

## Pilot: Continue geurmetingen varkensbedrijven als basis voor alternatieve systematiek vergunningen

December 2018

*Opdrachtgever:*  
Provincie Noord-Brabant  
Postbus 90151  
5200 MC 's-Hertogenbosch

*Connecting Agri & Food*  
Monique van der Gaag  
Bertus van der Weijst  
Gé Backus

*Comunicamos*  
Veerle Slegers





## INHOUD

<b>SAMENVATTING</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INLEIDING</b> .....	<b>6</b>
<b>2. DOEL</b> .....	<b>6</b>
<b>3. OPZET</b> .....	<b>6</b>
<b>4. MATERIAAL EN METHODEN</b> .....	<b>7</b>
4.1. DEELNEMERS - VARKENSHOUDERS .....	7
4.2. DEELNEMERS - OMWONENDEN .....	7
4.3. SENSORMETINGEN .....	7
4.4. GESPREKKEN MET DEELNEMERS .....	7
4.5. LOGBOEKREGISTRATIES .....	8
<b>5. GEUR UIT VARKENSTALLEN REAL TIME MONITOREN</b> .....	<b>8</b>
5.1. COMPONENTEN GEUR UIT VARKENSHOUDERIJ .....	8
5.2. GEURBELEVING .....	9
5.3. BESCHIKBAARHEID EN GESCHIKTHEID SENSOREN .....	10
5.4. BELANGRIJKE ASPECTEN VOOR SENSORKEUZE EN GEBRUIK .....	11
5.5. PRAKTISCHE PUNTEN MET BETREKKING TOT DE SENSOREN .....	12
5.5.1. Het aantal en de plaatsing van sensor(en) .....	12
5.5.2. Vertalen data naar informatie .....	12
5.5.3. Kosten en baten .....	13
<b>6. BESCHRIJVING DEELNEMERS</b> .....	<b>13</b>
6.1. DEELNEMENDE VARKENSHOUDERS .....	13
6.2. DEELNEMENDE OMWONENDEN .....	14
<b>7. MEETRESULTATEN</b> .....	<b>15</b>
7.1. WEERSOMSTANDIGHEDEN .....	15
7.2. CONCENTRATIES GEURCOMPONENTEN .....	16
<b>8. ONDERNEMER - BURGER</b> .....	<b>22</b>
8.1. SCHETS VAN BEELD VARKENSHOUDERS .....	22
8.2. SCHETS VAN BEELD OMWONENDEN .....	23
<b>9. CONTRACT ONDERNEMER - OVERHEID</b> .....	<b>26</b>
<b>10. CONCLUSIES EN DISCUSSIE</b> .....	<b>28</b>
10.1. TECHNISCHE ASPECTEN .....	28
10.2. GEBRUIK VAN DATA .....	29
10.3. SOCIALE ASPECTEN .....	29
10.4. PERSPECTIEVEN VOOR ALTERNATIEVE VERGUNNINGVERLENING .....	30
<b>11. AANBEVELINGEN IN VOGELVLUCHT</b> .....	<b>31</b>
<b>Bijlage 1 Vragenlijsten varkenshouders en omwonenden</b> .....	<b>32</b>
<b>Bijlage 2 Logboeken</b> .....	<b>33</b>
<b>Bijlage 3 Model voor optimale locatie voor sensoren</b> .....	<b>35</b>

<b>Bijlage 4 Metingen .....</b>	<b>37</b>
Bijlage 4.1 Ammoniak .....	37
Bijlage 4.2 Waterstofsulfide .....	39
<b>Bijlage 5 Metingen per bedrijf .....</b>	<b>41</b>
Bijlage 5.1 Bedrijf 1 .....	41
Bijlage 5.2 Bedrijf 2 .....	44
Bijlage 5.3 Bedrijf 3 .....	46
Bijlage 5.4 Bedrijf 4 .....	49
Bijlage 5.5 Bedrijf 5 .....	51
<b>Bronnen .....</b>	<b>54</b>

## SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft een pilot project op en bij vijf Brabantse varkensbedrijven. Doel was om na te gaan of op basis van continue geurmetingen afspraken kunnen worden gemaakt tussen burgers, veehouders en overheden ter aanvulling of vervanging van de huidige vergunningverlening. Vijf varkenshouders met ieder twee burennamen deel. De concentratie van een aantal geurstoffen is gedurende minimaal vier weken gemeten op het bedrijf en bij de omwonenden. Alle deelnemers hielden gedurende twee weken een logboek bij. De varkenshouders noteerden de bedrijfsactiviteiten. De omwonenden schreven op wat zij merkten van het varkensbedrijf, of zij hinder ondervonden en zo ja, in welke mate. Bij elk bedrijf was een sensor geplaatst die per vijf minuten de concentratie meet van veertien geurstoffen. Ieder uur worden ook de windsnelheid, windrichting, luchtvochtigheid en de temperatuur buiten vastgelegd. Bij de omwonenden is ook een sensor geplaatst. Op één bedrijf is ook in de stal een sensor geplaatst. De resultaten laten zien dat de fluctuatie in meetwaarden gedurende de dag en over de dagen buiten de stal veel kleiner is dan binnen de stal. De piekwaarden waren in een aantal situaties terug te voeren op activiteiten in de stal. Het is niet eenvoudig een relatie te meten tussen de concentratie buiten de stal en bij de omwonenden thuis. Dit hangt af van snelheid en richting van de uitgaande stallucht, de temperatuur en luchtvochtigheid van de uittredende stallucht en van de buitenlucht, van windrichting- en snelheid en van de samenstelling van de lucht. Al deze aspecten kunnen variabel zijn in ruimte en tijd.

Uitgangspunt bij het opstellen van een contract is dat het nooit alle mogelijke omstandigheden kan omschrijven. Om dit te ondervangen, is het zaak standaardregels in het contract te formuleren. Het gaat dan om de milieuprestatie van de onderneming, de naleving en de niet-naleving. Voor het specificeren van de bijdrage van de individuele veehouder aan de omgevingskwaliteit moet rekening worden gehouden met situaties waarin in de nabije omgeving meerdere veehouders en meerdere burgerwoningen aanwezig zijn. Bij de naleving dan wel uitvoering van het contract gaat het om regels over welke gegevens gedeeld worden, en hoe te handelen bij specifieke omstandigheden. Voor situaties van niet-naleving dient het contract de sancties te specificeren.

Het model voor de plaatsing van sensoren kan, gegeven het aantal huizen en het aantal beschikbare geursensoren, de beste locatie voor deze geursensoren bepalen en aangeven welk huis het beste door welke sensor kan worden gemonitord. Het model maakt een afweging tussen de afstand van sensor tot woning en het verschil in geurniveau tussen geursensor en huis.

De pilot geeft inzicht in de technische aspecten, het gebruik van data, sociale aspecten en de perspectieven voor alternatieve vergunningverlening. Geconcludeerd kan worden dat functionele sensoren beschikbaar zijn, maar dat meer inzicht gewenst is in specifieke componenten in de lucht gerelateerd aan geur uit varkensstallen. Metingen bij stal en buur bieden meerwaarde voor het opbouwen van vertrouwen en het draagvlak bij de verschillende partijen. De burger ervaart de bescherming met de huidige vergunning systematiek niet als afdoende. Alle partijen willen graag weten wat er leeft bij de ander. De ondernemers zien meerwaarde in het vergelijken van hun bedrijf met andere bedrijven. De benchmark en handelingsperspectief om verder te verbeteren is een sterke motivatie voor de ondernemers. Ondernemers zien real time metingen per bedrijf ook als een handvat voor handhaving om onderscheid aan te brengen tussen goed en slecht presterende bedrijven.

Voorspelbaarheid, oorzakelijkheid en beheersbaarheid zijn belangrijk in relatie tot ervaren stress of in dit geval hinder. Dit komt bij de meeste omwonenden naar voren. Het vooraf weten wanneer er een hogere concentratie van geurstoffen is, het weten wat de oorzaak is van deze verhoging en het hier zelf op kunnen anticiperen, zijn aspecten die het ervaren van overlast terug brengen. Bij zowel de deelnemende varkenshouders als bij de omwonenden is animo aanwezig voor een alternatieve vergunningverlening gebaseerd op de daadwerkelijke prestaties van een bedrijf.

Essentieel hierbij is dat partijen vertrouwen hebben in de sensoren en data. Naar voren kwam dat naast geur ook andere aspecten belangrijk zijn voor het leefklimaat. Zo geven de omwonenden aan zich ook zorgen te maken over fijnstof. Dit is ongrijpbaar, omdat het niet direct waar te nemen is.

De resultaten laten zien dat de ontwikkeling van geurunits die real time geur meten perspectieven biedt voor het verbeteren van het huidige vergunningensysteem. Gelijktijdig moet worden gesteld dat de sensortechnologie nog in ontwikkeling is, en nog veel zaken verder moeten worden onderzocht en verbeterd. Op basis van de bevindingen uit deze pilot bevelen we aan: (1) de ontwikkeling van nauwkeurigere en robuustere sensor(meetnetwerk)en te stimuleren, zeker ook voor fijnstof; (2) veehouders en omwonenden in alle sectoren ervaring te laten opdoen met sensormetingen en van elkaar te leren; (3) een roadmap op te stellen voor het omslagtraject van middelvoorschriften naar doelvoorschriften, inclusief de ontwikkeling van procedures en protocollen om real time meetwaarden te kunnen relateren aan emissie factoren, en om (4) de mogelijkheden te verkennen om met sensortechnologie sociale innovaties te stimuleren, bijvoorbeeld dat ondernemers een omgevingsjaarverslag voor hun gebied maken.

## 1. INLEIDING

In dit project is nagegaan hoe op een andere manier bindende afspraken gemaakt kunnen worden over het voeren van een bedrijf in de veehouderij. Aanleiding voor het project was de Derde Rafael Dialoog die juni 2016 te Veghel is georganiseerd. Hierin hebben betrokkenen in en rondom de veehouderij op initiatief van de Provincie Noord-Brabant gezamenlijk verkend of de huidige vergunningverlening initiatieven richting verduurzaming van de Brabantse veehouderij in de weg staat, en welke mogelijke oplossingsrichtingen er zijn om eventuele knelpunten weg te nemen. Aan de orde was dat in de huidige praktijk nieuwe innovaties nog niet of beperkt opgenomen zijn in wet- en regelgeving. Vergunningverleners op provinciaal, lokaal en omgevingsdienstniveau handelen vanuit een juridisch-technisch perspectief en in mindere mate vanuit een integrale beoordeling van systemen. Dit leidt er toe dat de vergunningverlening in veel gevallen te weinig ruimte biedt om juist maatschappelijk gewenste doelen te realiseren. Het systeem van vergunningverlening is tijdrovend, kostbaar en vaak frustrerend. Het is gebaseerd op genormaliseerde emissiewaarden die zijn opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav-codes) wat ook nog lang niet alles zegt over hoe de zaken op het bedrijf werkelijk zijn geregeld.

Nu het mogelijk is om klimaatparameters continue te meten, komt de vraag op of de vergunningen systematiek kan worden vervangen door een alternatief systeem, gebaseerd op continue metingen over het klimaat in en rondom de stal. Het geeft meer informatie voor de boer, de burger én voor de gemeente. Ook nieuwe stalsystemen kunnen zo veel sneller worden ingevoerd. De veehouder kan online aan derden laten zien hoe het nieuwe systeem functioneert. Het proces van proefstalstatus, gevolgd door metingen op nog drie andere bedrijven en dan na enkele jaren een Rav code krijgen, kan veel sneller. Aldus biedt de opkomst van digitalisering als hulpmiddel bij de controle en handhaving (*legal tech*) nieuwe mogelijkheden om op een ander manier te gaan werken. In enkele vervolgbijeenkomsten is deze gedachtegang door een brainstormgroep verder uitgewerkt. De visie van de brainstormgroep heeft geleid tot de pilot waarover in dit rapport wordt gerapporteerd.

## 2. DOEL

Het doel is een inventarisatie uit te voeren naar perspectieven om op basis van continue geurmetingen afspraken te maken in de veehouderij tussen burgers en veehouders, voor een beter leefklimaat, en tussen veehouders en overheid ter aanvulling of vervanging van de huidige systematiek van vergunningverlening.

## 3. OPZET

Het project is opgezet in 3 fasen:

- 1) De aanzet is een vooronderzoek naar geur uit de varkenshouderij. De eerste vraag is welke stoffen hieraan gerelateerd zijn en welke stoffen het meest bepalend zijn. De tweede vraag gaat over de mogelijkheden om deze stoffen real time te meten in de buitenlucht.
- 2) In de pilot nemen vijf varkenshouders met ieder twee burens deel. Op deze bedrijven wordt buiten de stal de concentratie gemeten van een aantal stoffen die gerelateerd zijn aan geur uit varkensstallen. Alle deelnemers krijgen afzonderlijk een gesprek en houden gedurende twee weken een logboek bij. Tot slot worden de resultaten met iedere varkenshouder en zijn twee omwonenden besproken.
- 3) Een doorkijk naar de mogelijkheden om op basis van continue geurmetingen afspraken te maken in de veehouderij tussen burgers en veehouders enerzijds en tussen veehouders en overheid anderzijds ter aanvulling of vervanging van de huidige vergunning systematiek.

## 4. MATERIAAL EN METHODEN

### 4.1. DEELNEMERS - VARKENSHOUDERS

Voor deze pilot zijn varkenshouders benaderd uit het netwerk van Connecting Agri & Food. Hierbij zijn ondernemers gevraagd die met een open blik de omgeving tegemoet treden, sociaal bewogen zijn en niet gevestigd zijn in een gebied met een hoge varkensbedrijvendichtheid. Tevens was het van belang dat er geen huidige conflicten spelen en er geen burgergroeperingen tegen de intensieve veehouderij actief zijn. Dit om de complexiteit van de factoren in de pilot niet te vergroten. Deze selectie is gemaakt omdat de pilot nog een leerproces is waarbij het belangrijk is dat er open en in vertrouwen met elkaar gecommuniceerd kan worden. De techniek is nog in ontwikkeling en dan is een broze vertrouwensrelatie tussen varkenshouder en omwonenden niet wenselijk. Er zijn bedrijven benaderd uit verschillende regio's in de provincie Noord-Brabant.

### 4.2. DEELNEMERS - OMWONENDEN

De varkenshouders bepalen zelf welke burens zij willen vragen deel te nemen. In overleg met de varkenshouder is gekeken naar burens die mogelijk hinder van het bedrijf kunnen ervaren. Dit zijn de woningen die dichtbij het bedrijf liggen en indien mogelijk in de lijn van de windrichting die volgens de varkenshouder het meest voorkomt. De varkenshouder neemt eerst zelf contact op met de burens en vervolgens worden de burens bezocht door de onderzoekers.

### 4.3. SENSORMETINGEN

Gedurende een periode van minimaal vier weken is bij ieder varkensbedrijf een sensor geplaatst die de concentratie van een aantal stoffen in de lucht meet (waterstofsulfide, vijf vluchtige organische componenten, drie stikstofverbindingen (waaronder ammoniak en indol), drie ketonen en twee fenolen). Iedere vijf minuten meet de sensor de concentraties en deze worden via de datalogger direct geregistreerd in een centrale database.

Het meetstation was aanvankelijk uitgerust met een weerstation. Later is overgestapt op het binnenhalen van online weergegevens. Via Darksky is het mogelijk om ieder uur de weersgegevens van een specifieke locatie op te vragen. Dit betreft onder andere de windsnelheid, de windrichting, de luchtvochtigheid en de temperatuur.

Bij de omwonenden is gedurende de periode dat het logboek bijgehouden wordt, ook een sensor geplaatst die de concentratie waterstofsulfide vijf vluchtige organische componenten, indol, drie ketonen en twee fenolen meet. Bij enkele sensoren voor de omwonenden is ook een sensor voor ammoniak aanwezig.

Op één bedrijf is in de stal ook een sensor geplaatst die temperatuur, luchtvochtigheid en de concentratie waterstofsulfide en CO<sub>2</sub> meet.

In het proces om tot geschikte sensoren te komen, heeft het bedrijf Whysor de technische kennis geleverd. Zonder hier in detail te treden hebben zij vele onverwachte tegenslagen opgelost en de sensoren ingebouwd in een handzaam kastje dat zowel binnen als buiten kan worden geplaatst.

Daarnaast is met een aantal leveranciers van sensoren intensief overlegd en gesproken over het gebruik van hun sensoren en over de voor dit project essentiële randvoorwaarden.

### 4.4. GESPREKKEN MET DEELNEMERS

Met iedere deelnemer (varkenshouder en omwonende) zijn twee gesprekken gevoerd over de huidige situatie en hun beeld van mogelijkheden om gezamenlijk tot afspraken te komen over een



beter leefklimaat. Eén gesprek aan het begin van de meetperiode en één gesprek vindt plaats na de meetperiode. De gestructureerde vragenlijst is in bijlage 1 opgenomen.

Aan het eind van het project vindt een gesprek plaats met de varkenshouder en zijn omwonenden om de resultaten te bespreken. In dit gesprek komt de onderlinge situatie aan bod en een bredere doorkijk naar de toekomst voor de agrarische sector in het buitengebied.

#### 4.5. LOGBOEKREGISTRATIES

Gedurende twee weken houden de varkenshouder en de omwonenden gelijktijdig een logboek bij. De varkenshouder noteert welke activiteiten er in en om de stal plaatsvinden. De omwonenden schrijven op wat zij merken van het varkensbedrijf (geur, geluid, transport e.d.), of zij hinder ondervinden en zo ja, in welke mate. Het format van de logboeken is opgenomen in bijlage 2.

### 5. GEUR UIT VARKENSSTALLEN REAL TIME MONITOREN

#### 5.1. COMPONENTEN GEUR UIT VARKENSHOUDERIJ

Geur in de veehouderij wordt veroorzaakt door de (microbiologische) afbraak van, veelal organische, componenten in mest, urine en voer. Belangrijke componenten die geur vanuit de veehouderij kunnen veroorzaken zijn: sulfiden, fenolen en indolen, vluchtige vetzuren, ammoniak en vluchtige aminen. Zie een uitgebreide lijst in onderstaande tabel 1a en welke stoffen in deze pilot zijn meegenomen. Er zijn drie sensoren gebruikt waarbij sensor 1 ammoniak (NH<sub>3</sub>) meet, sensor 2 waterstofsulfide (H<sub>2</sub>S) en sensor 3 de overige genoemde stoffen (zie tabel 1b).

Tabel 1a Verbindingen die geur uit varkenshouderij veroorzaken (van Huffel et al. 2016)

Type verbinding	Stofnaam	Opgenomen in de pilot sensormetingen
Organische zuren	Acetic acid	X
	Propionic acid	X
	Butyric acid	X
	Valeric acid	
	Caproic acid	
	Isobutyric acid	X
	Isovaleric acid	X
Stikstofverbindingen	Ammonia	X
	Trimethylamine	X
	Indole	X
	Skatole	
Ketonen	Acetone	X
	2-butanone	X
	2,3-butadione	X
Fenolen	Phenol	X
	p-Cresol	X
	4-Ethylphenol	
Zwavelverbindingen	Hydrogen sulfide	X
	Methanethiol	
	Dimethyl sulfide	
	Dimethyl disulfide	
	Dimethyl trisulfide	
	Carbon disulfide	

De beschikbare sensoren waren in staat een heel aantal van deze stoffen te meten en de hypothese is dat deze indicatief zijn voor de mogelijke geurhinder uit varkensbedrijven. Overigens detecteert sensor 3 ook een aantal andere stoffen die niet op bovenstaande lijst voorkomen.

## 5.2. GEURBELEVING

De concentratie van stoffen in de lucht meten die gerelateerd zijn aan de geur uit varkensstallen is nog niet hetzelfde als het meten van geurbeleving. Geurbeleving is een combinatie van de intensiteit van de geur, de blootstellingsduur aan de geur en de mate waarin de geur (on)aangenaam ruikt (hedonische waarde). De geurbeleving kan zijn dat er geurhinder wordt ervaren. In de literatuur zijn geurdrempels bepaald die uitgaan van bijvoorbeeld de laagste concentratie waarin een stof wordt waargenomen door een geurpanel of de concentratie waarbij de helft van de mensen in het panel de geur kunnen waarnemen. In de literatuur zijn meerdere waarden voor de geurdrempel van stoffen te vinden. De geurdrempel is een lastig te bepalen waarde omdat deze ook van veel factoren afhankelijk is. Zo is de ene mens gevoeliger om geuren te detecteren en onderscheiden dan de andere. Ook is de samenstelling van de lucht en het aantal te ruiken stoffen hierin bepalend. Als indicatie voor de verschillen: er zijn bij ammoniak drempelwaarden gemeld van 1 tot wel 25 ppm. Over het algemeen wordt hier uitgegaan van 5-6 ppm. Bij H<sub>2</sub>S zijn ook geurdrempels in de literatuur bekend die meer dan een factor 1000 van elkaar verschillen en waarbij de hoogste iets boven de 1 ppm ligt, hier gaan we uit van 0,5 ppm (Schenk et al., 2004). De verschillen tussen mensen zijn groot. In de praktijk gaat het niet alleen om de geurdrempel van individuele stoffen maar om het complex aan geurstoffen dat zich in de lucht bevindt. Er kan mogelijk sprake zijn van cumulatie als er meerdere geurstoffen in een lage concentratie aanwezig zijn. Er zijn onderzoeken waarbij de cumulatie wordt bepaald op basis van de hedonische weegfactor (o.a. Buro Blauw) welke ook in beleidsregels zijn opgenomen (voorbeeld Beleidsregels geur bestemmingsplan Lage Weide gemeente Utrecht).

Tabel 1b Stoffen die in dit project zijn meegenomen

Sensor	Stof(fen) die gemeten zijn in deze pilot	Type geur bij de betreffende stof	Geurdrempel
1	Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	Scherp, prikkelend	In literatuur: 1- 25 ppm, vaak gebruikt voor geurhinder: 5 -6 ppm
2	Waterstofsulfide (H <sub>2</sub> S)	Rotte eieren	In literatuur van heel laag tot 1 ppm, vaak gebruikt voor geurhinder: 0,5 ppm
3	Vluchtige organische componenten Een voorbeeld hiervan is Boterzuur (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )	Boterzuur ruikt doordringend zweterig, ranzig	Geen geurdrempel bekend voor een complex van stoffen

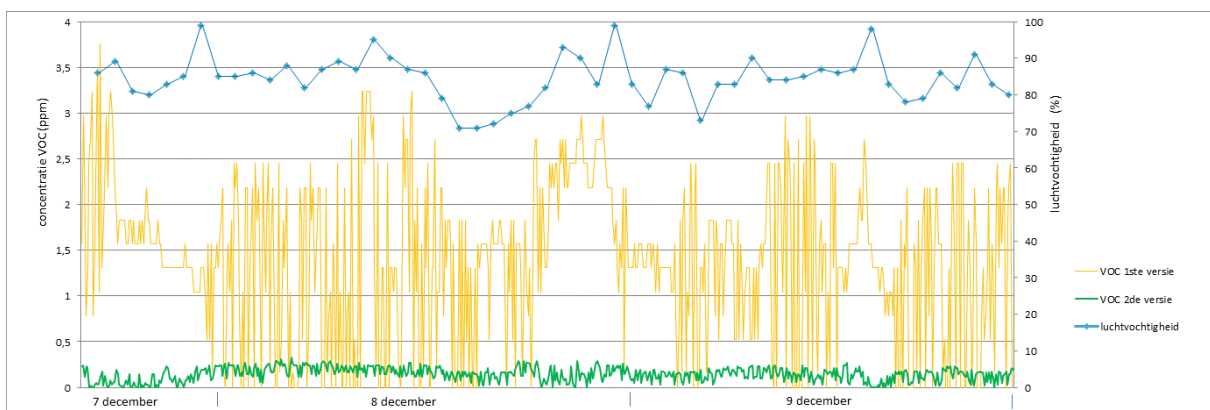
Recent onderzoek toont aan dat de geurdrempels van de geurcomponenten in de lucht uit varkensstallen lager ligt dan tot voor kort is aangenomen (Hansen et al., 2018).

