking van een vijf minuten durende blootstelling aan UV-C op de vier genoemde soorten materialen bepaald. Daarnaast is vastgesteld hoe schoon de te desinfecteren voorwerpen moeten zijn, en of het rooster waarop de voorwerpen worden geplaatst de effectiviteit van de UV-C-behandeling beperkt. Dit laatste is gedaan omdat UV-C-straling alleen de oppervlakte van de voorwerpen bereikt.

Opnieuw zijn de voorwerpen zo ver uit elkaar geplaatst dat ze niet in elkaars schaduw stonden (zie foto 2). Van elk materiaal zijn per behandelprotocol 25 voorwerpen blootgesteld aan UV-C.

De volgende drie behandelprotocollen zijn onderscheiden:

#### 1. Standaard Behandeling (SB)

De bakstenen met een natte doek, die regelmatig onder de kraan wordt afgespoeld, schoonmaken en afdrogen met papieren handdoeken. De plastic potjes met een enigszins vochtige papieren doek (telkens een schone) afvegen. De kartonnen plaatjes met een droge papieren handdoek afvegen en de zakdoeken uitslaan.

#### 2. Extra Schoon Behandeling (ESB)

De bakstenen en de plastic potjes met handwarm water uit een stromende kraan schoonborstelen en elk voorwerp met een schone papieren handdoek afdrogen. De kartonnen plaatjes met een droge borstel schoonvegen en de zakdoeken uitslaan en droog naborstelen.

### 3, *Standaard Behandeling + Omdraaien (SBO)*

De voorwerpen voorbehandelen zoals is beschreven bij behandelprotocol SB. Halverwege de UV-C- bestraling de kast openen en de voorwerpen op kop zetten en 90° draaien. Daarna de bestraling voortzetten tot de 5 minuten zijn bereikt.

## 2.2 Waarnemingen

Alle waarnemingen bestonden uit kiemgetal-bepalingen met behulp van Rodac-plaatjes (diameter 55 mm). Rodac is de afkorting van "Replicate Organism Direct Agar Contact" en deze methode om kiemgetallen te bepalen is in 1963 beschreven door Hall en Hartnett (Harrewijn, 1982). In dit onderzoek is een voedingsbodem gebruikt die bestaat uit "Tryptone Soy Agar" (TSA) + tween + lecithine. TSA is rijker aan voedingsstoffen dan het veel gebruikte "Plate count agar (PCA), en tween en lecithine inactiveren groeiremmende stoffen. De Rodac-plaatjes zijn gebruiksklaar afgenomen.

Alle contactafdrukken zijn door dezelfde persoon uitgevoerd. De voorwerpen zijn direct voor en direct na de blootstelling aan UV-C bemonsterd. De contactafdrukken voor en na de blootstelling zijn zo dicht mogelijk bij elkaar, maar niet op dezelfde plaats, genomen.

Voor zover het voorwerp het toeliet zijn per kiemgetal-bepaling vier contactafdrukken per voorwerp genomen. De positie van de contactafdruk was gerelateerd aan de positie in de UV-kast. Er is één afdruk gemaakt aan de bovenkant, één aan de onderkant (waarmee het voorwerp op het rooster lag), één aan de "voorkant" (de kant van de deur) en één aan een "zijkant" (aan beide zijkanten zaten UV-lampen).

Na de monstername zijn de Rodac-plaatjes in een koelbox vervoerd en vervolgens gedurende 20 uur bebroed bij 36°C. Aansluitend zijn de aantallen kolonies geteld. Tijdens het tellen van de kolonies werden de plaatjes bewaard bij 8°C.

## 2.3 Verwerking van de gegevens

Bij de verwerking van de gegevens van experiment 1 zijn door middel van variantie-

analyse (SAS, 1989) de afname van het kiemgetal en het kiemgetal na blootstelling berekend en getoetst, met als verklarende variabelen de blootstellingsduur en het aantal kiemen voor blootstelling.

Ook de resultaten van experiment 2 zijn verwerkt met behulp van variantie-analyse. Tijdens de voortgezette fase zijn door drie personen kolonies geteld, zodat ook de persoon (teller) in het model is opgenomen. De afname van het aantal kiemen en het aantal kiemen na blootstelling aan UV-C zijn berekend en getoetst met het volgende model:

$$Y_{ijklm} = C + V_i + U_j + B_k + T_l + P_m + UV_{ij} + UT_{jl} + UB_{jk} + UP_{jm} + e_{ijklm}$$

met:

$Y_{ijklm}$  = kiemgetal

$C$  = constante

$V_i$  = materiaal, met  $i = 1, 2, 3$  of  $4$

$U_j$  = wel of niet bestralen, met  $j = 0$  of  $1$

$B_k$  = behandelprotocol, met  $k = 1, 2$  of  $3$

$T_l$  = teller van de kiemen, met  $l =$  persoon  $1, 2$  of  $3$

$P_m$  = positie van monstername, met  $m =$  bovenkant, onderkant, voorkant of zijkant

$u v_{ij}$  = interactie tussen wel of niet bestralen en materiaal

$UT_{jl}$  = interactie tussen wel of niet bestralen en teller van de kiemen

$UB_{jk}$  = interactie tussen wel of niet bestralen en behandelprotocol

$UP_{jm}$  = interactie tussen wel of niet bestralen en positie van monstername

$e_{ijklm}$  = foutterm met  $\bar{e} = 0$  en variantie =  $\sigma^2$

Naast deze analyse van het blootstellingseffect is vastgesteld hoeveel van de voorwerpen voor en na de UV-bestraling bacteriologisch "schoon" zijn, volgens de criteria die de Stichting Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland hanteert ter beoordeling van het effect van reinigen en desinfecteren van stallen (Essens, 1991). Hiertoe is voor elk materiaal per behandelprotocol ook een "hygiëncijfer" berekend, door de waarnemingen aan hetzelfde materiaal en binnen hetzelfde behandelprotocol te verwerken op de manier waarop Essens (1991) de waarnemingen binnen één afdeling heeft verwerkt. De hygiëncijfers zijn door de Ge-

zondheidsdienst ontwikkeld voor het beoordelen van vloeren, stalinrichting en materialen binnen het bedrijf. Dit onderzoek is gericht op het weren van bedrijfsvreemde kiemen, waardoor hier strengere normen gehanteerd zouden kunnen worden. Omdat de hygiëncijfers de enige beschikbare referentiecijfers zijn die betrekking hebben op varkensstallen, zijn de resultaten van dit onderzoek toch daarmee vergeleken.

## 2.4 Economische analyse

De jaarlijkse kosten van deze vorm van desinfectie zijn berekend uit de kosten voor rente en afschrijving van de UV-kast, vervanging van lampen en elektriciteitsverbruik.

### 3 RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden in paragraaf 3.1 de resultaten van het eerste experiment weer-gegeven. Deze resultaten waren zodanig dat het onderzoek volgens plan kon worden voortgezet. In paragraaf 3.2 staan de resul-taten van het tweede experiment.

