

Grondslagen voor stofarme dierhouderijontwerpen

Juli 2010

A. Winkel, J. Mosquera Losada, J. van Harn, R.A. van Emous, H. Ellen, M. Cambra-López, Y. Zhao, F.E. de Buissonjé, P.W.G. Groot-Koerkamp, A.J.A. Aarnink, N.W.M. Ogink



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Een foto nemen met flitser in een pluimvee- of varkensstal geeft vaak een teleurstellend resultaat...



Inhoud

1. Stof; wat is het?
2. Effecten van fijnstof op mens en dier
3. Resultaten onderzoek WUR-LR fijnstofemissie uit stallen
4. Processen en factoren van invloed op fijnstofproductie
5. Verkenning bestaande, stofarme dierhouderijconcepten
6. Resultaten onderzoeksprogramma WUR-LR
'Stofreductie Pluimvee' naar maatregelen en technieken
voor stofreductie in pluimveestallen



1. Stof; wat is het?

- Definitie: 'Particulate Matter' (PM) > in de lucht zwevende materie in de vorm van kleine deeltjes, druppeltjes
- Indeling PM naar max. aerodynamische diameter van de deeltjes (μm), weergegeven als getal achter 'PM'

Benaming	Stoffractie	Definitie	Referenties
Totaalstof	PM100	<i>'All particles surrounded by air in a given volume of air'</i>	ISO 7708:1995
Inhaleerbaar stof	PM100	<i>'Mass fraction of total airborne particles which is inhaled through the nose and mouth'</i>	ISO 7708:1995 NEN-EN 481:1993
Fijnstof	PM10	<i>'Particulate matter which passes through a size-selective inlet with a 50% efficiency cut-off at 10 μm aerodynamic diameter'</i>	NEN-EN 12341:1998
Thoracaal stof	PM10	<i>'Mass fraction of total airborne particles which penetrate beyond the larynx'</i>	ISO 7708:1995
Respirabel stof	PM4	<i>'Mass fraction of inhaled particles which penetrate to the unciliated airways'</i>	ISO 7708:1995
Zeer fijn stof	PM2,5	<i>'Particulate matter which passes through a size-selective inlet with a 50% efficiency cut-off at 10 μm aerodynamic diameter'</i>	NEN-EN 14907:2005



1. Stof; wat is het?

■ Samenvatting studies naar bronnen van stof:

Diersoort	Belangrijkste stofbronnen	Bron
Leghennen (kooi)	Huidschilfers met voerdeeltjes, veren	Koon et al., 1963
	Voer (80–90%), dier (4–12%), mest (2–8%)	Man et al., 1971
Leghennen (scharrel)	Strooisel (55–68%), dier (2–12%), mest (2–8%)	Man et al., 1971
Vleeskuikens	Donsveren (>10%), urinezuurkristallen (>10%), voer (<1%), micro-organismen (<1%), geen mestdeeltjes	Aarnink et al., 1999
Varkens (zeugen, biggen, vleesvarkens)	Voer, mest (bacteriën, darmepitheelcellen), huid- en haarschilfers, schimmels, zaad- en graandeeltjes, insecten, minerale asdeeltjes	Donham et al., 1986
	Voer (zetmeeldeeltjes, graandeeltjes), huidschilfers	Heber et al., 1988
	Voer (>10%), huidschilfers (>10%), mest (1–3%), urinezuurkristallen (1–3%), geen micro-organismen	Aarnink et al., 1999

Geen gegevens voor: vleeskalkoenen, vleeseenden, koeien, vleeskalveren, konijnen en nertsen

1. Stof; wat is het?

■ Samenvatting studies naar chem. samenstelling van stof:

Diersoort	% DS	% Org. stof	% Ruw eiwit	% Ruw vet	% Cellulose	% N	% P	% AS	Bron
Leghennen (kooi)	92	*	60	9	4	*	*	19	Koon et al., 1963 ^[DS]
	89	*	50	10	*	*	*	15	Hartung, 1986 ^[DS]
Vleeskuikens	91	*	*	*	*	15	0,6	9	Aarnink et al., 1999 ^[-DS]
	88-90	*	62-64	7-8	3-6	*	*	*	Anderson et. al, 1966 ^[?]
Vleeskalkoenen	85-93	*	50-68	7-9	4-6	*	*	*	Anderson et. al, 1966 ^[?]
Varkens (zeugen, biggen, vleesvarkens)	*	*	23-29	*	*	4-5	*	*	Curtis et al., 1975 ^[DS]
	87	*	24	4	*	*	*	15	Aengst et al., 1984 ^[DS]
	87	*	24	5	*	*	*	*	Hartung, 1986 ^[DS]
	*	*	23	*	*	*	*	*	Donham et al., 1986 ^[?]
	*	90	*	*	*	*	*	*	Louhelainen et al., 1987
	88	*	31	*		*	*	15	Zeitler et al., 1988 ^[DS]
	92	*	*	*		6	1,4	14	Aarnink et al., 1999 ^[-DS]

* = niet bepaald. Geen gegevens voor: leghennen (scharrel), vleeseenden, koeien, vleeskalveren, konijnen en nertsen. [DS] = gehalten in % van DS gewicht. [-DS] = gehalten omgerekend naar % van DS gewicht. [?] = gehalten op DS of product basis: onbekend.

1. Stof; wat is het?

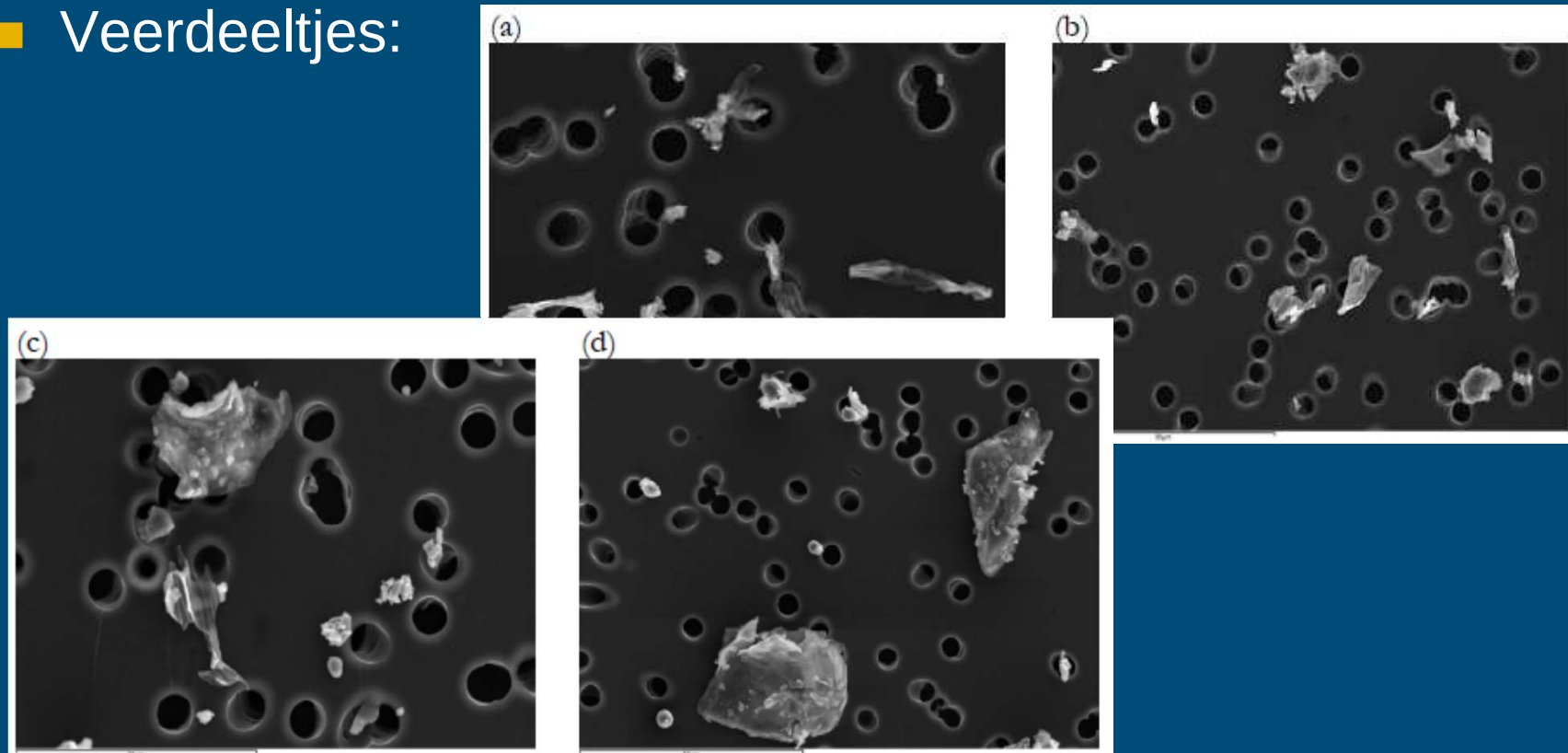
- Recent bronnenonderzoek Maria Cambra-Lopez:
M. Cambra-López, A.G. Torres, A.J.A. Aarnink, N.W.M. Ogink, 2010.
Source analysis of fine and course particulate matter from livestock houses. Submitted to: *Atmospheric Environment* (June 2010)
- Uitgevoerd in meerdere dierhouderijsystemen:

Diercategorie	Stalsysteem	Aantal stallen
Vleeskuiken	strooisel	2
Kalkoenen	strooisel	2
Leghennen	scharrel	2
Leghennen	volière	2
Biggenopfok	volledig rooster	2
Vleesvarkens	gedeeltelijk rooster	2
Zeugen (gust/dragens)	groepshuisvesting	2



1. Stof; wat is het?

- Stalstof zeer heterogeen in grootte, vorm en dichtheid
- Deeltjes morfologisch moeilijk herleidbaar tot bron
- Veerdeeltjes:



1. Stof; wat is het?

■ Voerdeeltjes:

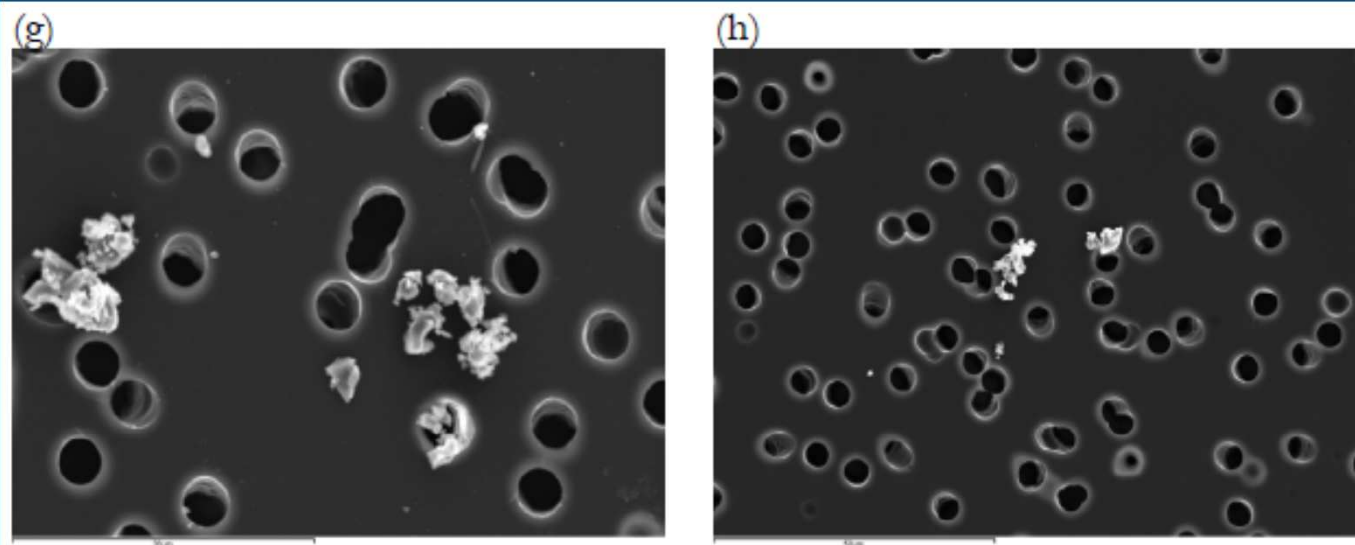


Figure 3.3. Particles from feed. (a and b) Rounded and flattened, smooth particles from broilers fine PM (a) and also rests of fragmented particles in coarse PM (b). (c and d) Cubic bright particles from laying hens aviary system fine PM (d) and from sows coarse PM (d). (e and f) Single bar-shaped particles from sows fine PM (e) and laying hens floor system coarse PM (f). (g and h) Several angular, cracked, fragmented particles from laying hens aviary fine PM (g) and growing-finishing pigs coarse PM (h). Images on the left: fine PM, scale bar 30 μm . Images on the right: coarse PM, scale bar 50 μm . Note 5 μm diameter filter pores, shown as round dark holes.

1. Stof; wat is het?

- Haardeeltjes (vleesvarkens, biggen, zeugen):

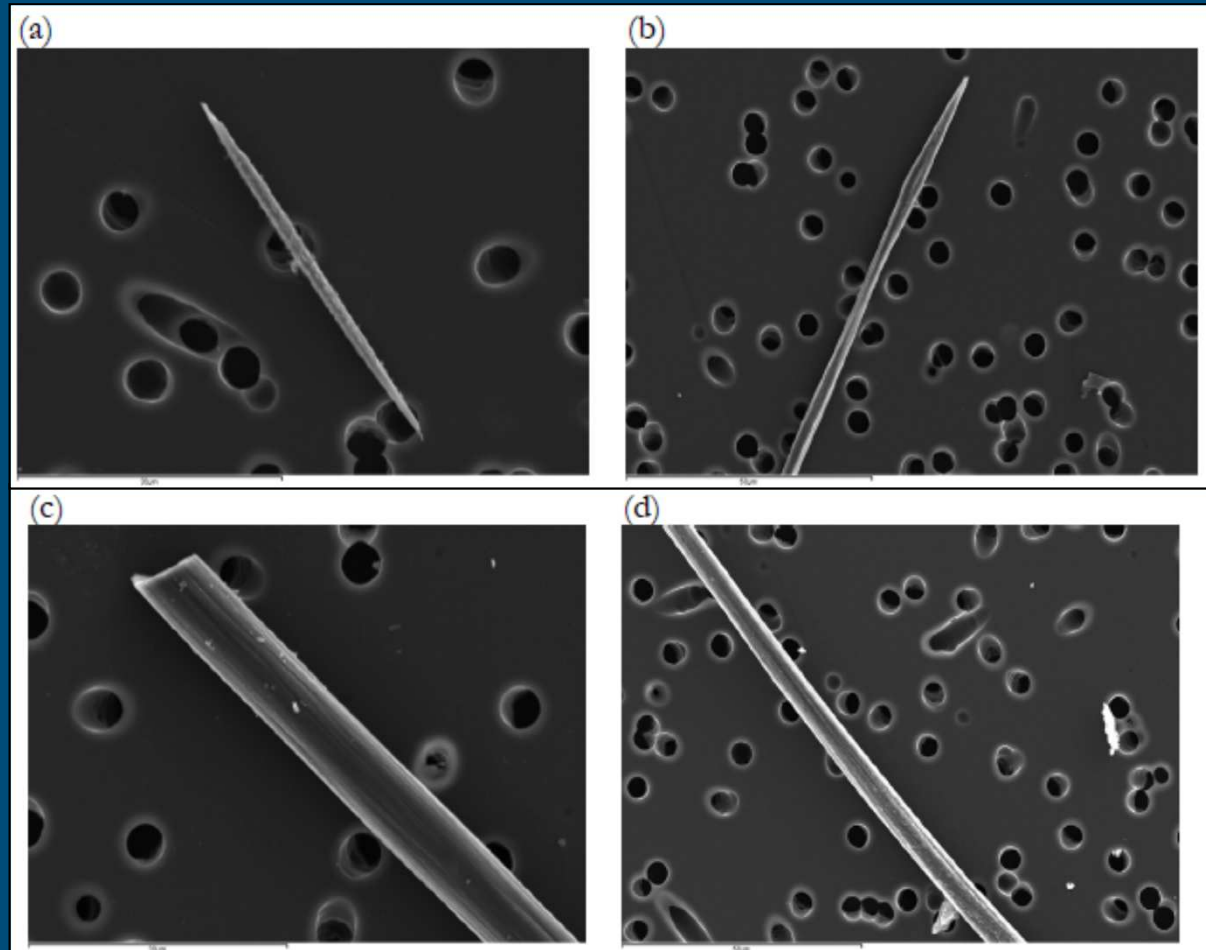


Figure 3.4. Particles from hair. (a and b) Long-thin pointed particles from growing-finishing pigs fine PM (a) and from piglets coarse PM (b). (c and d) Thick and striated tubular particles from growing-finishing pigs fine PM (c) and from sows coarse PM (d). Images on the left: fine PM, scale bar 30 µm. Images on the right: coarse PM, scale bar 50 µm. Note 5 µm diameter filter pores, shown as round dark holes.