Daarnaast gaat het niet alleen om het kunnen ruiken van een geur maar ook om de beleving hiervan (o.a. Thomas-Danguin et al. 2014). Aspecten als associaties met de geur, gewenning aan geur en de acceptatie ervan bepalen mede de mate van hinder die wordt ervaren en hiermee ook de fysieke en mentale impact van de geur. Een geur die wordt geassocieerd met een risico voor de volksgezondheid heeft een lagere acceptatie. Een sterke geur die over het algemeen als onaangenaam wordt ervaren kan ook positieve associaties oproepen in een specifieke situatie. Een voorbeeld hiervan is de doordringende geur van bepaalde kaassoorten zoals Munsterkaas of camembert. De beleving hiervan is sterk context- en persoonsafhankelijk. Op een kaasplankje na een diner is dit anders dan wanneer deze geur in een bloemenzaak of slagerij wordt geroken.

### 5.3. BESCHIKBAARHEID EN GESCHIKTHEID SENSOREN

Hoewel er meerdere fabrikanten zijn die sensoren hebben die de genoemde stoffen kunnen meten, bleek het in de praktijk nog niet eenvoudig om deze sensoren te gebruiken. In de veehouderij dienen sensoren, zeker bij gebruik in de stal, bestand te zijn tegen hoge concentraties van bijvoorbeeld ammoniak en CO<sub>2</sub>. De gevoelige meetapparatuur moet hiertegen bestand zijn. Ook in de buitenlucht om de stal kunnen hoge concentraties aanwezig zijn en zijn tevens grote schommelingen in luchtvochtigheid en temperatuur waar de sensor tegen bestand moet zijn. Tot slot is het van belang dat de sensor zowel bij lage als bij hogere concentraties de meting goed uitvoert omdat de concentratie van de betreffende stoffen schommelt en er grote verschillen zijn tussen bedrijven.

De pilot is begonnen met drie sensoren die onder meer NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S en vluchtige organische componenten meten. Er is hierbij een aantal knelpunten overwonnen en er zijn verschillende sensoren en dataloggers getest. De oorzaak van onjuiste meetresultaten is niet altijd te achterhalen, wel is te beoordelen of de meetresultaten passend zijn met de werkelijkheid. Zo gaf de eerste sensor voor vluchtige organische componenten een heel onrustig beeld. De gemeten maximale concentraties waren dermate hoog dat dit in de praktijk op die locatie niet mogelijk was en de concentratie viel frequent terug naar een nulwaarde. Dit zijn geen logische resultaten en ondanks diverse aanpassingen bleef dit beeld bestaan. Bij nadere analyse bleek deze sensor ook sterk afhankelijk van de luchtvochtigheid in het waargenomen patroon. Een ander type sensor gaf een evenwichtiger beeld en logischer waarden voor de betreffende locatie. Zie ook onderstaande figuur 1.



Figuur 1 Luchtvochtigheid (%) en de meetresultaten van twee verschillende sensoren voor vluchtige organische componenten (ppm), de 1ste versie bleek niet geschikt voor de doelstelling van dit project met te grote schommelingen en wordt tevens beïnvloed door de luchtvochtigheid, de 2e versie geeft realistischere waarden voor de concentratie en laat geen beïnvloeding van de luchtvochtigheid zien

Bij het realtime meten gedurende het gehele jaar, is de onafhankelijkheid van de weersomstandigheden van nog groter belang. Mogelijk is de luchtvochtigheid voor de geurbeleving ook een relevant aspect, waarbij de geurbeleving met de neus van mensen (humane sensor) ook afhankelijk is van de luchtvochtigheid.

Ook voor de ammoniaksensor zijn diverse sensoren getest en is gekozen voor de DOL sensor als meest betrouwbaar. Deze robuuste sensor meet ammoniak in de range van 1,5 tot 100 ppm. Er is nu ook een sensor beschikbaar die ammoniak vanaf 0,5 ppm kan meten. Deze zal binnenkort ook getest worden.

#### 5.4. BELANGRIJKE ASPECTEN VOOR SENSORKEUZE EN GEBRUIK

In deze pilot is ervaring opgedaan met diverse sensoren. Welke sensor het meest geschikt is, hangt mede af van het doel. Om een indicatie te verkrijgen over het verloop in de concentratie van stoffen die samenhangen met geur(overlast), is het vooral relevant dat de sensor verschillen registreert in de tijd en zichtbaar is op welke momenten of periode een bepaalde grens wordt overschreden. Hiervoor is een precieze meting van de absolute waarde niet noodzakelijk, een betrouwbare trend is voldoende. Voor het meten van stoffen die een (direct) risico vormen voor de volksgezondheid of concentraties die gekoppeld worden aan vergunningverlening is een meting met een betrouwbare absolute waarde wel noodzakelijk.

Veel sensoren worden geijkt voor een bepaalde temperatuurs- en luchtvochtigheidsrange en in de praktijk is de variatie groter. Sensordrift is een tweede aspect waar de praktijk mee te maken heeft. Daarom is een regelmatige kalibratie nodig en ook is het onderling op elkaar afstemmen van verschillende sensoren relevant. Gegeven de grote hoeveelheid stoffen in de lucht is het van belang de sensoren te testen met complexere geurmengsels zoals deze ook in de praktijk voor kunnen komen en de sensoren onderling te vergelijken in vergelijkbare situaties.

Sensoren hebben een verschillende meetfrequentie, deze kan variëren van enkele seconden tot enkele minuten. Voor deze pilot zijn de sensoren ingesteld op het elke vijf minuten doorzenden van de meetwaarden.

Sensoren zijn niet altijd gericht op het meten van één enkele stof in de lucht maar soms op een complex van vergelijkbare stoffen. Het kan ook dat de resultaten van een meting worden beïnvloed door andere aanwezige stoffen in de lucht. Voor geur uit de varkenshouderij is van meerdere stoffen bekend dat zij verantwoordelijk zijn voor de specifieke geur. Echter, er is verschil tussen geur bij de verschillende diercategorieën vleesvarkens, zeugen en biggen. Dit wordt zowel door de varkenshouders als door verschillende omwonenden benoemd. Ook het type voer is mede bepalend voor de geur van een bedrijf. Mogelijk geeft het meten van specifieke stoffen per bedrijfstype en voermanagement een betere methode om een goed beeld te verkrijgen van de potentiële geur(overlast) bij een bedrijf. Een nadere bepaling van de meest indicatieve geurstoffen is wenselijk en biedt mogelijk ook handvatten voor een betere bronbepaling bij een overlastsituatie.

Om een beeld te krijgen van het verloop van de geuremissie van een bedrijf en de emissie bij de omwonenden is een relatie tussen concentratie van deze mix en de ervaren geuroverlast van belang. Omdat geurhinder van meer factoren afhangt dan van alleen de concentratie van geurstoffen in de lucht, is het belangrijk om ook de andere factoren mee te nemen bij het verbeteren van de ervaren luchtkwaliteit en de hinder van geur. In ieder geval is een relatie tussen de gemeten concentraties en de ervaren hinder van belang om vertrouwen tussen boer en omwonende te behouden of (weer) op te bouwen.

Resumé van de belangrijkste eisen aan sensoren bij real time metingen:

- Exacte specificatie van stoffen die worden gemeten (weet precies wat je meet)
- Opgave van de detectielimiet (lage versus hoge concentraties kunnen meten)
- Meetfrequentie
- Specificatie voor eventuele interferentie met externe factoren zoals temperatuur en luchtvochtigheid
- Kalibratie eisen (frequentie voor individuele sensor versus kalibratie sensoren t.o.v. elkaar)
- Specificatie fabrikant over driftgedrag sensor
- Opslag en verwerking data



Sensoren in de pilot



Links: twee sensoren onder elkaar

Midden: sensor uit het zicht van de openbare weg



Rechts: zes sensoren op een rij voor vergelijking meetresultaten

## 5.5. PRAKTISCHE PUNTEN MET BETREKKING TOT DE SENSOREN

Naast een robuuste, goed werkende sensor die de juiste stoffen met de voor het doel gewenste betrouwbaarheid kan meten, zijn er nog andere praktische aspecten van belang. Deze worden hier kort geschetst.

### 5.5.1. Het aantal en de plaatsing van sensor(en)

Afhankelijk van het doel dient de sensor op een passende plaats te staan. Indien het doel is om de mogelijke overlast bij omwonenden te bepalen, is een andere locatie optimaal dan wanneer het gaat om de concentratie die uit de varkensstal komt (bijv. voor vergunningverlening). Ook het aantal sensoren dat nodig is om data te genereren hangt af van het beoogde doel en de specifieke situatie. Bij een bedrijf met één luchtuitlaatpunt dat vrij geïsoleerd in het landschap ligt zijn minder sensoren nodig dan in een gebied met veel (vee)bedrijven en veel burgerwoningen.

Naar verwachting is een meetnetwerk waarbij zowel in als buiten de stal gemeten wordt, en mogelijk ook bij de burgerwoningen, de meest optimale situatie om aan alle doelen tegemoet te komen. Een sensor met een ingebouwde GPS functionaliteit strekt tot aanbeveling. Er is een model in ontwikkeling om te bepalen wat de optimale situatie is wat betreft het aantal sensoren en de plaatsing van deze sensoren in een gebied. In bijlage 3 is dit model nader toegelicht.

Door in de stal ook te meten, kan de varkenshouder directer zien welke activiteiten of managementkeuzen tot hogere concentraties leiden. Dit biedt directer handelingsperspectief dat toegespitst is op de specifieke situatie. De effectiviteit van maatregelen is ook sneller zichtbaar.

### 5.5.2. Vertalen data naar informatie

De ruwe data die door de sensoren worden opgeleverd moeten vertaald worden naar bruikbare informatie voor het doel. Bij informatievoorziening voor boer en omwonende over de mate van geurstoffen in de lucht die tot overlast kunnen leiden, kan een geurradar met de huidige situatie en een voorspelling aangeven wat de (verwachte) overlast is. Dit kan op een manier zoals nu de buienradar of de hooikoorts waarschuwing werkt. Extra aandacht voor de wijze van communicatie en de visuele weergave is van belang.

Voor de vergunningverlening kan een andere vorm van informatie en automatische alarmering nuttiger zijn, waarbij de ondernemer en mogelijk ook de handhaver en vergunningverlener inzicht hebben in het verloop van de concentratie over de tijd en of dit valt binnen de afgesproken range.

### **5.5.3. Kosten en baten**

Het gebruik van sensoren vraagt een investering voor de aanschaf van de sensoren en voor de software om de data om te zetten naar bruikbare informatie. In deze pilot is gebruik gemaakt van het platform van Slimme Stal waarbij de data visueel beschikbaar komen en de ondernemer zelf kan aangeven welke informatie hij wil en op welke manier dit gepresenteerd moet worden.

In de pilot en bij de ervaringen van Slimme Stal blijkt dat inzicht in de real time concentraties van stoffen in en om de stal, al snel extra inzicht verschaft aan de varkenshouder. Hierbij is vaak een directe koppeling te maken met het verbeteren van het stalklimaat en hierdoor ook van de gezondheid en de productieresultaten van de dieren. Het reduceren van potentiële overlast aan de omgeving en de kleinere bijbehorende (financiële) risico's kan de sensorkosten compenseren.

Desalniettemin is voor het draagvlak en uitrol van een meetnetwerk belangrijk dat de initiële kosten niet te hoog zijn. Dit betreft zowel de kosten voor de sensor(en) als voor de inspanningen voor onderhoud

## **6. BESCHRIJVING DEELNEMERS**

### **6.1. DEELNEMENDE VARKENSHOUDERS**

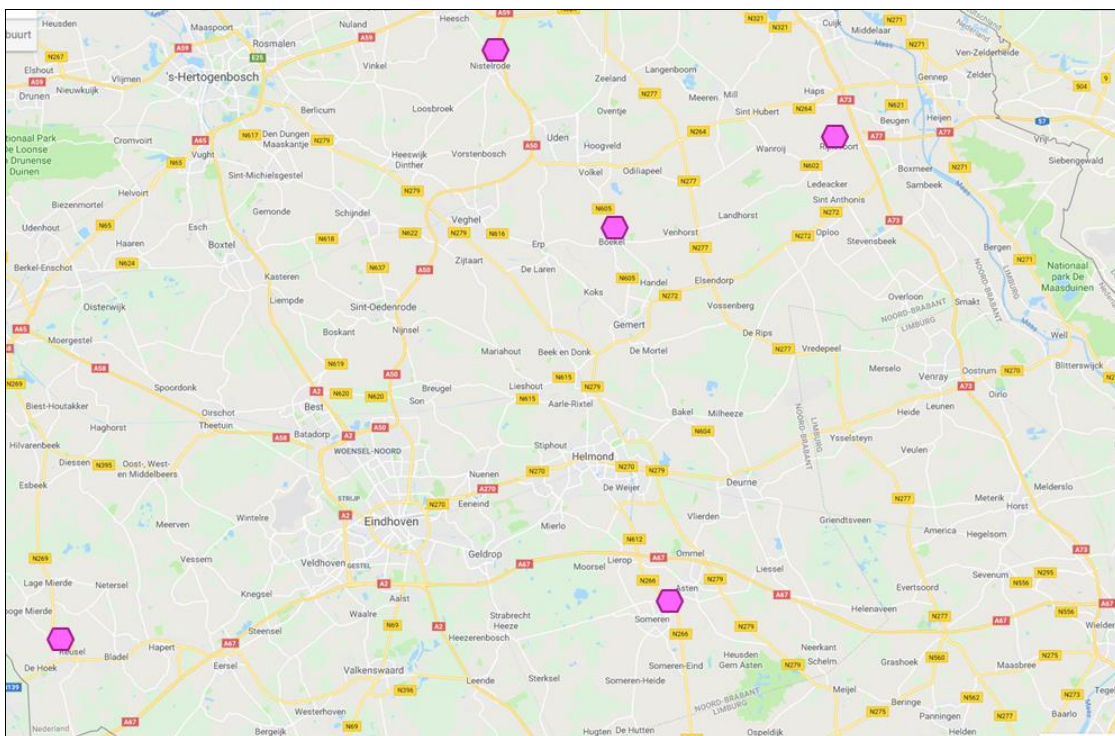
Om vijf varkenshouders te vinden die bereid waren om deel te nemen, zijn er zeven benaderd. De twee varkenshouders die niet deel wilden nemen, gaven als redenen dat zij geen risico's wilden lopen dat zij door gemeente, provincie of buurt aan de hand van de data op hun bedrijfsvoering afgerekend zouden worden. Deelnemers stellen zich kwetsbaar op door metingen om het bedrijf toe te staan en ook de informatie te delen met de omwonenden en overheid. Het is van te voren niet bekend wat voor data dit oplevert en dit maakt het spannend om op voorhand toestemming geven. Hier speelt vertrouwen al een belangrijke rol. Zo was een artikel in de krant waarin het veehouderijbeleid van de provincie wordt besproken voor een varkenshouder aanleiding om alsnog niet deel te nemen. De onzekerheid naar de toekomst is een belangrijk onderwerp. Bij bijna alle vijf deelnemende varkenshouders kwam in het gesprek naar voren dat de betrouwbaarheid van de overheid als gering ervaren wordt, met als voorbeeld het aanpassen van het reductiepercentage van de luchtwassers. Dit kan op bedrijven grote impact hebben. De motivatie van de deelnemers was onder andere dat zij aan de hand van de data willen kunnen aantonen dat ze het goed doen op het gebied van geurreductie en hiervoor ook de nodige inspanning leveren. Ook zijn zij benieuwd welke verbeteringen zij door kunnen voeren in hun bedrijfsvoering om eventuele overlast (verder) te kunnen reduceren. Vier varkenshouders zien het meten van de prestaties van het individuele bedrijf ook als kans om de goede bedrijven meer ruimte te geven en de bedrijven "die er een rommeltje van maken" gericht aan te kunnen pakken.



Tabel 2 Informatie over de bedrijven en het aantal vergunde dieren\*

Bedrijf	1	2	3	4	5
Diercategorie	zeugenbedrijf	zeugenbedrijf	zeugenbedrijf	Semi gesloten bedrijf	zeugenbedrijf
Aantal zeugen	1059	1721	1708	1452	606
Aantal biggen	3744	3934	5400	8004	2260
Aantal vleesvarkens en opfokzeugen	60	340	550	8637	51
Type voer	Droogvoer	Droogvoer	brijvoer	Brijvoer	Droogvoer
Type luchtwasser	Wassers (chemisch 70% en 95%)	1 stal met wasser (combi 85%) 3 stallen niet	Wassers bij dragende zeugen (combi 85%), rest niet	wassers (combi 85%)	1 stal met wasser (combi 85%) 3 stallen niet
Afleveren kadavers	Kap en ton	ondergrondse koeling	Kap en ton	ondergrondse koeling	kap en ton
RAV systemen - totale vergunde NH <sub>3</sub> emissie (kg/jaar)	1668	5937	6111	6455	1897
Totale vergunde geuremissie (OU/s)	36.993,1	58.670,5	68.474,8	164.975,9	22.823,8

\*gegevens van de website [bvb.brabant.nl](http://bvb.brabant.nl), deze informatie is openbaar beschikbaar, echter in de praktijk kunnen deze gegevens achterhaald zijn



Figuur 2 Locaties van de deelnemende varkensbedrijven

## 6.2. DEELNEMENDE OMWONENDEN

Alle omwonenden die door de varkenshouders zijn benaderd, willen deelnemen aan het project. De varkenshouders hebben gekozen voor burens die dichtbij het bedrijf wonen en die zij kennen.

Zij kennen vaak niet alle mensen die in de buurt wonen. Dit kan zijn omdat ze bij de bebouwde kom wonen en niet alle bewoners daar kennen, omdat er recent nieuwe mensen zijn komen wonen in de buurt of om andere redenen. In Nederland blijkt een kwart van de bevolking haar burens niet of

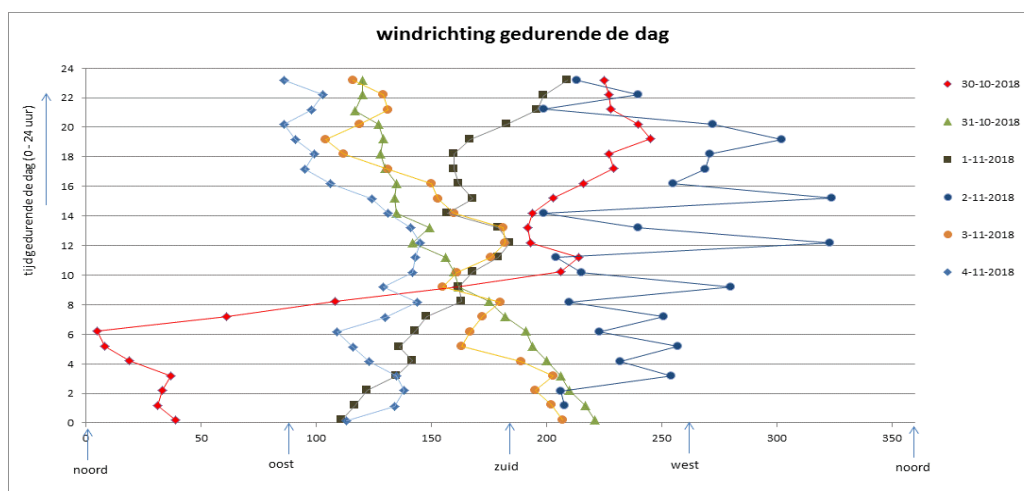
nauwelijks te kennen, dit speelt in de buitengebieden minder sterk (CBS, 2017). De agrarische ondernemers zijn vaker bekend met de ondernemers in de buurt dan met de burgers. Bij de burgers speelt dit eerder andersom. Een aantal van de omwonenden die in deze pilot hebben deelgenomen heeft zelf ook een agrarisch bedrijf, waaronder een melkveehouder, een eigenaar van een stekbedrijf en een voormalig varkenshouder.

## 7. MEETRESULTATEN

### 7.1. WEERSOMSTANDIGHEDEN

De weersomstandigheden bepalen zowel direct als indirect de concentratie en geurbeleving buiten de stal. Bij warm weer wordt meer geventileerd, wat tot een hogere emissie kan leiden, De mate waarin is afhankelijk van het type emissie reducerend systeem dat in de stal aanwezig is. Ook de snelheid, richting, temperatuur en vochtigheid van de uitgaande lucht zijn relevant voor de verspreiding. Naast deze aspecten in de uitgaande lucht zijn in de buitenlucht de windrichting en -snelheid, temperatuur en luchtvochtigheid van invloed op de verspreiding en verdunning van de concentratie stoffen. Er zijn vele modellen die dit berekenen maar gezien de complexiteit is het bijna niet mogelijk om een goede voorspelling te doen voor een specifieke plek over de tijd.

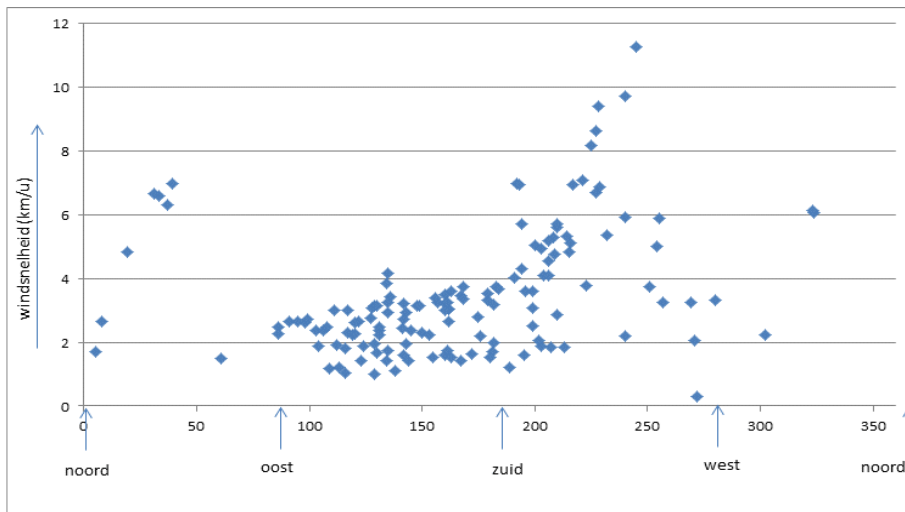
In onderstaande figuur 3 is voor een zestal opeenvolgende dagen de windrichting weergegeven. Dit geeft aan hoe variabel de windrichting en -snelheid is over de dag op een vast punt. Gegeven alle aspecten die van invloed zijn, kan dit overigens een meter hoger of op een punt enkele meters verder weer anders zijn. Het geeft in ieder geval aan dat de windrichting gedurende de dag variabel kan zijn. Sommige dagen draait de wind geleidelijk gedurende de dag (zoals op 31-10 in de grafiek) en andere dagen is de windrichting veel grilliger (zoals op 2-11 in de grafiek) of vindt er een relatief abrupte wijziging van windrichting plaats (zoals op 30-10 in de grafiek). Een burgerwoning die ten zuiden van dit bedrijf ligt, zal naar verwachting normaliter minder geur ervaren dan iemand die ten noorden van het bedrijf woont. Maar op 30 oktober 's nachts wordt mogelijk juist ten zuiden meer geur ervaren omdat er met de wind uit het noorden een hogere concentratie geurstoffen die kant op geblazen wordt.