#### 3.1 Experiment 1

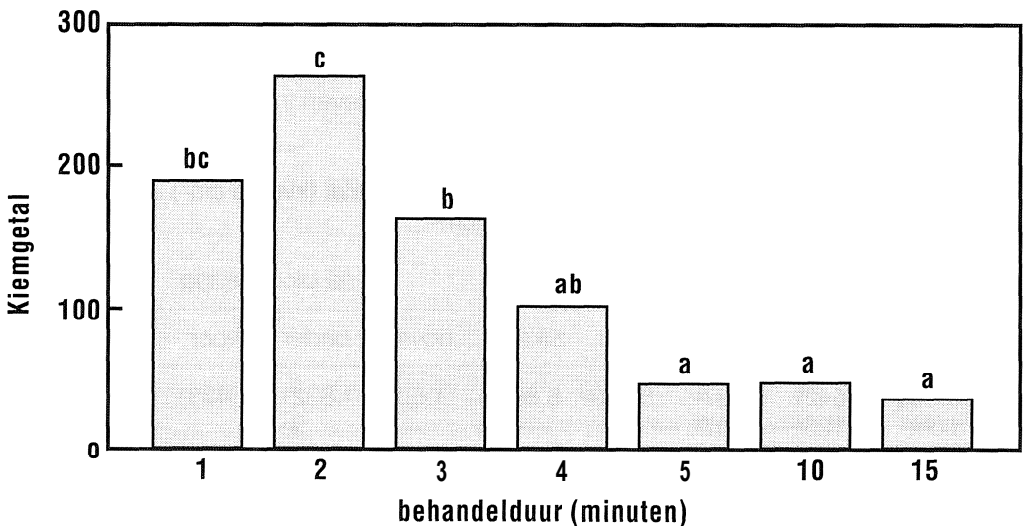
De resultaten van de kiemgetalbepalingen en van de statistische analyse staan in bijlage 1. Gemiddeld over alle waarnemingen is het kiemgetal door de blootstelling aan UV-C zeer sterk afgenomen. Het gemiddelde kiemgetal nam af van 1.410 naar 122 kolonievormende eenheden (kve) per 16 cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0001$ ). Verder blijkt uit bijlage 1 dat er vóór de blootstelling geen verschillen waren in het aantal kve's. De afname van het aantal kiemen (tabel 1.2) was afhankelijk van het aantal kiemen voor blootstelling en van de bloot-stellingsduur. Het aantal kiemen na blootstel-ling was alleen afhankelijk van de blootstel-tingsduur, en lager naarmate de potjes langer aan UV-C waren blootgesteld. De relatie tussen blootstellingsduur en kiemgetal na blootstelling is weergegeven in figuur 1.

Uit figuur 1 blijkt dat het kiemgetal na een blootstelling aan UV-C gedurende vier tot vijf minuten lager is dan na een kortere bloot-stelling. Een blootstellingsduur van meer dan vijf minuten geeft geen verdere verla-ging van het kiemgetal op de potjes. Het verdere onderzoek is uitgevoerd met een blootstellingsduur van vijf minuten.

#### 3.2 Experiment 2

Het resultaat van de kiemgetalbepalingen staat in bijlage 2. Uit de analyse met het sta-tistische model blijkt dat het kiemgetal ge-middeld over alle waarnemingen als gevolg van de blootstelling aan UV-C is afgenomen van 998 naar 286 kve/16 cm<sup>2</sup> ( $p < 0,0001$ ). Tussen de verschillende materialen zijn echter grote verschillen gemeten, zowel vóór de blootstelling als erna. In tabel 1 zijn de resul-taten van de kiemgetalbepalingen per mate-riaal weergegeven.

Uit tabel 1 blijkt dat de blootstelling aan UV-C op alle onderzochte materiaalsoorten een sterk desinfecterende invloed had. De afna-me van het kiemgetal was echter niet bij alle



a,b,c: Staven met verschillende letters duiden op significante verschillen ( $p < 0,05$ )

Figuur 1: Invloed van blootstellingsduur op kiemgetal (kve/16 cm<sup>2</sup>) na blootstelling aan UV-C

Tabel 1: Invloed van blootstelling aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup> op kiemgetal (kve/16 cm\*), per materiaalsoort

Materiaal-soort	voor UV-C-blootstelling	na UV-C-blootstelling	SEM <sup>1</sup>
ruw & poreus	5.701 <sup>b</sup>	1.594 <sup>a</sup>	139
glad & dicht	117 <sup>b</sup>	7 <sup>a</sup>	9
papier	639 <sup>b</sup>	43 <sup>a</sup>	88
vezelstof	512 <sup>b</sup>	23 <sup>a</sup>	53

<sup>1</sup> Gepoolde Standard Error of the Mean (geeft een indicatie van de nauwkeurigheid van de schatting van de gemeten variabele)

a,b Gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij zijn significant verschillend ( $p < 0,0001$ )

materiaalsoorten even groot. Bij de materiaal-soorten ruw & poreus, glad & dicht, papier en vezelstof nam het kiemgetal af met respectievelijk een factor 4, 17, 15 en 10.

#### Positie op het voorwerp

De invloed van de positie waar de contactaf-druk is gemaakt op het kiemgetal voor en na blootstelling is weergegeven in tabel 2.

De positie waar de contactafdruk is gemaakt heeft geen significante invloed op het kiemgetal na blootstelling aan UV-C (tabel 2).

Alleen bij de vezelstof is er een tendens ( $0,05 < p < 0,10$ ) naar een hoger kiemgetal aan de onderkant dan aan de bovenkant.

Vóór de blootstelling was alleen bij het papieren materiaal het kiemgetal aan de onderkant hoger dan aan de bovenkant. Bij de overige materialen waren er geen verschillen. Het papieren materiaal (kartonnen plaatjes)

had twee verschillende kanten. De ene kant was wit en glad afgewerkt en de andere kant was bruin en ruwer. Om verstrengeling met de positie van het voorwerp te voorkomen lag tijdens het onderzoek de helft van de plaatjes met de gladde kant naar boven en de andere helft met de ruwe kant naar boven. Het verschil tussen de twee kanten had invloed op het kiemgetal voor de blootstelling aan UV-C (de kiemgetallen van het gladde en het ruwe oppervlak waren respectievelijk 363 en 913 kve/16 cm\*,  $p < 0,05$ ), maar niet op het kiemgetal na blootstelling (de kiemgetallen van het gladde en het ruwe oppervlak waren respectievelijk 61 en 26 kve/16 cm\*, niet significant).

#### Behandelprotocol

De invloed van het behandelprotocol op het kiemgetal voor en na blootstelling aan UV-C is weergegeven in tabel 3.

Tabel 2: Invloed van de positie van monstername op kiemgetal (kve/16 cm\*) voor en na blootstelling aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup>

	voor blootstelling				na blootstelling				SEM <sup>1</sup>
	boven	onder	voor zijkant	na zijkant	boven	onder	voor zijkant	na zijkant	
ruw & poreus	5.542 <sup>b</sup>	5.437 <sup>b</sup>	5.769 <sup>b</sup>	5.865 <sup>b</sup>	1.595 <sup>a</sup>	1.832 <sup>a</sup>	1.438 <sup>a</sup>	1.557 <sup>a</sup>	2 6 4
glad & dicht	125 <sup>b</sup>	107 <sup>b</sup>			5 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>			11
papier	406 <sup>b</sup>	871 <sup>c</sup>			42 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>			96
vezelstof	517 <sup>b</sup>	529 <sup>b</sup>			12 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>			61

<sup>1</sup> Gepoolde Standard Error of the Mean (geeft een indicatie van de nauwkeurigheid van de schatting van de gemeten variabele)

a,b Gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij zijn significant verschillend ( $p < 0,01$ )

Uit tabel 3 blijkt dat bij alle materiaalsoorten vóór blootstelling aan UV-C het kiemgetal na behandelprotocol ESB (vooraf intensief schoonmaken van het voorwerp) lager was ( $p < 0,01$ ) dan na behandelprotocol SB en SBO (minder intensief schoonmaken). Voor de blootstelling zijn er geen verschillen gevonden tussen behandelprotocol SB en SBO. Na blootstelling aan UV-C is alleen bij het ruw & poreuze materiaal een invloed vastgesteld van het behandelprotocol op het kiemgetal. Het kiemgetal na blootstelling was na behandelprotocol ESB en SBO lager dan na SB. De kiemgetallen van de andere materialen waren na behandeling laag en niet meer verschillend.