1. Stof; wat is het?

- Mestdeeltjes (varkens):

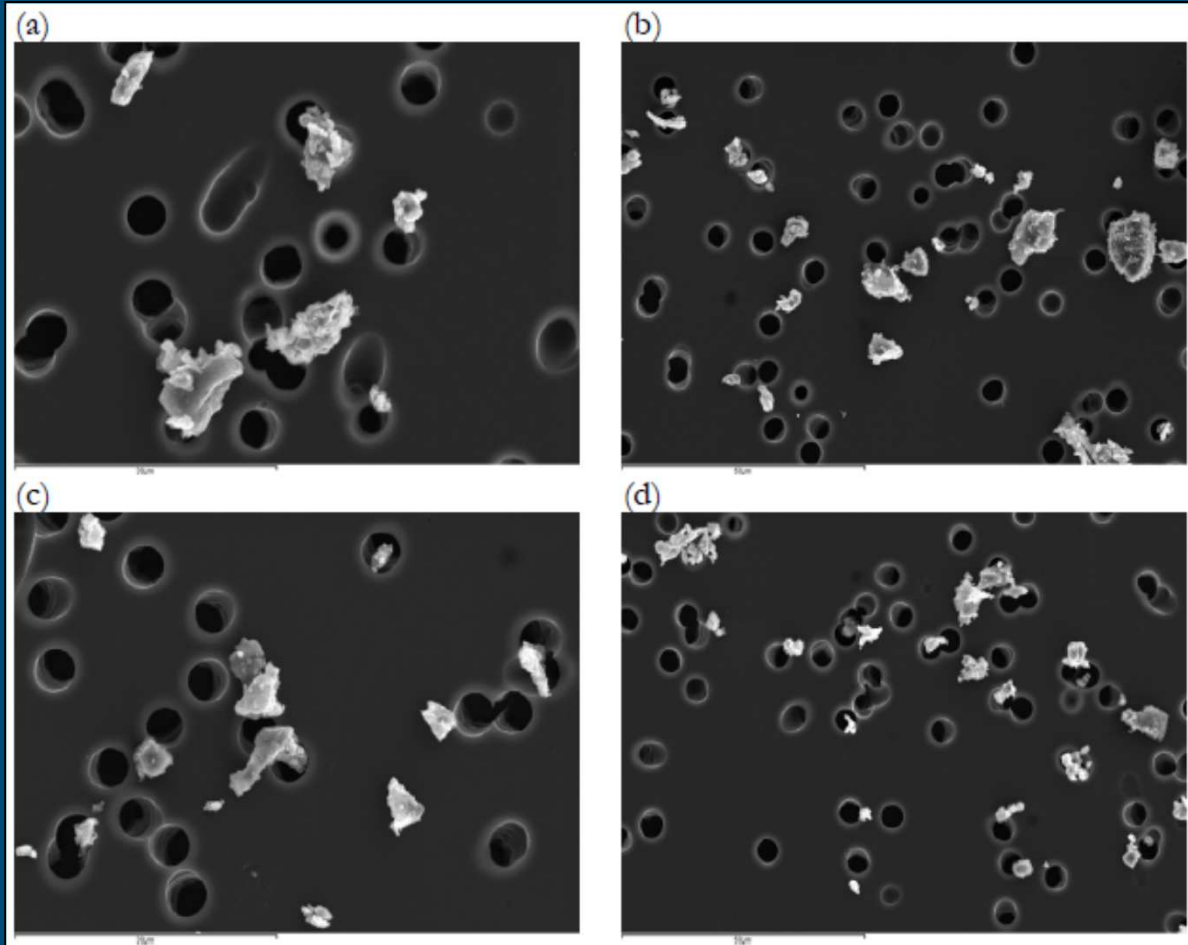


Figure 3.6. Manure particles from pigs. (a) Fragmented angular particles from piglets fine PM. (b and c) Mixture of fragmented, layered, angular and more rounded particles from growing-finishing coarse PM (b) and from growing-finishing fine PM (c). (d) Abundant layered and angular particles from sows coarse PM. Images on the left: fine PM, scale bar 30 μm . Images on the right: coarse PM, scale bar 50 μm . Note 5 μm diameter filter pores, shown as round dark holes.

1. Stof; wat is het?

- Huiddeeltjes (zeugen):

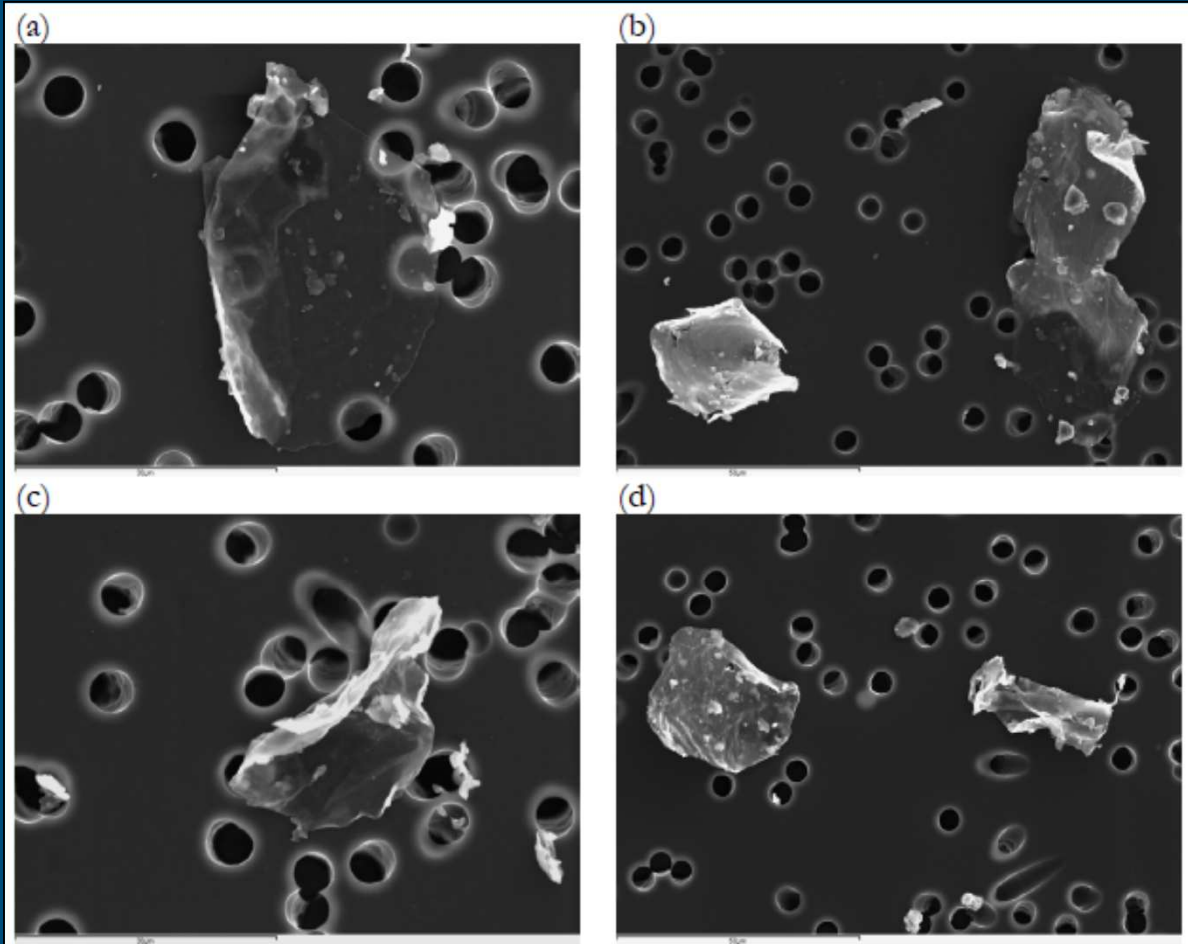


Figure 3.7. Particles from skin. All particles from sows. (a) Big, transparent, smooth, and flat particle in fine PM. (b) Rounded flake-like particles from coarse PM. (c) Folded and thin particle from fine PM. (d) Rough surfaces caused by deposited particles on top of flattened particles from coarse PM. Images on the left: fine PM, scale bar 30 μm . Images on the right: coarse PM, scale bar 50 μm . Note 5 μm diameter filter pores, shown as round dark holes.



1. Stof; wat is het?

■ Houtkrullen:

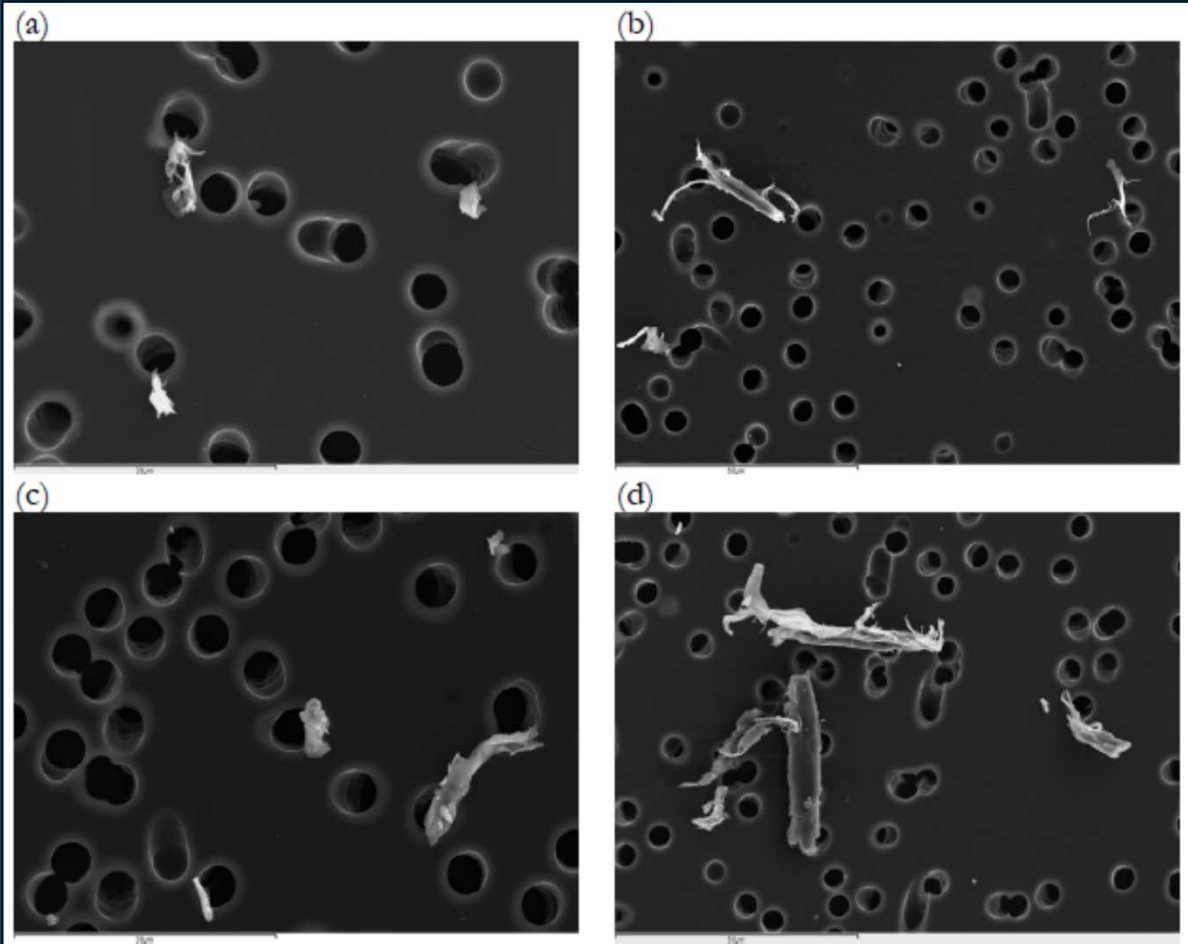


Figure 3.8. Particles from wood shavings. (a) Rounded flattened particles from broilers fine PM. (b) Fibers from broilers in coarse PM. (c) Rounded and elongated, bent particle from turkeys fine PM. (d) Fibrous particles with very sharp edges from broilers in coarse PM. Images on the left: fine PM, scale bar 30 µm. Images on the right: coarse PM, scale bar 50 µm. Note 5 µm diameter filter pores, shown as round dark holes.

1. Stof; wat is het?

- Relatieve bijdrage bron aan fijn stof:

Bronnen	Vleeskuikens	Leghennen sch.	Leghennen vol.	Kalkoenen
Veren	8	33	27	46
Voer	2	3	1	2
Mest	51	63	69	35
Buitenstof	3	1	3	4
Zaagsel/krullen	36	-	-	13

Bronnen	Biggenopfok	Vleesvarkens	Zeugen
Voer	2	1	1
Mest	20	12	25
Buitenstof	1	2	36
Huid	77	85	39



1. Stof; wat is het?

- Algemeen: 85-92% droge stof
hoog gehalte organische stof: >90%
10-15% as en 4-10% ruw vet
concentraties zware metalen laag
grootte, vorm en dichtheid heterogeen
- Pluimveestof: m.n. mest/strooisel, (dons)veren en urine(zuur)kristallen
50-70% ruw eiwit
- Varkensstof: m.n. huid- en haarschilfers, mest en voer
20-30% ruw eiwit

1. Stof; wat is het?

- Overige dierhouderijsystemen;
konijnen, vleeskalveren, eenden → geen onderzoek

Verwachting:

- | | |
|-----------------|--|
| - konijnen | huid, vacht, voer, mest |
| - vleeskalveren | huid, haren, mest |
| - eenden | huid, (dons)veren, strooisel, mest, voer |

1. Stof; wat is het?

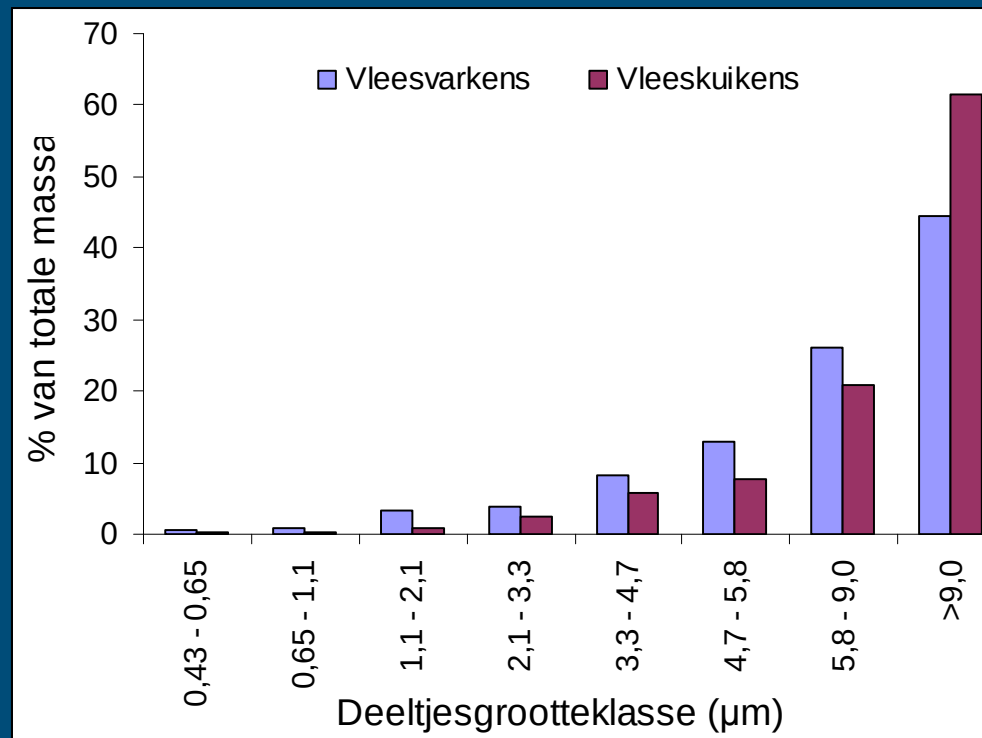
- Biologische samenstelling van stof; PM drager van:
 - Schimmels
 - Gisten
 - Bacteriën
 - Virussen
 - Endotoxinen (ontstekingsbevorderende celwandbestanddelen van micro-organismen; LPS: lipopolysaccharide, PG: peptidoglycaan, LTA: lipoteichoic acid, β -glucaa, etc.)
- } Viable counts stallucht: 10^1 - 10^7 cfu/m³