Figuur 3 Windrichting gedurende de dag gedurende zes dagen (30/10/18 t/m 04/11/18)

In figuur 4 is de windrichting en de windsnelheid tegen elkaar uitgezet. Ook hier is te zien dat op dit bedrijf de wind veelal uit zuidoost tot zuidwest afkomstig is. Voor meer conclusies is een langere meetperiode noodzakelijk.



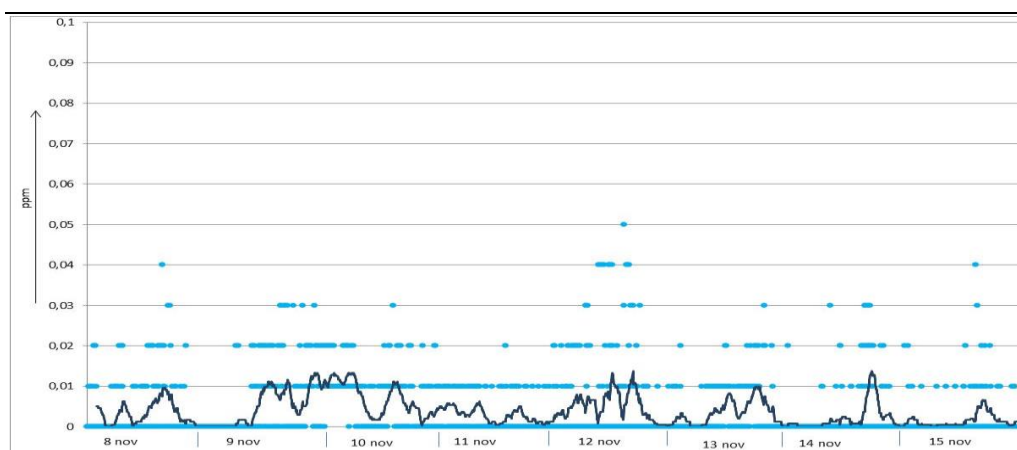


Figuur 4 De windsnelheid afgezet tegen de windrichting gedurende zes dagen (30/10/18 t/m 04/11/18)

## 7.2. CONCENTRATIES GEURCOMPONENTEN

De sensoren zijn bij de varkensbedrijven geplaatst op de plek waar naar verwachting in ieder geval stoffen gemeten worden. Dit is vanuit het bedrijf gezien in de richting waar de wind naar toe waait en in de lijn van een of meerdere luchtuitlaatpunten van het bedrijf. Dit was in de praktijk niet altijd helemaal mogelijk. Aanvankelijk was de sensor uitgerust met een zonnepaneeltje die de sensor van energie moest voorzien. Dit gaf onverwachte effecten op de meetresultaten waarna is gekozen om de sensor aan te sluiten op een stopcontact waardoor de locatie en de afstand van de stal mede bepaald werd door de lengte van het verlengsnoer. Tevens moest de sensor op het eigen perceel van het bedrijf staan en niet op de openbare weg, niet in de weg staan voor de reguliere werkzaamheden en niet te beschut uit de wind.

Bij de lage concentraties die in de buitenlucht aanwezig zijn en gegeven de gevoeligheid van de sensoren, geven de meetwaarden geen vloeiende lijn als resultaat. De resultaten zien er in een grafiek uit alsof de concentratie sprongsgewijs verandert, dit is in de praktijk niet het geval uiteraard. Het heeft te maken met de meetmethode in de sensor en de omrekening naar concentratie. Bij de resultaten in deze pilot is in een aantal gevallen gewerkt met een voortschrijdend gemiddelde om een beter beeld te geven van de daadwerkelijke situatie.



Figuur 5 Concentratie H<sub>2</sub>S buiten de stal bij bedrijf 1 (lichtblauw: meetwaarden per 5 minuten, donkerblauwe lijn: voortschrijdend gemiddelde over 2 uur)

Bij één bedrijf is zowel in de stal als buiten de stal gemeten. In figuur 6 zijn de ammoniakconcentraties in en buiten de stal naast elkaar gezet. In de stal is er een duidelijk dagpatroon waarneembaar. Op dit bedrijf zijn twee voermomenten per dag, rond 7 uur 's morgens en rond 16.30 's middags. Bij het eerste voermoment gaat de ammoniakconcentratie omhoog en daalt daarna weer enigszins om bij het tweede voermoment weer iets te stijgen. Na het tweede voermoment daalt de concentratie gedurende de nacht. Dit past bij de resultaten van eerdere onderzoeken. Als de varkens gevoerd en actief worden neemt de urineproductie toe waardoor de ammoniakconcentratie stijgt. Buiten de stal zijn deze pieken niet waarneembaar (zie ook tabel 3). De ammoniaksensor meet waarden vanaf 1,5 ppm, in de meetperioden zijn nagenoeg geen waarden boven deze concentratie gemeten. Er kan derhalve gesteld worden dat de concentratie buiten de stal onder de 1,5 ppm lag tijdens deze periode.



Figuur 6 Concentratie ammoniak (NH<sub>3</sub>) in de stal (rode lijn) en buiten de stal (blauwe lijn) gedurende 14 dagen (27/11/18 t/m 10/12/18)

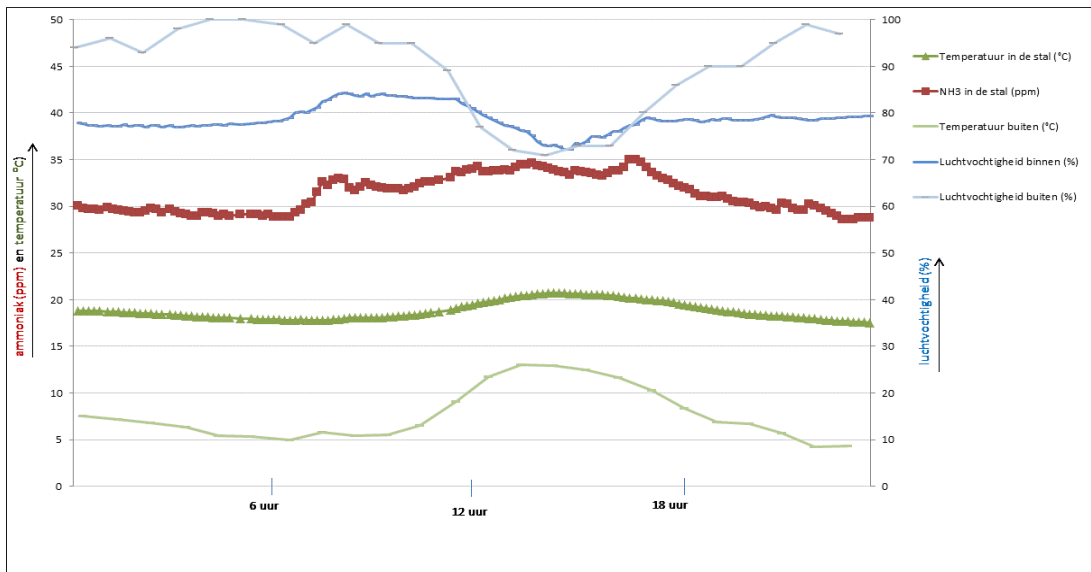
Het is mogelijk om op basis van de gemeten concentraties, ook het aantal kilogram ammoniak te berekenen die op een bedrijf op jaarbasis vrijkomt (Ogink et al., 2013). In deze kortlopende pilot was dat niet mogelijk.

De concentratie ammoniak buiten de stal lag gedurende het grootste deel van de metingen onder de detectiegrens van de sensor. Bij alle bedrijven zijn wel waarden gemeten boven deze detectiegrens.

Tabel 3 De gemeten ammoniakconcentratie in de buitenlucht per bedrijf (2e en 3e week november)

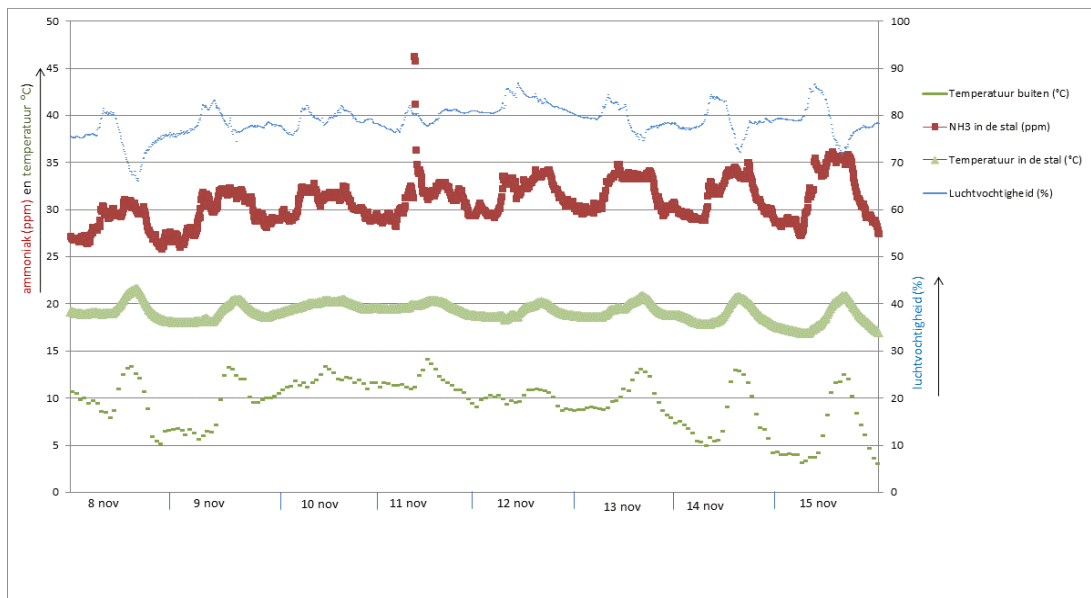
	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3	Bedrijf 4	Bedrijf 5
Maximum ammoniak concentratie (ppm)	<1,5	1,95	1,83	1,95	2,50
% van de metingen > 1 ppm (%)	0,1	3,1	2,5	0,5	0,2
Vergunde ammoniakemissie per jaar (kg NH <sub>3</sub> )	1.668	5.937	6.111	6.455	1.897

In figuur 7a en 7b zijn de temperatuur in en buiten de stal opgenomen (groene lijnen). Deze hebben een gelijke trend waarbij de variatie in de stal veel kleiner is dan buiten. Dit is conform verwachting. De luchtvochtigheid binnen en buiten (blauwe lijnen) volgen eveneens een vergelijkbare trend waarbij de variatie binnen kleiner is dan buiten. De rode lijn geeft de ammoniakconcentratie in de stal weer. De ammoniakproductie is overdag hoger dan in de nacht. Zoals eerder aangegeven is een verhoging van de concentratie bij het voeren het gevolg van een toename van urineren door de varkens bij activiteit. De temperatuur in de stal is in deze periode ook hoger.



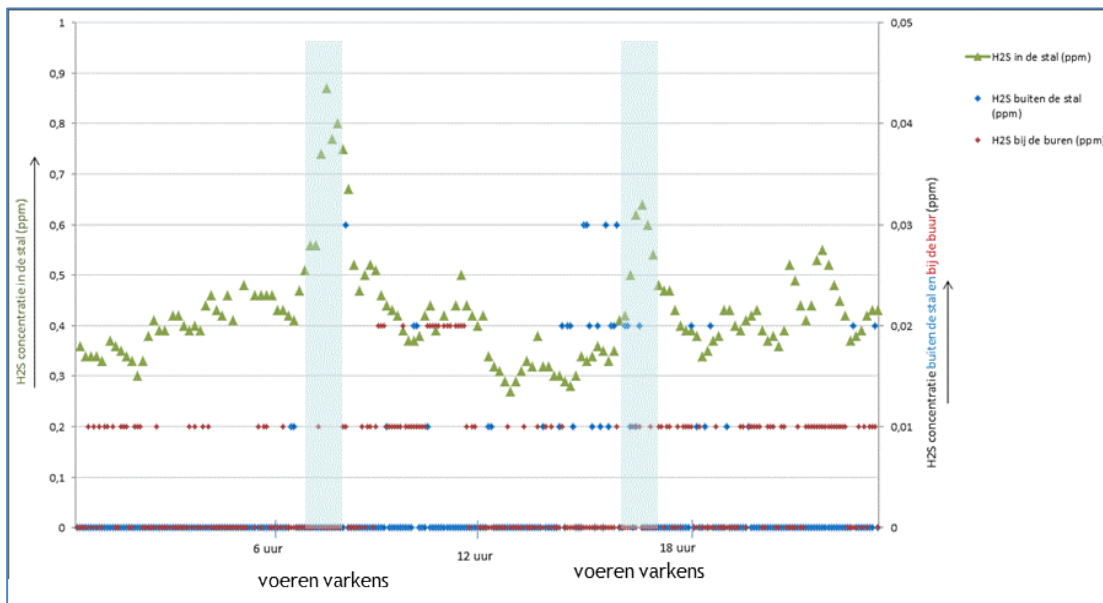
Figuur 7a Verloop van de luchtvochtigheid, temperatuur en ammoniakconcentratie gedurende één dag

In de resultaten van een week zijn dagelijks vergelijkbare patronen zichtbaar (zie figuur 7b). Er zijn per dag wel verschillen zichtbaar in de hoogte van de concentratie ammoniak en de binnentemperatuur.

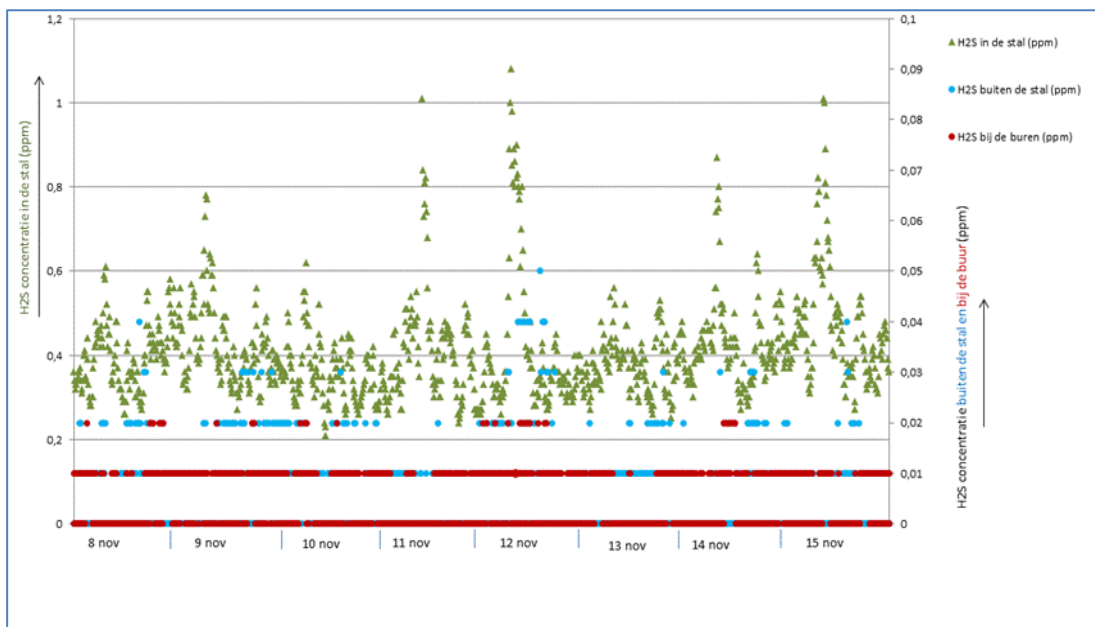


Figuur 7b Verloop van de luchtvochtigheid, temperatuur en ammoniakconcentratie gedurende een week

Voor  $H_2S$  is in de stal een duidelijke piek zichtbaar op het moment van meer activiteit, in dit geval twee maal daags voeren. De concentratie in de stal daalt gedurende de dag tot het volgende voermoment in de middag. De concentratie buiten is veel lager dan binnen. De sensor geeft bij deze lagere concentraties een nauwkeurigheid van 0,01 ppm waardoor een meer sprongsgewijs resultaat zichtbaar is. In ongeveer de helft van de meetmomenten geeft de sensor een waarde van 0 en de helft een hogere waarde. De concentraties direct buiten de stal zijn minder vaak 0 en geven vaker een waarde boven 0.



Figuur 8 Concentratie H<sub>2</sub>S in de stal (linker y as) en buiten de stal en bij de omwonenden (rechter y as) gedurende één dag



Figuur 9 Concentratie H<sub>2</sub>S in de stal (linker y as) en buiten de stal en bij de omwonenden (rechter y as) gedurende één week

Over een periode van een week is een vergelijkbaar patroon zichtbaar met pieken H<sub>2</sub>S concentratie rond extra activiteit in de stal.

De plaats van de sensor buiten heeft naar verwachting ook invloed op de gemeten concentratie. In deze pilot is de sensor buiten de stal binnen een straal van 50 meter van de stal geplaatst en waar mogelijk aan de kant van de luchtuitlaat en in de lijn van de windrichting om zo theoretisch een hoge concentratie te meten.

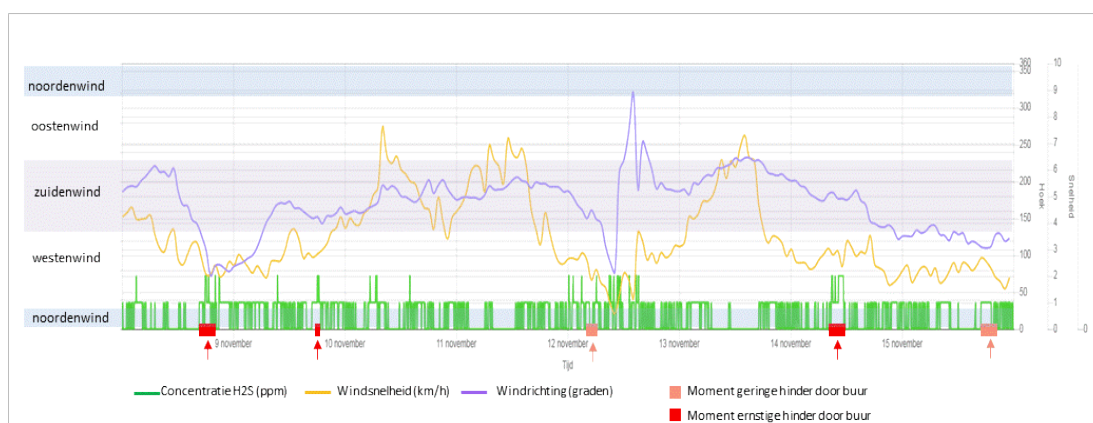
Gegeven de variatie in wind en in de beweging van geurstoffen door de lucht is het niet eenvoudig om in de praktijk een directe relatie te meten tussen de concentratie net buiten de stal en op het terras van de omwonenden thuis. Dit is afhankelijk van snelheid en richting van de uitgaande lucht uit de stal, de temperatuur en luchtvochtigheid van de uittredende lucht en van de buitenlucht, van de windrichting- en snelheid en van de samenstelling van de lucht. Al deze aspecten kunnen variabel zijn in ruimte en tijd. De concentraties buiten zijn zoals verwacht beduidend lager dan in de stal. Met een geurdrempel voor H<sub>2</sub>S tussen de 0,0005 en 0,13 ppm kan de concentratie nog wel boven deze drempel liggen. Bij de burens is in de meetperiode een piek geweest met een hoge H<sub>2</sub>S concentratie die ruim boven de hoogste concentratie naast de stal kwam. Deze piek is naar verwachting veroorzaakt door een andere bron dan het varkensbedrijf.

Tabel 4 De gemeten concentraties van NH<sub>3</sub> en H<sub>2</sub>S in de stal, buiten de stal en bij het huis van omwonenden (2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> week november)

bedrijf 1	NH <sub>3</sub> binnen in de stal (ppm)	NH <sub>3</sub> buiten de stal (ppm)	H <sub>2</sub> S binnen in de stal (ppm)	H <sub>2</sub> S buiten de stal (ppm)	H <sub>2</sub> S bij de burens (ppm)
Gem	31,11	< 1,5	0,41	0,00	0,00
Max	46,30	1,27	1,79	0,05	0,44
Min	25,50	< 1,5	0,20	0,00	0,00
mediaan	30,90	< 1,5	0,39	0,00	0,00

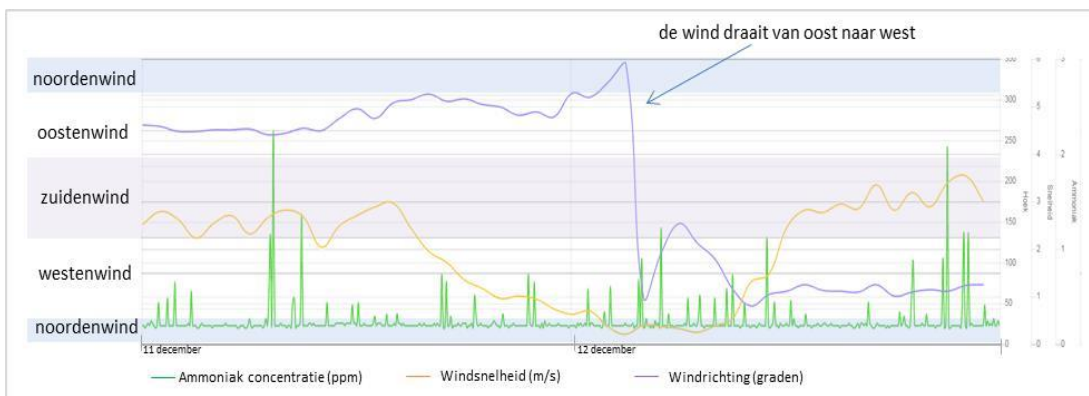
De concentratie ammoniak buiten de stal is laag ten opzichte van de gemeten waarden in de stal. Door de luchtwassers wordt een (groot) deel van de ammoniak uit de lucht verwijderd. Daarnaast verdunt de uitgaande stallucht buiten vanwege de snelle menging met de buitenlucht. De snelheid van deze verdunning hangt onder andere samen met de luchtsamenstelling buiten, de wind(snelheid) en temperatuur. Het verschil tussen de concentratie in en buiten de stal is derhalve van meerdere factoren afhankelijk.

Op basis van de perioden dat de ondernemer en de burens een logboek bijhielden met de activiteiten op het bedrijf en de hinder door de burens, is geen relatie gevonden tussen de gemelde activiteiten op het bedrijf en de gemelde hinder bij de buur. Als naar de sensordata wordt gekeken, is in een aantal gevallen wel een relatie tussen de gemelde hinder en de gemeten concentraties. In onderstaande figuur 10 is weergegeven wat de concentratie H<sub>2</sub>S is (waar ook de sprongsgewijze concentratie zichtbaar is vanwege de lage concentraties voor het bereik van het type sensor) en de momenten dat de buur hinder meldt in het logboek.