#### Vergelijking van hygiënecijfers

In bijlage 4 zijn de frequentieverdelingen weergegeven van de gemeten kiemgetallen voor en na blootstelling aan UV-C en zijn analoog aan de methode van Essens (1991) hygiënecijfers berekend. De hygiënecijfers variëren van 1 tot 10. De berekende hygiënecijfers zijn weergegeven in figuur 2.

In figuur 2 is te zien dat het hygiënecijfer van het ruw & poreuze materiaal zowel voor als na blootstelling aan UV-C zeer laag is. Bij de andere materialen hebben materiaalsoort en behandelprotocol veel invloed op het hygiënecijfer vóór blootstelling aan UV-C, maar zijn de hygiënecijfers na blootstelling overal hoger dan 7 en dus goed.

### 3.3 Kosten van desinfectie met UV-C

Bij het berekenen van de kosten van desinfectie met UV-C is aangenomen dat er in de bestaande hygiënesluis voldoende ruimte is voor een UV-C-kast. De kosten bestaan dan uit rente- en afschrijvingskosten voor de UV-C-kast en kosten voor vervanging van lampen en elektriciteitsverbruik.

Aangezien het onderzoek is uitgevoerd met een prototype van een UV-C-kast is geen echte kostprijs bekend. Volgens de leverancier zou een kast in serieproductie ongeveer f 2.950,- kosten.

Inrichting van varkensstallen wordt doorgaans afgeschreven in 10 jaar (Bens et al., 1994). Bij een rentepercentage van 8% (Projectgroep KWIN-Veehouderij, 1995) zijn de jaarlijkse kosten voor rente en afschrijving dan f 413,- (14% van de investering).

De lampen in een UV-C-kast branden telkens slechts vijf minuten. De geschatte levensduur van de gebruikte Philips TUV longlife lampen is dan 4.000 branduren. De lampen gaan dan minimaal even lang mee als de UV-C-kast, zodat er geen vervangingskosten voor de lampen zijn.

Bij normaal gebruik zullen de lampen in de kast ongeveer vijf keer per week gedurende 5 minuten branden, dat is 21,7 uur per jaar. Het gemiddeld opgenomen vermogen van de UV-C-kast met vier lampen van 30 Watt is geschat op 150 Watt. Bij een elektriciteitstarief van f 0,18 / kWh (Projectgroep KWIN-

Tabel 3: Invloed van behandelprotocol op kiemgetal (kve/16 cm<sup>2</sup>) voor en na blootstelling aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup>

	voor blootstelling			na blootstelling			SEM <sup>2</sup>
	SB <sup>1</sup>	ESB <sup>1</sup>	SBO <sup>1</sup>	SB <sup>1</sup>	ESB <sup>1</sup>	SBO <sup>1</sup>	
ruw & poreus	6.599 <sup>d</sup>	3.615 <sup>c</sup>	6.746 <sup>d</sup>	2.363 <sup>b</sup>	989 <sup>a</sup>	1.464 <sup>a</sup>	331
glad & dicht	140 <sup>b</sup>	19 <sup>a</sup>	189 <sup>b</sup>	7 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	14
papier	1.020 <sup>b</sup>	257 <sup>a</sup>	-	72 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	-	96
vezelstof	866 <sup>c</sup>	181 <sup>b</sup>	-	37 <sup>ab</sup>	10 <sup>a</sup>	-	62

<sup>1</sup> SB = Standaard Behandeling, ESB is Extra Schone Behandeling, SBO = Standaard Behandeling + Omdraaien tijdens blootstelling aan UV-C

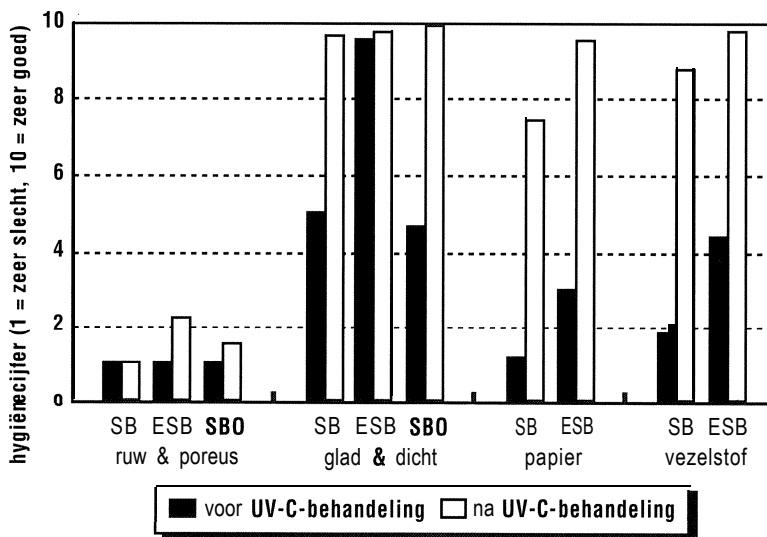
<sup>2</sup> Gepoolde Standard Error of the Mean (geeft een indicatie van de nauwkeurigheid van de schatting van de gemeten variabele)

a,b Gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij zijn significant verschillend ( $p < 0,01$ )

Veehouderij, 1995) zijn de kosten van het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van 3,3 kWh f 0,60.

De totale jaarlijkse kosten voor de UV-C-kast

bestaan dus vrijwel alleen uit de berekende rente en afschrijving en bedragen ongeveer f 415,-.



Figuur 2: Hygiëcijfers van de onderzochte materiaalsoorten per behandelprotocol, voor en na blootstelling aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup>



## 4 DISCUSSIE

Dit onderzoek is uitgevoerd om vast te stellen of materiaal dat bezoekers van buiten meenemen naar varkensbedrijven kan worden gedesinfecteerd door het bloot te stellen aan UV-C. De invloeden van verschillende materiaalsoorten en van verschillende behandelprotocollen op de effectiviteit zijn onderzocht.

### 4.1 Desinfectie met UV-C

Het percentage kiemen dat een blootstelling aan UV-C overleeft is afhankelijk van het soort kiemen en van de stralingsdosis. In de lucht neemt het aantal overlevende kiemen logaritmisch af met de dosis (Riley, 1974). Hierdoor is er per toepassing een optimale dosis, waarbij een zeer klein aantal kiemen de bestraling overleeft.

In tabel 4 zijn de minimale doses (in  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ , 1 Joule is 1 Wattsec.) weergegeven, waarmee een aantal ziekteverwekkers onder gunstige omstandigheden (in droge schone lucht) voor 90% onschadelijk gemaakt kan worden. Om dit percentage te verhogen tot 99%, 99,9% of 99,99% moeten de in tabel 4 weergegeven doses met 2, 3 respectievelijk 4 worden vermenigvuldigd. Het maakt niet uit bij welke combinatie van bestralingsintensiteit en duur de stralingsdosis wordt gerealiseerd, omdat de werking hetzelfde blijft (Bunsen-Roscoe reciprociteit).