PM daarnaast drager van:

Antibiotica, Gasvormige componenten (bijv. NH₃), Geur

1. Stof; wat is het?

- Stofconcentraties worden uitgedrukt in mg/m^3 (massaconcentratie) of aantal/m^3 (deeltjesconcentratie)
- Fysische eigenschappen van PM (Aarnink et al., 1999):



1. Stof; wat is het?

■ Fysische eigenschappen van PM:

- Aarnink et al., 1999: de massa aan PM in stallen wordt voornamelijk bepaald door de grote deeltjes ($>6 \mu\text{m}$)
- Gerekend naar **massa** (mg/m^3) vormen de PM_{2,5} deeltjes in stalstof slechts 5-8% van de totale massa aan PM₁₀ in stallen (bij vleeskalkoenen uitzonderlijk: ca. 45%).
- Gerekend naar **aantallen deeltjes** ($\#/\text{m}^3$) vormen de PM_{2,5} deeltjes in stalstof $>95\%$ van het totaal aantal deeltjes kleiner dan $10 \mu\text{m}$ in stallen. Ze voegen echter weinig toe aan de totale massa aan PM.
- Kortom: massa- en deeltjesconcentraties geven omgekeerd beeld



2. Effecten van PM op mens en dier

- Wettelijke (publieke) grenswaarden (vroeger: MAC waarde; Ministerie SZW, Arbeidsomstandighedenregeling, bijl. XIII):

- Inhaleerbaar stof (~PM50):	10	mg/m ³	(tot 1-1-2007)
- Respirabel stof (~PM5):	5	mg/m³	(tot 1-1-2007)
- NH ₃ (8 uur / 15 min):	14 / 36	mg/m ³	(≈ 21 / 51 ppm)

Complete lijst: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0008587/BijlageXIII>

- Sectoren moeten sinds 1-1-2007 (private) Grenswaarden (stof) opstellen
- Geadviseerde epidem. grenswaarden stalstof (Donham & Cumro, 1999):

- Totaalstof (~PM100):	2,4	mg/m ³	
- Respirabel stof (~PM4):	0,16	mg/m³	
- Endotoxinen:	614	EU/m ³	(≈ 61 ng/m ³)
- Resp. endotoxinen:	0,35	EU/m ³	(≈ 0,04 ng/m ³)
- Ammoniak:	7	ppm	

2. Effecten van PM op mens en dier

- Geen wettelijke grenswaarden voor PM10 / PM2,5 fracties
- Grenswaarden voor endotoxinen:
 - aanvankelijk voorstel Gezondheidsraad: 50 EU/m³
 - wettelijke grenswaarde 200 EU/m³ na tijdje weer ingetrokken
 - Dit jaar: verw. herinvoering grenswaarde op ca. 135 EU/m³
- Daadwerkelijke concentraties respirabel stof in stallen:

Diersoort	Inhaleerbaar stof [mg/m ³]	Respirabel stof (~PM5) [mg/m ³]
Pluimveestallen	3,60	0,45
Varkensstallen	2,19	0,23
Rundveestallen	0,38	0,07

Takai et al., 1998 (EU-project Aerial Pollutants). Gemiddelde 24-uurs concentraties van stationaire metingen aan stallen in GB, NL, DK, D

- Echter; metingen overdag (met meetapparatuur aan lichaam) laten aanzienlijk hogere blootstellingen zien

2. Effecten van PM op mens en dier

- Gemiddelde 24h-concentraties van stalstof in diverse typen pluimveestallen (Takai et al., 1998):

Country	Housing	Inhalable dust		Respirable dust	
		Concentration mg/m ³	Standard error	Concentration mg/m ³	Standard error
England	Layers, perchery	2.19	0.126	0.35	0.210
	Layers, cage	1.53	0.126	0.21	0.217
	Broilers, litter	9.92	0.126	1.14	0.188
The Netherlands	Layers, perchery	8.78	0.126	1.26	0.196
	Layers, cage	0.75	0.126	0.09	0.188
	Broilers, litter	10.36	0.125	1.05	0.187
Denmark	Layers, perchery	4.86	0.146	0.92	0.217
	Layers, cage	1.64	0.252	0.23	0.376
	Broilers, litter	3.83	0.126	0.42	0.188
Germany	Layers, perchery	—	—	—	—
	Layers, cage	0.97	0.126	0.03	0.188
	Broilers, litter	4.49	0.126	0.63	0.188

> Kooihuisvesting
relatief stofarm,
strooiselsystemen
laten hogere
stofniveaus zien

■ Gemiddelde 24h-concentraties van stalstof in diverse typen varkensstallen (Takai et al., 1998):

Country	Housing	Inhalable dust		Respirable dust	
		Concentration mg/m ³	Standard error	Concentration mg/m ³	Standard error
England	Sows, litter	0.63	0.144	0.16	0.191
	Sows, slats	0.86	0.145	0.09	0.234
	Weaners, litter	—	—	—	—
	Weaners, slats	5.05	0.134	0.43	0.191
	Fatteners, litter	1.38	0.134	0.15	0.191
	Fatteners, slats	2.67	0.134	0.29	0.199
The Netherlands	Sows, litter	—	—	—	—
	Sows, slats	1.20	0.134	0.13	0.191
	Weaners, litter	—	—	—	—
	Weaners, slats	3.74	0.134	0.32	0.191
	Fatteners, litter	—	—	—	—
	Fatteners, slats	2.61	0.134	0.24	0.191
Denmark	Sows, litter	—	—	—	—
	Sows, slats	3.49	0.134	0.46	0.191
	Weaners, litter	—	—	—	—
	Weaners, slats	3.37	0.134	0.15	0.191
	Fatteners, litter	1.21	0.134	0.10	0.191
	Fatteners, slats	2.08	0.134	0.16	0.191
Germany	Sows, litter	1.64	0.134	0.12	0.191
	Sows, slats	1.13	0.134	0.11	0.191
	Weaners, litter	—	—	—	—
	Weaners, slats	2.80	0.134	0.29	0.191
	Fatteners, litter	—	—	—	—
	Fatteners, slats	2.31	0.122	0.18	0.175

> Stofniveaus bij gespeende biggen relatief hoog: dieractiviteit?

- Gemiddelde 24h-concentraties van stalstof in diverse typen rundveestallen (Takai et al., 1998):

<i>Country</i>	<i>Housing</i>	<i>Concentration mg/m³</i>
England	Dairy, litter	0.17
	Dairy, cubicles	0.04
	Beef, litter	0.08
	Beef, slats	—
	Calves, litter	0.08
	Calves, slats	—
The Netherlands	Dairy, litter	0.06
	Dairy, cubicles	0.08
	Beef, litter	—
	Beef, slats	0.09
	Calves, litter	—
	Calves, slats	0.08
Denmark	Dairy, litter	0.05
	Dairy, cubicles	0.05
	Beef, litter	—
	Beef, slats	0.04
	Calves, litter	0.04
	Calves, slats	—
Germany	Dairy, litter	0.03
	Dairy, cubicles	0.08
	Beef, litter	0.05
	Beef, slats	0.04
	Calves, litter	0.04
	Calves, slats	0.03

> Stofniveaus laag
t.o.v. pluimvee en
varkens

2. Effecten van PM op mens en dier

- Schadelijkheid stof voor werkende afhankelijk van:
 - zwaarte van de arbeid (diepte van ademhaling)
 - persoonlijke gevoeligheid (erfelijkheid, roken, etc.)
 - tijdsduur van blootstelling (i.h.a. langer bij varkenshouders)
 - origine en aard van het stof (endotoxinen?)
 - stofconcentratie (pieken juist tijdens werkzaamheden)
 - diameter stof (kleine deeltjes komen dieper in de longen)



2. Effecten van PM op mens en dier

- Gemiddelde dag- en nachtconcentraties (ng/m³) van endotoxinen in stalstof van diverse diercategorieën:

<i>Species</i>	<i>Inhalable endotoxin concentration (ng/m³)</i>		<i>Respirable endotoxin concentration (ng/m³)</i>	
	<i>Day</i>	<i>Night</i>	<i>Day</i>	<i>Night</i>
Cows	15.1	7.4	0.6	1.6
Beef cattle	11.8	13.6	1.0	1.3
Calves	48.7	63.9	6.3	6.7
Sows	114.6	52.3	8.3	7.4
Weaners	186.5	157.4	17.7	18.9
Fattening pigs	135.1	109.1	13.0	11.4
Layers	860.4	338.9	58.1	29.6
Broilers	785.7	784.2	35.1	71.8

Seedorf et al., 1998 (EU-project Aerial Pollutants). Endotoxinenbepaling in stoffracties. Metingen in 241 stallen in Engeland, Nederland, Denemarken en Duitsland. **In rood: advieswaarden Donham en Cumro, 1999**

2. Effecten van PM op mens en dier

- Gemiddelde concentraties (ng/m³) endotoxinen in stalstof van diverse typen pluimveestallen (Seedorf et al., 1998):

<i>Animal and housing type</i>	<i>Country*</i>	<i>Number (n)</i>	<i>Inhalable endotoxin concentration (ng/m³)</i>		<i>Respirable endotoxin concentration (ng/m³)</i>	
			<i>Day</i>	<i>Night</i>	<i>Day</i>	<i>Night</i>
Layers, perchery	E	10	2815.9	1140.4	171.8	105.3
	NL	8	431.3	104.6	19.6	9.5
	DK	6	265.3	29.9	26.7	10.4
Layers, cages	E	6	549.2	309.8	67.8	28.0
	NL	7	20.8	20.0	2.2	2.0
	DK	2	116.0	53.3	14.0	12.4
	D	4	30.9	11.4	3.1	1.5
Broilers, litter	E	4	76.2	64.3	7.5	4.9
	NL	9	469.3	293.5	17.7	63.8
	DK	6	139.7	116.6	18.5	65.4
	D	2	5566.2	6434.7	218.3	260.4

* E = England, NL = The Netherlands, DK = Denmark, D = Germany.

- overdag hoger dan 's nachts (activiteit dieren?)
- strooiselsystemen hoger dan kooien (effect strooisel?)

2. Effecten van PM op mens en dier

- Gemiddelde concentraties (ng/m³) endotoxinen in stalstof van diverse typen varkensstallen (Seedorf et al., 1998):

Animal and housing type	Country*	Number (n)	Inhalable endotoxin concentration (ng/m ³)		Respirable endotoxin concentration (ng/m ³)	
			Day	Night	Day	Night
Sows, litter	E	9	52.3	23.6	2.2	2.1
	D	4	809.0	324.3	52.6	52.2
Sows, slats	E	8	21.3	43.8	1.2	0.5
	NL	8	108.7	20.1	2.4	2.2
	DK	7	28.8	22.7	3.6	4.8
	D	8	4.0	11.5	8.5	4.2
Weaners, mesh	E	9	52.4	30.3	3.4	16.1
	NL	8	365.1	337.4	37.3	27.8
	DK	7	226.9	160.0	20.2	18.5
	D	3	18.3	10.5	2.2	3.2
Fatt.pigs, litter	E	8	111.5	156.5	14.5	5.3
	DK	7	204.7	151.3	20.8	21.2
Fatt.pigs, slats	E	6	136.1	75.8	12.1	7.5
	NL	8	102.2	100.2	10.8	14.3
	DK	6	128.7	71.2	7.6	7.8
	D	4	134.5	64.9	10.1	10.7

2. Effecten van PM op mens en dier

- Gemiddelde concentraties (ng/m³) endotoxinen in stalstof van diverse typen rundveestallen (Seedorf et al., 1998):

<i>Animal and housing type</i>	<i>Country*</i>	<i>Number (n)</i>	<i>Inhalable endotoxin concentration (ng/m³)</i>		<i>Respirable endotoxin concentration (ng/m³)</i>	
			<i>Day</i>	<i>Night</i>	<i>Day</i>	<i>Night</i>
Dairy, litter/tied	NL	8	22.5	4.8	0.7	2.5
	DK	7	14.9	9.2	0.5	2.1
	D	2	44.8	20.2	1.5	0.5
Dairy, cubicle	NL	8	6.2	5.2	0.7	0.5
	DK	6	7.3	7.2	0.3	1.6
Beef, litter	D	1	41.1	9.9	1.2	0.5
Beef, slats	NL	8	6.6	16.0	1.3	2.4
	DK	7	14.4	14.4	0.8	0.4
	D	2	8.6	3.3	0.1	0.2
Calves, litter	DK	8	31.3	11.6	0.4	0.1
	D	1	10.4	14.2	0.0	0.1
Calves, slats	NL	9	66.4	110.1	12.2	13.3



2. Effecten van PM op mens en dier

- Conclusie: PM en Endotoxinen concentraties in stallen een veelvoud van geadviseerde grenswaarden
- Gevolgen voor **werkenden in stallen** door groot aantal epidem. studies goed bekend; grotere kans op:
 - **ODTS**: organic dust toxic syndrome (toxisch organisch stof syndroom); griepachtig beeld direct na blootstelling
 - **COPD**: chronic obstructive pulmonary disease (chronische obstructieve longaandoeningen); verzamelnaam voor chronische bronchitis en longemfyseem ('rek uit de longen')
 - **Astma**: chronische irritatie/ontsteking van lagere luchtwegen
 - algemeen: **verminderde longfunctie** varkens-/pluimveehouders t.o.v. referentiepopulaties, vaker diverse ademhalingsklachten

2. Effecten van PM op mens en dier

- Potentiële gevolgen hoge PM concentraties voor **dieren**:
 - luchtpijp- en luchtzaklaesies bij vleeskalkoenen (Anderson et al., 1968)
 - relatie stofconcentratie en uitval leghennen (Guarino et al., 1999)
 - lagere groei, hogere sterfte bij vleeskuikens (Al Homidan et al., 2003)
 - lagere voeropname en groei, Atrofische Rhinitis en long(vlies)ontsteking bij varkens (Wathes et al., 2002; Murphy & Cargill, 2004)
 - etcetera.
- Effecten van stofarm stalklimaat op dierprestaties onder *semi-praktijkomstandigheden* (onderzoek WUR) moeilijk aantoonbaar: blootstellingsduur wellicht te kort voor vleesdieren, PM verschil behandeling/controle te klein of overige factoren voldoende gunstig om PM stressor te handlen.

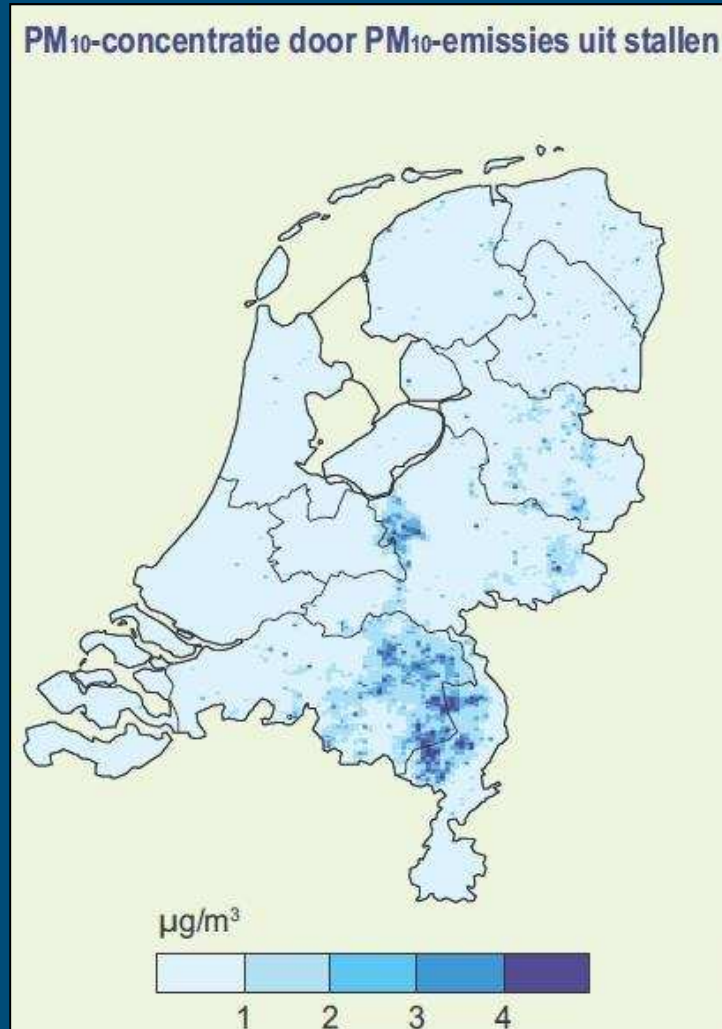
2. Effecten van PM op mens en dier

- Potentiële effecten PM emissies voor **volksgezondheid**:
 1. stalemissies dragen bij aan 'achtergrondconcentraties' PM
 2. schatting RIVM: verhoogde PM concentraties verantwoordelijk voor vroegtijdige sterfte 1700-3000 (korte termijn) en 10.000-15.000 Nederlanders (chronische blootstelling, lange termijn); Buringh & Opperhuizen, 2002
 3. zeer beperkt aantal epidem. studies naar mentale/fysieke gezondheid omwonenden van intensieve veehouderijen voorhanden. Deze suggereren enig risico; bijv. Von Essen et al, 2005; Radon et al., 2007
 4. rol van PM bij geurhinder omwonenden
 5. PM transportmiddel voor ziektekiemen: bijv. Q-koorts

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Richtlijn 2008/50/EG van 20 mei 2008, bijlage XI: PM10 grenswaarden voor buitenlucht van lidstaten:
 - daggemiddelde norm PM10: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,050 \text{ mg}/\text{m}^3$); met max. 35 overschrijdingen per jaar (thans: ca. 50-60)
 - jaargemiddelde norm PM10: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,040 \text{ mg}/\text{m}^3$)
 - jaargemiddelde norm PM2,5: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,025 \text{ mg}/\text{m}^3$)
- Normen 2008/50/EG worden overschreden in delen van NL (Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, RIVM)
- Landbouw bron van ca. 20% van fijnstofemissie NL (9,7 van ca. 50 kTon totaal; Chardon & Van den Hoek, 2002), waarvan 96% (9,3 kTon) uit stallen (alles excl. winderosie)

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht



Bron:

Velders et al., 2008. Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland. Milieu en Natuur Planbureau, rapport 500088002.