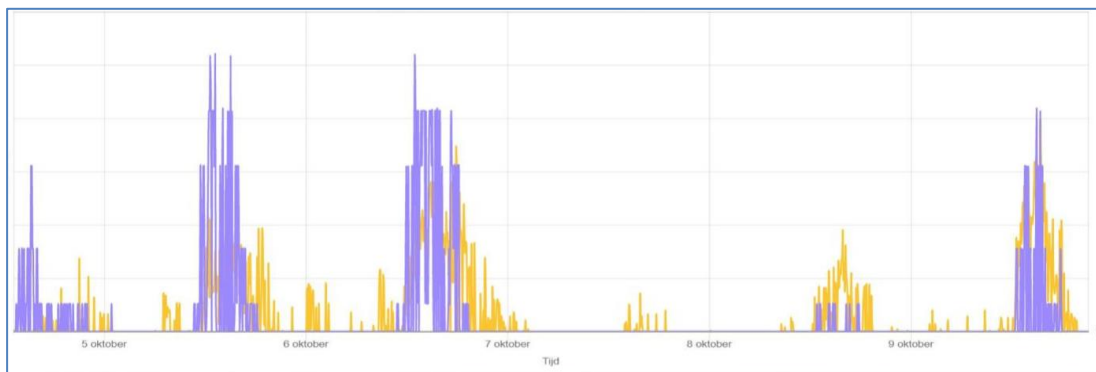
Figuur 10 Windgegevens en concentratie H<sub>2</sub>S en de ervaren hinder door de buur 1 (eerste meetweek)

In het logboek van een van de burens is op een aantal dagen aangegeven dat er veel geuroverlast was. Specifiek geeft hij op 11 december in de avond aan dat er sterke hinder wordt ervaren, nadat de wind is gedraaid is en het nagenoeg windstil is geworden. Uit de weerdata (figuur 11) komt inderdaad naar voren dat de wind op 11 december vanaf ongeveer 14 uur 's middags is afgenomen en het in de nacht van 11 op 12 december bijna windstil was. De wind is vanaf ongeveer 3 uur 's nachts gedraaid. In de gemeten concentratie ammoniak bij deze woning is geen opvallend patroon zichtbaar, ditzelfde geldt voor de VOC sensor. Voor de leesbaarheid van de grafiek en het gegeven dat deze sensor later is vervangen zijn de VOC resultaten niet opgenomen in de figuur. De relatie tussen de weerdata en de ervaring van de buur komen overeen en kunnen ook handvatten bieden bij toekomstig onderzoek bij geurhinder door burgers in het buitengebied.



Figuur 11 Windrichting en -snelheid op 11 en 12 december en de gemeten  $\text{NH}_3$ -concentratie bij de burens. De buur heeft aangegeven in het logboek vanaf de avond van 11 december tot en met de volgende morgen geurhinder te ondervinden.

Tijdens de pilot is ook een periode gemeten bij een varkensbedrijf buiten deze pilot. Dit bedrijf heeft te maken met meer klachten vanuit de omgeving. De bedrijven in de pilot presteren relatief goed en de sensoren zijn zo ook getest bij een bedrijf met een hogere geuremissie. In figuur 12 zijn de resultaten weergegeven van de  $\text{H}_2\text{S}$  concentratie en de vluchtige organische componenten. Deze laatste zijn gemeten met de sensor die later is vervangen. Op basis van onderstaande grafiek kan deze sensor wel handvatten bieden voor een bedrijf met een hogere geuremissie om de trend van de emissie te bepalen. Hier is duidelijk zichtbaar dat bijna iedere dag in het tweede deel van de middag een piek in geurcomponenten gemeten wordt. Voor de ondernemer was dit een eye opener. De emissie kon direct gerelateerd worden aan een activiteit op het bedrijf (bereiden van brijvoer). Deze kennis bood direct handelingsperspectief en dit is door de ondernemer ook aangegrepen om maatregelen te nemen om deze pieken te reduceren en bij voorkeur te voorkomen.



Figuur 12 Concentratie van twee geurcomponenten bij een bedrijf (niet in de pilot) dat in de omgeving meerdere klachten heeft ontvangen vanwege geuroverlast



## 8. ONDERNEMER - BURGER

Het eerste doel van het project is het opstellen van een concept waar real time data de basis vormen en dat kan dienen als raamwerk voor een maatschappelijk contract tussen de boeren en hun omgeving.

De term “maatschappelijk contract” is tijdens de voorbereidingen van de gesprekken met varkenshouders en zijn burens vervangen door de term “maatschappelijke overeenkomst”. De reden hiervoor is dat een contract een middel is waarbij beide partijen afspraken maken die, bij niet nakomen, (juridisch) af te dwingen zijn. Bij een overeenkomst is dit in principe ook het geval, maar het werd als minder dwingend ervaren dan de term contract. Het doel is juist om afspraken te realiseren tussen ondernemer en de buurt om het leefklimaat te verbeteren, zowel letterlijk als figuurlijk. Een contract is hierbij geen passend middel. Zowel de varkenshouders als de omwonenden gaven aan dat een contract (of vergunning) waarin aangegeven is wat een bedrijf aan potentiële overlast mag veroorzaken een zaak tussen ondernemer en overheid is. Tussen ondernemer en omgeving is vooral betere en opener communicatie, handelingsperspectief en normen waar zowel de ondernemer als de omgeving zich in kunnen vinden.

### 8.1. SCHETS VAN BEELD VARKENSHOUDERS

De deelnemende varkenshouders geven aan geen overlast te willen veroorzaken, maar dit nooit helemaal te kunnen voorkomen. Het is een gegeven dat in het buitengebied soms veehouderijen worden geroken. Wel hebben ze behoefte aan inzicht hoe en wanneer er last ervaren wordt, dus concreet en niet algemeen “het stinkt naar varkens” maar “vanmorgen stonk het erg vanaf 10 uur en dat is andere dagen minder”. Dergelijke concretere informatie geeft ook meer mogelijkheden tot handelingsperspectief.

Met behulp van data die middels het real time meten in de buitenlucht beschikbaar komen, wil een drietal deelnemers ook aantonen dat hun bedrijf lagere concentraties geur veroorzaakt dan de buurt denkt. Er wordt al snel naar de grotere bedrijven gewezen als er varkensgeur in een gebied voorkomt, terwijl deze bedrijven vaak al veel inspanning leveren om dit te voorkomen. Zoals de varkenshouders aangeven: “Mensen ruiken met de ogen” en data bieden handvatten om hierover het gesprek aan te gaan.

Bij alle gesprekken begonnen de varkenshouders over de rol van de overheden en de banken. Hierbij ging het over de belemmering van innovatie en het gevoel van een onbetrouwbare overheid. Zij gaven het recente voorbeeld dat de overheid een investering in één keer kan devalueren zoals met de luchtwasser. Echter, als dergelijke investeringen zijn gedaan, is er een poos weinig investeringsruimte op het bedrijf. Ook de banken zijn sterk sturend in de richting van investeringen en terughoudend bij het financieren van innovatievere ideeën waardoor de vooruitgang geremd wordt.

De vijf deelnemers hebben zelf geen of weinig klachten uit de omgeving maar zien wel dat de slecht presterende bedrijven en de lastiger benaderbare boeren het voor de beter presterende boeren moeilijk maken. De behoefte aan handhaving bij bedrijven die het slechter doen is dus groot. Omdat bedrijven die overlast veroorzaken, soms wel aan alle vigerende regels voldoen is handhaving niet altijd mogelijk. Vandaar dat bij deze deelnemers de wens leeft om in te zetten op een vergunningensysteem waarbij op prestatie wordt vergund in plaats van op forfaitaire normen.

Hierbij moet ook bij een nieuwe vergunningensystematiek rekening gehouden worden met de haalbaarheid van de eisen. Er moeten technische en financieel haalbare mogelijkheden zijn om aan normen te voldoen. Soms is een knelpunt niet oplosbaar, zoals een ventilatorkoker die geluid

veroorzaakt en waarvoor geen (betaalbare en effectieve) oplossing voorhanden is. Pas bij nieuwbouw is hier weer handelingsperspectief.

Er is geen behoefte aan een contract of overeenkomst tussen de veehouder en de omwonenden, want wat zou daar dan in moeten komen te staan? Het kan niet zo zijn dat de omwonenden bepalen wat de ondernemer mag doen en dat de omwonende met de strengste wensen leidend is. Dan is er geen ondernemersruimte meer. Wel is het wenselijk om meer open te communiceren met de buurt en bijvoorbeeld informatie te delen en van omwonenden te horen welke wensen en klachten er zijn. Sommige varkenshouders nemen nu ook maatregelen omdat ze denken dat hier bij de buurt behoefte aan is. Maar er is geen toegankelijk platform om dit te toetsen. Het kan hier gaan om maatregelen als reductie van geluid van een ventilator, het houden van wat kleinvee om het bedrijf of erfbeplanting.

## 8.2. SCHETS VAN BEELD OMWONENDEN

De omwonenden waren allen positief over de idee achter de pilot. De betrokken burens hebben over het algemeen een positief beeld van de deelnemende varkenshouder. De meesten ervaren geen of weinig overlast van deze varkensbedrijven maar soms wel van andere bedrijven in de buurt. Omwonenden kunnen de bedrijven waar ze hinder van ondervinden zo aanwijzen. Het gaat dan veelal om enkele varkensstallen, pluimveebedrijven en nertsenhouders, maar ook van bedrijfsactiviteiten buiten de landbouw zoals een puinbrekerij of houtbewerkingsbedrijf.

Oorzaken van eventuele hinder zijn geur, geluid, transport en stof. Een apart onderwerp is fijnstof. Omwonenden ervaren dit als een onzichtbaar gevaar. In de media is veel te doen over fijnstof en specifiek vanuit de veehouderij ook over endotoxinen. Dit zorgt voor ongerustheid en meerdere omwonenden gaven aan dit ook graag in een meetnetwerk op te willen laten nemen. Geur is vooral hinderlijk en beïnvloedt ook het woonplezier. Fijnstof veroorzaakt geen zichtbare hinder maar is wel een gevaar voor de volksgezondheid waar je je niet tegen beschermen kan.

Ook bij de omwonenden is kritiek op de rol van de overheden bij de vergunningverlening. Een aantal deelnemers vindt dat er veel ruimte geboden wordt voor bedrijfsontwikkeling in de veehouderij vooral voor de grotere bedrijven. Dit heeft niet alleen impact voor wat betreft eventuele hinder maar ook landschappelijk. Omwonenden hebben het gevoel dat gemeenten meer mogelijkheden bieden aan bedrijven dan aan particulieren. Een extra stal met grote invloed op ruimtelijke ordening wordt door de gemeente wel vergund, maar een schuurtje of een dakkapel bij een burgerwoning is niet toegestaan. De kritiek hangt niet altijd direct samen met de mate van eventuele hinder maar met het gevoel van rechtsongelijkheid. Zo geeft één van de omwonenden aan dat een bedrijf de verplichting om erfbeplanting aan te leggen heeft afgekocht door een boete te betalen. Voor de landschappelijke inpassing is die beplanting juist positief en die blijft nu achterwege wat niet juist is. Meerdere omwonenden hebben het beeld dat veehouders soms meer mogelijkheden hebben omdat er bij de gemeente ook veel veehouders werken en mensen die een directe relatie met veehouders hebben.

Bij een van de deelnemende varkensbedrijven is het bedrijf sinds enkele jaren in handen van de schoonzoon. Deze nieuwe eigenaar heeft het bedrijf aangepast en een nieuwe stal gebouwd. Ondanks de bedrijfsvergroting vinden de burens dat de overlast van het bedrijf is afgenomen. Zij hebben het idee dat er nieuwe technieken worden toegepast waardoor er schoner wordt geproduceerd. Bij een ander bedrijf dat in de afgelopen jaren ontwikkeld is, geven de burens juist aan meer hinder te ervaren.

Veel omwonenden zien de varkensbedrijven vaak als black box en hebben geen idee wat er binnen precies gebeurt. Daar zijn ze wel nieuwsgierig naar en ze worden graag uitgenodigd voor een rondleiding op het bedrijf. Enkele omwonenden geven aan dat ze ook inzicht zouden willen hebben



in de activiteiten die op het varkensbedrijf plaatsvinden. Ze denken dat het ook minder erg is als je een keer wat ruikt van een bedrijf als je weet waardoor het komt. Zo zei een buur dat als ze weet dat ze ruikt dat de varkens eten krijgen dit een veel positiever gevoel geeft dan wanneer ze het niet weet of dat het komt omdat de dieren in de viezigheid staan. In meerdere gesprekken kwam terug dat kennis over de oorzaak, tijdstip en duur van eventuele hinder ervoor zorgen dat de hinder minder erg is. De burens willen meer voorspelbaarheid en als je weet wat en waarom je iets ruikt is het te plaatsen en ervaar je het minder als hinder.

Burgers willen niet sturen in de bedrijfsvoering van de ondernemer, maar ze willen zo min mogelijk hinder en in gesprek als er wel hinder is. Ze zien geen meerwaarde in een overeenkomst want wat is het handelingsperspectief als men zich niet aan de afspraken houdt? Daarbij heeft iedere burger eigen wensen en maatwerk per individu is niet realistisch. Er zijn veel agrarische bedrijven en veel burgers in een gebied, zou er dan met iedereen een aparte overeenkomst gesloten moeten worden? Dan is de kans groot dat er tegenstrijdige wensen op eenzelfde individu af kunnen komen die niet verenigbaar zijn. En een generieke overeenkomst voor een regio waarin de grote gemene deler van de wensen is opgenomen, heeft ook weinig waarde omdat dan de individuele wensen niet meer in beeld zijn en er minder draagvlak is voor een dergelijke overeenkomst. Het is de rol van de overheid om contracten, vergunningen en overeenkomsten af te sluiten met ondernemers. Burgers geven aan dat het met name bepaalde bedrijven zijn waar ze hinder van hebben en deze aangepakt willen zien worden. Hier voelen zij zich niet verantwoordelijk voor. De gemeente heeft de vergunning afgegeven. Als een bedrijf dan toch veel hinder veroorzaakt, is óf de vergunning te ruim in de beleving van de omgeving óf de ondernemer houdt zich niet aan de vergunning.

Er is wel behoefte aan communicatie en informatie-uitwisseling. Hierbij ontbreken laagdrempelige en effectieve handvatten om het aan te kunnen geven als er (teveel) hinder optreedt. Enkele omwonenden hebben eens een klacht ingediend (niet over de deelnemende varkensbedrijven) maar hebben niet de indruk dat dit zin heeft. Er kan niet direct worden gereageerd of ter plaatse een beoordeling uitgevoerd worden en er vindt ook geen terugkoppeling plaats. Omwonenden zien bij doelvoorschriften voordelen voor zichzelf maar ook voor de gemeente. Zo kan de overheid de burger beter beschermen, meer mogelijkheden bieden aan de goede bedrijven en sancties opleggen bij het wel veroorzaken van overlast. Zo wordt ondernemen niet onmogelijk en als er (realistische) handelingsperspectieven zijn, zouden deze ook uitgevoerd moeten worden door de ondernemers.

Hinder door omwonenden		Wensen omwonenden	
Geur	De meeste deelnemende burens ervaren van de deelnemende bedrijven beperkte hinder, meer van andere veehouderij-bedrijven. Twee omwonenden geven aan wel veel last te hebben van het deelnemende bedrijf. Deze hinder uit zich in verminderd woonplezier door stank en in een financiële last omdat het huis minder waard is vanwege het grote varkensbedrijf in de buurt.	Ondernemerschap	Bedrijven moeten zelf ruimte houden voor eigen ondernemerschap. Bij keuzen die invloed kunnen hebben op de omgeving, moet de ondernemer de omgeving betrekken, zowel bij bedrijfsuitbreiding als bij aanpassingen in management.
Geluid	Er zijn drie oorzaken genoemd: ventilatoren (met name in de zomer), transport (met name 's nachts bij het laden van vleesvarkens) en een radio die de hele dag hard aanstaat in de stal en tot bij de burens te horen is.	Transparantie	Onbekend maakt onbemind. De omwonenden hebben geen beeld wat er precies in de stallen gebeurt.

Hinder door omwonenden		Wensen omwonenden	
Transport	Soms veel verkeer, al leidt dit niet of beperkt tot hinder, behalve als het 's avonds laat, 's nachts of 's morgens vroeg plaatsvindt.	Laagdrempeligheid	De stap om te klagen of de ondernemer te benaderen is vaak te groot. Kleine irritaties kunnen zo opstapelen tot grote irritaties waarbij sneller kans op polarisatie ontstaat.
Rechtsongelijkheid	Bedrijven hebben meer mogelijkheden om uit te breiden dan burgers en de handhaving bij overtredingen is niet afdoende.	Voorspelbaarheid	Omwonenden willen graag meer inzicht wanneer ze overlast kunnen ervaren en wat de oorzaak hiervan is.
Fijnstof	Bij omwonenden is er ongerustheid over risico's van fijnstof die uit veehouderijbedrijven afkomstig is	Informatiedeling	Omwonenden vinden een contract meer iets voor de overheid. Wel is er behoefte aan georganiseerd bouwen aan vertrouwen (bijv. aan de hand van betrouwbare data die via een laagdrempelig platform uitgewisseld kan worden) en meer kennis- en informatie uitwisseling in het buitengebied tussen de agrarische ondernemers en de burgers.

De omwonenden vinden dat de verantwoordelijkheid om de buurt te betrekken bij de activiteiten en/of plannen van de ondernemer om nieuwe activiteiten te ondernemen, volledig bij de ondernemer ligt. Dit zou ook moeten als er geen verplichting is vanuit regelgeving. Een gemeente of belangenbehartiger kan hierbij wel een ondersteunende en faciliterende rol spelen. Zij kunnen zelfs een meer centrale rol krijgen om een platform of iets dergelijks te ontwikkelen of te ondersteunen waarbij meerdere bedrijven en de omwonenden deel kunnen nemen.

Er zijn enkele ideeën geopperd die hier puntsgewijs zijn benoemd, deze ideeën kwamen vooral vanuit de omwonenden:

Door deelnemers genoemde vormen van informatie uitwisseling (en bouwen aan vertrouwen)	Beknopte toelichting
(digitaal) buurtnetwerk	Een netwerk waarin ondernemers en omgeving aan kunnen geven wanneer er overlast verwacht kan worden en wanneer er overlast is, waarbij er bij terugkerende overlast actie ondernomen wordt. Hieraan moeten eigenlijk alle ondernemers deelnemen (anders doen vooral de "goede" mee en niet diegenen waar het vooral om draait) en ondernemers moeten voordeel ervaren aan deelname aan het netwerk.
(digitaal) ondernemersnetwerk	Netwerk voor de bedrijven waarbij onderling afstemming (en misschien afspraken) tussen ondernemers gemaakt worden over mogelijke overlastsituaties. Bijvoorbeeld door niet gelijktijdig pieken in overlast te veroorzaken of juist wel en de buurt hierover inlichten. Ook het uitwisselen van informatie en handelingsperspectieven past in dit netwerk.
Simpele Whats App groep (kleine buurtschappen)	Een Whats app groep of een andere digitale tool waarin mensen in een buurt elkaar kunnen informeren en zo enige mate van interactiviteit mogelijk is. Dit kan alleen indien het aantal deelnemers beperkt is.
Buurtdagen	Buurtkennismakingsdagen met elkaar en uitwisseling gegevens zodat de drempel om contact op te nemen in de toekomst lager is, Voorkeur dat dit initiatief door de ondernemers genomen wordt.

Door deelnemers genoemde vormen van informatie uitwisseling (en bouwen aan vertrouwen)	Beknopte toelichting
Meldpunt inclusief zichtbare opvolging van meldingen	Meldpunt (telefonisch / digitaal) om opvallende zaken te kunnen melden, zonder dat dit direct in het negatieve wordt getrokken. En een meldpunt waarbij actie wordt ondernomen en terugkoppeling plaatsvindt. Als er bij bedrijven gemeten wordt, zouden meldingen ook beter beoordeeld kunnen worden. Deze rol ligt eerder bij de gemeente.
App	Een app waarbij data van sensoren in een regio gekoppeld is aan bijvoorbeeld een soort alarm in geval van potentiële overlast. Deelnemers aan de app kunnen dan in de app waarschuwingen afgeven en er kunnen overlastsituaties gemeld worden die dan met behulp van de meetdata direct gekoppeld kunnen worden aan de veroorzakers.
Enz. enz.	Per buurt en type bedrijven en burgers kan een andere invulling wenselijk zijn. Het gaat er om dat er vertrouwen groeit tussen de drie partijen onderling (ondernemer, omwonende en overheid)

## 9. CONTRACT ONDERNEMER - OVERHEID

Een tweede doel betreft een verkenning van de mogelijkheden voor een alternatief voor de vergunningverlening waarbij met doelvoorschriften gewerkt wordt op basis van real time metingen.

Het huidige systeem van vergunningverlening en monitoring op basis van (genormeerd) berekende emissiewaarden is een onnauwkeurige weergave voor wat betreft de individuele situatie op een specifieke locatie en op een bepaald moment. Het was echter het beste wat tot nu toe beschikbaar was. In de praktijk begint dit in toenemende mate te wringen. Zowel vanuit (een deel van) de sector als vanuit burgers en de overheden is de wens om bedrijven te vergunnen en beoordelen op de daadwerkelijke prestaties. Aan de ene kant biedt dit meer ruimte voor bedrijven die het goed doen en aan de andere kant kunnen overlastsituaties beter aangepakt worden. Dit vraagt een overgang van middel- naar doelvoorschriften.

Voor doelvoorschriften is het om te beoordelen of de doelen worden behaald, noodzakelijk dat de prestaties goed gemeten kunnen worden. Voor geur wordt nu gewerkt met rekenmodellen voor de geurbelasting van een gebied. Op basis hiervan wordt mede bepaald welke ontwikkelruimte er in een gebied is. Het draagvlak voor deze manier van onderbouwing wordt steeds geringer en de wens om concrete normen te stellen aan de daadwerkelijke geurbelasting groeit. Op basis van real time metingen kan beoordeeld worden of een bedrijf voldoet aan de afgesproken normen. Nu de technologie om deze metingen uit te voeren haalbaar en betaalbaar begint te worden om op bedrijfsniveau te worden toegepast is de vraag in deze pilot aan de orde hoe dit te benutten bij een contract tussen ondernemer en overheid.

Voor een maximale benutting van de doelvoorschriften is maatwerk nodig per situatie. Actuele gegevens over de feitelijke prestatie van de ondernemer op dit gebied kunnen worden geleverd door real time sensor data. Deze data worden online beschikbaar gesteld door draadloze sensornetwerken. Het is voor contractpartijen onmogelijk complex en kostbaar om contracten volledig te specificeren en daarom zijn standaardregels noodzakelijk die zo veel mogelijk de gaten vullen in het verder expliciet gespecificeerde contract. Deze standaardregels kunnen worden ingevuld in een format.

Voor wat betreft de naleving van het contract kan onderscheid worden gemaakt tussen de spontane naleving en de handhaving (CCV, 2010). Het is aan de hand van data mogelijk om efficiënter

controles uit te voeren en de handhaving kan zo de focus beter leggen op bedrijven waar het risico groter is dat de afgesproken normen overschreden worden.

Spontane naleving wordt bepaald door (1) kennis van regels, (2) kosten en baten, (3) mate van acceptatie, (4) normgetrouwheid doelgroep, en (5) niet-overheidscontrole. De effectiviteit van spontane naleving wordt mede bepaald door het risico van over interpretatie en van misinterpretatie, alsook door het contract onderdeel te doen zijn van andere controles voor bijvoorbeeld certificaten en keurmerken. De effectiviteit van handhaving wordt bepaald door: (1) meldingskans, (2) controlekans, (3) detectiekans, (4) selectiviteit, (5) sanctiekans, en (6) sanctie-ernst.

De effectiviteit van de handhavingsaspecten wordt mede bepaald door de mogelijkheden van datamanipulatie. Het contract moet een aantal bepalingen opnemen om dit risico te beperken. Zo kan bijvoorbeeld worden geëist dat geautomatiseerde alerts worden gestuurd bij bepaalde afwijkende meetwaarden, of dat er gelijktijdig meerdere sensoren in functie moeten zijn.