In het eerste experiment zijn de voorwerpen blootgesteld aan 32, 65, 97, 130, 162, 324 respectievelijk  $486 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ . Onder ideale omstandigheden zou het aantal kiemen al na de laagste dosis (blootstelling aan UV-C

gedurende één minuut) moeten afnemen tot 0,1% van het aantal voor de blootstelling. Uit het onderzoek blijkt echter dat veel meer kiemen de bestraling overleven dan op basis van tabel 4 zou worden verwacht. Verder blijkt dat blootstelling aan een hogere dosis dan  $163 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  het kiemgetal niet meer noemenswaardig verlaagt. Dit komt waarschijnlijk doordat de resterende kiemen niet goed bereikt worden door de UV-C-straling. Mogelijke oorzaken hiervan zijn bevulling of reliëf in het oppervlak.

#### 4.1.1 Verschillen tussen materialen

Als de voorwerpen visueel schoon zijn heeft blootstelling aan UV-C op de materiaalsoorten glad & dicht, papier en vezelstof een zeer goede desinfecterende werking (tabel 1). Op ruw & poreus materiaal neemt het aantal kiemen weliswaar af, maar blijft het aantal veel te hoog. Dat bestraling van ruwe en poreuze materialen met UV-C minder effectief is was al bekend uit literatuur. Kalisvaart (1994) geeft in een artikel over industriële toepassingen van UV-C aan dat te desinfecteren verpakkingsmiddelen niet ruw of poreus mogen zijn. Het is daarom onwaarschijnlijk dat in dit onderzoek een hogere dosis UV-C bij de bakstenen wel een goed resultaat gegeven zou hebben.

#### 4.1.2 Positie op het voorwerp

Er is geen invloed aangetoond van de positie van monstername op het voorwerp op het kiemgetal na blootstelling (tabel 2). Het rooster waarop de voorwerpen zijn geplaatst veroorzaakte blijkbaar zo weinig schaduw

Tabel 4: Minimale doses ( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ) waarmee ziekteverwekkers voor 90% onschadelijk worden gemaakt

ziekteverwekker	dosis
Escherichia coli	3
Salmonellae (diverse stammen)	2 tot 8
Staphilococcus albus	3,3
Staphilococcus aureus	4,9
Influenza-virus	3,4

Bron: Philips Lighting, 1992.

dat het nagenoeg geen invloed had op het resultaat. Waarschijnlijk speelt het reliëf in het rooster (foto 3) hierbij een rol, want hierdoor staan de voorwerpen slechts op enkele punten op het rooster.

Deze veronderstelling wordt versterkt door de resultaten met de zakdoeken, die het rooster op een veel groter oppervlak raken dan de andere materialen. Er is namelijk wel een tendens tot een hoger kiemgetal na desinfectie aan de onderkant van de zakdoeken dan na desinfectie aan de bovenkant.

Het is opmerkelijk dat de kiemgetallen op de kartonnen plaatjes vóór desinfectie aan de onderkant hoger waren dan aan de bovenkant. Dit verschil is niet veroorzaakt door enkele uitschieters maar is structureel aanwezig. Het kan alleen zijn ontstaan door een systematisch verschil in uitvoering van de voorbehandeling van de plaatjes, bijvoorbeeld door de manier waarop ze zijn neergelegd tijdens of na het schoonmaken. Na desinfectie is het verschil verdwenen, wat er op wijst dat het grotere aantal kiemen bij de gehanteerde stralingsdosis goed onschadelijk gemaakt wordt.

#### 4.1.3 Behandelprotocol

Vóór blootstelling aan UV-C resulteerden de behandelprotocollen in verschillende kiemgetallen (tabel 3). Bij alle materiaalsoorten was het kiemgetal voor blootstelling bij ESB lager dan bij SB of SBO. Omdat de voorwerpen bij SB en SBO op dezelfde manier werden gereinigd, werd hier geen verschil in kiemgetal verwacht. De resultaten zijn daarom volgens verwachting.

Na de blootstelling aan UV-C waren er, behalve bij het ruw & poreuze materiaal, geen significante verschillen tussen de behandelprotocollen. Daaruit kan worden geconcludeerd dat voor de materiaalsoorten glad & dicht, papier en vezelstof het criterium "het oppervlak moet visueel schoon zijn" voldoende is om effectief met UV-C behandeld te kunnen worden.

De kiemgetallen van het ruw & poreuze materiaal waren na SBO lager dan na SB, terwijl er bij deze protocollen op dezelfde manier wordt schoongemaakt. Omdat de positie op het voorwerp geen invloed had op het kiemgetal (4.1.2) is het onwaarschijnlijk dat dit verschil is veroorzaakt door het rooster. Waarschijnlijker is het verschil veroor-

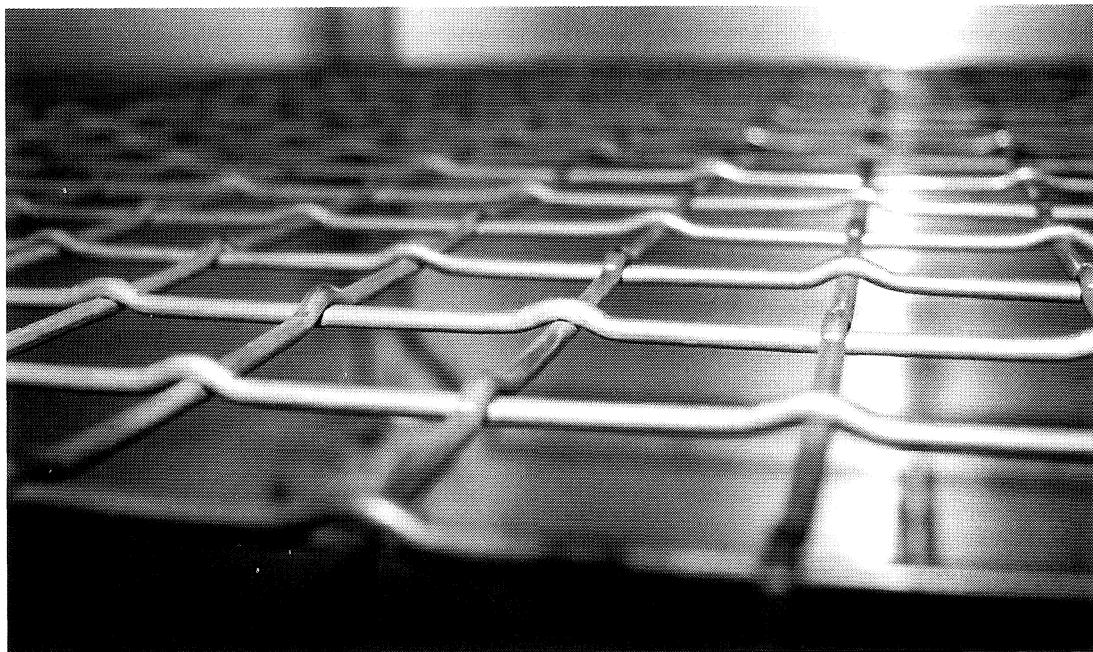


Foto 3: Door de vorm van het rooster is er slechts op enkele punten contact met de te behandelen voorwerpen

zaak door het verplaatsen van de ruwe voorwerpen, doordat tijdens het omdraaien een ander deel van de stenen uit de "schaduw" is gekomen en bereikbaar is geworden voor de UV-C-straling. Bij ruwe voorwerpen heeft draaien of keren dan een gunstige invloed op de desinfecterende werking.