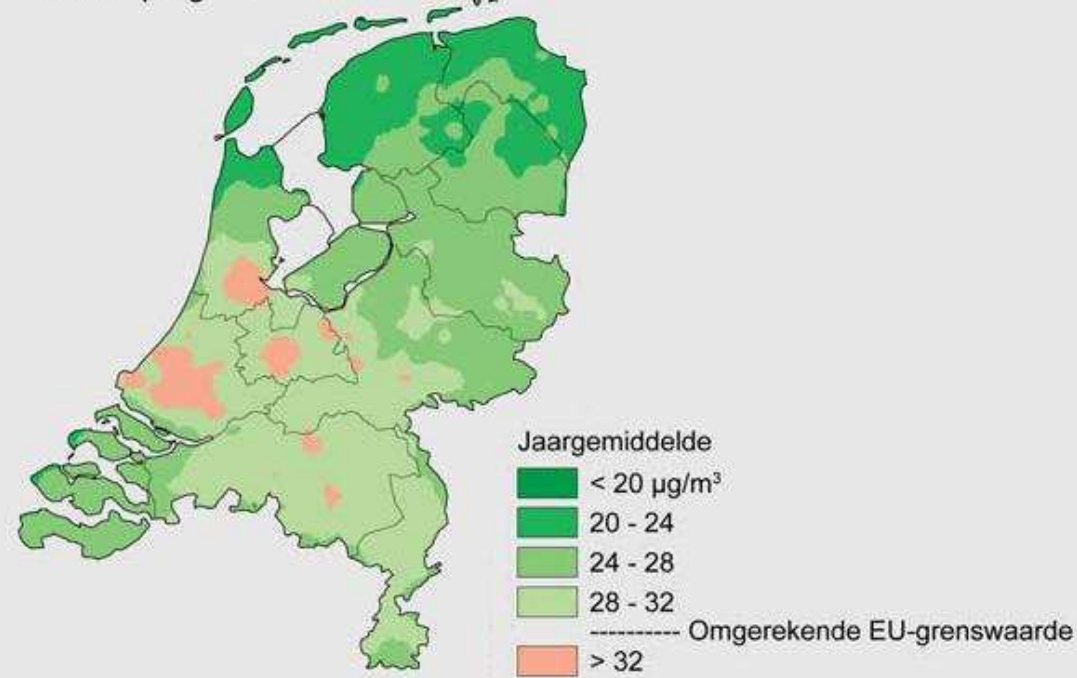


LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

Potentiële overschrijdingen van de fijnstofgrenswaarde in 2010

Nieuwe prognose



Bron:

Beck et al., 2006. Nieuwe inzichten in de omvang van de fijnstofproblematiek. Milieu en Natuur Planbureau, rapport 500093002/2006.

Indicatie van de overschrijdingen van de grenswaarde voor de daggemiddelde fijnstofconcentraties in 2010 volgens de nieuwe (links) en de oude prognose (rechts). Deze grenswaarde is het aantal dagen met een daggemiddelde fijnstofconcentratie boven de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; dit aantal mag niet meer dan 35 bedragen. Deze grenswaarde komt overeen met een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is in de figuur aangegeven met 'Omgerekende EU-grenswaarde'.

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Behoeftte Nederlandse overheid aan vaststellen van PM emissies uit stalsystemen (voor milieuvergunningverlening gemeenten; PM concentratieberekeningen PBL)
- Aanvankelijk: emissiefactoren fijnstof uit stallen *geschat* (en door minister van VROM vastgesteld in 2008) op basis van rapporten:
 - Groot Koerkamp, P.W.G., G.H. Uenk en H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabel stof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
 - Chardon, W.J. en K.W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. Alterra rapport 682, 35 p.

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Vervolgens: opzetten van omvangrijk meetprogramma
- Werktitel: 'Actualisering emissiefactoren fijnstof'
- Doel: geschatte emissiefactoren fijnstof vervangen door actuele en gemeten waarden
- Aanpak: *geïntegreerd* emissiemeetprogramma voor PM, maar ook: totaalstof, ammoniak, geur en broeikasgassen
- Meetprotocol: 4 bedrijven per stalsysteem, zes 24-uurs metingen, gebalanceerd over kalenderjaar en leg- / groei- / lactatieperiode van de dieren
> 24 gebalanceerde emissiewaarden worden gemiddeld tot emissiefactor (g per dierplaats per jaar)



3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

■ 17 stalsystemen (melkkoeien, varkens, pluimvee, nertsen):

Rav-nummer	Omschrijving stalsysteem	Aantal bemeten stallen
A 1.100	Melkkoeien in ligboxenstal; overige huisvestingssystemen	4*)
D 1.1.4.1	Biggen, gedeeltelijk roostervloerstal met verkleind mestoppervlak, droogvoer	2*)
D 1.1.13	Biggen, volledig roostervloerstal (water en mestkanaal), droogvoer	2
D 1.3.1	Guste en dragende zeugen in individuele huisvesting met smalle ondiepe kanalen	2*)
D 1.3.101	Guste en dragende zeugen in groepshuisvesting zonder stro met voerligboxen	2
D 3.2.7.2.1	Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optim. hok), droogvoer	2
D 3.2.7.2.1	Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optim. hok), brijvoer	2
D 3.2.8.1	Vleesvarkens, biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak	2
D 3.2.9.1	Vleesvarkens, chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak	2
D 3.100	Vleesvarkens, overige huisvestingssystemen	4*)
E 2.11.3	Legkippen, volièrestal zonder uitloop	4
E 2.100	Legkippen, overig huisvestingssysteem niet batterijhuisvesting	4*)
E 4.100	(Groot)ouderdieren van vleeskuikens, overige huisvestingssystemen	2
E 5.100	Vleeskuikens, overig huisvestingssysteem	4*)
E 6.1	Legkippen, nadroging van de mest in een droogtunnel	2
F 4.100	Vleeskalkoenen, overige huisvestingssystemen	2
H 1.2	Nertsen; dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag	4

*) Bij deze categorieën zijn naast PM10 en PM2,5 eveneens totaalstofmetingen uitgevoerd

Rav-nummer: nummer stalsysteem uit bijlage 1 van de Regeling ammoniak en veehouderij

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Uitgevoerde metingen aan deze stalsystemen:
 - PM10 Gravimetrisch, 24-uurs verzamelmonster
 - PM10 Optische techniek, continu
 - PM2,5 Gravimetrisch, 24-uurs verzamelmonster
 - Totaalstof Gravimetrisch, 24-uurs verzamelmonster
 - Debiet CO₂-massabalansmethode of meetventilator
 - Ammoniak Natchemische methode + Innova analyzer
 - Geur Longmethode en geurpanel
 - BKG Longmethode en gaschromatograaf
voor CH₄, N₂O en CO₂ + Innova analyzer



3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Geen PM meetmethode voor bepalen emissie uit stallen; ontwikkeld door Wageningen UR Livestock Research
- Volgens Europese norm Comité Européen de Normalisation (CEN) / Nederlands Normalisatie-instituut (NEN):
 - PM10: NEN-EN 12341:1998, *Air quality - determination of the PM10 fraction of suspended particulate matter reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods*
 - PM2,5: NEN-EN 14907:2005, *Ambient air quality - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM2,5 mass fraction of suspended particulate matter*
- Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Journal of Aerosol Science 40(10), pp. 868-878.

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

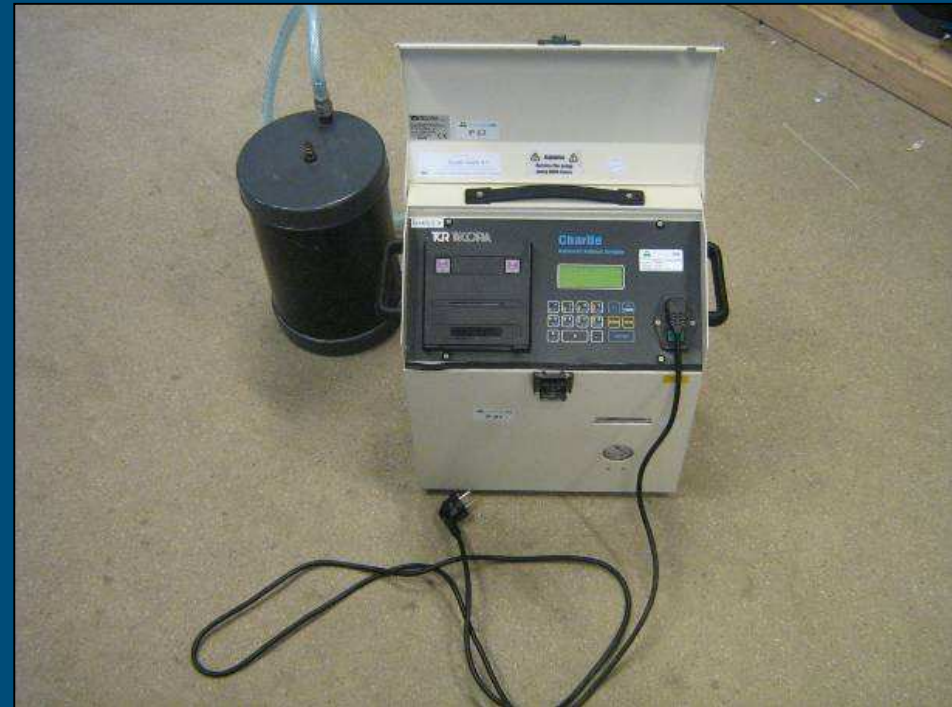
- Ontwikkelde PM meetmethode voor stallen:



PM2,5 cycloon



PM10 cycloon



Condensvanger en 'constant flow pomp'



3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Meting in de praktijk



Meting ingaande lucht



Meting uitgaande lucht

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Andere stofmeetapparatuur:



DustTrak model 8320 (TSI, VS); optische en continue PM₁₀ meting



Portable Aerosol Spectrometer (model 1.108) en Condensation Particle Counter (model 5.400) (Grimm Aerosol Technik, D); tellen aantallen deeltjes per cm³ in afz. grootteklassen



3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Resultaten melkkoeien (g dierplaats⁻¹ jaar⁻¹):

Diercategorie	PM10 emissie		PM2,5 emissie	
	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>
Melkkoeien in ligboxenstal, met beweiding	306	117,8	54,0	32,5
Melkkoeien in ligboxenstal, met permanent opstallen	306	147,5	54,0	40,6

- Resultaten nertsen (g dierplaats⁻¹ jaar⁻¹):

Diercategorie	PM10 emissie		PM2,5 emissie	
	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>
Nertsen	-	8,1	-	4,2

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Resultaten pluimvee (g dierplaats⁻¹ jaar⁻¹):

Diercategorie	PM10 emissie		PM2,5 emissie	
	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>
Legkippen, volièrehuisvesting	58	64,4	10,3	3,8
Legkippen, scharrelhuisvesting	58	83,6	10,3	4,0
(Groot)ouderdieren van vleeskuikens	86	42,7	15,3	3,3
Vleeskuikens	53	21,7	9,4	1,6
Vleeskalkoenen	203	90,3	36	42,4



■ Resultaten varkens (g dierplaats⁻¹ jaar⁻¹):

Diercategorie	PM10 emissie		PM2,5 emissie	
	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>	<i>Oud</i>	<i>Nieuw</i>
Biggen, gedeeltelijk roostervloer	132,5	73,9	23,5	1,8
Biggen, volledig roostervloer	132,5	56,4	23,5	1,9
Zeugen, individuele huisvesting	220,5	180,7	39,2	15,5
Zeugen, groepshuisvesting	220,5	168,5	39,2	11,8
Vleesvarkens, droogvoer	274,5	194,7	48,4	8,3
Vleesvarkens, brijvoer	274,5	136,1	48,4	6,1
Vleesvarkens, biologische luchtwasser 70% (NH ₃)				
Vleesvarkens, chemische luchtwasser 70% (NH ₃)				
Vleesvarkens, overige huisvestingssystemen	274,5	141,9	48,4	6,9



3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Huidige (niet in het meetprogramma bemeten) emissiefactoren in 'fijnstoflijst' Rav:

<u>Rav-code</u>	<u>Omschrijving</u>	<u>Emissiefactor</u>	
A 4.100	Vleeskalveren tot 8 mnd, overige hvs.	97	g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹
C 1	Geiten ouder dan 1 jr.	57	g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹
C 2	Opfokgeiten 61 d. tot 1 jr.	30	g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹
C 3	Opfokgeiten en afmestlam. t/m 60 d.	30	g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹
G1	Ouderdieren eenden tot 24 mnd	182	g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹
G 2.1	Vleeseenden (binnen mesten)	84	g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹
J 1	Parelhoenders	31	g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹
Geen PM10 emissiefactoren voor schapen, paarden, konijnen			

4. Processen en factoren van invloed op PM

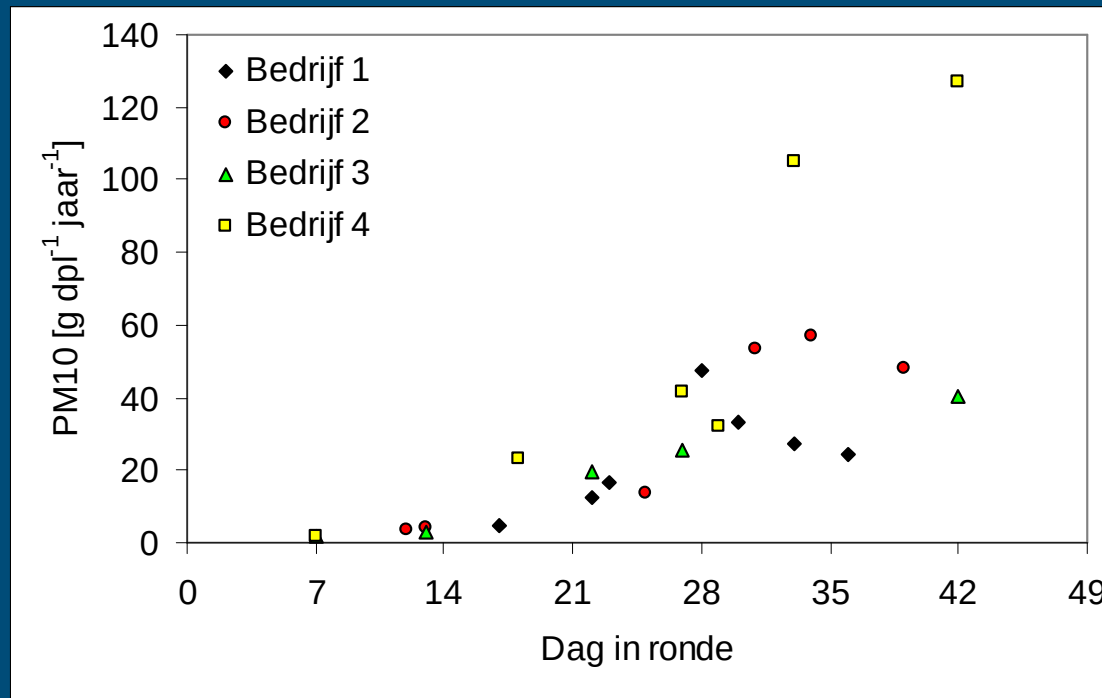
- Alle actuele PM10 emissiefactoren stalsystemen op:
www.vrom.nl (Onderwerpen – Luchtkwaliteit – Invoergegevens 2009)



http://www.vrom.nl/Docs/milieu/Emissiefactoren_fijnstof_voor_veehouderijen_november_2009.xls