Een nieuw vergunningstelsel kan gebaseerd zijn worden op een contract tussen de overheid en de veehouder. Een dergelijk contract bestaat uit twee componenten: een technische component en een maatschappelijke component. Het technische deel gaat onder andere over de prestatie wat betreft emissie, de eisen aan meetapparatuur, delen informatie met de overheid en de impact op de omgeving. De maatschappelijke component bevat aspecten gerelateerd aan de directe omgeving zoals het delen van informatie en het uitvoeren van andere acties. Per situatie kunnen in een dergelijk contract specifieke en passende afspraken worden gemaakt. Voor de vergunningverlening is het relevant dat door technologische vooruitgang systemen die de omgevingskwaliteit verdergaand verbeteren steeds beter betaalbaar worden en een middel vormen om te komen tot doelvoorschriften. Uitgangspunt bij het opstellen van een contract is dat het per definitie incompleet is en na enige tijd toe aan heronderhandeling. Contractpartijen beschikken niet over dezelfde informatie, het monitoren van de prestatie en het handhaven gaat gepaard met kosten, en er kan sprake zijn van strategisch gedrag. Daarnaast is het zo dat een contract nooit alle mogelijke omstandigheden kan omschrijven.

Heronderhandeling van het contract op enig moment is ook altijd aan de orde. Niet alles is immers te voorzien.

Om bovengenoemde aspecten zo goed mogelijk te ondervangen, is het zaak de standaardregels in het contract zo goed mogelijk te formuleren. Het gaat dan om standaardregels omtrent de prestatie van de onderneming, de naleving als de niet-naleving. De prestaties moeten worden uitgedrukt in technische specificaties. Bij de naleving dan wel uitvoering van het contract gaat het om regels over welke gegevens gedeeld worden, en hoe te handelen bij specifieke omstandigheden. Voor het specificeren van de bijdrage van de individuele veehouder aan de omgevingskwaliteit moet rekening worden gehouden met situaties waarin in de nabije omgeving meerdere veehouders en meerdere burgerwoningen aanwezig zijn. Voor situaties van niet-naleving dient het contract de sancties te specificeren.

Bij de technische specificaties waarop de afgesproken prestaties van de onderneming gemonitord worden gaat het om (1) de plaatsing van sensoren buiten en binnen stal (rekening houden met opslag voer en mest), (2) de gekozen parameters voor de omgevingskwaliteit zoals ammoniak, geurstoffen (o.a. zwavelwaterstof, vluchtige organische stoffen, indol), fijnstof, en geluid, alsook (3) specificaties dan wel te stellen eisen aan meetsensoren (meetfrequentie, meetbereik, nauwkeurigheid).

In de standaardregels dienen de toegelaten grenswaarden gespecificeerd worden, evenals de toegelaten blootstelling aan piekwaarden. Daarnaast dient in de standaardregels informatie

opgenomen te worden over het beschikbaar houden van overige registraties (logboek) en over het delen en signaleren van informatie.

Informatie delen met burens kan betrekking hebben op online toegang tot een dashboard met sensorwaarden. Het signaleren van relevante informatie aan burens kan met WhatsApp of SMS alert. Delen van informatie met het bevoegd gezag kan betrekking hebben op dataopslag Cloud, I&R gegevens, en de opgave metelling. Het signaleren van informatie aan het bevoegd gezag betreft het melden van afwijkingen.

#### *Rol van gemeenten*

Voor de meeste burgers en veehouders wordt de gemeente in eerste instantie gezien als het bevoegd gezag. Toegang tot de gemeentelijke instanties wordt veelal ook al laagdrempeliger gezien. De gemeente verleent niet alleen vergunningen en heeft een handhavingstaak, maar vervult vaak ook een rol bij de communicatie tussen veehouders en omwonenden. Opgemerkt moet worden dat verschillende gemeenten voor deze laatstgenoemde rol al langer actief zijn met nieuwe initiatieven. Daarbij worden ook andere initiatieven benut, denk bijvoorbeeld aan *Verbeterdebuurt.nl*, en de app *BuitenBeter*. Dit sluit mogelijk aan bij de behoefte van de deelnemers in deze pilot en de initiatieven kunnen uitgebreid worden met specifieke aspecten die bij de veehouderij van belang zijn.

## **10. CONCLUSIES EN DISCUSSIE**

In deze pilot zijn bewust deelnemers gevraagd die een goed contact hebben met elkaar en waarbij de bedrijven zover bekend geen grote overlast veroorzaken in de omgeving. Dit heeft voordelen omdat de bereidwilligheid om deel te nemen en de wederzijdse openheid groot is. Ook gaf het meer mogelijkheden om te experimenteren met de geursensoren en het informeren van de beide partijen.

De nadelen van deze keuze zijn dat het een beperkt beeld geeft van de wensen voor het maken van onderlinge afspraken. In vredetijd leeft dit anders dan wanneer de messen geslepen zijn. Tevens is het meten van geuremissie moeilijker als de waarden laag zijn. De conclusies uit deze pilot zijn ingedeeld in vier categorieën: de technische aspecten, het gebruik van data, sociale aspecten en de perspectieven voor alternatieve vergunningverlening.

### **10.1. TECHNISCHE ASPECTEN**

#### *Functionele sensor beschikbaar met noodzaak tot doorontwikkeling*

De techniek van de sensoren om geurcomponenten uit de veehouderij continu te meten is nog niet uitgekristalliseerd. Er zijn verbeteringen wenselijk en de sensoren zullen aan een aantal randvoorwaarden moeten voldoen. In deze pilot is een aanzet gemaakt voor deze randvoorwaarden maar deze lijst is nog niet compleet. Voor fabrikanten van sensoren zijn heldere specificaties noodzakelijk om een passende sensor te kunnen ontwikkelen.

#### *Sensorkeuze bij verschillend presterende bedrijven*

Naar de toekomst kunnen de eisen aan een sensor verschillen per bedrijf, bijvoorbeeld op basis van de concentraties die op het bedrijf voorkomen. Voor bedrijven waar de concentratie van een stof heel laag is kan een ander type sensor wenselijk zijn dan op bedrijven waar hele hoge concentraties voorkomen omdat een sensor een bepaald bereik heeft waarbinnen goede metingen uitgevoerd kunnen worden.

#### *Meer inzicht in specifieke componenten in de lucht gerelateerd aan geur*

Er is nu bekend welke lijst met componenten verantwoordelijk is voor de geur uit een varkenshouderijbedrijf. In de praktijk zijn er echter grote verschillen in type geur te ruiken tussen verschillende dier categorieën in de varkenshouderij en bij verschillende voer- en management

strategieën. Hiervoor is het nodig dat de lucht op verschillende type bedrijven nader geanalyseerd wordt.

#### *Protocol voor locatie sensoren*

Het plaatsen van de sensoren op de beste locatie is essentieel voor het verzamelen van passende data. De eerste indicatie in deze pilot is dat er meerdere sensoren nodig zijn om van een bedrijf en in een gebied een goed overzicht te krijgen.

#### *Preventie datamanipulatie*

Naarmate het belang van de data groter wordt, bijvoorbeeld in de vergunningverlening, neemt ook het risico op datamanipulatie toe. Fraudegevoeligheid is een van de onderdelen die zowel in de techniek van de sensoren als in het gebruiksprotocol en in de data analyse meegenomen dient te worden.

## **10.2. GEBRUIK VAN DATA**

### *Metingen bij stal en buur en ook in een stal goed principe*

Het meten op meerdere plekken is een goede meerwaarde voor het opbouwen van vertrouwen en het draagvlak bij de verschillende partijen.

### *Naast sensoren ook hedonische waarnemingen*

Mede voor het draagvlak is het belangrijk dat de meetwaarden en de beleving van mensen aan elkaar gerelateerd kunnen worden. Vertrouwen in de data is essentieel. Het uitvoeren van onderzoek naar geurbeleving is derhalve belangrijk om mee te nemen in vervolgprojecten.

### *Data omzetten naar informatie*

De grote hoeveelheid data moet omgezet worden naar informatie waar de ontvanger/gebruiker behoefte aan heeft. Dit vraagt maatwerk per (type) gebruiker en is afhankelijk van de doelstelling van de gebruiker. Voor een overheid is met name van belang of de meetwaarden niet boven de afgesproken normen uitkomen. Voor een omwonende kan juist de trend in de concentratie van bepaalde stoffen relevant zijn. En de ondernemer kan behoefte hebben aan concreet handelingsperspectief bij gemeten data om te voorkomen dat hij boven de norm gaat komen en om zijn bedrijfsvoering verder te verbeteren. Al deze doelen kunnen met dezelfde basisdata worden bediend en vragen om andere verwerking van de data.

### *Sensor goede tool voor bewustwording alle bedrijven*

Het meten van concentraties geeft ondernemers al snel meer inzicht. Hierbij is voor de bedrijfsvoering ook het meten in de stal nuttig om ook een directere relatie te zien tussen het management en de gemeten concentraties. Dit biedt handelingsperspectieven die per bedrijf verschillend kunnen zijn. Los van de eventuele rol in een toekomstige vergunningverlening zien de ondernemers het gebruik van sensoren in en buiten de stal als tool voor het verbeteren van de eigen bedrijfsvoering.

## **10.3. SOCIALE ASPECTEN**

### *Van georganiseerd wantrouwen naar georganiseerd vertrouwen*

Vertrouwen is het kernwoord is op alle fronten in deze pilot en dit blijkt ook uit andere gesprekken over de leefbaarheid in het buitengebied. Grosso modo vraagt de burger van de overheid dat zij beschermd worden en met de huidige vergunning systematiek wordt deze bescherming niet als afdoende ervaren. Maar ook het onderlinge vertrouwen dat er aandacht is voor ieders belang lijkt afgebokkeld. Het volledig tegemoet komen aan de wensen van iedereen is een utopie, hier zal geen enkele vorm van overeenkomst, vergunning of overleg aan kunnen voldoen. Wel kan in gezamenlijkheid gewerkt worden aan verbetering waardoor het vertrouwen in elkaar groeit.



#### *Transparantie*

Alle partijen willen graag weten wat er leeft bij de ander. Zo wil de ondernemer wel weten hoe de omwonenden nu aankijken tegen zijn bedrijf en welke wensen zij hebben. Dit kunnen soms heel eenvoudig in te vullen wensen zijn zoals erfbeplanting of het verwijderen van rommel die zichtbaar is vanaf de weg. Een groot aantal omwonenden gaf als eerste wens aan dat zij wel eens in de stallen zouden willen kijken omdat ze geen idee hebben wat zich daarbinnen precies afspeelt.

#### *Wederkerigheid - inspanningen en mogelijkheden in balans*

In de pilot kwam met name vanuit de omwonenden naar voren dat er een gevoel is van rechtsongelijkheid ten opzichte van de overheid. Dit wordt bijvoorbeeld veroorzaakt doordat zij het gevoel hebben dat er voor een ondernemer veel meer mogelijk is om (grote) aanpassingen te doen op het bouwblok en erf dan voor een particulier. Dat de overheid dus ook meer aandacht en ruimte geeft aan de ondernemer en de particulier in het buitengebied hier wel de lasten maar geen lusten door krijgt.

#### *Vergelijking met andere bedrijven*

De ondernemers zien meerwaarde in het kunnen vergelijken van hun bedrijf met andere bedrijven. De benchmark en handelingsperspectief om verder te verbeteren is een motivatie voor de ondernemers om ook de toekomst in te kunnen. Tevens zien ondernemers real time metingen per bedrijf als een handvat voor handhaving om de slechter presterende bedrijven beter aan te pakken en hiermee de beter presterende bedrijven te belonen.

#### *Voorspelbaarheid eventuele overlast en inzicht in activiteiten varkensbedrijf*

Voorspelbaarheid, oorzakelijkheid en beheersbaarheid zijn belangrijke onderdelen in relatie tot ervaren stress of in dit geval hinder. Dit komt bij een groot deel van de omwonenden naar voren. Het van te voren weten wanneer een hogere concentratie van geurstoffen is, het weten wat de oorzaak is van deze verhoging en het hier zelf op kunnen anticiperen zijn aspecten die (het ervaren) van overlast kunnen reduceren.

#### *Ondernemer en gemeente als initiatiefnemer*

In de pilot gaven de deelnemers aan dat het initiatief voor meer transparantie bij de ondernemer ligt. Het stimuleren van metingen op bedrijfs- en gebiedsniveau is mogelijk meer een rol voor de (lokale) overheid.

### **10.4. PERSPECTIEVEN VOOR ALTERNATIEVE VERGUNNINGVERLENING**

Er wordt al langer nagedacht over de mogelijkheden om in de veehouderij over te schakelen van middelvoorschriften naar doelvoorschriften. Hierbij is één van de opties om gebruik te maken van sensoren. Daarbij biedt de ophanden zijnde introductie van de Omgevingswet in 2021 aanvullende mogelijkheden voor provinciale en gemeentelijke overheden om met alternatieve beleids- en handhavingsinstrumenten te gaan werken. Vanuit de resultaten van deze pilot kunnen we in dat licht de volgende conclusies trekken:

#### *Animo voor alternatieve vergunningverlening*

Bij zowel de deelnemende varkenshouders als bij de omwonenden is animo om toe te werken naar een alternatieve vergunningverlening gebaseerd op de daadwerkelijke prestaties van een bedrijf. Essentieel onderdeel hiervan is dat alle partijen vertrouwen hebben in de sensoren en data. Om dit op te bouwen is een geleidelijke kennismaking hiermee een goede methode.

#### *Naast geur ook andere aspecten meenemen*

In de pilot kwam naar voren dat naast geur ook andere aspecten belangrijk zijn voor het leefklimaat in het buitengebied. Zo geven de omwonenden aan zich ook zorgen te maken over fijnstof in het kader van volksgezondheid. Dit is nog ongrijpbaarder dan geur omdat het niet direct waar te nemen

is. De aanbeveling is om metingen van fijnstof en endotoxinen in vervolgpiloten ook mee te nemen.

#### *Onderscheid in prestaties van bedrijven*

In de pilot namen varkensbedrijven deel die over het algemeen goede prestatie leveren en relatief weinig overlast veroorzaken. Enkele omwonenden gaven wel aan hinder te ondervinden. Bij bedrijven waar meer overlast ervaren wordt en er meer verharding is opgetreden in de verhoudingen in een gebied kunnen andere wensen bestaan bij de verschillende partijen. Het gebruik van real time metingen biedt ook hier perspectief voor heropening van gesprekken. Nu er sensoren zijn die al zover ontwikkeld zijn dat zij ingezet kunnen worden, is een pilot in een dergelijke gebied wenselijk.

#### *Roadmap voor omslagtraject van middelvoorschriften naar doelvoorschriften*

Er zijn nu veel initiatieven op het gebied van middel- naar doelvoorschriften in de veehouderij. Dit gaat breder dan alleen geur. Deze ontwikkeling zal nog vele uitdagingen en aanpassingen tegenkomen. Het is voor alle partijen die hiermee te maken krijgen goed om een (globale) roadmap uit te zetten. Een nog te beantwoorden vraag daarbij betreft de betrokkenheid van burgers als onderdeel van de vergunningverlening, en wel op een dusdanige wijze dat het niet leidt tot verhoging van administratieve lastendruk voor boer en burger, en ook niet tot extra benodigde inzet vanuit het bevoegd gezag.

## **11. AANBEVELINGEN IN VOGELVLUCHT**

De ontwikkeling van mobiele geurunits die real time geurcomponenten meten en via draadloze sensornetwerken de meetgegevens online beschikbaar stellen, biedt grote perspectieven voor het verbeteren van het huidige vergunningensysteem dat is gebaseerd op genormaliseerde emissiewaarden. Gelijktijdig moet worden gesteld dat de sensortechnologie nog volop in ontwikkeling is, en nog veel zaken verder moeten worden onderzocht en ontwikkeld. Op basis van de resultaten en bevindingen uit deze pilot bevelen we dan ook aan:

- Maak een overzicht van technische eisen aan sensoren die in en rondom stallen worden ingezet;
- Stimuleer naast geurmetingen ook het meten van geluid en fijnstof (volksgezondheid);
- Laat veehouders in alle sectoren ervaring opdoen met sensormetingen en van elkaar leren;
- Stimuleer boer-burger pilots: (a) in buurtschappen, (b) in overlastgebieden, en (c) bij situaties waar de ondernemer en omwonenden niet meer met elkaar in gesprek zijn;
- Zet in op de ontwikkeling van dekkende meetnetwerken;
- Bouw kennis op hoe proxysensoren te benutten voor het identificeren van de emissiebron;
- Maak een roadmap voor het omslagtraject van middelvoorschriften naar doelvoorschriften;
- Ga ten behoeve van een effectieve handhaving na hoe datamanipulatie kan worden voorkomen;
- Ontwikkel procedures en protocollen om real time meetwaarden te kunnen relateren aan emissie factoren (geureenheden odour units en kg ammoniakemissie);
- Verken de mogelijkheden om met sensortechnologie sociale innovaties te stimuleren, bijvoorbeeld dat ondernemers een omgevingsjaarverslag voor hun gebied maken.



## Bijlage 1 Vragenlijsten varkenshouders en omwonenden

### Vragenlijst varkenshouder

1. Motivatie om mee te doen
2. Hoe gaat het nu?
3. Eigen beleving van mogelijke overlast voor de omgeving
4. Eigen beleving van voordelen van zijn bedrijf voor de omgeving
5. Eigen beleving van overlast door de omgeving (andere bedrijven, activiteiten enz.)
6. Wat is voor hem belangrijk om met de buurt te regelen
7. Wat heeft hij de buurt te bieden
8. Wat wil hij graag van de buurt
9. Welke vorm lijkt hem passend
10. Wat voor informatie wil hij wel en niet delen met de omgeving en waarom
11. Welke andere partijen zijn relevant om te betrekken
12. Wat is een ideale situatie naar de toekomst toe om met boeren en burens een prettige leefomgeving te realiseren waarbij de wensen van alle partijen aan bod komen

### Vragenlijst omwonenden

1. Motivatie om mee te doen
2. Hoe gaat het nu?
3. Eigen beleving van mogelijke overlast door het bedrijf
4. Eigen beleving van voordelen van het varkensbedrijf voor de omgeving
5. Eigen beleving van overlast door deelnemer voor de omgeving (denk ook aan geluid, houtrook, honden enz.)
6. Wat is voor hem belangrijk om met de boer te regelen
7. Wat heeft hij de boer te bieden
8. Wat wil hij graag van de boer
9. Welke vorm lijkt hem passend
10. Wat voor informatie wil hij wel en niet delen met de omgeving en waarom
11. Welke andere partijen zijn relevant om te betrekken
12. Wat is een ideale situatie naar de toekomst toe om met boeren en burens een prettige leefomgeving te realiseren waarbij de wensen van alle partijen aan bod komen

## Bijlage 2 Logboeken

### *Logboek voor de varkenshouders*

Activiteiten in de stal	Tijdstip	Tijdsduur	Opmerkingen (bijv. in welke afdelingen, of opvallende zaken)
Voeren varkens			
Mest rondpompen			
Afdeling schoonmaken			
Varkens selecteren			
Varkens naar afleerverruimte			
Varkens leveren			
Aanvoer biggen			
Dierenarts in de stal			
Andere bezoekers in de stal			
Onderhoud luchtwasser			
KI			
Andere werkzaamheden in de stal, nl.:			
<b>Activiteiten om de stal</b>			
Voer leveren			
Mest ophalen			
Kadavers naar koeling/kadaverplaats			
Rendac haalt biggenton/kadavers op			
Werk door ongediertebestrijding			

Logboek voor de buur van varkenshouder

<b>Beleving, wat ervaart u?</b> <i>*Bijv. ervaart u bepaalde geur, vond u het hinderlijk en wat was de reden hiervan, waar was u (binnen/buiten), of was er een andere ervaring gerelateerd aan uw buur de varkenshouder?</i>	Tijdstip	Tijdsduur	Intensiteit: schaal van 1 (heel licht) - 5 (heel ernstig)
<b>Aanwezigheid thuis</b>	<b>Tijdstip vertrek van thuis</b>	<b>Tijdstip aankomst weer thuis</b>	<b>Opmerkingen</b>

### Bijlage 3 Model voor optimale locatie voor sensoren

Als onderdeel van het project is een eerste model ontwikkeld om de optimale plek te bepalen voor de geursensoren. Bij dit model stond de omwonende centraal en is gekeken waar en hoeveel sensoren er nodig zijn om een goede indicatie te verkrijgen van de geurbelasting van burgerwoningen. In het ideale geval staat bij iedere burgerwoning één geursensor. Dan is de nauwkeurigheid 100%. Dit is vanwege de kosten echter vooralsnog niet haalbaar. Dit model is ontwikkeld om te onderzoeken wat de optimale locatie is voor geursensoren om het geurniveau bij omwonenden te meten.

In het model wordt elk huis gekoppeld aan één geursensor, dat wil zeggen dat voor ieder huis er één sensor is die aangeeft wat de geurbelasting voor dat huis is. Eén geursensor kan aan meerdere huizen gekoppeld worden. De bepaling wat de beste locatie is om deze geursensoren te plaatsen wordt uitgedrukt in nauwkeurigheid (%). Vervolgens kan het model, gegeven het aantal huizen en het aantal beschikbare geursensoren, de beste locatie voor deze geursensoren bepalen en aangeven welk huis het beste door welke sensor kan worden gemonitord.

Om de nauwkeurigheid te berekenen is gekozen om gebruik te maken van (1) afstand en (2) verschil in gemiddeld geurniveau tussen sensor en huis:

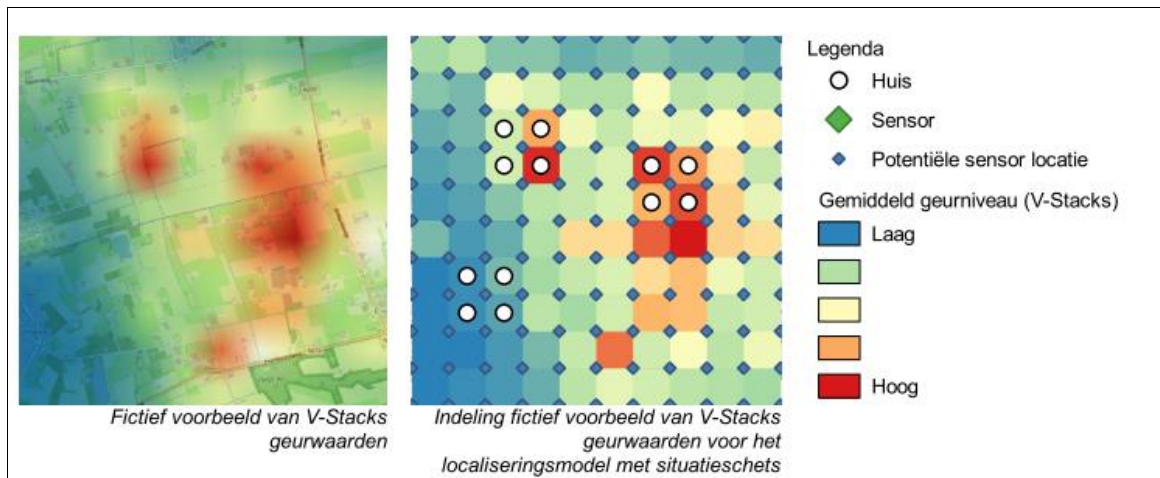
1. Factor afstand spreekt voor zich. Stel een geursensor en het huis staan 5 meter uit elkaar. Dan is de afstand 5 meter.
2. Als tweede wordt gebruik gemaakt van het verwachte gemiddeld geurniveau volgens het V-Stacks geurspreidingsmodel. Dit model maakt inzichtelijk wat het gemiddelde geurniveau is in een straal van 2 kilometer rondom in dit geval varkenshouderijen. Stel dat een geursensor en het huis op een plek staan met een gemiddeld geurniveau van respectievelijk 5 en 10 geureenheden. Het verschil is  $10 - 5 = 5$  geureenheden. Als het verschil in gemiddeld geurniveau tussen geursensor en huis groot is, wordt de geursensor als minder representatief gezien voor het betreffende huis. In de berekeningen is dit verschil in geurniveau gekwadrateerd. In dit voorbeeld krijg je dan  $5^2 = 25$ .