#### 4.2 Beoordeling van de kiemgetallen

In dit onderzoek is het effect van desinfectie bepaald door middel van kiemgetalbepalingen met behulp van Rodac-plaatjes. Dit is een eenvoudige manier om het aantal kiemen op een oppervlakte te bepalen, die echter wel een aantal beperkingen heeft. Op de eerste plaats zijn voedingsbodems slechts voor een beperkt aantal kiemen geschikt. Op de gebruikte voedingsbodems (TSA + tween + lecithine) groeit een breed spectrum aan bacteriën, maar virussen kunnen niet worden aangetoond. Verder is het getelde aantal kiemen afhankelijk van de uitvoering van de kiemgetalbepaling. Volgens Corstiaensen (1990) beïnvloeden het moment en de plaats van de monsternamen en de wijze van bebroeding het aantal tot ontwikkeling gekomen bacteriën. Ook de duur en de kracht waarmee de voedingsbodem op het te bemonsteren oppervlak wordt gedrukt en, zeker bij grote aantallen, de persoon die het aantal kiemen telt zullen invloed hebben. Een derde kanttekening is dat alleen van betrekkelijk gladde en vlakke oppervlakken goede contactafdrukken gemaakt kunnen worden. Zo vond Harrewijn (1982) van een bekend aantal kiemen op aluminium 46% van de kiemen "terug" en op hout slechts 3%. Rühlmann en Feldhusen (1996) vonden op tegels en roestvrij staal veel meer kiemen terug dan op kunststof panelen, en op oude panelen weer minder dan op nieuwe. Ook vonden zij minder kiemen terug van opgedroogde oppervlakken dan van natte. Tenslotte kunnen alleen schone oppervlakken goed bemonsterd worden. Vuil beschermt micro-organismen niet alleen tegen desinfectiemiddelen, maar maakt het bovendien moeilijk om de aanwezige kiemen te vinden (Corstiaensen, 1990).

In dit onderzoek stond echter niet het absolute aantal kiemen centraal, maar de effectiviteit van bestraling met UV-C als desinfectie-methode, dus de reductie van het aantal

kiemen. Door standaardisatie van de werkmethode en te bemonsteren materialen, door alle kiemgetalbepalingen door één persoon te laten uitvoeren en door de Rodac-plaatjes tijdens het tellen bloksgewijs over de drie personen die kiemen hebben geteld te verdelen, is een mogelijke invloed van de genoemde beperkingen zoveel mogelijk voorkomen. Twee andere beperkingen, de invloed van het te bemonsteren materiaal en de mate van bevuilding, waren onderdelen van het onderzoek.

Om een indruk te krijgen van het besmettingsniveau na desinfectie met UV-C zijn de gemeten kiemgetallen vergeleken met de normen die de Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland (GD) hanteert (figuur 2). Kanttekening bij deze vergelijking is dat bij de GD-methode een andere voedingsbodem (Plate count agar: PCA) wordt gebruikt. Deze is wat minder voedzaam dan de TSA-voedingsbodem. Daarom kan worden aangenomen dat een beoordeling volgens de GD-methode iets gunstiger zou uitvallen dan de in dit onderzoek gevonden hygiëncijfers. De hygiëncijfers van de GD zijn toch berekend, omdat ze een mogelijkheid bieden de resultaten van dit onderzoek te vergelijken met GD-normen.

De hygiëncijfers van de GD variëren van 1 (zeer slecht) tot 10 (zeer goed). Voorafgaand aan de blootstelling aan UV-C zouden alle materialen gemiddeld een onvoldoende scoren, met uitzondering van het glad & dichte materiaal na behandelprotocol SBE. Na desinfectie zou de GD aan de materiaalsoorten glad & dicht, papier en vezelstof, afhankelijk van het behandelprotocol, hygiëncijfers toekennen van respectievelijk 9,8 tot 10; 7,4 tot 9,6 en 8,8 tot 9,8. Volgens normen die gelden voor bedrijfseigen materiaal zijn deze materialen dus goed tot zeer goed gedesinfecteerd. Het ruw & poreuze materiaal scoorde na blootstelling aan UV-C 1,0 tot 2,2, hetgeen zeer slecht is.

#### 4.3 Validiteit van het onderzoek

Om te kunnen standaardiseren is het onderzoek uitgevoerd met voorwerpen die kunstmatig zijn besmet. Daarna waren ze veel vuiler dan materiaal dat in de praktijk wordt meegenomen naar bedrijven. Daarom, en

omdat UV-C alleen aan de oppervlakte werkt, zijn ze gereinigd voordat ze aan UV-C-straling werden blootgesteld.

Om een indruk te krijgen van de mate van besmetting van materiaal dat door derden wordt meegenomen naar het bedrijf zijn enkele bedrijfsvreemde voorwerpen, zoals materiaal van de dierenarts, voor en na blootstelling aan UV-C bemonsterd. De resultaten staan in bijlage 3.

Voor de blootstelling vallen er van de veertien monsters drie in de klasse 0 - 50 kiemen per 16 cm<sup>2</sup>, vijf in de klasse 51 - 250 kiemen per 16 cm<sup>2</sup> en zes in de klasse met meer dan 250 kiemen per 16 cm<sup>2</sup>. Dit komt overeen met het hygiëncijfer 4,4. Na blootstelling zijn deze aantallen respectievelijk 11, 1 en 1, wat resulteert in een hygiëncijfer 8,9. Er waren twee voorwerpen waarop na UV-C-behandeling veel kiemen werden geteld. Dit waren de deksel van een koelbox met veel reliëf en een scanner, op een plaats die tijdens de blootstelling aan UV-C in de schaduw van een verlengsnoer lag.

Deze resultaten komen sterk overeen met die uit het onderzoek, wat een aanwijzing is voor een goede validiteit van het onderzoek met gestandaardiseerde voorwerpen.

#### 4.4 Kostprijsberekening

Uit de kostprijsberekening blijkt dat de kosten van desinfectie met UV-C vrijwel alleen bestaan uit kosten voor rente en afschrijving. De afmetingen van de kast waarmee het onderzoek is uitgevoerd zijn zodanig, dat de kast geschikt zal zijn voor vrijwel alle bedrijven en ook op vrijwel alle bedrijven geplaatst kan worden zonder dat verbouwingen in de hygiënesluis of omkleedruimte noodzakelijk zijn. Dit heeft als gevolg dat de kosten (circa f 415,- per jaar) vrijwel onafhankelijk zijn van de bedrijfsomvang, tenzij het bedrijf over meerdere locaties verspreid is.

Er is niets bekend over de mate waarin de UV-C-straling in deze toepassing schade aan materialen veroorzaakt. Gezien de korte behandelduur en de lage frequentie is dergelijke schade onwaarschijnlijk.