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

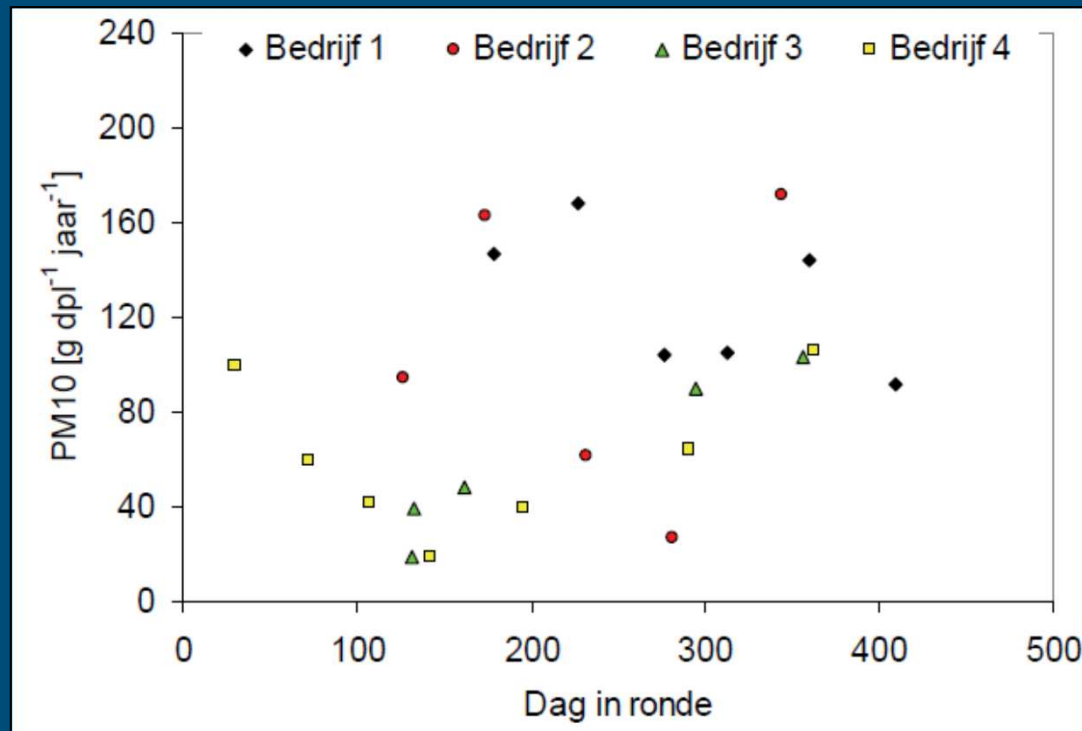
- Emissiepatroon bij groeiende dieren (vleeskuikens, vleeskalkoenen, biggen, vleesvarkens) leeftijdsafhankelijk:



Voorbeeld: PM10 concentraties en debieten (en dus emissies) nemen (exponentieel) toe met leeftijd van vleeskuikens (0-42 d.)

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

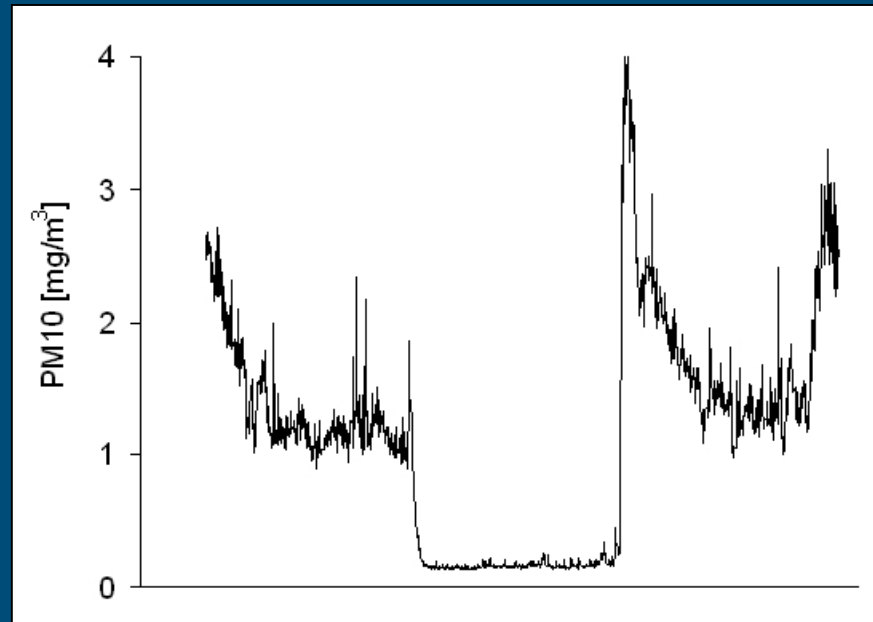
- Emissiepatroon bij niet-groeiende dieren (leghennen, VKO, zeugen, melkkoeien) niet leeftijdsafhankelijk:



Voorbeeld: leghennen in scharrelhuisvesting: geen leeftijdseffect

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

- Concentratiepatroon binnen 24 uur sterk afhankelijk van licht/donker en mate van dieractiviteit



Voorbeeld: continue 24-uurs PM10 meting van leghennen in scharrelhuisvesting: lage PM niveaus tijdens nacht, hoge PM niveaus tijdens stofbadperiode (einde ochtend, begin middag)

3. Emissies PM uit stallen naar buitenlucht

Mosquera, J., Hol, J.M.G., Winkel, A., Huis in 't Veld, J.W.H., Gerrits, F.A., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2010).

Fijnstofemissie uit stallen: [melkvee](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 296.

Winkel, A., Mosquera, J., Hol, J.M.G., Hattum, T.G. van, Lovink, E., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2010).

Fijnstofemissie uit stallen: [biggen](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 293.

Mosquera, J., Hol, J.M.G., Winkel, A., Nijeboer, G.M., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2010).

Fijnstofemissie uit stallen: [dragende zeugen](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 294.

Mosquera, J., Hol, J.M.G., Winkel, A., Lovink, E., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2010).

Fijnstofemissie uit stallen: [vleesvarkens](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 292.

Winkel, A., Mosquera, J., Hol, J.M.G., Nijeboer, G.M., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2009).

Fijnstofemissie uit stallen: [legghennen in volièrehuisvesting](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 278.

Mosquera, J., Winkel, A., Dousma, F., Lovink, E., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2009).

Fijnstofemissie uit stallen: [legghennen in scharrelhuisvesting](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 279.

Mosquera, J., Emous, R.A. van, Winkel, A., Dousma, F., Lovink, E., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2009).

Fijnstofemissie uit stallen: [\(groot\)ouderdieren van vleeskuikens](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 276.

Winkel, A., Mosquera, J., Kwikkel, R.K., Gerrits, F.A., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2009).

Fijnstofemissie uit stallen: [vleeskuikens](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 275.

Winkel, A., Mosquera, J., Ellen, H., Hol, J.M.G., Nijeboer G.M., Ogink N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2009).

Fijnstofemissie uit stallen: [legghennen in stallen met een droogtunnel](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 280.

Mosquera, J., Winkel, A., Kwikkel, R.K., Gerrits, F.A., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A. (2009).

Fijnstofemissie uit stallen: [vleeskalkoenen](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 277.

Mosquera, J., Hol, J.M.G., Winkel, A., Huis in't Veld, J.W.H., Dousma, F., Ogink, N.W.M., Groenestein C.M. (2010).

Fijnstofemissie uit stallen: [nertsen](#). Wageningen UR Livestock Research, Rapport 340.

>>> *Rapport vleesvarkens + biologische luchtwasser in druk*

4. Processen en factoren van invloed op PM

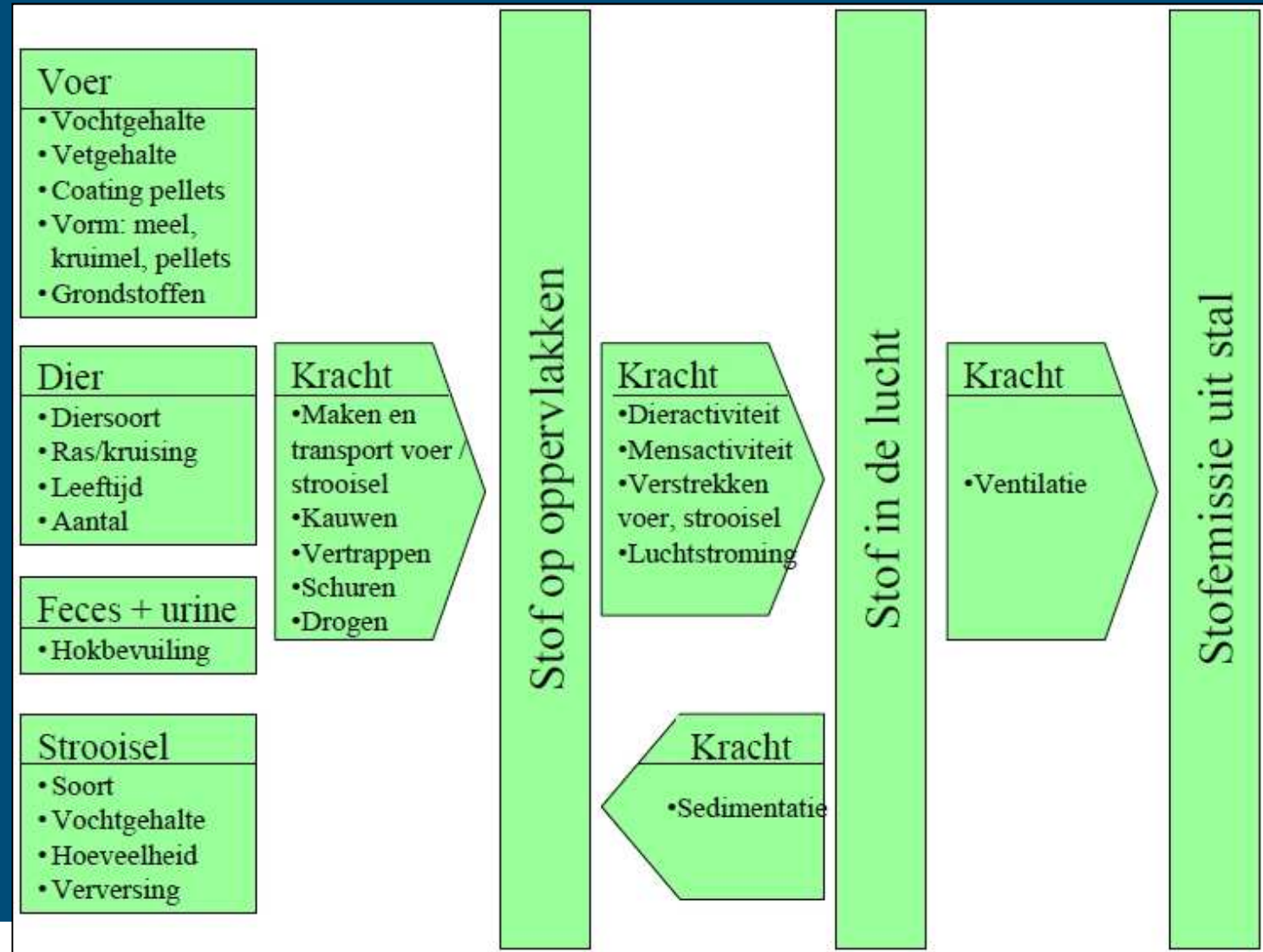
- Internationaal veel onderzoek naar processen en factoren van invloed op stofvorming in stallen
- Samengevat in studie tijdens aanloopfase van Onderzoeksprogramma 'Stofreductie Pluimvee':

Aarnink, A.J.A., H.H. Ellen. 2006. Processen en factoren bij fijnstofemissie in de veehouderij. Rapport 11, Animal Sciences Group, Wageningen UR, 25 pp.



4. Processen en factoren van invloed op PM

- Figuur 1 in Rapport 11:



4. Processen en factoren van invloed op PM

■ Principes voor stofreductie in dierhouderijsystemen:

Van stofbron

- a. reduceren van aanwezige bronnen van stof
- b. voorkomen van stofvorming uit stofbronnen
- c. verwijderen van gevormd stof
- d. voorkomen van stofopname in de stallucht
- e. verwijderen van stof uit stallucht in stalruimte
- f. voorkomen dat stof in stallucht wordt geïnhaleerd (PBM)
- g. verwijderen van stof uit ventilatielucht (end of pipe)

Naar buitenlucht



4. Processen en factoren van invloed op PM

Maatregel of techniek	Reductie-principe	Potentiële reductie
1. Aanpassingen in strooiselmanagement		
- keuze soort strooisel (van nature stofarm)	a	10 – 20%
- gebruiken van onstoft strooisel	a	Ca. 10%
- goede kwaliteit van het strooisel (niet verstoff)	a	10 – 30%
- hoger vochtgehalte van het strooisel	d	10 – 20%
- vaker verversen	a, b	30 – 50%
- dikkere strooisellaag (varkens; stro)	d	30 – 70%
- dunnere strooisellaag (pluimvee)	a	10 – 20%
- schone methode van verstrekken	d	10 – 20%
2. Aanpassingen van het voer (varkens)		
- vetgehalte verhogen	b	10 – 30%
- stofarme grondstoffenkeuze	a, b	10 – 20%
- coaten van pellets/brokken	b	10 – 20%
3. Aanpassingen van het voersysteem		
- varkens: brijvoeding i.p.v. droogvoer	a, b	10 – 20%
- bij droogvoer: brok/pellets i.p.v. meel	a, b	10 – 20%
- transport (sleepketting i.p.v. vijzel)	b	10 – 20%
- voerbakken afdekken / systeem afsluiten	d	10 – 20%
- bronafzuiging toepassen op voerbakken	d	10 – 20%
- verminderen valhoogte valpijp in voerbak	b, d	10 – 20%
- voorkomen vermorsing (voerbakontwerp)	a, b	10 – 20%
- voerbakken in (overdekte) uitloop	a	10 – 20%
- tweemaal daags voeren i.p.v. onbeperkt	b, d	20 – 40%



4. Processen en factoren van invloed op PM

5. Wekelijks stofzuigen of schoonspuiten		
- handmatig met (industriële) stofzuiger of HD spuit	a, c	0 – 10%
- stofzuigerrobot?	a, c	10 – 20%
6. Bevorderen rustig diergedrag		
- aanpassingen lichtduur, lichtkleur, verlichtingssterkte	b, d	10 – 30%
- omdraaien dag/nachtperioden	b, d	10 – 30%
7. Aanbrengen van oliefilm of waternevel		
- handmatig besproeien van dieren	d	60 – 80%
- olieborstel/-roller in hok	d	30 – 50%
- oliefilm op (vloer)oppervlakken/strooisel	d	50 – 90%
- water vernevelen / verhogen RV	d, e	30 – 50%
8. Toepassen ionisatiesysteem		
	e	20 – 50%
9. Toepassen interne luchtfiltratie		
- doeken-/slangen-/zakkenfilter	e	30 – 50%
- elektrostatisch filter	e	10 – 50%
10. Aanpassingen in ventilatie/klimaat		
- luchtsnelheid verlagen	d	10 – 20%
- ventilatievoud verhogen	e	20 – 40%
- verhogen van de RV	e	10 – 20%
- frisse lucht langs werkgang leiden	f	20 – 40%



4. Processen en factoren van invloed op PM

11. Toepassen 'end of pipe' techniek

- eenvoudige waterwaster voor stof	g	20 – 40%
- gecombineerde luchtwaster (stof, ammoniak, geur)	g	50 – 90%
- ionisatietechniek in end of pipe uitvoering	g	?
- droogfilter	g	20 – 30%
- biofilter	g	40 – 80%