Het model plaatst de beschikbare sensoren zo dat het totaal van afstand en verschil in gemiddeld geurniveau geminimaliseerd is. En hiermee is de nauwkeurigheid gemaximaliseerd. Een minimalisatie van de totale afstand betekent niet automatisch dat het verschil in gemiddeld geurniveau geminimaliseerd is. Beide factoren worden daarom in het model tegen elkaar afgewogen.

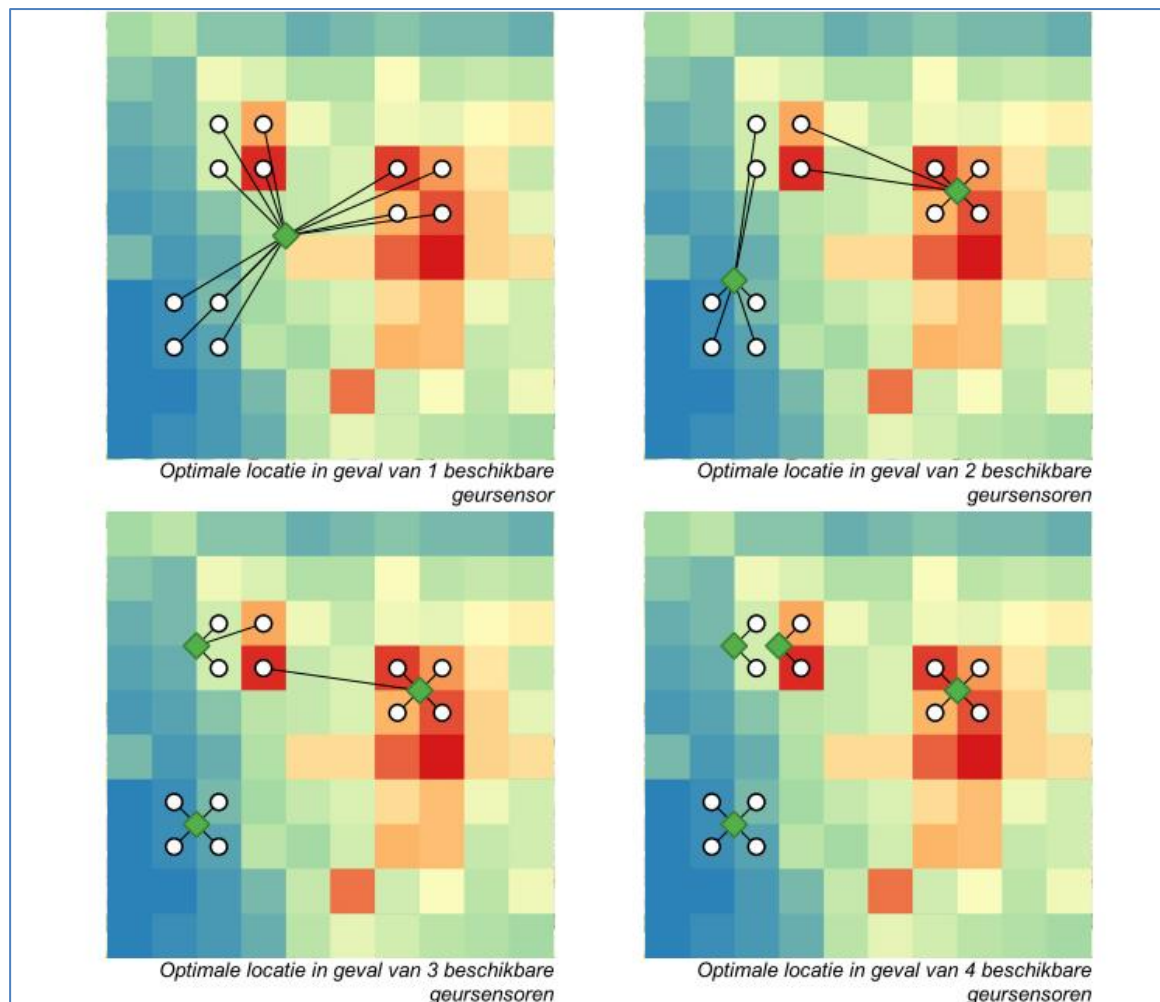
Figuur 13 geeft een grafisch voorbeeld weer wat er in het model is opgenomen. De plaatjes stellen een gebied van 4 bij 4 kilometer voor waarin verspreid 12 huizen aanwezig zijn. De kleuren op de achtergrond geven het verwachte gemiddeld geurniveau weer. Dit is berekend met behulp van V-Stacks). Het model heeft ieder kruispunt in het plaatje als optie om een sensor neer te zetten. Het model berekent voor elk kruispunt wat de nauwkeurigheid is van een sensor op deze locatie voor ieder individueel huis. In Figuur 14 is aangegeven wat de optimale locaties zijn voor de sensoren indien er 1, 2, 3 of 4 sensoren beschikbaar zijn.

In de plaatjes wordt duidelijk dat het model een afweging maakt tussen afstand en verschil in geurniveau tussen geursensor en huis. Bij 3 beschikbare geursensoren is met het model bepaald dat één huis gekoppeld wordt aan een geursensor die verder weg ligt. Hierdoor is de totale afstand niet minimaal, maar het verschil in gemiddeld geurniveau wel. In dit geval zorgt dat voor maximale nauwkeurigheid. Wanneer een extra sensor beschikbaar komt, verdwijnen de lange afstanden tussen de geursensoren en huizen.

Het model is nog in ontwikkeling. De eerste indruk is dat het een praktische en simpele tool is om in een gebied de beschikbare sensoren op een locatie te plaatsen waarbij ze zo optimaal mogelijk worden in gezet.



Figuur 13 Visualisatie van situatie op basis van V-stacks en model



Figuur 14 Optimale locatie van de sensoren bij beschikbaarheid van 1,2, 3 of 4 sensoren

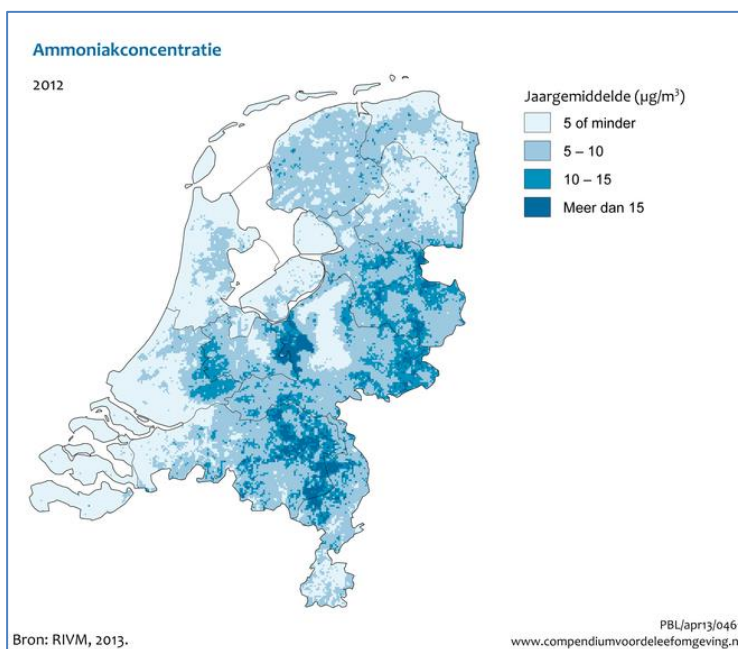
## Bijlage 4 Metingen

In de pilot is veel tijd gestoken in het ontwikkelen van een goede sensor om geurcomponenten in de buitenlucht te meten die indicatief zijn voor de geur uit varkensstallen. In de loop van de onderzoeksperiode bleek het meerdere malen nodig om over te stappen op een andere sensor, om de achterliggende rekenregels aan te passen en om andere aanpassingen door te voeren. De meetgegevens die gedurende de hele pilot zijn verzameld zijn daarom niet allen bruikbaar voor analyse. In de bedrijfsvergelijking in deze paragraaf is gebruik gemaakt van de metingen die verzameld zijn in november 2018. In die periode waren op alle bedrijven vergelijkbare sensoren aanwezig. Daarnaast zijn de gegevens bekeken voor de twee weken waarin de logboeken zijn bijgehouden. De logboekperioden waren in november en december.

De sensoren zijn bij de varkensbedrijven geplaatst op de plek waar naar verwachting in ieder geval stoffen gemeten worden. Dit is vanuit het bedrijf gezien in de richting waar de wind naar toe waait en in de lijn van een of meerdere luchtuitlaatpunten van het bedrijf. Dit was in de praktijk niet altijd helemaal mogelijk. Aanvankelijk was de sensor uitgerust met een zonnepaneeltje die de sensor van energie moest voorzien. Dit gaf onverwachte effecten op de meetresultaten waarna is gekozen om de sensor aan te sluiten op een stopcontact waardoor de locatie en de afstand van de stal mede bepaald werd door de lengte van het verlengsnoer. Tevens moest de sensor op het eigen perceel van het bedrijf staan en niet op de openbare weg, niet in de weg staan voor de reguliere werkzaamheden en niet te beschut uit de wind.

### Bijlage 4.1 Ammoniak

De concentratie ammoniak in de buitenlucht is niet in Nederland overal even hoog, zoals uit figuur 15 blijkt (<https://www.clo.nl/indicatoren/nl0461-ammoniak>). In gebieden met relatief mee veehouderij worden hogere concentraties gemeten, zoals in Gelderse Vallei, het oosten van Noord-Brabant en het noorden van Limburg, gevolgd door de Achterhoek, delen van Overijssel en het veenweidegebied.



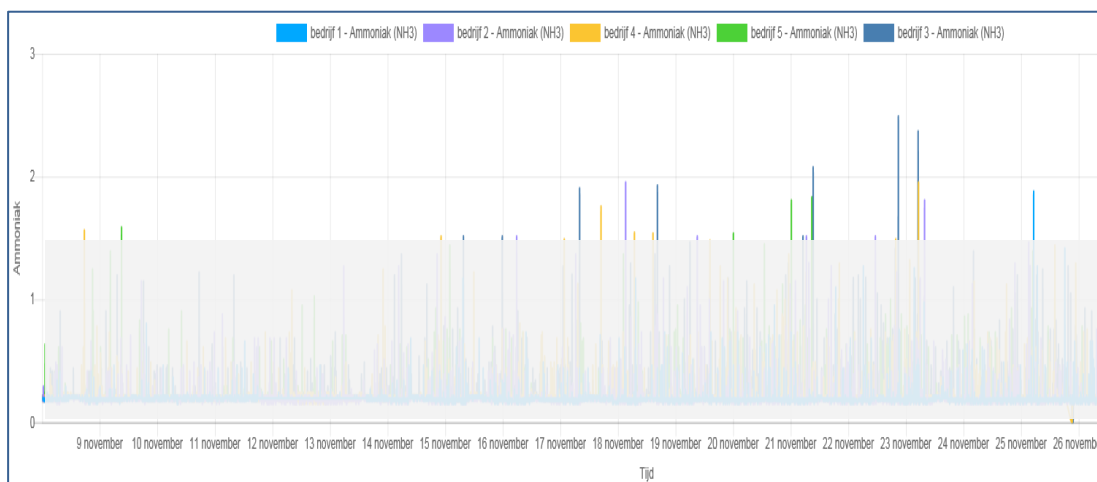
Figuur 15 Concentratie ammoniak in Nederland in 2012 (RIVM, 2013)

De omrekening van  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  naar ppm gaat middels een formule waarbij zowel de temperatuur als de molmassa van belang zijn. De algemene formule voor de omzetting van ppb naar  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  luidt:  
 $\mu\text{g}/\text{m}^3 = (\text{ppb}) \cdot (12.187) \cdot (M) / (273.15 + \text{°C})$  (bron:  
<https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/zelf-meten#eenheden>)

De sensoren in de pilot geven de concentratie ammoniak in ppm. Voor ammoniak komt een concentratie van  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ruwweg overeen met 0,025 ppm. Bij  $-10 \text{°C}$  is dit 0,0229 ppm en bij  $30 \text{°C}$  is het 0,0262 ppm. In een rapportage van Aarnink et al. (2015) over ammoniakemissie in de buienloop van varkensstallen wordt een achtergrondconcentratie buiten van 0,1 ppm aangehouden.

Bij de lage concentraties die in de buitenlucht aanwezig zijn en gegeven de gevoeligheid van de sensoren, worden de maatwaarden ‘afgerond’. Hierdoor zien de resultaten er in een grafiek uit alsof de concentratie sprongsgewijs veranderd, dit is in de praktijk niet het geval uiteraard. Voor de buitenlucht kan daarom een ander type sensor meer passend zijn. Bij de resultaten in deze pilot is in een aantal gevallen gewerkt met een voortschrijdend gemiddelde om een beter beeld te geven.

In de periode van 8 november tot 26 november 2018 is op alle bedrijven ammoniak gemeten. In figuur 16 is dit grafisch weergegeven. Uit deze grafiek is onder andere af te lezen dat alle bedrijven pieken laten zien die tussen de 1,5 en 2,5 ppm liggen, de waarden onder de 1,5 ppm vallen buiten de betrouwbaarheidsrange van de sensor. Voor vervolg is het wenselijk om ook lagere concentraties te kunnen meten en op meerdere punten te meten om de stal om een beter beeld te verkrijgen van de concentraties om de stal heen. Er is nu ook een sensor op de markt waarvan de fabrikant claimt te kunnen meten vanaf 0,5 ppm.



Figuur 16 De ammoniakconcentratie buiten de stal van de 5 bedrijven in november

Ter illustratie zijn van alle bedrijven de dagtrends weergegeven van 8 november en van 21 november.

Bij alle bedrijven is een vergelijkbaar beeld zichtbaar, overal zijn incidenteel pieken waar te nemen. Gegeven de korte periode dat een piek aanhoudt en in geval van luchtwassers, is het niet aannemelijk dat er gedurende een dergelijk korte periode echt een piek ammoniak uit de stal afkomstig is. De resultaten zijn ook voorgelegd aan een fabrikant van luchtwassers. Hij gaf als mogelijke verklaring dat de veranderingen in windrichting en -snelheid kunnen zorgen voor een hogere of lagere concentratie op een bepaald moment in een wolkje lucht.



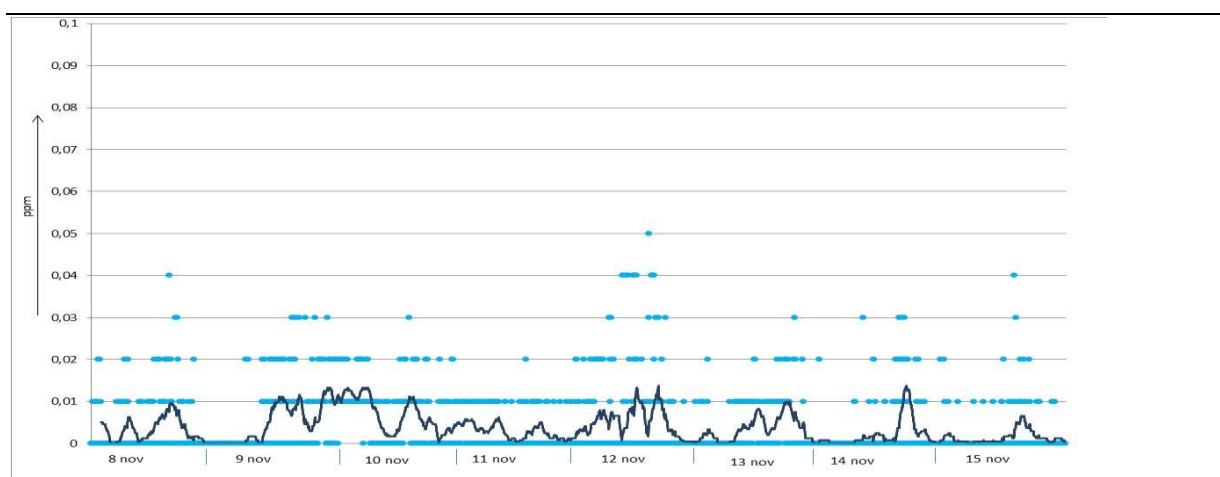
Tevens is de verspreiding van bijvoorbeeld ammoniak in de lucht van heel veel factoren afhankelijk, zoals temperatuur, windsnelheid, windrichting, luchtsamenstelling, luchtvochtigheid en obstakels. De hoogte vanaf de grond gemeten heeft ook invloed op deze factoren, zo kunnen de omstandigheden op een hoogte 5 meter heel anders zijn dan op een hoogte van 1 meter. Obstakels in de ruimte, zoals gebouwen, bomen en ook bewegende obstakels als (vracht)auto's beïnvloeden kunnen de verspreiding beïnvloeden. Hierdoor is het mogelijk dat je op twee punten die op relatief korte afstand van elkaar staan toch verschillende meetwaarden kunt zien. Mogelijk verklaart dit ook de pieken in onderstaande grafieken. Gemiddeld genomen is het mogelijk om over een periode van meetwaarden wel uitspraken te doen.

In de menselijke neus zitten receptoren die geuren opvangen. Alleen veranderingen in geur worden in de hersenen geregistreerd. Als er continu een zelfde concentratie van een bepaalde geur in de lucht zit, wordt geen verandering geregistreerd en daarom ook niets geroken.

#### Bijlage 4.2 Waterstofsulfide

Waterstofsulfide heeft een lagere geurdrempel dan ammoniak. Het heeft een sterke geur die ook vrijkomt bij rottende eieren. Het is een van de componenten die vaak genoemd wordt als belangrijk component voor geur uit varkensstallen.

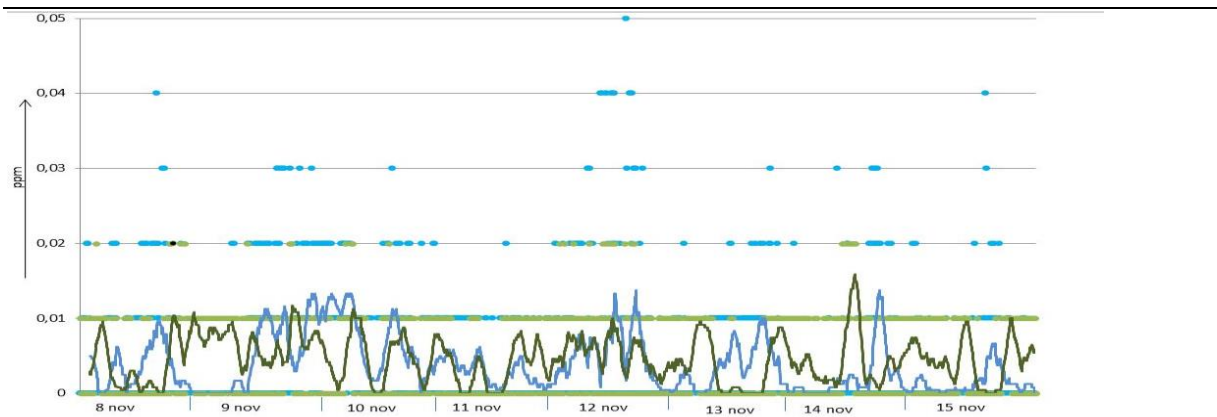
De sensor bevat elektroden en is, middels elektrochemische oxidatie, in staat om het verschil in voltage te meten dat wordt veroorzaakt door een bepaalde hoeveelheid van de te meten stof, in dit geval  $H_2S$ . Dit verschil in voltage kan omgerekend worden naar de concentratie van de te meten stof in de lucht. Vanwege dit principe is de concentratie die in onderstaande tabellen en grafieken is weergegeven geen vloeiende lijn maar na de omrekening zijn stappen in concentratie waarneembaar (zie lichtblauwe punten in figuur 17). De resultaten geven wel een goede indicatie als uitgegaan wordt van een voortschrijdend gemiddelde (donkere lijn in figuur 17). Met de conclusies op basis van deze data is enige terughoudendheid noodzakelijk.



Figuur 17 Concentratie  $H_2S$  buiten de stal bij bedrijf 1 (lichtblauw: meetwaarden per 5 minuten, donkerblauwe lijn: voortschrijdend gemiddelde over 2 uur)

De metingen bij de burens van het bedrijf laat met deze sensor minder pieken zien maar bij een voortschrijdend gemiddelde, ligt ook daar de concentratie op een vergelijkbaar niveau als bij de sensor naast de stal (figuur 18). Dit is opvallend, vervolgmetingen zijn derhalve wenselijk.





Figuur 18 Concentratie H<sub>2</sub>S buiten de stal bij bedrijf 1 (lichtblauw: meetwaarden per 5 minuten, donkerblauwe lijn: voortschrijdend gemiddelde over 2 uur) en groen: meetwaarden bij de burens per 5 minuten, donkergroene lijn: voortschrijdend gemiddelde over 2 uur bij de burens)

## Bijlage 5 Metingen per bedrijf

Bij alle bedrijven is een periode zowel bij het varkensbedrijf gemeten als bij de burenen. In deze periode is ook aan alle deelnemers gevraagd om een logboek bij te houden.

Er kwamen geen duidelijke relaties naar voren tussen de aangegeven activiteiten op het bedrijf in het logboek van de varkenshouders en de gemeten waarden buiten. Ook was er geen directe relatie zichtbaar tussen de waarden van de sensor bij de stal en bij de burenen op het terras. Hier dient bij opgemerkt te worden dat het hier een beperkte meetperiode in het najaar betrof en er geen grote overlastsituaties zijn bij deze deelnemers.

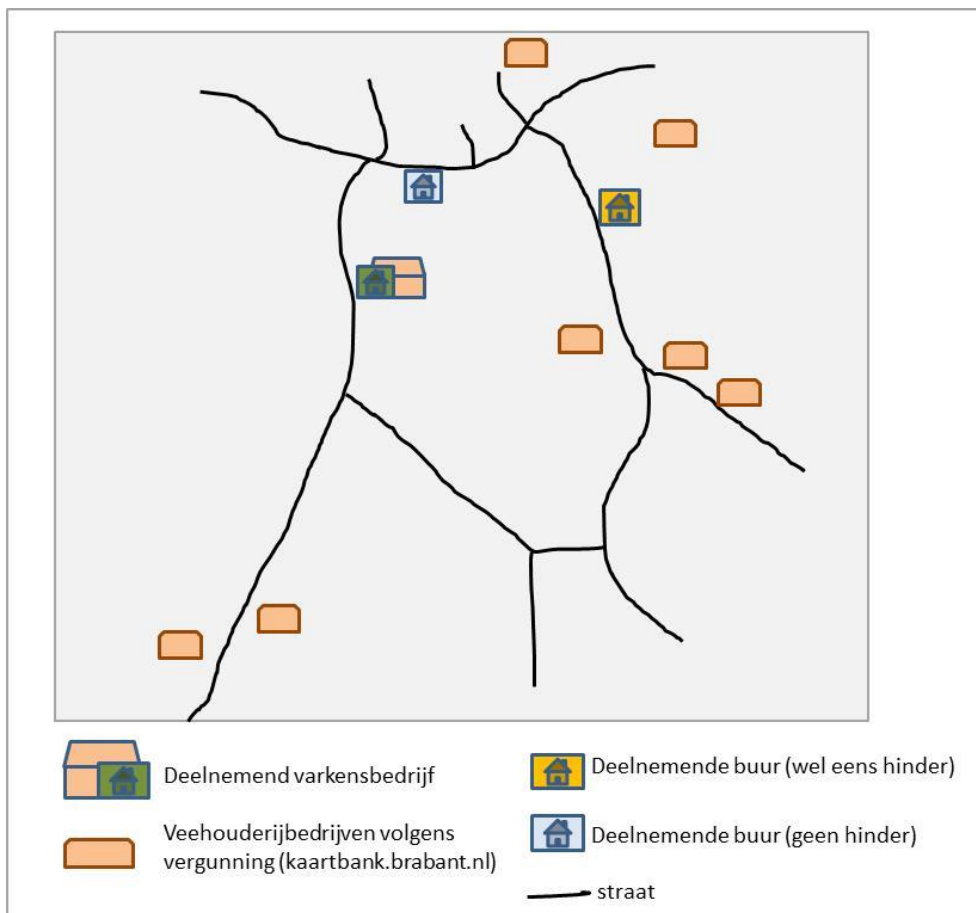
Per bedrijf zijn de enkele meetresultaten weergegeven over de twee weken dat het logboek is bijgehouden.

### Bijlage 5.1 Bedrijf 1

De logboekperiode is uitgevoerd in tweede en derde week november 2018.

Bij dit bedrijf zijn ook metingen verricht in de stal. De sensor in de stal verschaft de varkenshouder aanvullende informatie over zijn bedrijfsvoering. Er was niet direct een relatie te leggen tussen de NH<sub>3</sub> en H<sub>2</sub>S concentratie in de stal en buiten de stal. Dit is in het hoofdrapport nader toegelicht.

In een situatieschets is aangegeven hoe het varkensbedrijf is gelegen ten opzichte van de deelnemende burenen.

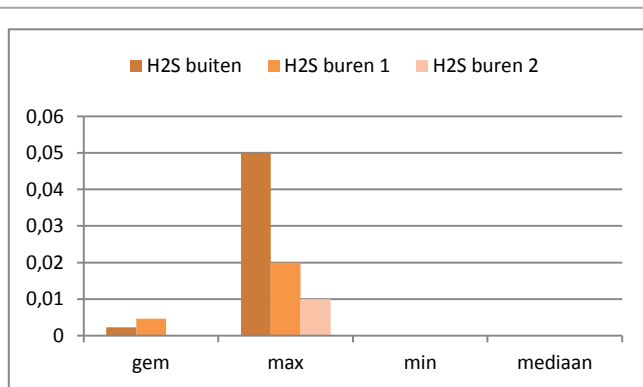


Figuur 19 Situatieschets varkensbedrijf 1 en de twee deelnemende burenen

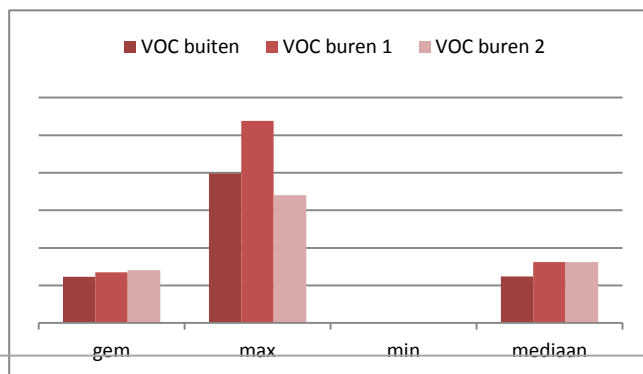
Tabel 5 Weergegevens op de locatie van varkensbedrijf 1

	Temperatuur (°C)	Windsnelheid (km/h)	Luchtvochtigheid (%)
Minimum	6,7	3,8	83
Maximum	14,1	8,0	100
Gemiddelde	-0,8	0,6	45
Mediaan	6,3	3,3	86

In de meetperiode zijn de weergegevens per uur opgehaald. In deze tabel is voor de temperatuur, de windsnelheid en de luchtvochtigheid weergegeven wat de minimale, maximale, gemiddelde en mediaanwaarde was in deze 2 weken.



Bij het varkensbedrijf (buiten) is de hoogste concentratie H<sub>2</sub>S gemeten. Echter gemiddeld over de meetperiode is bij buur 1 een hogere concentratie waargenomen. Deze buur heeft ook in het logboek aangegeven op bepaalde momenten in de meetperiode hinder te ervaren. Bij buur 2 is nagenoeg geen H<sub>2</sub>S gemeten, deze buur heeft in de meetperiode ook nagenoeg geen geurhinder ervaren.



De VOC metingen zijn uitgevoerd met de eerste versie van de sensor. Deze zegt gemiddeld genomen wel iets over de mate van het voorkomen van de VOC maar in absolute waarden niet. Het valt wel op dat gemeten concentraties (zowel gemiddelde en mediaan als de maximale waarde) niet het hoogste waren bij het varkensbedrijf.

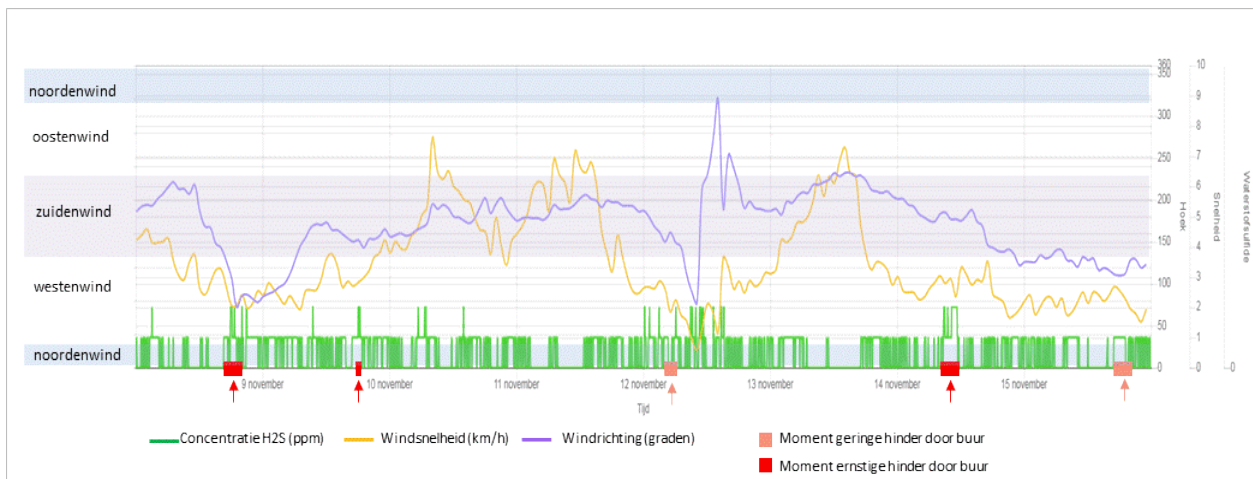
Figuur 20 Gemiddelde, maximale, minimale en mediaanwaarde van de metingen (H<sub>2</sub>S en VOC) in de logboekperiode



**Figuur 21** Windgegevens (gebaseerd op de locatie van het varkensbedrijf) en de gemeten H<sub>2</sub>S concentratie bij de buren in de logboekperiode (de hoge H<sub>2</sub>S piek halverwege de periode is veroorzaakt door de verplaatsing van de sensor van buur 1 naar buur 2)

Het is opvallend dat de eerste week de wind met name vanuit het zuiden kwam en de tweede week meer uit het westen. De weergegevens zijn gebaseerd op de locatie van het varkensbedrijf. De hoge piek in H<sub>2</sub>S op 16 november is veroorzaakt door het verplaatsen van de sensor naar de andere buur waarbij de stroomtoevoer naar de sensor tijdelijk onderbroken is.

De eerst buur heeft meerdere malen aangegeven ernstige hinder te ervaren. De tweede buur heeft een enkele keer aangegeven een lichte varkensgeur te ruiken maar dit viel vooral in de eerste meetweek en niet in de week dat de sensor bij de woning van buur 2 stond.



**Figuur 22** Windgegevens en concentratie H<sub>2</sub>S en de ervaren hinder door de buur 1 (eerste meetweek)

De wind komt in deze periode vooral uit het zuiden. De buur 1 bevindt zich ten oosten van het varkensbedrijf. Op de momenten dat de buur aangeeft geurhinder te ervaren, is de concentratie H<sub>2</sub>S iets hoger. Echter, niet op alle momenten waarin er hogere H<sub>2</sub>S waarden zijn gemeten, wordt hinder ervaren. De buur was in deze perioden wel thuis aanwezig.

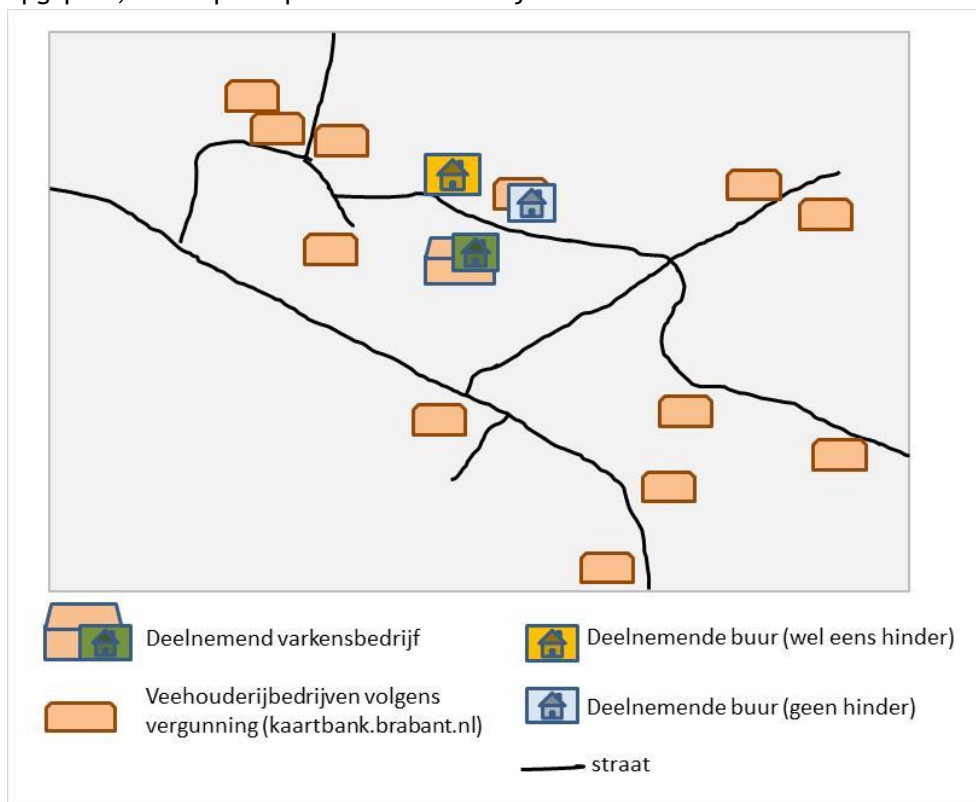
Het is op basis van deze resultaten niet met zekerheid te zeggen waardoor de hinder bij buur 1 wordt veroorzaakt. Het is ook mogelijk dat er verschillende bronnen zijn.

## Bijlage 5.2 Bedrijf 2

De logboekperiode is uitgevoerd in de eerste twee weken van december 2018.

Bij beide burens is het gesprek gevoerd over deelname aan het project en hoe zij het ervaren om in de buurt van een varkensbedrijf te wonen. Eén van de burens heeft vanwege privé omstandigheden niet deel kunnen nemen aan de logboekperiode. De sensor voor de burens heeft daarom de hele periode bij buur 1 gestaan. Buur 2 gaf in het gesprek aan wel eens hinder te ervaren. Een opvallend punt in de gesprekken was dat bij dit varkensbedrijf de radio hard aanstaat in de stallen en dat dit vanaf de openbare weg hoorbaar is.

Op het bedrijf is recent een pellet kachel geïnstalleerd en dit gaf bij de eerste keren dat deze in gebruik genomen werd, wat opstartproblemen en hinder. Dit heeft de varkenshouder direct ook zelf opgepakt, deze opstartproblemen heeft hij ook in de stal ervaren.



Figuur 23 Situatieschets varkensbedrijf 2 en de twee deelnemende burens

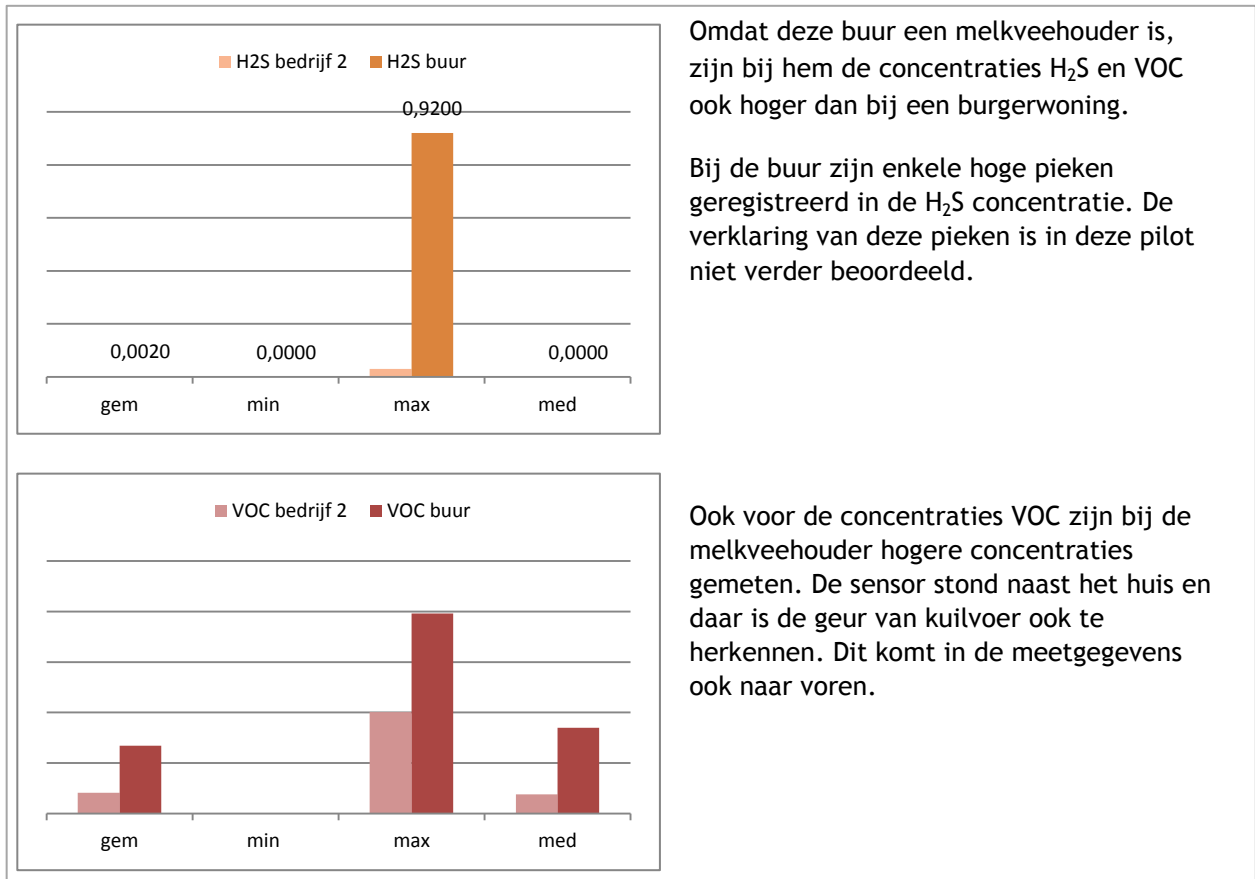
Tabel 6 Weergegevens op de locatie van varkensbedrijf 2

	Temperatuur (°C)	Windsnelheid (km/h)	Luchtvochtigheid (%)
Minimum	4,7	4,5	
Maximum	-2,2	0,2	
Gemiddelde	12,6	15,9	
Mediaan	4,3	3,8	

In deze periode zijn de weergegevens per uur opgehaald. Voor de temperatuur, de windsnelheid en de luchtvochtigheid weergegeven wat de minimale, maximale, gemiddelde en mediaanwaarde was in deze twee weken. Hierbij is de locatie van het varkensbedrijf als referentiepunt gekozen.

De buur van varkensbedrijf 2 heeft zelf een melkveebedrijf. Dit heeft ook invloed op de meetresultaten bij deze buur.

Opvallend is dat in deze periode (eerste helft december) de maximale gemeten ammoniakconcentratie ongeveer 4 ppm is en in de eerste helft van november (zie ook tabel 3) ligt de hoogst gemeten concentratie op 2 ppm. Dit pleit ervoor om gedurende langere periode metingen uit te voeren.



Omdat deze buur een melkveehouder is, zijn bij hem de concentraties H<sub>2</sub>S en VOC ook hoger dan bij een burgerwoning.

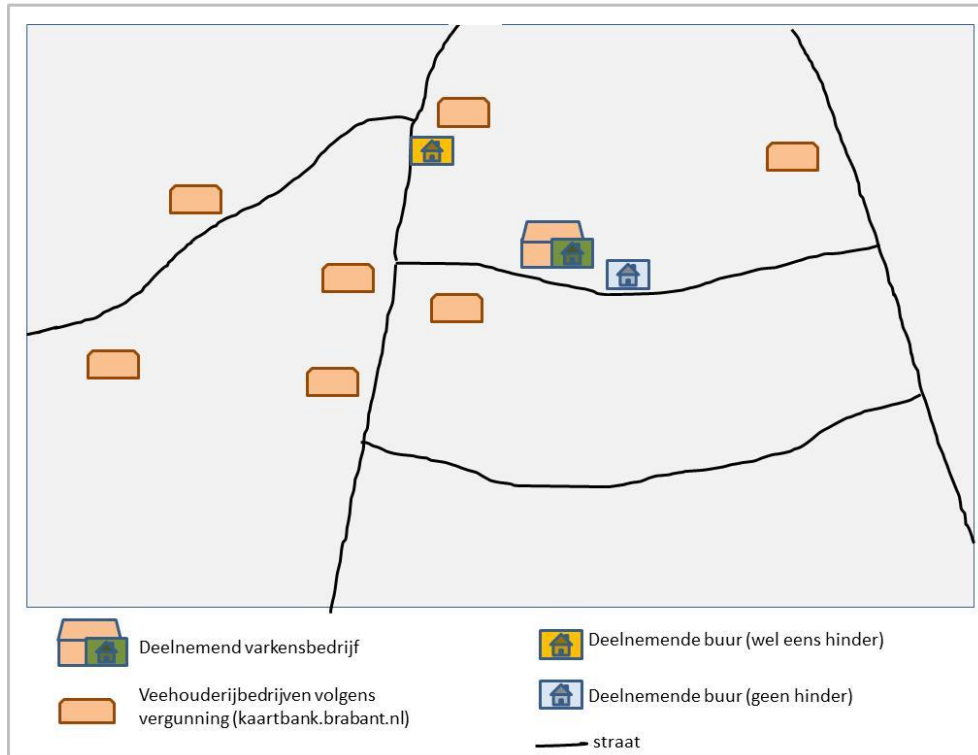
Bij de buur zijn enkele hoge pieken geregistreerd in de H<sub>2</sub>S concentratie. De verklaring van deze pieken is in deze pilot niet verder beoordeeld.

Ook voor de concentraties VOC zijn bij de melkveehouder hogere concentraties gemeten. De sensor stond naast het huis en daar is de geur van kuilvoer ook te herkennen. Dit komt in de meetgegevens ook naar voren.

Figuur 24 Gemiddelde, maximale, minimale en mediaanwaarde van de metingen (H<sub>2</sub>S en VOC) in de logboekperiode

### Bijlage 5.3 Bedrijf 3

De logboekperiode is uitgevoerd in de eerste twee weken van december 2018.



Figuur 25 Situatieschets varkensbedrijf 3 en de twee deelnemende burenen

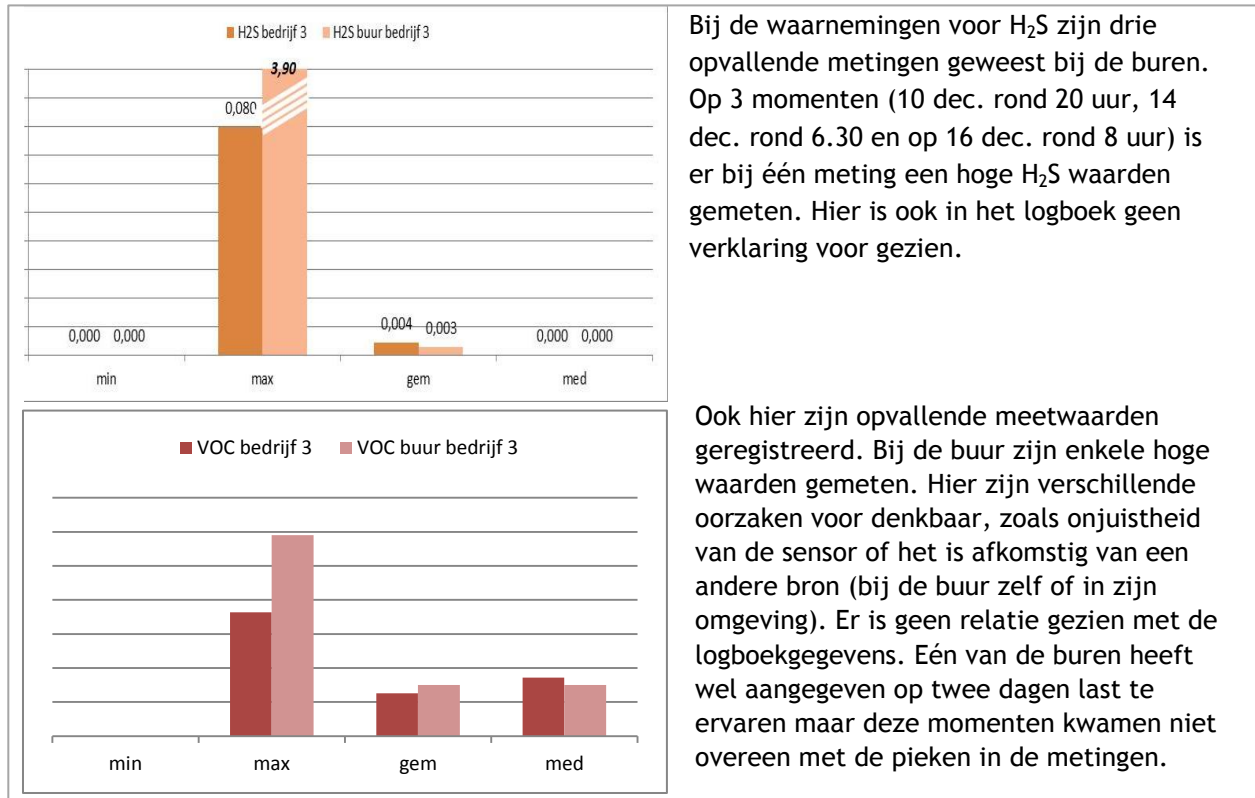
Tabel 7 Weergegevens op de locatie van varkensbedrijf 3

	Temperatuur (°C)	Windsnelheid (km/h)	Luchtvochtigheid (%)
Minimum	-2,3	0,2	62
Maximum	12,5	19,8	100
Gemiddelde	4,7	4,4	88
Mediaan	4,3	3,8	89

In deze periode zijn de weergegevens per uur opgehaald. In deze tabel is voor de temperatuur, de windsnelheid en de luchtvochtigheid weergegeven wat de minimale, maximale, gemiddelde en mediaanwaarde was in deze twee weken. Hierbij is de locatie van het varkensbedrijf als referentiepunt gekozen.

De hoogst gemeten ammoniakconcentratie is bij de stal van de varkenshouder. Er is bij de stal 4 maal een concentratie hoger dan 2 ppm gemeten en bij de burenen is dit 8 keer gebeurd. De hoge waarden waren eenmalige pieken, de metingen in het half uur voor en na deze piek zijn veelal weer onder de detectiegrens. Er was geen relatie tussen de pieken bij de stal en bij de buur.



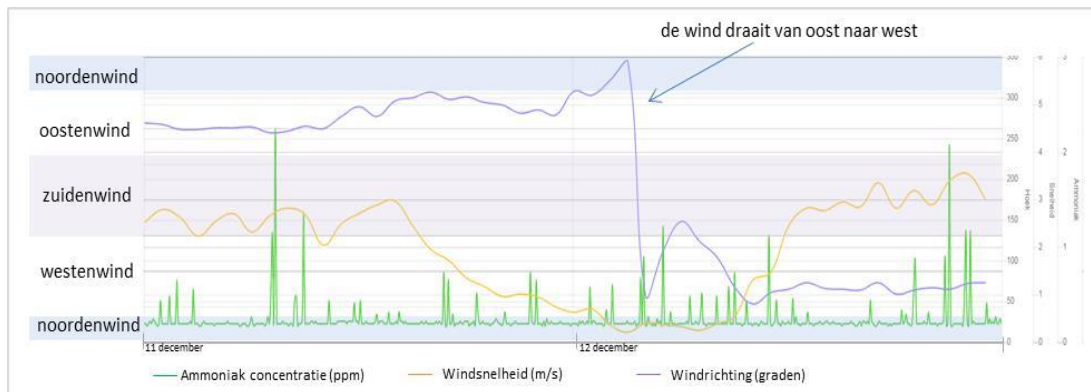


Bij de waarnemingen voor H<sub>2</sub>S zijn drie opvallende metingen geweest bij de burens. Op 3 momenten (10 dec. rond 20 uur, 14 dec. rond 6.30 en op 16 dec. rond 8 uur) is er bij één meting een hoge H<sub>2</sub>S waarden gemeten. Hier is ook in het logboek geen verklaring voor gezien.

Ook hier zijn opvallende meetwaarden geregistreerd. Bij de buur zijn enkele hoge waarden gemeten. Hier zijn verschillende oorzaken voor denkbaar, zoals onjuistheid van de sensor of het is afkomstig van een andere bron (bij de buur zelf of in zijn omgeving). Er is geen relatie gezien met de logboekgegevens. Eén van de burens heeft wel aangegeven op twee dagen last te ervaren maar deze momenten kwamen niet overeen met de pieken in de metingen.

Figuur 26 Gemiddelde, maximale, minimale en mediaanwaarde van de metingen (H<sub>2</sub>S en VOC) in de logboekperiode

In het logboek van een van de burens is op een aantal dagen aangegeven dat er veel geuroverlast was. Op 11 december in de avond geeft hij aan dat er sterke hinder wordt ervaren, nadat de wind is gedraaid en het nagenoeg windstil is geworden. Uit de weerdata (figuur 27) komt inderdaad naar voren dat de wind op 11 december vanaf ongeveer 14 uur 's middags is afgenomen en het in de nacht van 11 op 12 december bijna windstil was. De wind is vanaf ongeveer 3 uur 's nachts gedraaid. In de gemeten concentratie ammoniak bij deze woning lag onder de detectiegrens, ditzelfde geldt voor de VOC sensor. Voor de leesbaarheid van de grafiek en het gegeven dat deze sensor later is vervangen zijn de VOC resultaten niet opgenomen in de figuur.



**Figuur 27** Windrichting en -snelheid op 11 en 12 december en de gemeten  $\text{NH}_3$ -concentratie bij de burens. De buur heeft aangegeven in het logboek vanaf de avond van 11 december tot en met de volgende morgen geurhinder te ondervinden.

Er zijn verschillende oorzaken mogelijk voor deze resultaten waarbij er geen hogere concentraties zijn gemeten bij de buur maar wel hinder is ervaren. Zo kan het dat de sensoren niet de juiste indicatorstof(fen) hebben gemeten die deze hinder veroorzaakt. Met andere woorden, er is een andere stof in de lucht die de stank veroorzaakt dan die door de sensoren is gemeten. Dit vraagt een nader onderzoek. Ook zijn er andere knelpunten in relatie tot de sensoren mogelijk, bijvoorbeeld een vertroebeling van de meetresultaten door andere (geur)stoffen in de lucht, een concentratie die niet binnen het bereik van de sensor viel of beïnvloeding door de weersomstandigheden. Mogelijk is er ook een relatie tussen de windsnelheid (verdunding van de geurstoffen), windrichting (waar komt de geur vandaan) en de geurhinder. Hierover kan op basis van deze gegevens nog geen harde conclusie getrokken worden.

## Bijlage 5.4 Bedrijf 4

De logboekperiode is uitgevoerd in de eerste twee weken van november 2018.

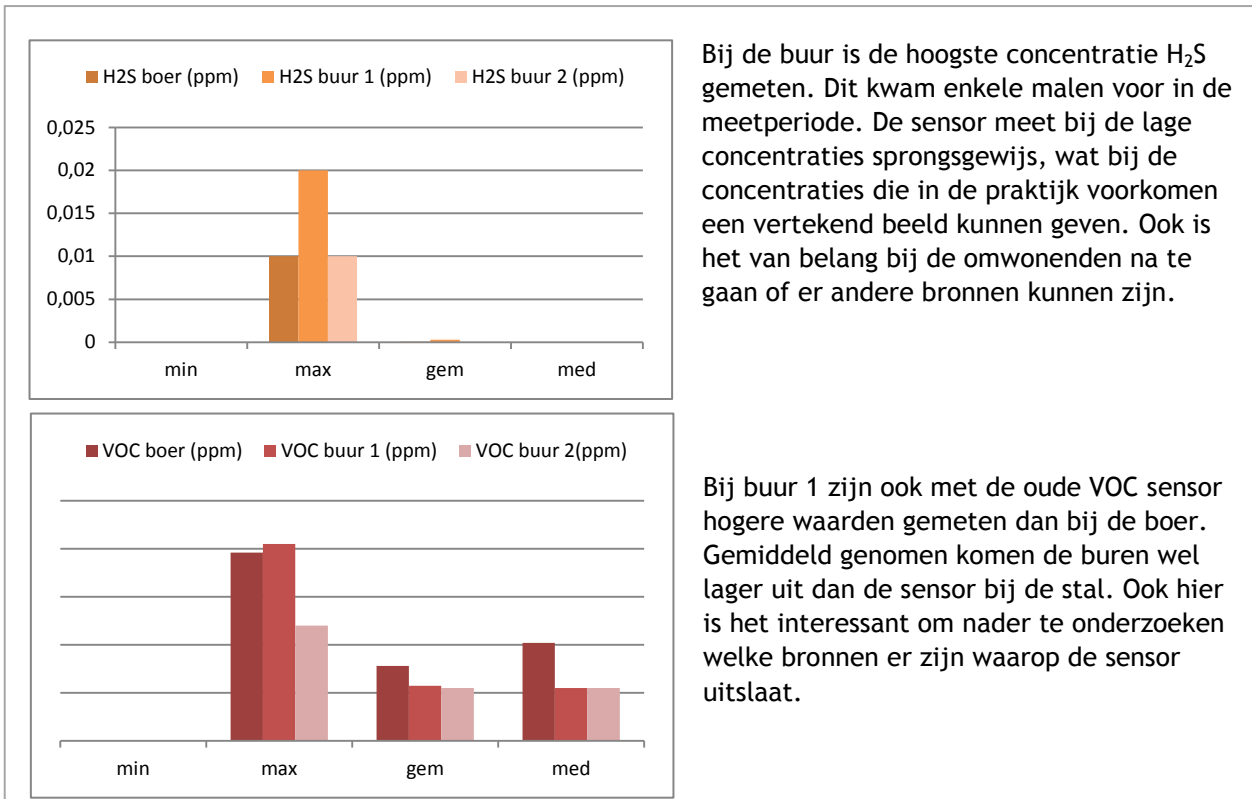


Figuur 28 Situatieschets varkensbedrijf 4 en de twee deelnemende buren

Tabel 8 Weergegevens op de locatie van varkensbedrijf 4

	Temperatuur (°C)	Windsnelheid (km/h)	Luchtvochtigheid (%)
Minimum	-1,16	0,32	44
Maximum	13,8	8,67	100
Gemiddelde	6,6	3,91	85
Mediaan	6,2	3,44	87

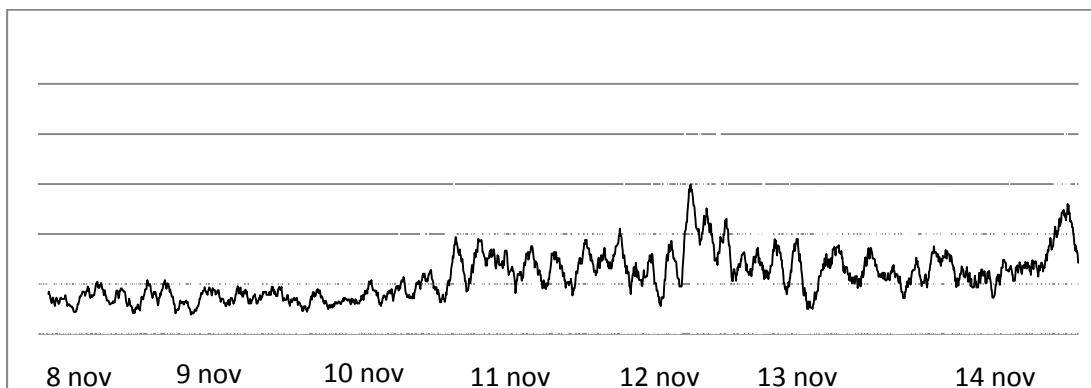
In deze periode zijn de weergegevens per uur opgehaald. In deze tabel is voor de temperatuur, de windsnelheid en de luchtvochtigheid weergegeven wat de minimale, maximale, gemiddelde en mediaanwaarde was in deze twee weken. Hierbij is de locatie van het varkensbedrijf als referentiepunt gekozen.



Bij de buur is de hoogste concentratie H<sub>2</sub>S gemeten. Dit kwam enkele malen voor in de meetperiode. De sensor meet bij de lage concentraties sprongsgewijs, wat bij de concentraties die in de praktijk voorkomen een vertekend beeld kunnen geven. Ook is het van belang bij de omwonenden na te gaan of er andere bronnen kunnen zijn.

Bij buur 1 zijn ook met de oude VOC sensor hogere waarden gemeten dan bij de boer. Gemiddeld genomen komen de burens wel lager uit dan de sensor bij de stal. Ook hier is het interessant om nader te onderzoeken welke bronnen er zijn waarop de sensor uitslaat.

Figuur 29 Gemiddelde, maximale, minimale en mediaanwaarde van de metingen (H<sub>2</sub>S en VOC) in de logboekperiode

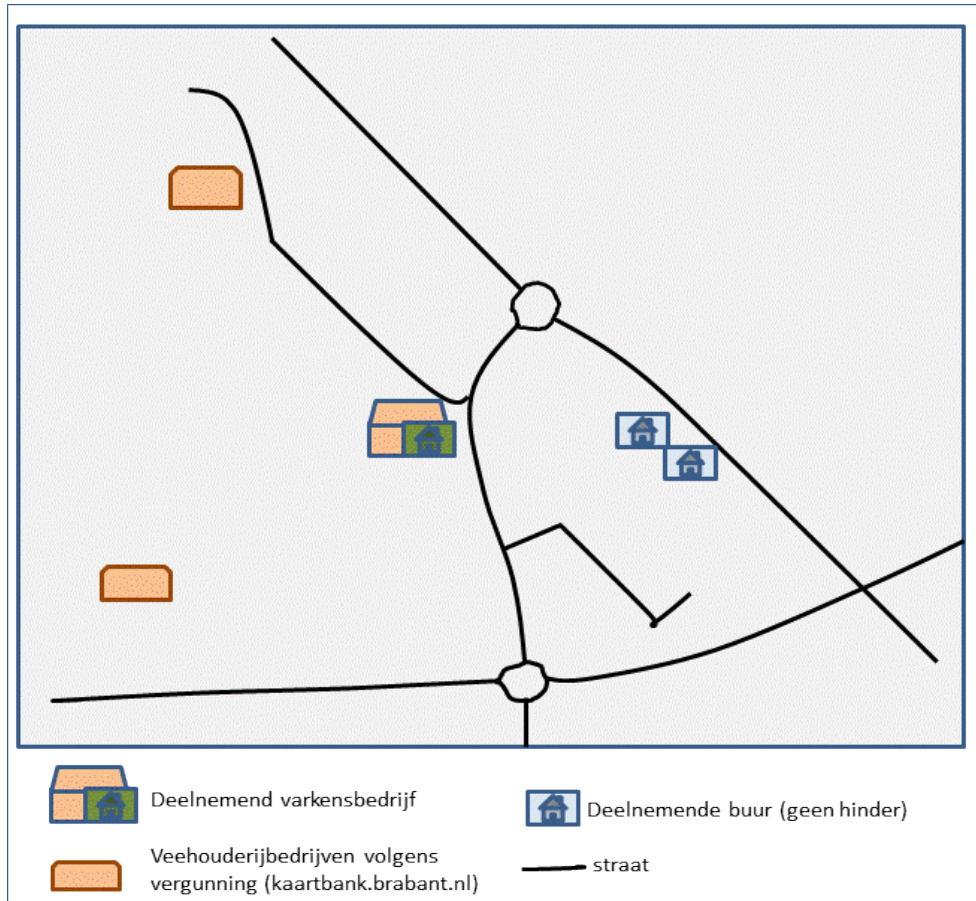


Figuur 30 Voortschrijdend uurgemiddelde van de sensormetingen van de oude VOC sensor bij buur 1

Bij buur 1 heeft de sensor het eerste deel van de meetperiode gestaan. Vanaf 11 november is een onrustiger beeld in de resultaten van de VOC meter zichtbaar dan in de eerste 3 dagen. Hiervoor is op basis van de logboeken geen duidelijke reden aanwijsbaar. Bij de metingen bij de varkensstal komt dit beeld niet naar voren, hier is een gelijkmatig beeld zichtbaar gedurende de gehele meetperiode. Dit pleit ervoor om op meer punten te meten en om meerdere bronnen te identificeren en meer inzicht te verkrijgen in de respons van de sensoren op andere stoffen in de lucht.

### Bijlage 5.5 Bedrijf 5

De logboekperiode is uitgevoerd in de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> week november 2018.



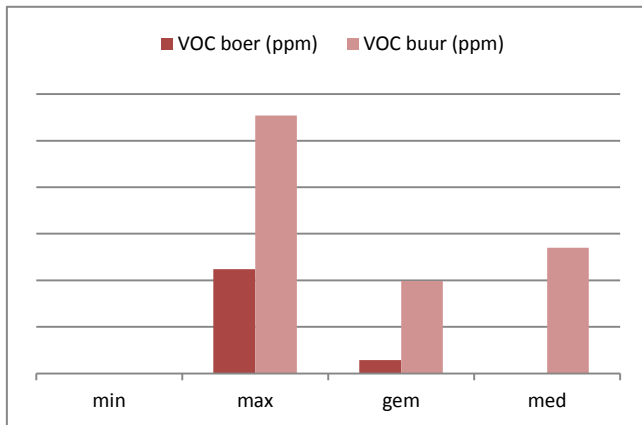
Figuur 31 Situatieschets varkensbedrijf 5 en de twee deelnemende burenen

De deelnemende burenen wonen naast elkaar en zijn familie. De woning die het dichtst bij de varkenshouder ligt is van de ouders en zij hebben het logboek bijhouden en op hun terras is de sensor geplaatst. De zoon woont hier recht achter en heeft een bandenhandel.

Tabel 9 Weergegevens op de locatie van varkensbedrijf 5

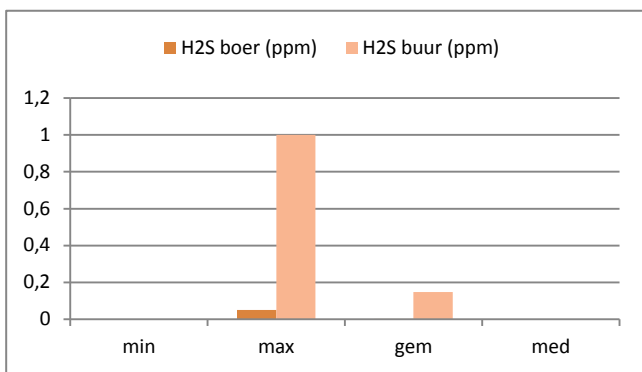
	Temperatuur (°C)	Windsnelheid (km/h)	Luchtvochtigheid (%)
Minimum	-1,7	0,35	44
Maximum	13,8	7,77	100
Gemiddelde	5	4	84
Mediaan	4,5	3,02	87

In deze periode zijn de weergegevens per uur opgehaald. In deze tabel is voor de temperatuur, de windsnelheid en de luchtvochtigheid weergegeven wat de minimale, maximale, gemiddelde en mediaanwaarde was in deze twee weken. De locatie van het varkensbedrijf is het referentiepunt.



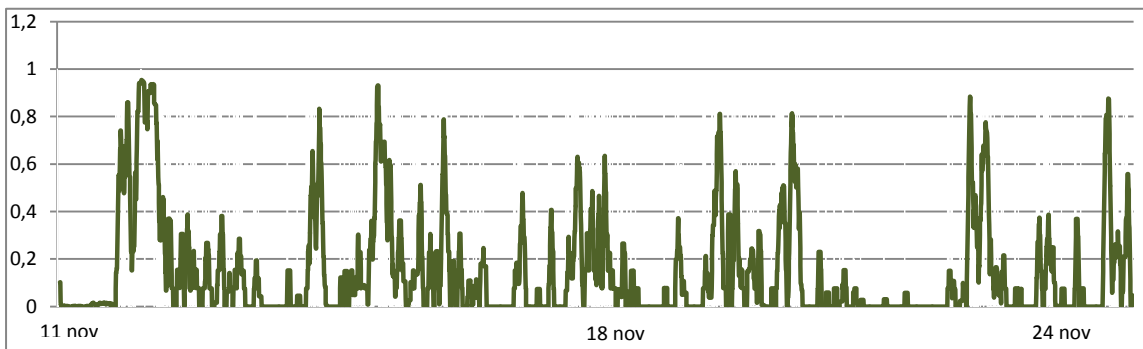
De waarden van de VOC sensor zijn bij de buur hoger dan bij de varkenshouder. Ditzelfde geldt voor de H<sub>2</sub>S metingen. Mogelijk is hier een andere bron voor deze stof dan het varkensbedrijf.

Dit kan vanuit de bedrijvigheid vanuit andere bedrijfstakken zijn die in deze buurt zijn gevestigd. Gezien de grote verschillen is het om de bron te lokaliseren nodig om nadere metingen uit te voeren en ok op meerdere plekken te meten.



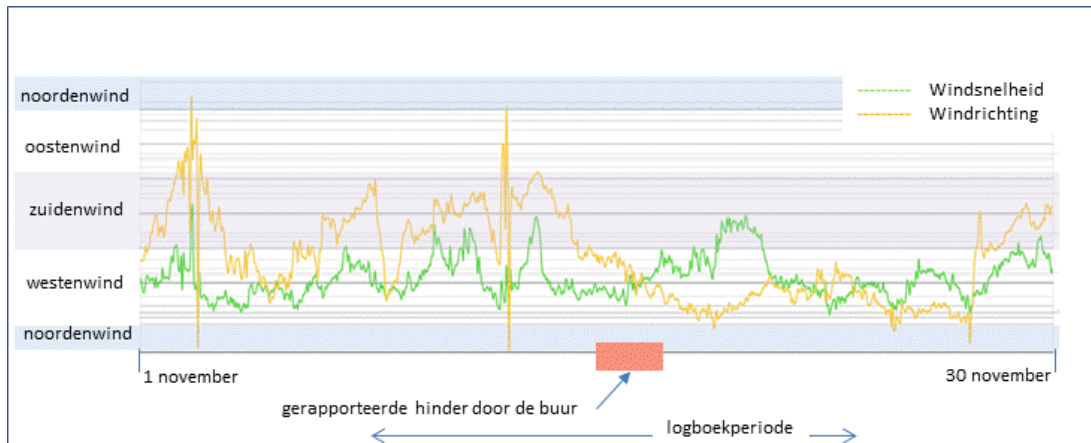
Met name voor H<sub>2</sub>S zijn bij de buur relatief hoge waarden gemeten. In onderstaande grafiek is het verloop van de H<sub>2</sub>S meting weergegeven. Er is geen trend in een dag- en nachtritme maar een grillig verloop over de tijd. De bron hiervan is op basis van de gesprekken of metingen niet aanwijsbaar.

Figuur 32 Gemiddelde, maximale, minimale en mediaanwaarde van de metingen (H<sub>2</sub>S en VOC) in de logboekperiode



Figuur 33 Verloop van de H<sub>2</sub>S concentratie bij de buur in de logboekperiode (voortschrijdend gemiddelde per uur)

In het logboek is door de buur aangegeven dat de was van 15 tot 16 november buiten hing onder het afdak bij de woning en deze daarna naar varkens rook en opnieuw gewassen moest worden. Het varkensbedrijf ligt ten oosten van de woning en in deze periode waaide er een westenwind. Het is derhalve mogelijk dat deze geur van het deelnemende varkensbedrijf afkomstig was, ook al is dit uit de gegevens van de sensormetingen niet te herleiden. Mogelijk zijn andere stoffen, of een cumulatie van verschillende stoffen, de veroorzaker van de geurhinder dan de stoffen die in deze pilot zijn gemeten.



Figuur 34 Windsnelheid- en richting bij de buur van bedrijf 5, de logboekperiode en het moment van gemelde hinder (de buur ligt ten westen van het varkensbedrijf)



## Bronnen

- Aarnink, A.J.A. Hol, J.M.G., Nijeboer, G.M. en Mosquera, J. (2015). *Ammoniakemissie uit varkensstallen met uitloop*. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research, Rapport 868. 44 blz.
- CCV (2010) *Tafel van Elf - Nalevingsexpertise* Centrum voor Criminaliteitspreventie en Veiligheid. Kenniscentrum Wetgeving en Juridische zaken, Den Haag
- Gemeente Utrecht (2018) Beleidsregels geur bestemmingsplan Lage Weide gemeente Utrecht 2018 <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/gmb-2018-221955.html>
- Hansen, M.J., Kasper, P.L., Adamsen, A.P.S., Feilberg, A. (2018) *Key Odorants from Pig Production Based on Improved Measurements of Odor Threshold Values Combining Olfactometry and Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry (PTR-MS) Sensors 18, 788*
- Huffel, van K., Hansen, M.J., Feilberg, A., Liu, D. en Van Langenhove, H. (2013) *Level and distribution of odorous compounds in pig exhaust air from combined room and pit ventilation*. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol. 218, pp 209-219
- Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol (2013). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij. Rapport 726 Wageningen Livestock Research
- Thomas-Danguin T., Sinding C., Romagny S., El Mountassir F., Atanasova B., Le Berre E., Le Bon A.M., Coureaud G.. (2014) The perception of odor objects in everyday life: a review on the processing of odor mixtures. *Frontiers in Psychology*. Volume 5: article 504
- Schenk, J., Greefkes, G., Surink, J. en Brattinga, M. (2004) *Hoe om te gaan met geur*. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier Afvalwaterketenbedrijf.

## Websites

- <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/zelf-meten#eenheden>  
<https://www.clo.nl/indicatoren/nl0461-ammoniak>