#### 4.5 Betekenis voor de praktijk

De belangrijkste maatregel om ziekte-insleep te voorkomen bestaat uit het zoveel

mogelijk gebruiken van materiaal van het eigen bedrijf. Echter: materiaal en gereedschap vormen niet de enige route waarmee besmettingen op het bedrijf kunnen komen. Andere wegen zoals aangekochte dieren bezoekers, huisdieren, ratten, muizen en insecten, zijn minstens even gevaarlijk. Op de meeste varkensbedrijven vindt ongediertebestrijding plaats, worden huisdieren en bezoekers zoveel mogelijk geweerd en moeten bezoekers altijd een overall en laarzen van het bedrijf aantrekken. Een aantal varkenshouders verlangt van alle bezoekers die in de stal komen dat ze zich ter plaatse eerst douchen en bedrijfskleding aantrekken. Verder is het belangrijk dat materiaal en gereedschap, dat niet door de varkenshouder kan worden aangeschaft en daarom door derden van het ene bedrijf naar het andere wordt meegenomen, visueel schoon is. De resultaten van de kiemgetalbevestigingen op materiaal dat door dierenarts en voorlichter werd meegenomen naar het bedrijf (4.2) versterken de indruk, dat er doorgaans toch nog teveel kiemen op aanwezig zijn.

Voorals ook hiervoor genoemde maatregelen consequent worden toegepast, zal het zinvol zijn het materiaal dat bezoekers meenemen in een UV-C-kast te plaatsen. Het aantal kiemen kan daardoor aanzienlijk worden teruggebracht.

Het prototype voor een UV-C-kast, dat tijdens dit onderzoek is gebruikt, heeft ook qua gebruiksgemak goed voldaan. Het apparaat zou nog kunnen worden verbeterd door er een tijdschakelaar op te bouwen, opdat de te behandelen voorwerpen altijd vijf minuten worden bestraald. Een tweede verbetering is het laten draaien van de voorwerpen tijdens de blootstelling aan UV-C, zodat een groter deel van het oppervlak door de straling bereikt kan worden. Dit is met name zinvol bij ruwe voorwerpen en voorwerpen met een zeer ongelijkmatige vorm.

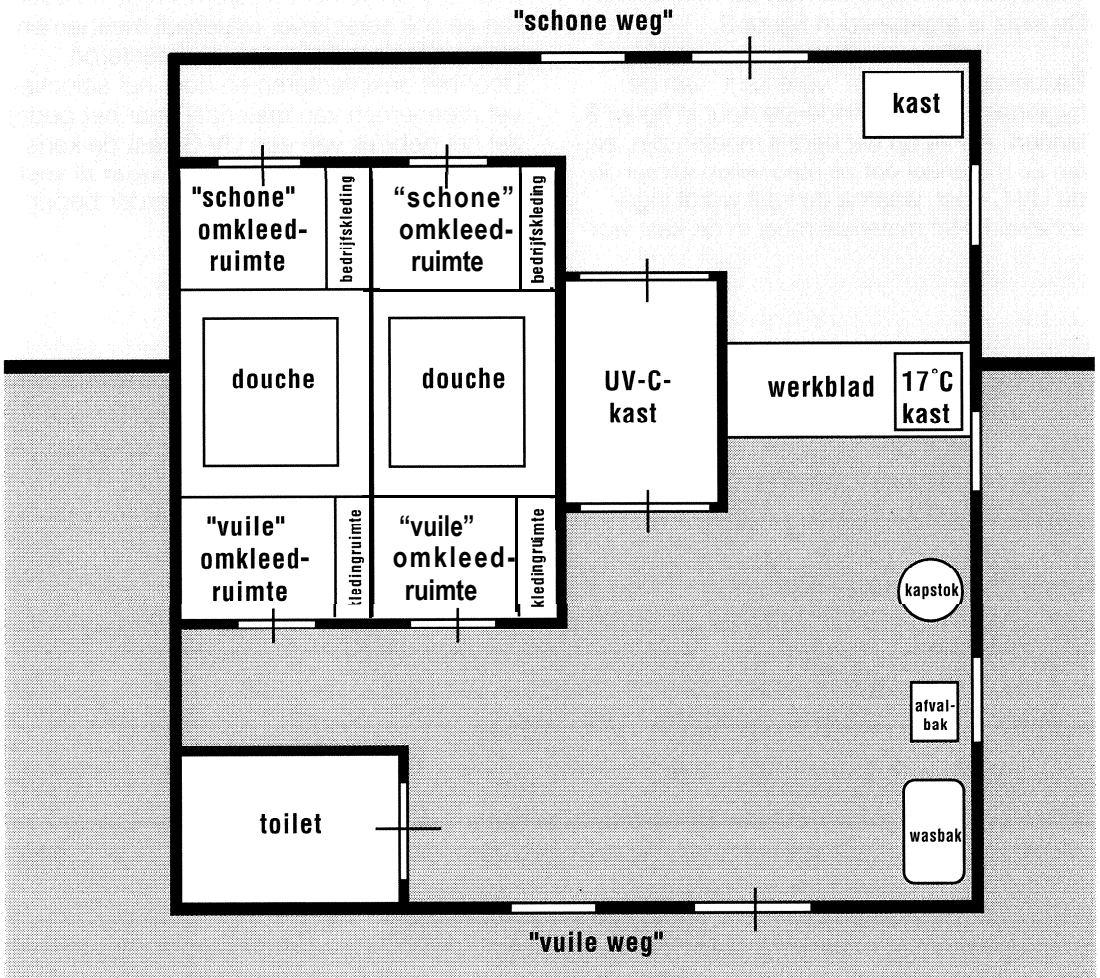
Desinfectie door middel van UV-C is een effectieve en relatief goedkope manier om insleep van ziektekiemen te beperken. Voorwaarden zijn dat de voorwerpen visueel schoon zijn en dat de buitenkant ervan uit glad en niet-poreus materiaal bestaat. Ook voorafgaand aan de blootstelling aan UV-C

is het kiemgetal van ruw en poreus materiaal veel hoger dan dat van glad en niet-poreus materiaal. Materiaal en apparaten die worden meegenomen van het ene bedrijf naar het andere moeten daarom onder alle omstandigheden zo glad en vlak mogelijk worden uitgevoerd. Als het onvermijdelijk is ruwe materialen mee te nemen naar een bedrijf, kan de effectiviteit van de blootstelling aan UV-C worden verbeterd door het materiaal tijdens de blootstelling minimaal één keer te draaien of keren.

Daarnaast hebben sommige voorwerpen een zodanige vorm dat het onmogelijk is alle relevante onderdelen te bestralen. Voorbeelden zijn elektrisch gereedschap, met open-

ningen voor de koeling van de motor, en formulieren of schrijfblokken. Deze laatste zouden alleen goed gedesinfecteerd kunnen worden als alle bladzijden die op andere bedrijven zijn opengeslagen ook in de UV-C-kast worden opengeslagen, wat doorgaans onmogelijk is.

Om de kans op ziekte-insleep, ondanks desinfectie met UV-C, te minimaliseren moet zoveel mogelijk materiaal van het eigen bedrijf worden gebruikt. Dit geldt bijvoorbeeld voor schrijfmateriaal, maar ook voor de elektriciteitskabels die vaak los (met een stekker) aan apparaten zijn bevestigd. Door kabels van het eigen bedrijf te gebruiken wordt ziekte-insleep via kabels uitgesloten



Figuur 3: Plattegrond van een hygiënesluis met UV-C-kast

en wordt bovendien voorkomen dat de kabels schaduwen in de UV-C-kast veroorzaken, die de effectiviteit van de blootstelling aan UV-C zouden doen afnemen.

*Om eventuele aantasting van de kwaliteit uit te sluiten wordt afgeraden om levend materiaal, zoals potjes sperma, met UV-C te behandelen.* Deze potjes zijn afkomstig van het schone deel van het KI-station en het kiemgetal is vrij laag (gemiddeld  $3,6 \text{ kve}/16 \text{ cm}^2$ ,  $n = 10$ ,  $sd = 4,8$ ). Naar verwachting is de kans op ziekte-insleep via deze potjes daarom gering. Eventueel kan de verpakking waarin de potjes zitten in het vuile deel van de hygiënesluis worden weggegooid.

Een hygiënesluis met een voorziening voor desinfectie met behulp van UV-C kan uitgevoerd worden zoals die van de heer Dirven. De sluis is afgebeeld in figuur 3.

Bezoekers komen de "vuile kant" van de hygiënesluis via de onderste deur in figuur 3 binnen. Als ze op het bedrijf moeten zijn, zetten ze materiaal dat ze mee willen nemen in de UV-C-kast, waarna de kast wordt ingeschakeld. Het materiaal moet in de kast wor-

den geplaatst zoals het wordt gebruikt. Dit betekent dat bijvoorbeeld een meetinstrument uit de koffer wordt gehaald voordat het in de UV-C-kast wordt geplaatst en dat de koffer geopend in de kast wordt gezet of in de hygiënesluis achter blijft. Vervolgens gaan de bezoekers zich douchen, trekken ze bedrijfskleding aan en komen ze aan de "schone kant" uit de omkleedruimte. Vanuit de schone kant nemen ze het materiaal uit de UV-C-kast, waarna ze het bedrijf mogen betreden.

Het primaire doel van deze procedure is dat bezoekers en materiaal zo schoon mogelijk op het bedrijf komen. Een belangrijk neven-effect is bewustwording van de risico's van ziekte-insleep. De ervaring leert dat bezoekers die zich moeten douchen minder vaak in de stallen komen. Daarom wordt verwacht dat ze ook selectiever materiaal meenemen als ze alles eerst moeten desinfecteren. Door het desinfecteren en door het selectiever meenemen van materiaal naar het bedrijf zal het gebruik van een UV-C-kast de kans op ziekte-insleep op bedrijven, waar al veel aan preventie wordt gedaan, verder beperken.

## 5 CONCLUSIES

- \* Gladde, niet-poreuze oppervlakken kunnen door middel van blootstelling aan UV-C effectief worden gedesinfecteerd. Dat betekent dat de kiemgetallen aanzienlijk worden verlaagd. Voorwaarden zijn dat te behandelen voorwerpen visueel schoon zijn en in de UV-C-kast niet in elkaars schaduw staan. De behandelde materialen worden echter niet kiemvrij.
- \* Volgens literatuur is blootstelling aan UV-C vrijwel even effectief tegen virussen als tegen bacteriën.
- \* Het kiemgetal van ruw en poreus materiaal is voor desinfectie veel hoger dan dat van glad en niet-poreus materiaal. Bovendien is bestraling van ruwe, poreuze oppervlakken met UV-C veel minder effectief dan bestraling van gladde, dichte oppervlakken. Materiaal en apparaten die worden meegenomen van het ene bedrijf naar het andere moeten daarom zo glad en vlak mogelijk worden uitgevoerd. De desinfecterende werking van blootstelling aan UV-C van ruw materiaal kan worden verbeterd door de voorwerpen tijdens de bestraling te draaien, maar zal de kwaliteit van desinfectie van glad materiaal niet evenaren.
- \* De kosten van UV-C-desinfectie van materiaal dat op het bedrijf komt bestaan vrijwel alleen uit kosten voor rente en afschrijving en bedragen ongeveer f 415,- per jaar.

# LITERATUUR

- Bens, P.A.M., A.G. Altena, G.B.C. Backus, B.H.P. Frederix, A.W. de Vos en G.J.M. van der Zanden 1994. *Afschrijven van varkensstallen*, Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, afdeling Varkenshouderij, publicatie R2, Rosmalen.
- Corstiaensen, G.P. 1990. *Controle van reiniging en desinfectie*. In: Vleesdistributie en vleestechnologie (25), nr. 8, p 22-25.
- Essens, J. 1991. *Kiemgetalbepalingen van staloppervlakken na reiniging en desinfectie in de vleesvarkenshouderij*. Stichting Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland, rapport no. 91.004, Boxtel.
- Harrewijn, G.A. 1982. *Eenvoudige technieken voor de bepaling van de besmetting van oppervlakken*. In: De ware(n)-Chemicus (12), p. 85-96.
- IKC-afdeling Varkenshouderij 1993. *Handboek voor de Varkenshouderij*. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, afdeling Varkenshouderij, publicatie nr. 37, Rosmalen.
- Kalisvaart, B.F. 1994. *UV-Licht entkeimt Verpakkingsmaterialen*. In: Die Ernährungsin-dustrie, nr. 4, p. 62-63.
- Meulemans, C.C.E. 1989. *Desinfectie met UV-C in de voedings- en genotmiddelenindustrie*. In: Voedingsmiddelentechnologie (22), nr. 26, p.18-19.
- Meulemans, C.C.E. 1992. *Desinfizieren in der Lebensmittelindustrie mit UV-Bestrahlung*. In: Intern. Zeitschrift für Lebensmittel-technologie und -verfahrenstechnik, nr. 10. Heidelberg.
- Peters, P.A.H.C. en W. Schoorlemmer 1994. *Het varken en zijn hygiëne anno 1994*. Stichting Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland, rapport no. 94.008, Boxtel.
- Philips Lighting 1992. *Disinfection by UV radiation*. In: brochure Germicide on lamps, Eindhoven.
- Projectgroep KWIN-Veehouderij 1995. *Kwantita tieve in formatie veehouderij 1995- 1996*. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, publikatie nr. 6-96, Ede.
- Riley, R.L. 1974. *Airborne infection*. In: The American journal of medicine (57), p. 466-471.
- Rühlmann, S en F. Feldhusen 1996. *Untersuchungen zur Aussagekraft verschiedener Oberflächenabklatschsysteme bei unterschiedlichen Materialien*. In: Fleischwirtschaft (76), nr. 8, p. 840-843.
- SAS Institute Inc. 1989. *SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition*. Cary, NC, USA.
- Wagemans, B. 1985. *ultraviolette bestraling van stallucht ter bestrijding van Atrophische Rhinitis*. Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord-Brabant, Boxtel.



# BIJLAGEN

## Bijlage 1: Resultaten kiemgetalbepalingen in oriënterende fase

Tabel 1.1: Gemiddelde kiemgetallen (kve/16 cm\*) van glad & dicht materiaal voor en na blootstelling aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup>

behandelduur (minuten)	voor blootstelling			na blootstelling		
	n	gemiddeld	sd	n	gemiddeld	sd
1, 2, ..., 15	59	1.410	1.167	63	122	126
1	9	1.232	489	9	190	138
2	9	1.069	436	9	263	156
3	9	1.403	1.205	9	164	129
4	5	652	367	9	103	39
5	9	1.495	1.035	9	46	18
10	9	2.253	1.486	9	48	43
15	9	1.431	1.821	9	34	17

Tabel 1.2: Invloed van behandelduur (minuten) op afname van kiemgetal en kiemgetal na blootstelling (kve/cm<sup>2</sup>), na blootstelling van glad & dicht materiaal aan een UV-C-dosis van 162 mJ/cm<sup>2</sup>

	duur van de blootstelling (minuten)						
	1	2	3	4	5	10	15
afname kiemgetal	1.216 <sup>bc</sup>	1.141 <sup>c</sup>	1.245 <sup>b</sup>	1.299 <sup>ab</sup>	1.366 <sup>a</sup>	1.380 <sup>a</sup>	1.376 <sup>a</sup>
kiemgetal na desinfectie	190 <sup>bc</sup>	263 <sup>c</sup>	164 <sup>b</sup>	103 <sup>ab</sup>	46 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>

## Bijlage 2: Resultaten kiemgetalbepalingen in voortgezette fase

Tabel 2.1: Gemiddelde kiemgetallen (kve/16 cm\*) voor en na desinfectie met UV-C

materiaal	voor blootstelling			na blootstelling		
	n	gemiddeld	sd	n	gemiddeld	sd
alles	700	3.375	4.535	701	877	1.517
baksteen	350	6.290	4.859	352	1.722	1.774
plastic potje	150	116	147	149	7	43
karton	100	797	1.005	100	50	87
zakdoek	100	636	732	100	26	61

Bijlage 3: Resultaten kiemgetalbepalingen binnenkomend materiaal

Tabel 3.1: Gemiddelde kiemgetallen (kve/16cm<sup>2</sup>) voor en na desinfectie met UV-C

voorwerp	voor blootstelling	na blootstelling
scanner	70	5
scanner	520	268 <sup>1</sup>
scanner	328	2
flesje glijmiddel (bij scanner)	309	4
flesje glijmiddel (bij scanner)	87	1
plastic box (bij scanner)	50	10
plastic box (bij scanner)	18	10
kaft schrijfblok	288	26
kaft schrijfblok	168	25
kaft schrijfblok	220	14
vel papier	28	1
deksel koelbox2	1.664	244
deksel koelbox2	1.008	<sub>3</sub>
broodtrommel	171	9

<sup>1</sup> Contactafdruk genomen op plaats die tijdens blootstelling aan UV-C bedekt was met elektriciteitsnoer

<sup>2</sup> Deksel met veel reliëf

<sup>3</sup> Geen bepaling

Het aantal kiemen op het binnenkomend materiaal neemt als gevolg van de blootstelling aan UV-C af van gemiddeld 352 kve/16 cm<sup>2</sup> naar 48 kve/16 cm<sup>2</sup> (p < 0,05).

## Bijlage 4: Hygiënebeoordeling

Tabel 4.1: Relatieve frequentieverdeling (%) van kiemgetallen en berekende hygiëncijfers vóór blootstelling aan UV-C

materiaal	behandel- protocol	aantal kve / 16 cm*			hygiëncijfer <sup>1</sup>
		0 - 50	51 - 250	> 250	
baksteen	SB	0	0	100	1,0
	ESB	∅	0	100	1,0
	SBO	∅	∅	100	1,0
plastic potje	SB	14	72	14	5,1
	ESB	94	6	0	9,7
	SBO	12	62	26	4,6
karton	SB	∅	4	96	1,2
	ESB	∅	50	50	3,0
zakdoek	SB	0	20	80	1,8
	ESB	2	80	18	4,4

<sup>1</sup> Berekend volgens Essens (1991)

Tabel 4.2: Relatieve frequentieverdeling (%) van kiemgetallen en berekende hygiëncijfers na blootstelling aan UV-C

materiaal	behandel- protocol	aantal kve / 16 cm*			hygiëncijfer <sup>1</sup>
		0 - 50	51 - 250	> 250	
baksteen	SB	∅	∅	100	1,0
	ESB	4	20	76	2,2
	SBO	0	16	84	1,6
plastic potje	SB	96	4	0	9,8
	ESB	98	0	2	9,8
	SBO	100	0	0	10,0
karton	SB	52	42	6	7,4
	ESB	92	8	0	9,6
zakdoek	SB	78	20	2	8,8
	ESB	96	4	0	9,8

<sup>1</sup> Berekend volgens Essens (1991)

# REEDSEERDERVERSCHENENPROEFVERSLAGEN

Proefverslag Pl. 152

*Gedoseerde wa terverstrekking aan individueel gehuisveste dragende zeugen.* C.M.C. van der Peet-Schwering, Voermans, M.P. en Vermeer, H.M., augustus 1996.

Proefverslag P1. 153

*Automatisch geregelde na tuurlijke ven tila tie bij vleesvarkens.* I.A.A.C. Mouwen, Geurts, P.J.W.M., Binnendijk, G.P. en Brakel, C.E.P. van, augustus 1996.

Proefverslag Pl. 154

*Effect van vloeruitvoering op hokbevuiling en ammoniakemissie bij vleesvarkens.* E.R. ter Elst-Wahle en Brok, G.M. den, augustus 1996.

Proefverslag P1. 155

*Effect van mestkoeling op de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal.* G.M. den Brok en Verdoes, N., augustus 1996.

Proefverslag Pl. 156

*Het effect van tarweras op de technische resultaten, de slachtkwaliteit, de gezondheid en de mestsamenstelling van vleesvarkens.* R.H.J. Scholten, Plagge, J.G. en Peet-Schwering, C.M.C. van der, augustus 1996.

Proefverslag Pl. 157

*Aardappelwit (Protamyl® PF en Protastar®) in voer voor gespeende biggen,* J.G. Plagge en Peet-Schwering, C.M.C. van der, september 1996.

Proefverslag Pl. 158

*Het grupstalsysteem voor guste en dragende zeugen in relatie tot ammoniakemissie.* M.P. Voermans en Hendriks, J.G.L., september 1996.

Proefverslag Pl. 159

*Speendiarree bij biggen: de factoren voeding en Escherichia coli.* E.M.A.M. Bruininx en Peet-Schwering, C.M.C. van der, september 1996.

Proefverslag P1.160

*PVE/IKB-Productinformatie Biggen. Informa-*

*tie-uitwisseling tussen vermeerderaars en vleesvarkenshouders.* J.B. van der Fels en Huiskes, J.H., september 1996.

Proefverslag Pl. 161

*Klimaatregeling met koude-opslag in vleesvarkensstallen.* N. Verdoes, Telle, M.G., Mouwen, I.A.A.C., Tuinte, J.H.G., Vrieling, M.G.M. en Brakel, C.E.P. van, oktober 1996.

Proefverslag Pl. 162

*Rota tiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 1: zeugenhouderij.* F.C.A.M. Broeders, Vesseur, P.C., Kanis, E. en Vonk M.C., oktober 1996.

Proefverslag P1. 163

*Rota tiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 2: vleesvarkenshouderij.* J.H. Huiskes en Binnendijk, G.P., oktober 1996.

Proefverslag P1. 164

*Invloed van huisvestingssysteem op arbeid en arbeidsomstandigheden bij dragende zeugen.* P.F.M.M. Roelofs en Sande-Schellekens, A.L.P. van de, november 1996.

Proefverslag P1.165

*Structuurrijke grondstoffen in het mengvoer van vleesvarkens.* R.H.J. Scholten, Brok, G.M. den en Binnendijk, G.P., december 1996.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 18,50 per verslag (m.u.v. P1.117, deze kost f 50,-) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen f 20,- per P 1-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én f 15,- administratiekosten per bestelling (m.u.v. P1.117, deze kost f 75,-). Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor f 250,- per jaar.