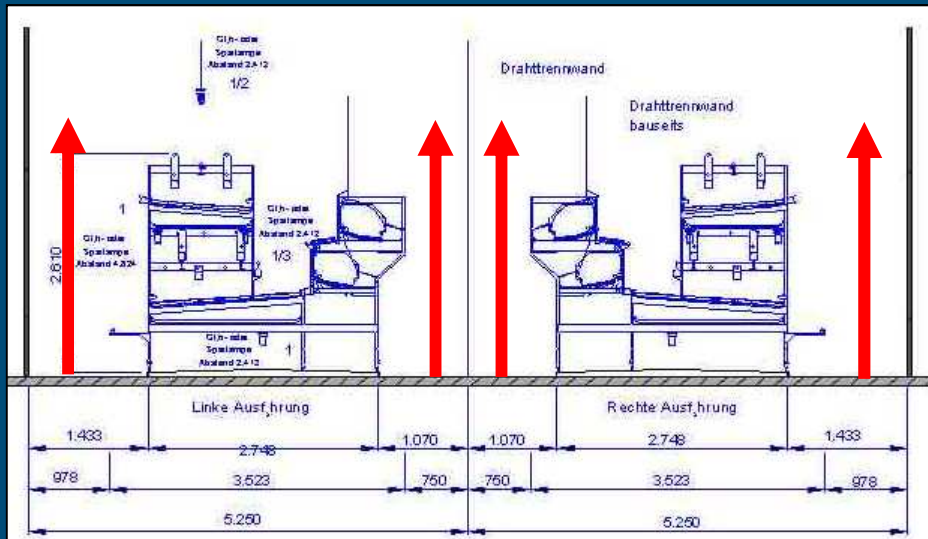
12. Toepassen 'out of pipe' maatregel

- toepassen stofafvangende groenelementen	g	?
---	---	---

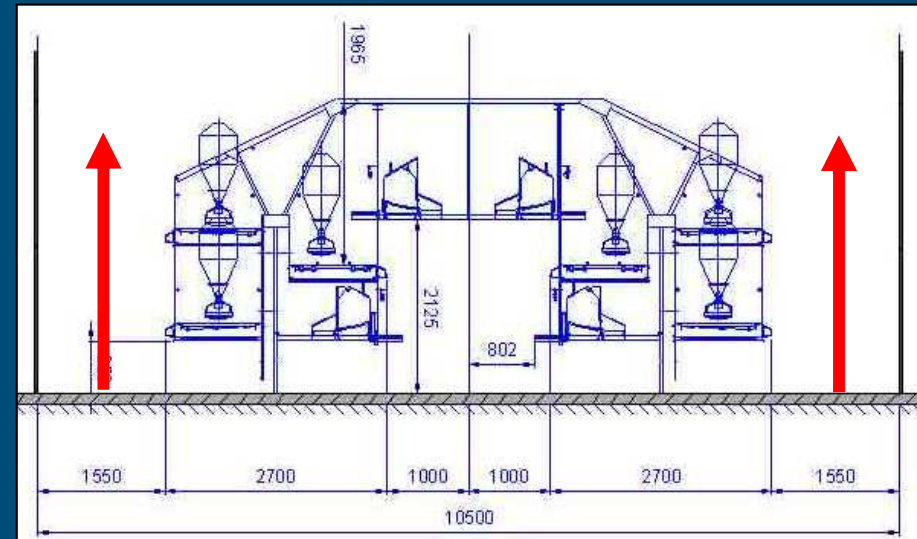


5. Bestaande, potentieel stofarme concepten

1. Relatie tussen uitvoering volièresystemen PC Spelderholt stal P4 en PM concentraties/emissies



Natura Nova van Big Dutchman
Systeem geïntegreerde legnesten
Afdelingen 2 en 4
'Onbedekt strooisel': 42,5 m² (51%)



BLA van Meller
Portaalsysteem
Afdelingen 3 en 5
'Onbedekt strooisel': 31,2 m² (40%)

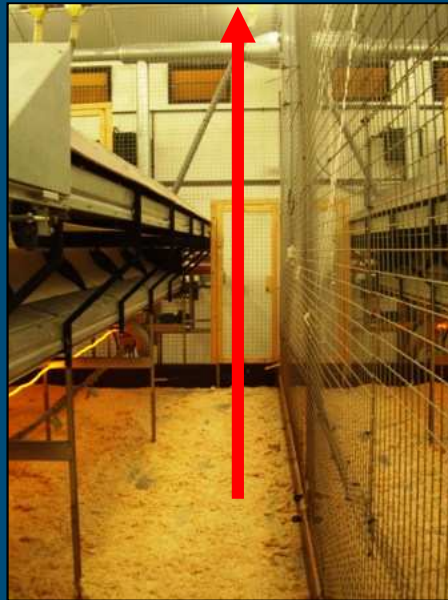


5. Bestaande, potentieel stofarme concepten

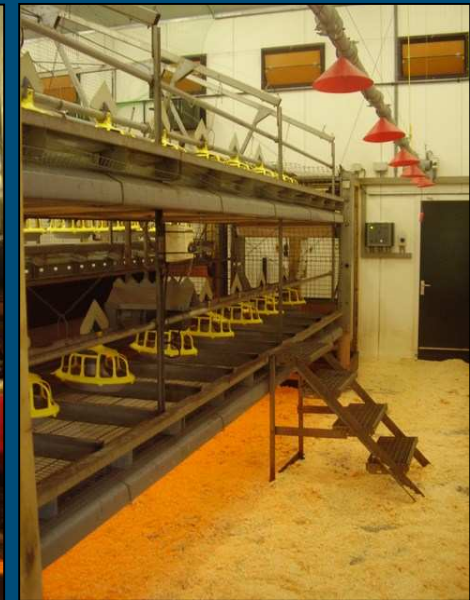
■ Foto's:



Natura Nova van Big Dutchman
Systeem geïntegreerde legnesten



BLA van Meller
Portaalsysteem



Hypothese: Meller systeem is portaalsysteem, staat als 'beschermende paraplu' opgesteld over de strooiselvloer. Schermt stofproductie af van luchtstroom?

5. Bestaande, potentieel stofarme concepten

- Statistisch significante verschillen in PM concentraties en emissies tussen beide typen systemen in drie studies:

	Big Dutchman		Meller		Vershil M. t.o.v. BD
	PM10 concentratie [mg m ⁻³]	PM10 emissie [g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹]	PM10 concentratie [mg m ⁻³]	PM10 emissie [g dierpl ⁻¹ jr ⁻¹]	PM10 emissie [%]
1)	1,41	94	0,80	66	-30%
2)	3,43	113	1,72	57	-50%
3)	2,66	114	1,54	73	-36%

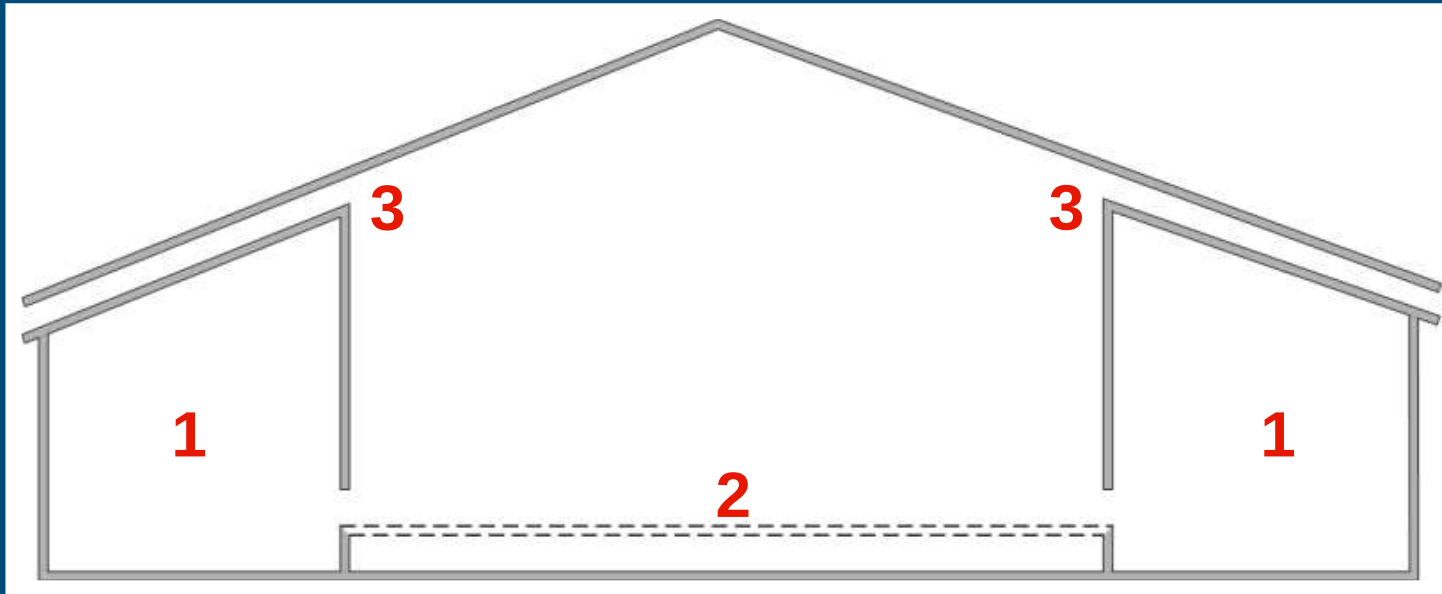
Op basis van de data van de *controle afdelingen* in de studies:

- 1) Buissonjé, F.E. de, N.G.J. Hannink, G.H. Vunderink, F. Pouls, J. Mosquera Losada, A.J.A. Aarnink (2009). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: effect van een oliefilm op het strooisel in volièrehuisvesting voor leghennen. Animal Sciences Group, Rapport 195.
- 2) Winkel A., R.A. van Emous, R.K. Kwikkel, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink (2009). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ionisatie bij leghennen in volièrehuisvesting. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 285.
- 3) Winkel A., T.G. van Hattum, A.J.A. Aarnink (2009). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: ontwikkeling van een oliefilmsysteem voor leghennen in volièrehuisvesting. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 286.



5. Bestaande, potentieel stofarme concepten

2. Van de ventilatielucht **gescheiden strooiselruimten** voor leghennen

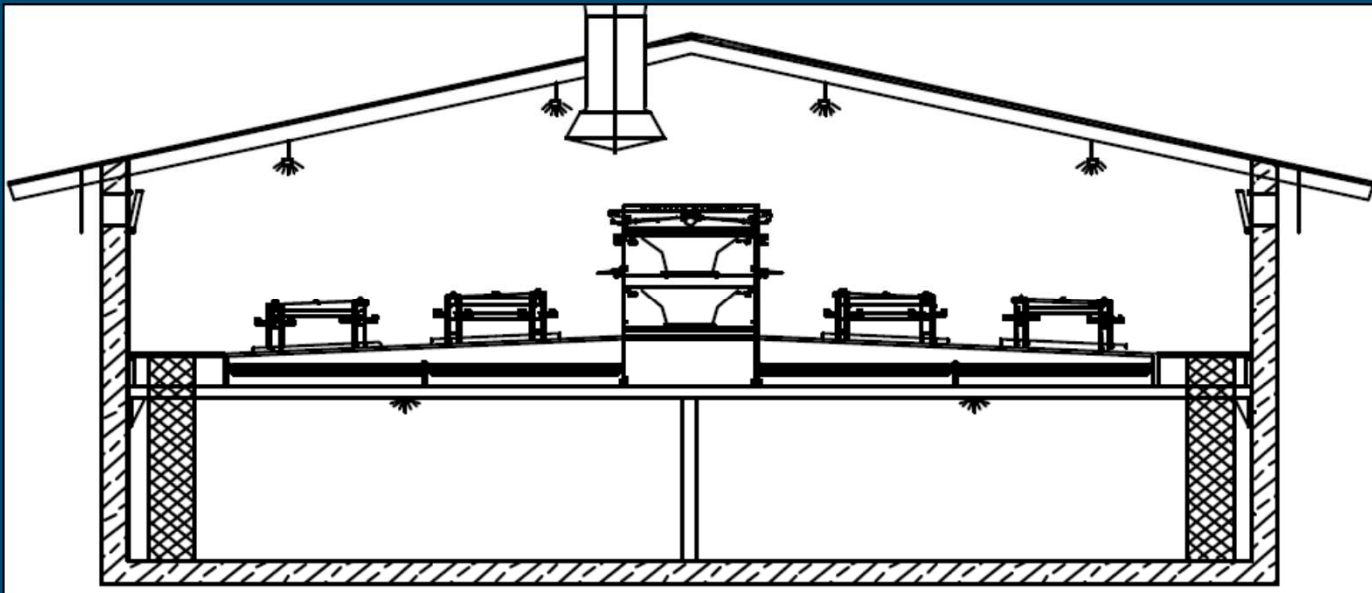


1: gescheiden strooiselruimte met beperkte ventilatie,
2: volledige roostervloer met volièrës, **3:** luchtinlaat



5. Bestaande, potentieel stofarme concepten

- Vergelijkbaar concept: HighRise 1 scharrelstelsel van Salmet (1 stal in Nederland aanwezig):



Begane grond: scharrelruimte zonder ventilatie

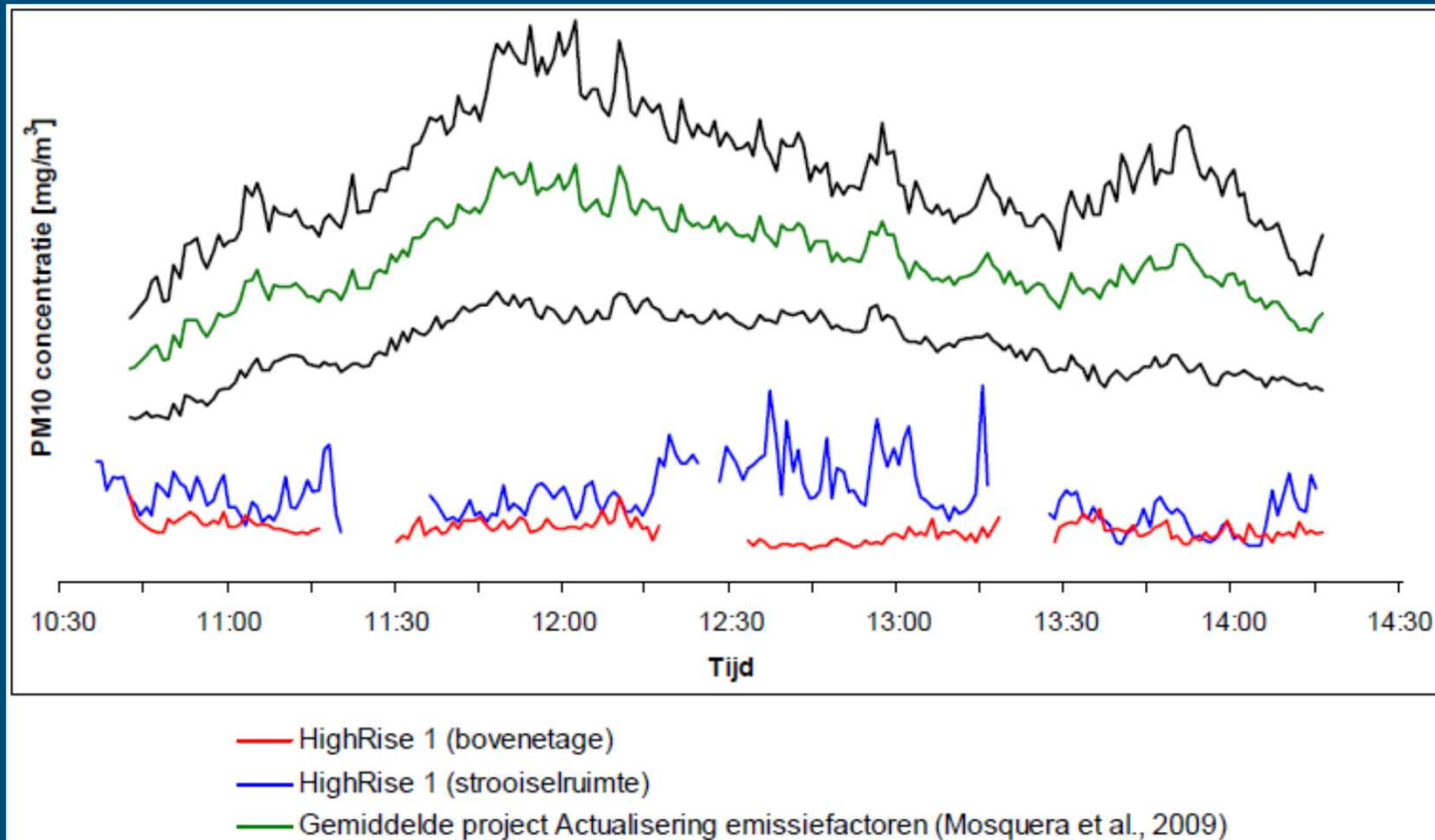
Eerste etage: volledig roostervloer, beun en legnesten

Trappen tussen etages



5. Bestaande, potentieel stofarme concepten

- Resultaten indicatieve, continue PM10 meting aan deze stal:



Emous, R.A. van, A. Winkel, N.W.M. Ogink (2009). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: indicatieve evaluatie van het scharreelsysteem met gescheiden strooiselruimte. Animal Sciences Group, Rapport 298.

6. Stofreductietechnieken bestaande stallen

- Onderzoeksprogramma 'Stofreductie Pluimvee'
- Doel: beschikbaar komen van maatregelen en technieken voor stofreductie in (huidige) pluimveestallen
- Studies in aanloopfase:
 1. Aarnink, A.J.A., K.W. van der Hoek. 2004. Opties voor reductie van fijnstof emissie uit de veehouderij. Rapport 289 van Agrotechnology & Food Innovations van Wageningen UR en het RIVM. 32 pp.
 2. Aarnink, A.J.A., H.H. Ellen. 2006. Processen en factoren bij fijnstofemissie in de veehouderij. Rapport 11, Animal Sciences Group, Wageningen UR, 25 pp.
 3. Buissonjé, de F.E., A.J.A. Aarnink. 2008. Opties voor reductie van stofemissies in pluimveestallen - Quick scan van de pluimveesectoren en bedrijven met de hoogste fijnstofemissie. Rapport 128, Animal Sciences Group, Wageningen UR, 14 pp.

6. Stofreductietechnieken bestaande stallen

- Uitwerking programma in deelprojecten volgens Plan van Aanpak:

Ogink, N., A.J.A. Aarnink. 2009. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Wageningen Universiteit en Researchcentrum. 24 pp.

- Deelprojecten in Plan van Aanpak:

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. Strooiseltype (vleesk.) | 6. Waterwaster / waternevelgordijn |
| 2. Lichtschema (vleesk.) | 7. Droogtunnel |
| 3. Oliefilmsysteem | 8. Waterfilmsysteem |
| 4. Ionisatiesysteem | 9. Elektrostatisch of doekenfilter |
| 5. Gecombineerde luchtwasser | 10. Ad-hoc |



6. Stofreductietechnieken bestaande stallen

■ Criteria uit Plan van Aanpak:

- Significant en betrouwbare oplossingen
- Praktisch inpasbaar en acceptabel
- Snelle ontw. en marktbeschikbaarheid
- Kosteneffectief
- Controleerbaar
- Vastgesteld rendement
- voorkomen afwenteling

■ Deelprojecten 1 t/m 9 uitwerking in 3 stappen:

1. Eventuele (door)ontwikkeling (i.s.m. bedrijfsleven)
2. Leveren proof of principle op geconditioneerde semi-praktijkschaal
3. Validatiemetingen op praktijkbedrijven volgens meetprotocol

■ Deelprojecten 10 (ad-hoc):

1. Indicatieve evaluatie (deskstudie) van maatregel of systeem
2. Validatiemetingen op praktijkbedrijven volgens meetprotocol

Lopende reductietechnieken in programma

1 a.	Negatieve ionisatie bij vleeskuikens	<i>validatiemetingen</i>
b.	Negatieve ionisatie bij leghennen	<i>in onderzoek</i>
2 a.	Oliefilm op strooisel bij vleeskuikens	<i>validatiemetingen</i>
b.	Oliefilm op strooisel bij leghennen	<i>in onderzoek</i>
3.	Waterfilm op strooisel bij leghennen	<i>in onderzoek</i>
4.	Eenvoudige waterwasser (end of pipe)	<i>validatiemetingen</i>
5.	Chemische/biologische wasser (e.o.p.)	<i>afgerond</i>
6.	Droogfilterwand (end of pipe)	<i>validatiemetingen</i>
7.	Biobed (end of pipe)	<i>validatiemetingen</i>
8.	Positieve ionisatie (end of pipe)	<i>deskstudie</i>
9.	Gescheiden strooiselruimten	<i>deskstudie</i>

1a. Negatieve ionisatie vleeskuikens

■ Werkingsprincipe:

- hoge spanning (30 kV, <2 mA) op elektroden
- creëren elektrisch veld
- uitstoten elektronen langs veldlijnen
- elektrisch laden stofdeeltjes
- hechting deeltjes aan pos. geladen of geaarde objecten in stal

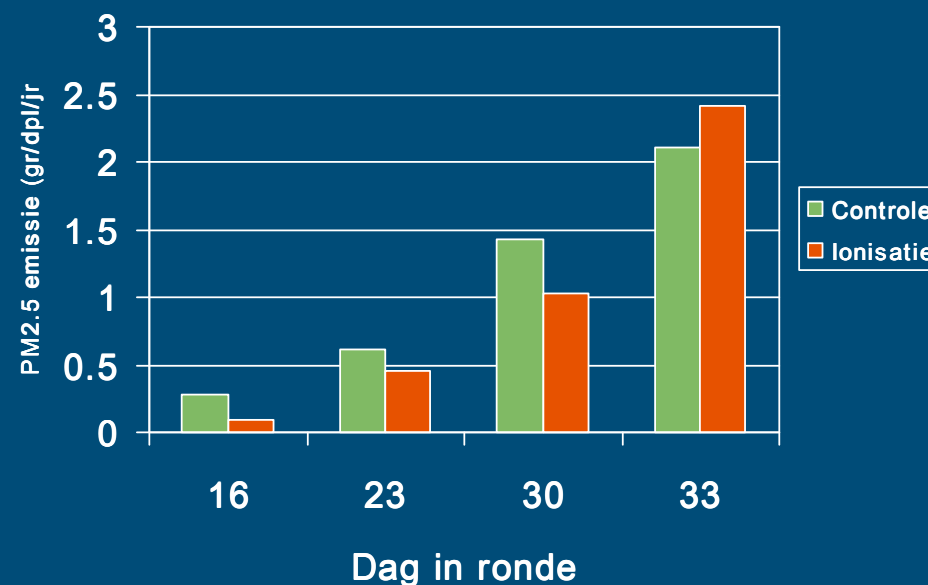
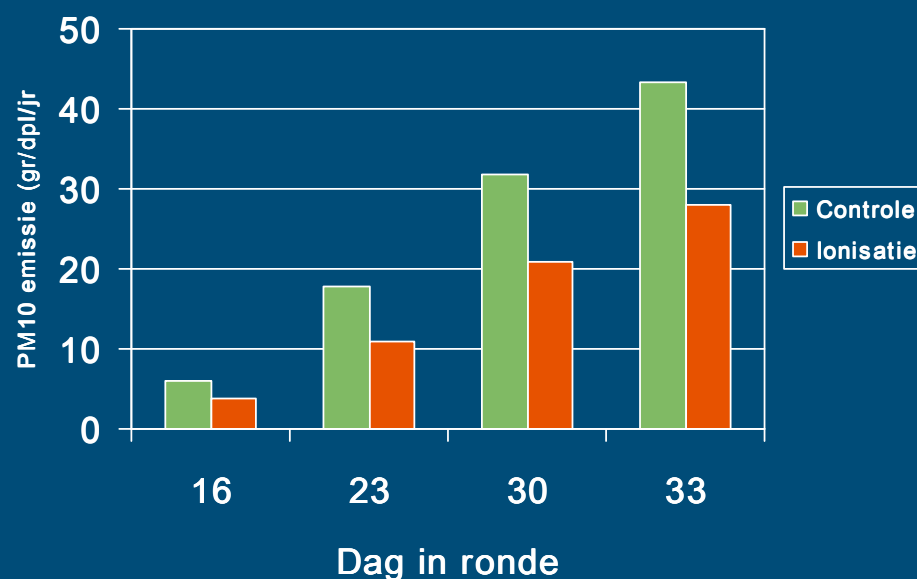


■ Onderzoek in vleeskuikenstal P1, PC Spelderholt, Lelystad:

- 2007; 'proof of principle' + optimalisatie (2 ronden, 4 afdelingen)
- 2009; validatie in de praktijk

1a. Negatieve ionisatie vleeskuikens

■ Resultaten optimalisatie

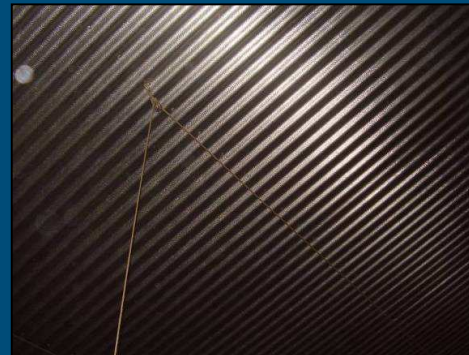
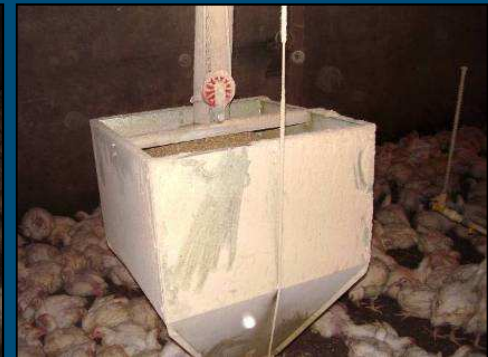


■ Reductie over ronde: ca. 35% PM10, ca. 10% PM2.5



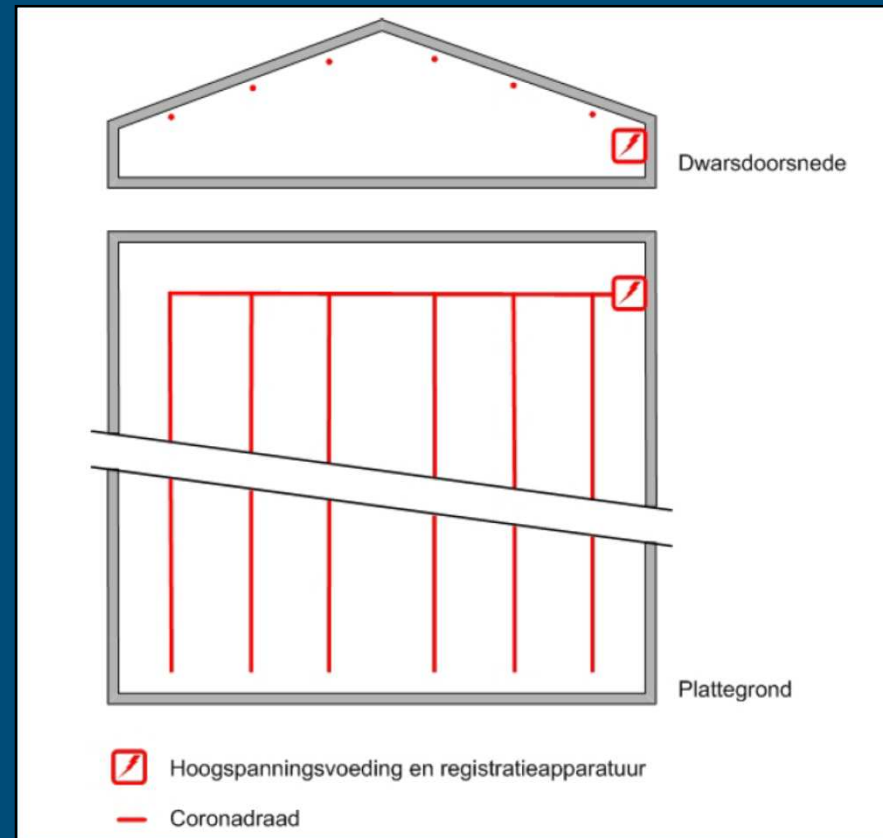
1a. Negatieve ionisatie vleeskuikens

- Validatie in de praktijk
 - twee bedrijven
 - reductie vergelijkbaar
 - geen extra tijd schoonmaken
- Afgerond in 2010



1a. Negatieve ionisatie vleeskuikens

- Opgenomen in Rav; additionele technieken voor fijn stof (E7); BWL 2009.18
 - 0,45 m coronadraad/m²
 - -30 kV
 - >1,3 mA per coronadraad
 - vanaf dag 0
- Beschikbaar voor:
 - vleeskuikens (E5)
- Rendement PM10: 25%



1b. Negatieve ionisatie leghennen

- Onderzoek in volièrestal P4 PC Het Spelderholt, Lelystad
- 2 Afdelingen met ionisatiesysteem, 2 Controleafdelingen
- Coronadraden met plafonds als 'stofafvangend oppervlak':



- Reductie fijnstofemissie: 20-40%
- Optimalisaties nodig voor toepassing in de praktijk

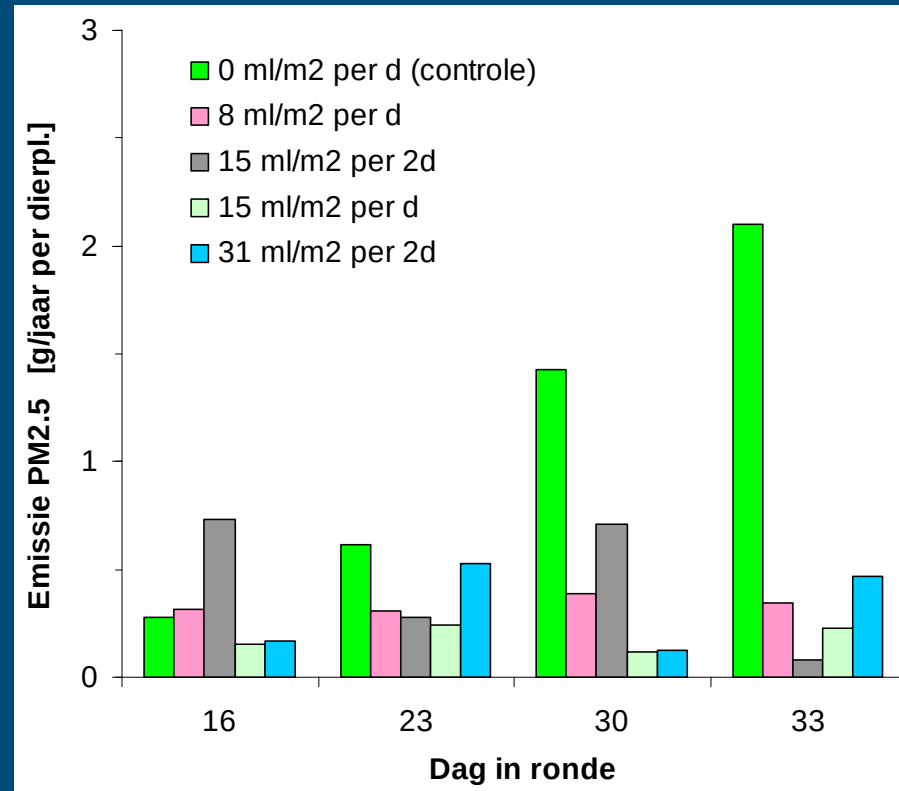
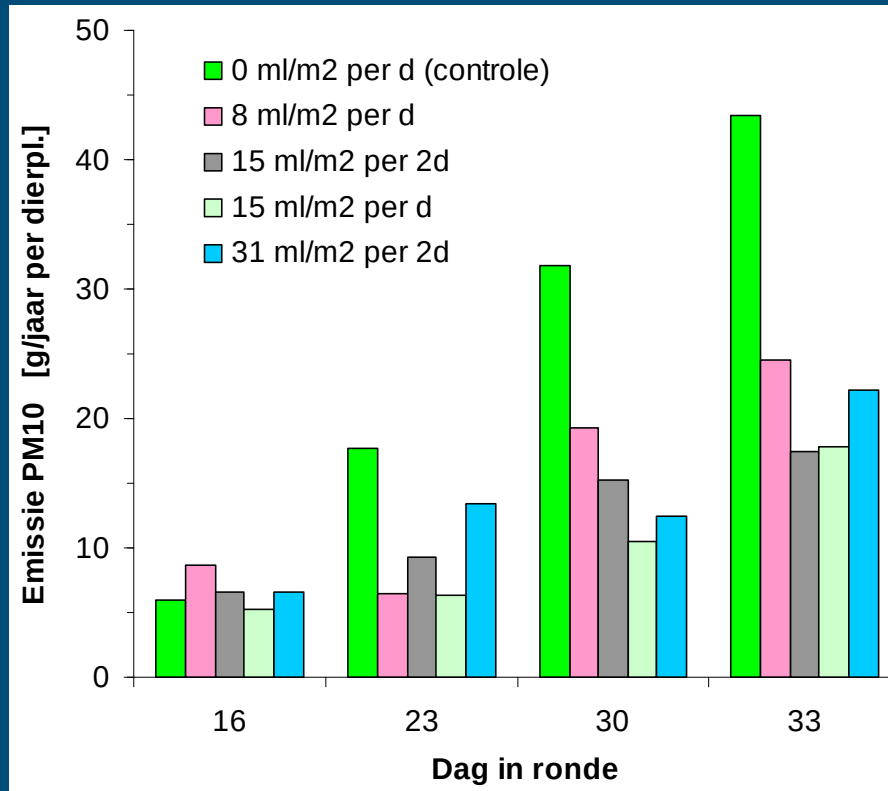
2a. Oliefilm op strooisel bij vleeskuikens

- Weringsprincipe:
 - zeer dunne film van koolzaadolie op strooisel werkt als 'plaklaagje'
 - voorkomt stofopname in de lucht (lucht wordt niet gewassen)
- Onderzoek in vleeskuikenstal P1, PC Spelderholt, Lelystad:
 - 2007: 3 ronden 'proof of principle'
 - 2008: 2 ronden optimalisatie
 - 2009: validatie in de praktijk



2a. Oliefilm op strooisel bij vleeskuikens

■ Resultaten optimalisatie



■ Reductie: ca. 60% PM10, ca. 75% PM2,5

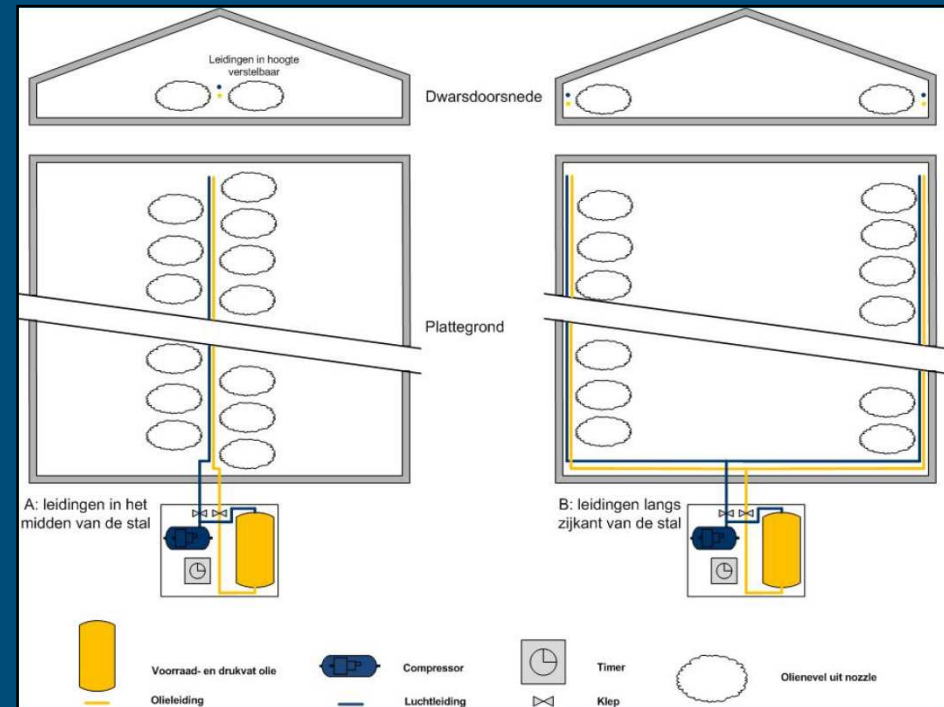
2a. Oliefilm op strooisel bij vleeskuikens

- Validatie in de praktijk
 - twee bedrijven
 - reducties vergelijkbaar met optimalisatie
 - extra tijd schoonmaken; aanbrengen inweekmiddel
- Afgerond in 2010



2a. Oliefilm op strooisel bij vleeskuikens

- Opgenomen in Rav; additionele technieken voor fijn stof (E7); BWL 2009.17
 - vanaf dag 21
 - min. 12 ml/m² per dag
 - <1% druppeltjes <10 µm
- Beschikbaar voor:
 - opfok VKO (E3)
 - vleeskuikens (E5)
 - kalkoenen (F4)
- Rendement: 50%



2b. Oliefilm op strooisel bij leghennen

- Onderzoek in volièrestal P4 van PC Het Spelderholt
- 2 Afdelingen met oliefilmsysteem, 2 Controleafdelingen
- Uitvoering oliefilmsysteem in volièrestal:



- Reductie fijnstofemissie: ca. 20%



2b. Oliefilm op strooisel bij leghennen

- Vervolg in 2010 (lopend):
 - Bepaling verdeling olienevel over het strooiseloppervlak
 - Bepaling effect van oliedosis (0, 15, 30 en 45 ml/m²) op emissiereductie
 - Ontwikkelen directe manier van aanbrengen op strooisel d.m.v. sprayboom (scharrel) of robotje (volière)

3. Waterfilm op strooisel bij leghennen

- Onderzoek in volièrestal P4, PC Het Spelderholt, Lelystad
- Start praktijkproef in juli 2010
- 6 afdelingen met waterfilm, 2 controleafdelingen
- Doseringen: 150, 300 en 600 ml/m² per dag
- Meten fijnstofemissies + monitoring:
 - Technische resultaten (eiproductie, uitval, etc.)
 - Gedrag (stofbaden, scharrelen)
 - Welzijnskenmerken (bevedering, bevueling, voetzolen)
 - Strooiselkwaliteit



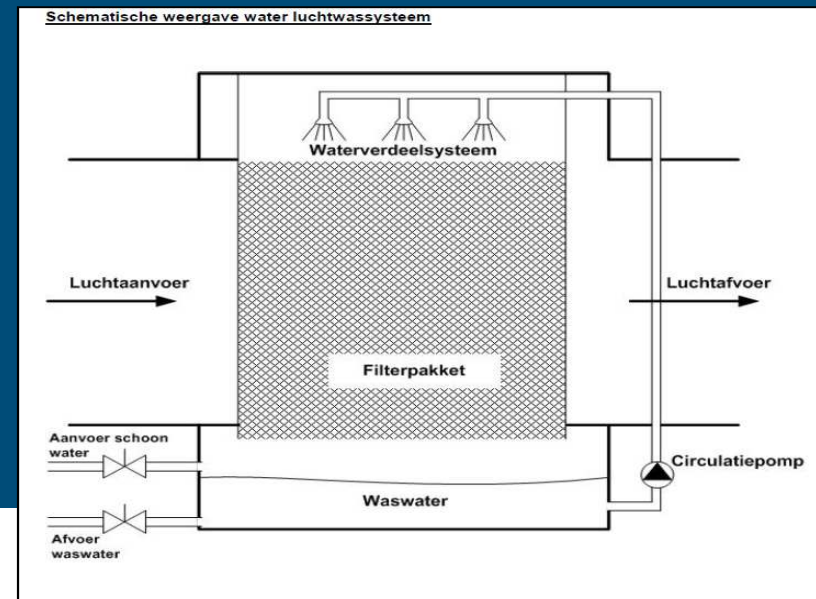
4. Eenvoudige waterwaster (end of pipe)

- Bij opfokleghennen
- Start in 2008
- Metingen 2009;
 - goed rendement
- Metingen 2010;
 - leghennen
 - vleeskuikens



4. Eenvoudige waterwasser (end of pipe)

- Opgenomen in Rav; additionele technieken voor fijn stof (E7); BWL 2009.19
 - kunststof filtermateriaal van 0,6 m dik
 - 4.300 m³ lucht/m² aanstroomoppervlak
 - 3,6 m³ water/m³ pakket per uur
 - dwarsstroom
- Beschikbaar
 - alle pluimveecategorieën
- Rendement: 30%



4. Eenvoudige waterwasser (end of pipe)

Watergordijn:

- Bij vleeskuikens
- Start in 2008
- Metingen 2009;
 - 'continu' meten niet mogelijk vanwege waterdruppels
 - gravimetrisch meten geeft verhoging concentraties



5. Luchtwassers

- Reductie afhankelijk van verblijftijd
 - biologische luchtwassers 75% / 60%
 - chemische luchtwassers 35%
- Combiwassers
 - >70% reductie
 - nog niet voor pluimvee



6. Droogfilterwand (end of pipe)

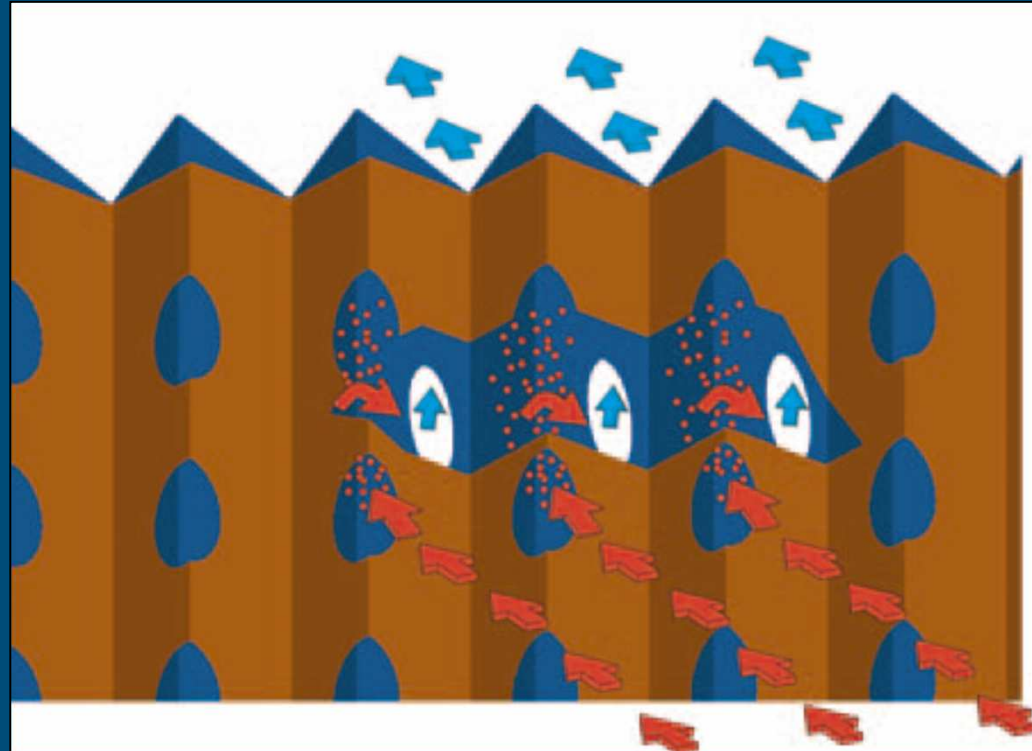
- Nageschakeld achter ventilatoren stal (varkens/pluimvee)
- Uitvoering:



6. Droogfilterwand (end of pipe)

- Werkingsprincipe:

- Verwachte emissiereductie: 20–60%

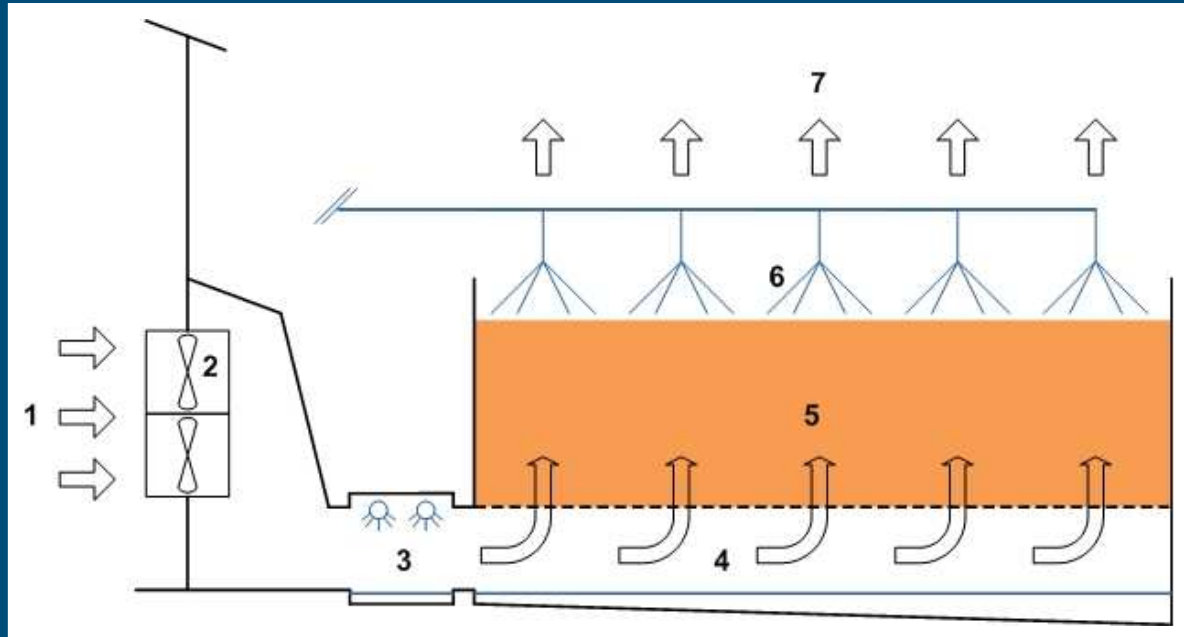


- Indicatie evaluatie afgerond, validatiemetingen op 2 leghennenbedrijven mei 2010 gestart

7. Biobed (end of pipe)

- Weringsprincipe:

- Verwachte emissiereductie: 50–90%



- Indicatie evaluatie afgerond, validatiemetingen op 2 leghennenbedrijven in opstartfase



8. Positieve ionisatie (end of pipe)

■ Weringsprincipe:

- hoge positieve spanning (30 kV, <1 mA) op dunne draad
- vrijmaken elektronen uit moleculen rond draad > pos. ionen
- beweging (elektrische wind) positieve ionen naar een aarde
- door botsing: elektrisch (positief) laden stofdeeltjes
- hechting stofdeeltjes aan geaard object (opvangoppervlak)



8. Positieve ionisatie (end of pipe)

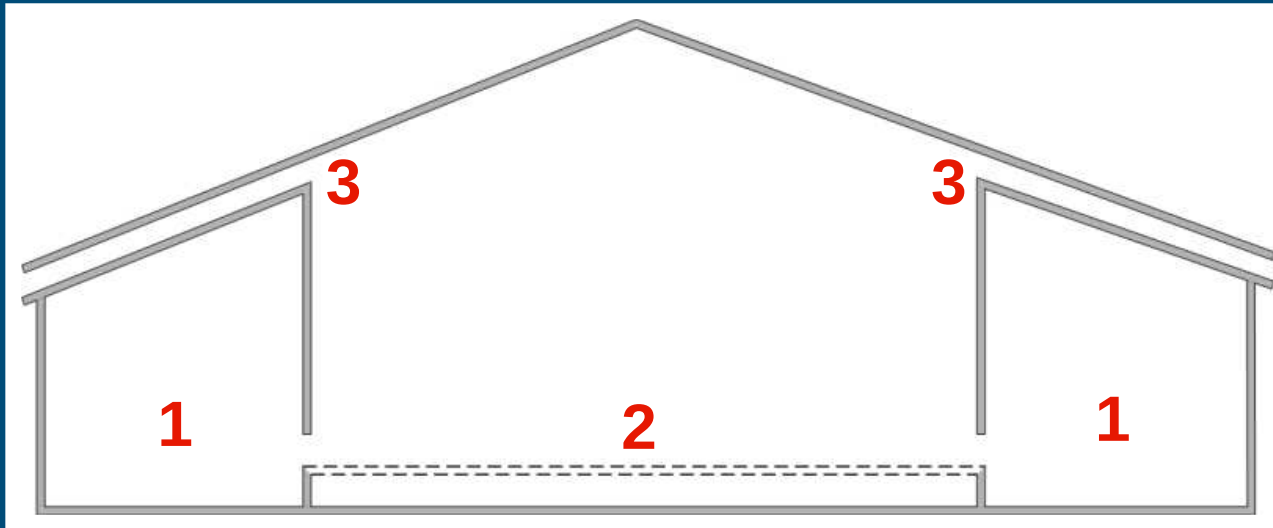
- Prototype:



- Indicatieve evaluatie in afronding

9. Gescheiden strooiselruimten (stalontwerp)

- Werkingsprincipe:



- 1: gescheiden strooiselruimte met beperkte ventilatie,
- 2: volledige roostervloer met volièrès
- 3: luchtinlaat

- Indicatieve evaluatie: principe lijkt perspectiefvol

Dank voor uw aandacht

© Wageningen UR



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR