

Zoönosen in het vizier

Rapport van de expertgroep zoönosen





Zoönosen in het vizier

Rapport van de expertgroep zoönosen

Juni 2021

**Henk Bekedam
Arjan Stegeman
Fred de Boer
Ron Fouchier
Jan Kluytmans
Sander Koenraad
Thijs Kuiken
Wim van der Poel
Ria Reis
Gerdien van Schaik
Leo Visser**

Inhoud

Inhoud.....	2
Voorwoord.....	4
Samenvatting	5
Inleiding.....	5
(Landbouw)huisdieren, wilde dieren en vectoren	5
Diertransporten, reizigersverkeer, ontbossing en klimaatverandering.....	6
One Health en ‘zoönosegeletterdheid’	6
Preventie en vroegdetectie en uitbraakmanagement	6
Paraatheid	7
Internationale afstemming.....	7
Weging risicofactoren en maatregelen	8
Kernaanbevelingen.....	8
Summary	11
Introduction.....	11
Domesticated animals, wild animals and vectors	11
Transportation of animals, travel, deforestation and climate change	12
One Health and ‘zoonotic literacy’	12
Prevention and early detection and outbreak management	12
Preparedness.....	13
International coordination	13
Weighing up risk factors and measures.....	13
Core recommendations.....	14
I. Inleiding.....	17
De opdracht.....	17
Nederlands perspectief	18
Mondiaal perspectief.....	18
One Health en ‘zoönosegeletterdheid’	18
Ziekteverwekkers.....	19
Weging risicofactoren en maatregelen	20
Procedure	20
Leeswijzer	21
Aanbeveling.....	21
II. Het opkomen van zoönosen.....	22
III. Gastheren en vectoren van zoönosen.....	28
1. Landbouwhuisdieren	28
2. Gezelschapsdieren en hulpdieren.....	37
3. Wilde dieren	42
4. Vectoren en hun gastheren	46
IV. Risicofactoren door menselijk handelen	52
5. Veehouderijsystemen: diverse risico’s	52

6. Globalisering en de handel in wilde en gehouden dieren	64
7. Biodiversiteit, landgebruik, en wereldbevolking	73
8. Klimaatverandering.....	81
9. Veiligheid in laboratoria.....	87
V. Instrumenten/interventies/strategieën	90
10. One Health benadering.....	90
11. Community engagement en zoönosegeletterdheid	94
12. Preventie.....	100
13. Monitoring en surveillance van zoönosen	109
14. Respons op een uitbraak van een zoönose	119
15. Maatschappelijke en juridische aspecten.....	125
16. Internationale afstemming	130
Referenties	135
BIJLAGEN	148
Bijlage I.1 Opdrachtbrief.....	149
Bijlage 1.1 Overzicht veestapel.....	153
Bijlage 1.2 Aantallen en groottes veehouderij	153
Bijlage 2.1 Ernstige zoönosen genoemd in het Advies Toetsingskader Positieflijst	154
Bijlage 3.1 Internationale uitbraken van zoönotische virusziekten.....	155
Bijlage 3.2 Wilde zoogdiersoorten en bijbehorende zoönosen in Nederland	157
Bijlage 3.3 Wilde vogels en bijbehorende zoönosen in Nederland	159
Bijlage 3.4 Zoönotische virussen bij wilde dieren.....	162
Bijlage 4.1 Ernstige via vectoren overgedragen zoönosen (wereldwijd).....	164
Bijlage 5.1 Infectieziekte-uitbraken Nederlandse veehouderij	165
Bijlage 6 Expertgroep zoönosen	166

Voorwoord

Toen de expertgroep opdracht kreeg voor het schrijven van het voorliggende rapport, was Nederland nog in lockdown vanwege de aanhoudende coronacrisis. De urgentie van het onderwerp, besmettelijke ziekten die afkomstig zijn van dieren, was dan ook zeer duidelijk. En hoewel de situatie bij het schrijven van dit voorwoord aanzienlijk is verbeterd, blijft die urgentie voelbaar. Het is duidelijk hoe ernstig een pandemie onze samenleving kan ontregelen. Dat breed gedragen besef biedt mogelijkheden voor daadwerkelijke verbeteringen waar deze nodig zijn. Zoals de uitbraken van vogelgriep en Q-koorts in het eerste decennium van deze eeuw aanleiding waren tot de inrichting van de Nederlandse zoönosenstructuur, zo moet de COVID-19 pandemie aanleiding zijn voor verdere verbeteringen op het gebied van preventie, paraatheid, vroegtijdige signalering en uitbraakmanagement. Dit is het moment voor actie. De aanbevelingen in dit rapport bieden hiervoor de nodige aanknopingspunten.

Dit rapport is tot stand gekomen dankzij de enthousiaste inzet van de expertgroep. Ik denk met veel waardering terug aan de soms intensieve debatten, de bijzonder informatieve gesprekken en de vele mailwisselingen, die soms tot in de kleine uurtjes van de nacht doorgingen. De experts waren zeer deskundig in hun eigen vakgebied en bleken daarnaast bereid om zich te verdiepen in de expertisegerieden en opvattingen van de anderen. Hun inspanningen, soms op zeer korte termijn, maakten het mogelijk om in bijzonder korte tijd dit omvangrijke rapport te produceren over een complex onderwerp dat aan vele vakgebieden raakt. Hoewel ik niet verwacht dat het rapport volkomen foutloos zal zijn, heb ik het volste vertrouwen dat de belangrijkste boodschappen goed gefundeerd zijn in wetenschap en praktijk.

Ik ben erg blij dat professor Arjan Stegeman bereid was om het vice voorzitterschap van de expertgroep op zich te nemen. Zijn expertise was onmisbaar, zijn ervaring met dit soort processen en zijn leiderschap hebben bijgedragen aan de balans in het team en waren mijzelf voortdurend tot steun.

Ons secretariaat bij ZonMw ben ik zeer dankbaar voor de organisatie van de meetings, het verwerken van de vele tientallen referenties, en het organiseren van vormgeving en illustraties. Linda van Nierop en Sanne Kwakkelstein hebben naast al deze activiteiten ook actief meegedacht in het gehele proces en het team ondersteund. Bedankt! Het was ook erg prettig om te werken met Pieter van Megchelen, onze freelance tekstredacteur, die de geweldige vaardigheid heeft om complexe teksten en staccato bullet points om te zetten in leesbare taal. Zijn efficiëntie, flexibiliteit en hulpvaardigheid hebben eraan bijgedragen dat we dit rapport nog op tijd konden voltooien.

In de afgelopen maanden heb ik erg genoten van de kennis, de toewijding en de passie van de leden van de expertgroep. Daarnaast heb ik het genoeg gehad om het een breed scala aan deskundigen uit de Nederlandse (openbare) gezondheidszorg en de veterinaire sector van gedachten te wisselen. Hun inbreng heeft bijgedragen aan onze gedachtevorming en daarmee aan de kwaliteit van het voorliggende rapport. Datzelfde geldt voor deskundigen vanuit RIVM en NVWA die een kritische blik hebben geworpen op het concept.

Last but not least wil ik graag onze opdrachtgevers bedanken - allereerst voor deze eervolle opdracht, maar ook voor hun betrokkenheid zonder dat zij op de stoel van de experts gingen zitten.

Henk Bekedam
Voorzitter expertgroep zoönosen

Samenvatting

Inleiding

Nu de COVID-19 pandemie in Nederland op zijn retour lijkt, is de vraag aan de orde hoe de kans verkleind kan worden dat opnieuw een ziekteverwekker met pandemisch potentieel de oversprong maakt van dier naar mens. Dit rapport gaat in op de diverse aspecten van zo'n zoönose, de betrokken dieren (gastheren en vectoren), risicofactoren die voortkomen uit menselijke activiteiten en de maatregelen die nodig zijn voor de preventie, tijdige detectie en de eerste aanpak van een zoönotische uitbraak.

Het rapport is opgesteld door de expertgroep zoönosen onder voorzitterschap van Henk Bekedam, arts en voormalig WHO Vertegenwoordiger in China, Egypte en India¹. Deze expertgroep werd ingesteld door de ministers van Medische Zorg en Sport en van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, om advies uit te brengen over (maatregelen tegen) het ontstaan, de verspreiding en de ernst van zoönosen². Drie onderwerpen binnen het brede thema zoönosen vielen buiten de opdracht: antibioticaresistentie, zoönosen die via voedsel worden overgedragen (alimentaire zoönosen) en de Nederlandse zoönosenstructuur, het samenwerkingsverband tussen humane en veterinaire gezondheidsorganisaties op het gebied van zoönosen. Ook beperkte de opdracht zich tot de preventie van de eerste besmettingen van mensen en de vroege fase van een zoönotische uitbraak. Het rapport laat de maatschappelijke respons op een uitgebreide uitbraak of pandemie daarom buiten beschouwing.

De expertgroep beschikte niet over de tijd en menskracht om alle bestaande instrumenten (in Nederland en wereldwijd) in detail te beschrijven en hun bijdrage te evalueren; deze analyse en de weging beperken zich dan ook tot de hoofdlijnen. De factoren die bijdragen aan zoönotische risico's zijn zorgvuldig beschreven en op hoofdlijnen gewogen.

Tegen de achtergrond van de COVID-19 pandemie heeft de expertgroep de opdracht aangescherpt tot die zoönosen die kunnen leiden tot een uitbraak, waarbij in een (relatief) korte tijd veel mensen besmet worden.

(Landbouw)huisdieren, wilde dieren en vectoren

Een zoönose begint bij dieren. Nederland is in principe kwetsbaar voor zoönosen, omdat in sommige regio's een hoge dichtheid aan veehouderijen bestaat en het aantal dieren per bedrijf groot is. Wanneer zich een infectie-uitbraak voordoet in zo'n regio, kunnen ziektekiemen (zoönosen of dierziekten) zich makkelijk verspreiden. Er wordt dan ook van oudsher veel gedaan om dit te voorkomen. De inspanningen rond zoönosepreventie zijn versterkt na enkele ingrijpende uitbraken bij landbouwhuisdieren, met name de hoogpathogene vogelgriepuitbraak in 2003 en de Q-koorts uitbraak (2007-2010).

Ook gezelschapsdieren en hulpdieren kunnen infecties overbrengen. Er vindt minder vaak onderlinge uitwisseling van ziektekiemen plaats doordat er niet zoveel dieren op dezelfde locatie aanwezig zijn, maar daar staat tegenover dat het contact met mensen intensief is. Via van oorsprong wilde exotische dieren die als gezelschapsdier gehouden worden, kunnen nieuwe zoönotische ziekteverwekkers worden geïmporteerd.

Wereldwijd zijn ongeveer driekwart van alle opkomende zoönosen oorspronkelijk afkomstig van wilde³ dieren. Onder de wilde dieren in Nederland spelen vooral de diverse soorten vogels en knaagdieren een rol bij de verspreiding van zoönosen. Wilde vogels dragen met name ziekten over op landbouwhuisdieren. Knaagdieren kunnen ziekten als leptospirose (ziekte van Weil) en diverse virusinfecties overbrengen. Teken en bijtende insecten (muggen en knutten) zijn zogeheten vectoren – zij dragen bij sommige zoönosen de ziekteverwekkers over van dier op mens. De ziekteverwekker vermeerdert zich dan in wilde dieren of gehouden dieren. Teken kunnen de ziekte van Lyme overbrengen, en ook dodelijke aandoeningen zoals encefalitis. Muggen zijn onder meer betrokken bij de overdracht van het westnijlvirus.

¹ Samenstelling: Bijlage 6

² Kamerbrief d.d. 12-02-21 'Informeren zoönosenbeleid waaronder instelling expertgroep'

³ In het gehele rapport wordt vanwege de leesbaarheid de term 'wilde dieren' gebruikt voor die diersoorten die niet gedomesticeerd zijn. Het gaat daarbij dus ook om soorten die in nauw contact met mensen staan, zoals muizen en ratten en eveneens om sommige soorten gezelschapsdieren.

Diertransporten, reizigersverkeer, ontbossing en klimaatverandering

Zoönosen zijn van alle tijden. Zo ontstaan nieuwe influenzavirussen sinds jaar en dag in de wisselwerking tussen mensen, wilde watervogels en landbouwhuisdieren (varkens en pluimvee). Toch is de wereld nu kwetsbaarder voor zoönotische uitbraken dan vroeger, om te beginnen doordat mensen veel en ver reizen en infecties zich snel kunnen verspreiden. De hoge dichtheid van veehouderijen in Nederland en andere landen speelt eveneens een rol, ondanks de toegenomen maatregelen.

Ook andere risicofactoren zijn in de afgelopen decennia toegenomen. Levende dieren worden veel vaker en over veel langere afstanden vervoerd. Binnen Europa betreft het vooral landbouwhuisdieren, wereldwijd gaat het om uiteenlopende soorten wilde en gehouden dieren, die tijdens het transport vaak met elkaar in contact kunnen komen. Diertransporten over langere afstand zijn onwenselijk omdat ze het herkomstgebied voor potentiële infecties vergroten en het besmettingsrisico wordt versterkt als dieren van verschillende regio's en bedrijven worden gemengd. Buiten Europa is het risico met name groot op traditionele voedselmarkten waar levende dieren verhandeld worden.

Ontbossing en andere veranderingen in landgebruik kunnen aanleiding geven tot een verhoogd zoönoserisico, onder meer doordat mensen in contact komen met dieren die ziektekiemen bij zich dragen. Een verstoring van het ecologisch evenwicht kan bijvoorbeeld leiden tot de opkomst van diersoorten die zich beter handhaven in de buurt van de mens en landbouwhuisdieren, zoals knaagdieren. Deze problematiek speelt met name in landen waar nog relatief ongerepte natuur bestaat, met nog onbekende ziektekiemen. In Nederland zou een zoönoserisico kunnen ontstaan bij landschapsveranderingen zoals overstromgebieden en bij het teruggeven van gecultiveerde grond aan de natuur (*rewilding*).

De invloed van klimaatverandering op het zoönoserisico in Nederland is moeilijk te bepalen, maar het is aannemelijk dat in de komende jaren (onder meer door klimaatverandering) de populaties van diverse vectoren hier zullen groeien.

Ook kunnen door internationale handel vectoren en ziektekiemen van elders in Nederland worden geïmporteerd. Internationale reizen vormen eveneens een risicofactor. Mensen die besmet zijn met een (zoönotische) ziekteverwekker kunnen zich snel verplaatsen en ernstige infecties (opnieuw) in ons land introduceren.

One Health en 'zoönosegeletterdheid'

Twee belangrijke rode draden bij de aanpak van zoönoserisico's zijn de integrale One Health benadering en wat in dit rapport 'zoönosegeletterdheid' genoemd wordt. Bij One Health staat de integrale gezondheid van milieu, dier en mens centraal bij gezondheidsbevordering en het beperken van infectierisico's. In Nederland heeft deze benadering al geleid tot samenwerking tussen diergeneeskunde en publieke gezondheidszorg binnen de zoönosenstructuur. De samenwerking met ecologie en milieuwetenschappen en met de humane gezondheidszorg dient nog te worden uitgebouwd.

Met de introductie van de term zoönosegeletterdheid vraagt de expertgroep aandacht voor het belang dat kennis en alertheid op het gebied van zoönosen veel breder verspreid wordt. Iedereen komt in meer of mindere mate in aanraking met dieren en vectoren en iedereen draagt door gedrag en leefstijl bij aan zoönoserisico's. Zoönosegeletterdheid (naar analogie van *health literacy*, 'gezondheidsgeletterdheid') kan daarom bijdragen aan het verkleinen van zoönoserisico's. Naast algemene basiskennis die voor iedereen relevant is, wordt met deze term ook specifieke kennis bedoeld voor specifieke doelgroepen zoals eigenaren van huisdieren, veehouders of internationale reizigers. Ook is het van groot belang om diverse groepen in de samenleving, en ook bedrijven en overheden actief te betrekken bij paraatheid en preventie van zoönosen (*community engagement*) en zo ook een goede basis te leggen voor communicatie tijdens een uitbraak.

Preventie en vroegdetectie en uitbraakmanagement

De risicofactoren voor het opkomen van zoönotische uitbraken zijn verweven met de manier waarop onze maatschappij omgaat met het globale ecosysteem. Het aanpakken van deze risico's vraagt dus ook om samenhangend beleid op uiteenlopende niveaus. Sommige risico's kunnen beheerst worden op het niveau van de interactie tussen mensen, dieren en eventuele vectoren. Hygiënemaatregelen en compartimentering op landbouwbedrijven, influenzavaccinaties voor veehouders, pluimvee en varkens en maatregelen om insecten-

en tekenbeten te voorkomen bevinden zich op dat niveau. Ook het bevorderen van de algemene gezondheidstoestand van mens, dier en milieu draagt bij aan zoönosepreventie.

Andere maatregelen richten zich op grootschaligere risicofactoren. In sommige regio's in Nederland kan het zoönoserisico worden teruggedrongen door de dichtheid van bedrijven en het aantal aanwezige dieren te verlagen, waardoor de kans op verspreiding tussen bedrijven wordt gereduceerd. Daarnaast is een bredere kijk nodig, waarin bijvoorbeeld internationale dierenhandel wordt verminderd en de impact van Nederlands beleid op ecosystemen elders aandacht krijgt.

Voor tijdige detectie van een eventuele uitbraak is informatie-uitwisseling en samenwerking tussen diergeneeskunde en (openbare) gezondheidszorg cruciaal. Er is betere afstemming nodig tussen de verschillende informatiesystemen en een (meer) systematische microbiologische diagnostiek van infecties bij mens en dier. De uitwisselbaarheid van data tussen verschillende instituten is essentieel om de surveillance aan de humane kant te verbeteren, zodat een potentiële uitbraak tijdig ontdekt wordt. Gegevens over aantallen ernstige luchtweginfecties en infecties van de hersenen dienen voortdurend op landelijk niveau per regio beschikbaar te zijn. Er moet dan ook gezocht worden naar mogelijkheden om dit te realiseren, om te beginnen voor data uit zorginstellingen en in tweede instantie voor data uit de huisartsenpraktijk (eerste lijn). Bij zulke (technische) oplossingen is aandacht voor privacy uiteraard van groot belang, waarbij het in geval van een uitbraak mogelijk moet zijn om toch snel te beschikken over de noodzakelijke gegevens voor bron- en contactonderzoek.

Paraatheid

De COVID-19 pandemie heeft laten zien hoe belangrijk goede voorbereidingen en paraatheid (*pandemic preparedness*) zijn. Het gaat dan bijvoorbeeld om data-uitwisseling en communicatie, opschaalbaarheid van diagnostiek en zorg en een stevige wetenschappelijke basis voor diagnostiek- en vaccinontwikkeling voor mens en dier.

Nederland beschikt over een modulair Generiek Draaiboek Infectieziektebestrijding en daarnaast over draaiboeken en richtlijnen van onder meer de Landelijke Coördinatie Infectieziekten (LCI) van het RIVM. Ook zijn er in de afgelopen 20 jaar draaiboeken ontwikkeld voor een mogelijke influenzapandemie. Er zou op grond hiervan een overkoepelend nationaal plan voor paraatheid en respons (Pandemic Preparedness & Response Plan) ontwikkeld moeten worden, waarbij eventuele tegenstrijdigheden gesignaleerd en opgelost kunnen worden. De basis voor zo'n plan is een zorgvuldige evaluatie van de COVID-19 pandemie, maar ook van eerdere uitbraken en pandemieën (diverse influenza pandemieën SARS, MERS, Q-koorts, zikakoorts etc.), rekening houdend met een onbekende ziekteverwekker (Disease X).

Internationale afstemming

Nederland is kwetsbaar voor uitbraken die in het buitenland ontstaan. Die kwetsbaarheid komt door de grote hoeveelheid handel en doorvoer van goederen, en het vele internationale reizigersverkeer. Als leverancier van internationale diensten staat Nederland wijd open voor ziekteverwekkers van elders. Dat onderstreept het belang van internationale samenwerking binnen Europa (o.a. Europees Centrum voor ziektepreventie en -bestrijding ECDC en de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid EFSA) en met mondiale organisaties die werken vanuit het One Health perspectief zoals de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), de Voedsel- en Landbouworganisatie (FAO), de Wereldorganisatie voor Diergezondheid (OIE) en het VN Milieuprogramma (UNEP).

In internationaal verband dient gewerkt te worden aan beperkingen en betere controle van internationale (wilde)dierenhandel en internationale afspraken om markten met levende dieren sterk terug te dringen, rekening houdend met lokale culturen en voedingssituaties. En dan zijn er nog veranderingen op wereldschaal, zoals het ombuigen van de groeiende behoefte aan dierlijke producten, die op de langere termijn de kans op opkomende zoönosen kunnen reduceren.

Nederland kan met expertise en op andere manieren de internationale aanpak van zoönosen ondersteunen en mede vormgeven. De onderhandelingen voor een internationaal verdrag rond pandemieën ("*Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness*") bieden hiervoor een belangrijk aanknopingspunt. Recente evaluaties van de mondiale respons op de COVID-19 pandemie, onder meer in het kader van de International Health Regulations (IHR) bieden belangrijke aanknopingspunten voor verbeteringen, zowel binnen Nederland als

daarbuiten. Het versterken van de informatie-infrastructuur en het ontwikkelen van een *Pandemic Preparedness & Response Plan* zijn daarvan belangrijke voorbeelden.

Weging risicofactoren en maatregelen

Gedurende het gehele proces, en in twee speciaal belegde bijeenkomsten, heeft de expertgroep de diverse risicofactoren en maatregelen gewogen. Om te beginnen werd vastgesteld dat een zekere mate van onvoorspelbaarheid inherent is aan opkomende infecties, zeker wanneer sprake is van een onbekende ziekteverwekker (Disease X). Wel kan gesteld worden dat in absolute zin de kans veel groter is dat de volgende grote uitbraak buiten Nederland ontstaat dan binnen Nederland. Dat betekent dat Nederland met internationale organisaties moet samenwerken, vanuit een One Health benadering, aan het terugdringen van zoönoserisico's. Zo zijn het internationale transport van (wilde) dieren en markten met levende dieren in het buitenland belangrijke risicofactoren, naast uiteraard het internationale reizigersverkeer.

Zowel binnen Nederland als daarbuiten is contact tussen wilde dieren en landbouwhuisdieren een belangrijke risicofactor. Verspreiding tussen veehouderijen in gebieden met een grote dichtheid van zulke bedrijven is een andere risicofactor van belang.

Van sommige factoren zoals bijvoorbeeld veranderd landgebruik en biodiversiteit moet worden vastgesteld dat hun bijdrage aan het zoönoserisico moeilijk in te schatten is, aangezien het gaat om niet-lineaire verbanden.

Wat betreft de maatregelen bepleit de expertgroep in het algemeen een verdere versterking van de One Health benadering, onder meer in de opleiding van dierenartsen en (humane) gezondheidsprofessionals en door meer aandacht voor de milieuaspecten. Ook wordt wenselijkheid van 'zoönosegeletterdheid' (zie boven) benadrukt.

Specifieker wordt benoemd dat vroegdetectie van zoönotische besmettingen bij dieren, vectoren en mensen meer prioriteit dient te krijgen. Daartoe moet de gegevensuitwisseling tussen de verschillende compartimenten (milieubeheer, veterinaire, huisarts, ziekenhuis, openbare gezondheidszorg) sterk worden verbeterd. Nederland dient zich internationaal sterk te maken voor zoönosepreventie, onder meer door het terugdringen van de legale en illegale handel in wilde dieren.

Kernaanbevelingen

Elk hoofdstuk van dit rapport wordt voorafgegaan door een samenvatting en enkele aanbevelingen die volgen uit de inhoud van dat hoofdstuk. In deze samenvatting worden de kernaanbevelingen genoemd, die het meeste gewicht in de schaal leggen. Deze kernaanbevelingen zijn voor de overzichtelijkheid ondergebracht in rubrieken, in een volgorde die overeenkomt met de opbouw van dit rapport.

Algemeen

1. Versterk vanuit een **One Health benadering** de gezondheid van dieren en het milieu en de algemene gezondheidstoestand van mensen (aansluitend bij de missies in het binnen het thema Gezondheid en Zorg van het missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid).
2. Ontwikkel doelgroepgerichte en wetenschappelijk onderbouwde **zoönosegeletterdheid**, met inachtneming van de juiste balans tussen zoönoserisico en intensiteit van de voorlichting. Voer hiertoe eerst een verkenning uit van de verschillende relevante doelgroepen (bijvoorbeeld veehouders, eigenaren van gezelschapsdieren, internationale reizigers, specifieke beroepsgroepen, etc.).
3. Ontwikkel op grond van bestaande draaiboeken en richtlijnen een omvattend **nationaal plan voor paraatheid en respons** (Pandemic Preparedness & Response Plan), gebruikmakend van de lessen uit diverse uitbraken en pandemieën het verleden (waaronder COVID-19) en houd daarbij ook rekening met de mogelijkheid dat landbouwhuisdieren, gezelschapsdieren of wilde dieren en eventueel vectoren een rol (blijven) spelen bij de vermeerdering en verspreiding van de ziekteverwekker.
4. Zorg dat Nederland tijdig **inspeelt op internationale ontwikkelingen** samenhangend met de recente WHO International Health Regulations (IHR) evaluatie van de COVID-19 pandemie, het recente rapport van de Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response (IPPPR) en de totstandkoming van een internationale "Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness".
5. Maak preventie en paraatheid op het gebied van zoönosen een **speerpunt van de internationale samenwerking** waarin Nederland het voortouw neemt op die terreinen waar ons land specifieke kennis en expertise heeft, om internationaal het zoönoserisico te reduceren;

Landbouwhuisdieren

6. Verminder in de komende jaren samen met lokale overheden, vanuit de One Health benadering en met inachtneming van de EU wetgeving **de dichtheid van veehouderijen en de aantallen dieren op de bedrijven** tot een niveau waarbij efficiënte overdracht (transmissie) van zoönotische ziektekiemen tussen bedrijven wordt verhinderd. Efficiënte overdracht is gedefinieerd als de situatie waarbij een geïnfecteerd bedrijf gemiddeld meer dan 1 ander bedrijf besmet (de reproductie ratio tussen bedrijven $R_h > 1$), wat resulteert in een grote uitbraak.
7. Ontwikkel en implementeer op korte termijn een jaarlijkse onafhankelijke **zoönose risico/bioveiligheidscheck** voor commerciële veehouderijen en veehouderijen met een publieksfunctie, aansluitend bij bestaande kwaliteitssystemen en keurmerken op het gebied van diergezondheid en dierenwelzijn. Voor pluimveehouderijen bevat de check maatregelen die een aannemelijke risicovermindering opleveren wat betreft het contact met wilde vogels en bij varkensbedrijven maatregelen ter voorkoming van persistente circulatie van zoönotische ziektekiemen als varkensinfluenza.
8. Analyseer het zoönoserisico bij **de opkomst van nieuwe dierhouderijsectoren** (bv insectenhouderij of aquacultuur), bij **snelle uitbreiding** bestaande dierhouderijen (zoals melkgeitenhouderij) en bij **nieuwe ontwikkelingen** in de veehouderij (bijvoorbeeld circulaire landbouw), zodat hiermee rekening gehouden kan worden in het beleid van LNV en lokale overheden.

Gezelschapsdieren

9. Stel een lijst vast van alle diersoorten die als gezelschapsdieren gehouden mogen worden (**positieflijst**), rekening houdend met het zoönoserisico naast andere relevante aspecten zoals dierenwelzijn en bedreigde diersoorten. Daarbij moet voldoende rekening worden gehouden met de juridische barrières waardoor een eerdere positieflijst niet kon worden ingevoerd.

Wilde dieren

10. Realiseer systematische en zo volledig mogelijke **monitoring van wilde dieren** in Nederland (met name ook vogels en knaagdieren) om zo compleet mogelijk zicht te hebben op hun **populaties** en de (zoönotische) **ziektekiemen** waarmee zij besmet zijn. Voer altijd gericht onderzoek uit bij signalen die duiden op een toenemende kans op zoönosen.

Vectoren

11. Garandeer een **structurele systematische monitoring van de populaties en besmettingsgraad van vectoren**, niet alleen de exoten maar ook de inheemse soorten, om de effecten van lange termijn veranderingen zoals klimaatverandering in kaart te kunnen brengen.

Vaccinatie

12. Stimuleer het beschikbaar komen en de internationale acceptatie van effectieve **vaccins in de veehouderij** voor zoönotische ziekteverwekkers en vaccineer bij voorkeur met DIVA-vaccins ('Differentiating Infected from Vaccinated Animals'), naast voortgaande investeringen in screening en bioveiligheid.
13. Bied het jaarlijkse **influenzavaccin** aan voor alle veehouders en anderen die regelmatig **in contact komen met pluimvee, wilde vogels of varkens**. Betrek al deze betrokkenen en geef heldere voorlichting over het risico dat mensen en dieren elkaar besmetten met influenzavirussen en dat verschillende influenzavirussen in de mens of in het dier genen kunnen uitwisselen en zo een gevaarlijke nieuwe variant vormen.

Surveillance

14. Geef opdracht voor een project dat een **sluitend geautomatiseerd rapportagesysteem** opzet voor ziekenhuisopnamen op grond van diagnoses/klachten die kunnen samenhangen met zoönosen, zoals ernstige luchtweginfecties (Severe Acute Respiratory Infections, SARI) en hersenontsteking (encefalitis).
15. Organiseer in de komende jaren **gerichte infectiesurveillance bij mensen**, met meer en uitgebreidere microbiologische diagnostiek, om te beginnen in (alle) ziekenhuizen, steekproefsgewijs en op indicatie, en later in de eerste lijn. Financier deze diagnostiek uit landelijke publieke middelen, niet via de Zorgverzekeringswet.

16. Versterk in de komende jaren **het surveillanceprogramma in de eerste lijn** door uitbreiding van het aantal NIVEL-peilstations en het aantal syndromen dat gerapporteerd wordt, bij voorkeur geautomatiseerd en dagelijks. Streef ernaar dat op termijn alle huisartspraktijken geautomatiseerd rapporteren over syndromen die mogelijk wijzen op een zoonose.

Wetgeving

17. Onderzoek (mede aan de hand van evaluaties van de COVID-19 pandemie) welke praktische **beperkingen** in de surveillance en uitbraakmanagement ontstaan **door privacywetgeving** (AVG e.a.) en ontwikkel breed gedragen oplossingen, voortbouwend op de oplossingen die in de pandemie ontwikkeld zijn.
18. Inventariseer de **belangrijkste juridische knelpunten in de gegevensuitwisseling** tussen veterinaire en humane gezondheidszorg (Wet Dieren, Wet Publieke Gezondheid, AVG) en werk in de komende jaren toe naar een verdere harmonisatie tussen de genoemde wetten. Overweeg op termijn de invoering van een overkoepelende 'One Health' wet.

Internationale afstemming

19. Stimuleer het **internationale onderzoek** naar populaties van wilde dieren en de ziektekiemen die zij bij zich dragen.
20. Werk internationaal aan het terugdringen en beter reguleren van het **transport** van levende (wilde) dieren en aan het uitbannen van **markten met levende dieren**.
21. Besteed in internationale afspraken (IHR, Pandemic Prevention and Preparedness verdrag) aandacht aan het belang van **snelle uitwisseling van monsters en sequenties** op een manier die recht doet aan de geest van het Nagoya verdrag, maar ook voorkomt dat de volksgezondheid van een land lijdt onder politieke of economische afwegingen.
22. Ontwikkel samen met internationale organisaties een **positieflijst van diersoorten die internationaal getransporteerd** mogen worden, rekening houdend met het zoonoserisico en andere aspecten zoals dierenwelzijn en uitstervende diersoorten.
23. Werk samen met Europese organisaties toe naar een **reductie van het transport van levende landbouwhuisdieren** om het risico op verspreiding van (nog) niet gereguleerde opkomende zoonosen te verminderen. Het is vooral van belang te vermijden dat dieren uit verschillende bedrijven en verschillende landen op bedrijven worden gemengd en met elkaar in contact komen. Het terugdringen van diertransporten over lange afstanden beperkt het herkomstgebied van nieuwe zoonotische ziektekiemen.

Summary

Introduction

Now that COVID-19 appears to be receding in the Netherlands, it is time to consider how to reduce the likelihood that another pathogen with the potential to cause a pandemic will make the leap from animal to human in the future. This report examines the various aspects of zoonotic diseases, the animals concerned (hosts and vectors), risk factors caused by human activity and the measures needed for prevention, early detection and initial response to a zoonotic outbreak.

The report has been drawn up by the expert group on zoonoses chaired by Henk Bekedam, a medical doctor and former WHO Representative in China, Egypt and India.⁴ The expert group was established by the Minister for Medical Care and Sport and the Minister of Agriculture, Nature and Food Quality to advise on the emergence, spread and severity of zoonotic diseases, and measures that could be taken against them⁵. Three topics within the broad subject area of zoonoses did not fall within its remit: antibiotic resistance, food-borne zoonotic diseases and the Dutch zoonotic disease structure, the partnership between human and veterinary health organisations in respect of zoonotic diseases. The study was also to be limited to prevention of initial infections in humans and the earliest phase of a zoonotic disease outbreak. The report does not therefore consider society's response to a widespread outbreak or pandemic.

The expert group had neither the time nor the manpower to describe all existing instruments (in the Netherlands and globally) in detail and evaluate their contribution. They are therefore analysed and weighted only in broad terms. The factors that contribute to zoonotic risk have been carefully described and weighted in broad terms.

Working in the context of the COVID-19 pandemic, the expert group focused its efforts on zoonotic diseases that can lead to outbreaks which infect many people in a relatively short time.

Domesticated animals, wild animals and vectors

A zoonotic disease begins in animals. The Netherlands is vulnerable to such diseases because some regions of the country have a high density of livestock farms, with a large number of animals on each farm. Pathogens causing zoonoses or animal infections can spread easily if an outbreak of infectious disease occurs in such a region. Measures have therefore long been taken in order to prevent such outbreaks. Efforts to prevent zoonotic diseases were stepped up after a number of traumatic outbreaks among farm animals, particularly the highly pathogenic avian influenza outbreak in 2003 and the Q fever outbreak in 2007-2010.

Pets and assistance animals can also transmit infections. Exchange of pathogens occurs less frequently because there are not so many animals present at one location. However, these animals are in very close contact with humans. New zoonotic pathogens can be imported in wild exotic animals kept as pets.

Globally, some three-quarters of all emerging zoonoses originally come from wild animals⁶. Among wild animals in the Netherlands, various species of bird and rodent play a role in spreading zoonotic diseases. Wild birds play a role in passing on diseases to farm animals, in particular. Rodents can transmit diseases like leptospirosis (Weil's disease) and various viral infections. Ticks and biting insects (mosquitoes and midges) are vectors transmitting to humans the pathogens that cause some zoonotic diseases. The pathogen multiplies in wild animals or domesticated animals. Ticks can spread Lyme disease and fatal conditions like encephalitis. Mosquitoes transmit a range of diseases, including West Nile virus.

⁴ Members: Appendix 6

⁵ Letter to Parliament of 12-02-21 informing the House of policy on zoonotic diseases, including the establishment of an expert group.

⁶ In the interests of readability, the report uses the term 'wild animals' throughout to refer to species of animal that are not domesticated. It therefore also includes species that have a lot of contact with humans, such as mice and rats, and some species kept as pets.

Transportation of animals, travel, deforestation and climate change

There have always been zoonotic diseases. New influenza viruses have emerged in interactions between humans, wild waterfowl and farm animals (pigs and poultry). Yet the world is now more vulnerable to outbreaks of zoonotic disease than it used to be, firstly because people travel far and frequently, and infections can thus spread quickly. High densities of livestock farms in the Netherlands and other countries also play a role, despite an increase in safety measures.

Other risk factors have also increased in recent decades. Live animals are transported much more often, and over much longer distances. In Europe, this applies mainly to farm animals, but on a global scale it also includes a wide range of different species of wild and domesticated animals, which can often come into contact with each other when transported. Animal transportation over longer distances is undesirable because it expands the regions of origin of potential infections and the risk of infection is increased when animals from different regions and farms mix. Outside Europe, there is a particularly high risk at traditional food markets where live animals are traded (known as wet markets).

Deforestation and other changes in land use can increase zoonotic risk, for instance when they cause people to come into contact with animals that carry pathogens. A disruption in the ecological balance can for example increase the population of species that are better adapted to living close to humans and livestock, such as rodents. This is a particular issue in countries which still have fairly unspoiled wildlife habitats where as yet unknown pathogens exist. In the Netherlands, zoonotic risk might occur as a result of landscape changes such as flood water retention areas, and the rewilding of cultivated land.

The impact of climate change on zoonotic risk in the Netherlands is difficult to determine, but it is likely that it will be a factor in the expansion of populations of various vectors here over the coming years.

Vectors and pathogens may be imported into the Netherlands through international trade, and international travel is also a risk factor. People infected with zoonotic pathogens can travel quickly over long distances and introduce or reintroduce severe infections to the Netherlands.

One Health and 'zoonotic literacy'

Two important common threads in the approach to tackling zoonotic risks are the integrated One Health approach, and what this report terms 'zoonotic literacy'. By promoting health and limiting the risk of (infectious) diseases, One Health focuses on the integrated health of the environment, animals and humans. In the Netherlands, this approach has already led to collaboration between veterinary science and public healthcare within the zoonotic disease structure. Collaboration with ecologists and environmental scientists and with human healthcare requires further expansion.

By introducing the term 'zoonotic literacy', the expert group hopes to highlight the need to spread knowledge of and alertness to zoonotic disease much more widely. Everyone has contact with animals and vectors to some extent or other, and everybody contributes to zoonotic risks through their behaviour and lifestyle. Zoonotic literacy (by analogy with health literacy) can therefore help reduce zoonotic risk. Besides general knowledge that is relevant to everyone, the term also refers to specific knowledge intended for certain groups, such as pet owners, livestock farmers and international travellers. It is also very important that various groups in society, as well as companies and public authorities, be actively involved in preparedness for and prevention of zoonotic disease (community engagement), which also helps create a good basis for communication in times of an outbreak.

Prevention and early detection and outbreak management

The risk factors for emerging zoonotic outbreaks are closely connected with the way in which our society approaches the global ecosystem. It will therefore require coherent policy at various levels to tackle these risks. Some can be managed at the level of interaction between people, animals and possible vectors. Hygiene measures and compartmentalisation on farms, influenza vaccinations for cattle, poultry and pig farmers and measures to prevent insect and tick bites are examples of action at this level. Promoting general good health in humans, animals and the environment also helps prevent zoonotic disease.

Other measures focus on risk factors at a larger scale. In some regions of the Netherlands zoonotic risk can be reduced by lowering the density of farms and the number of animals, thereby reducing the risk of spread from one farm to another. It is also important to take a broader view, reducing the international trade in animals, for example, and considering the impact of Dutch policy on ecosystems in other parts of the world.

Information exchange and collaboration between veterinary services and public healthcare services are vital for early detection of any outbreaks. Better coordination is needed between the different information systems, as well as more systematic microbiological diagnosis of infections in humans and animals. Data must be exchangeable between different institutes, in order to improve surveillance on the human side, so that any potential outbreaks are discovered in time. Regional data on the incidence of severe respiratory infections and cerebral infections must be available at national level. Opportunities to make this information available must be sought, starting with data from healthcare institutions and, secondly, from GP practices (primary care). With these technical solutions attention for privacy is of great importance while in case of an outbreak quick access to necessary data for testing and trace is vital.

Preparedness

The COVID-19 pandemic has shown how important good pandemic preparedness is. This requires data exchange and communication, scalability of diagnosis and care, and a firm scientific base for the development of diagnostics and vaccines for humans and animals.

The Netherlands has a modular Generic Roadmap for Combating Infectious Disease developed by the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). Roadmaps have also been developed over the past 20 years for a potential influenza pandemic. An overarching national Pandemic Preparedness & Response Plan could be developed on this basis, and possible contradictions could be identified and resolved. An evaluation of the COVID-19 pandemic would provide the basis for such a plan, as could previous outbreaks and pandemics (several influenza pandemics, SARS, MERS, Q fever, Zika fever etc.), with due consideration of an unknown pathogen (Disease X).

International coordination

The Netherlands is vulnerable to outbreaks originating in other countries. This vulnerability is a result of the large amount of trade and transit in goods, and large volumes of international passenger transport in this country. As a supplier of international services, the Netherlands is wide open to pathogens brought in from elsewhere. This highlights the importance of international collaboration within Europe (e.g. at the European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC, and the European Food Safety Authority, EFSA) and with global organisations that work on the basis of the One Health principle, such as the World Health Organization (WHO), the Food and Agriculture Organization (FAO), the World Organisation for Animal Health (OIE) and the UN Environment Programme (UNEP).

Work is needed at international level to restrict and better monitor the international trade in wild animals, and for international agreements to sharply reduce the number of markets selling live animals, taking account of local culture and food situations. And of course changes are also needed at a global level, such as efforts to reverse the growing demand for animal products, which in the longer term could reduce the likelihood that zoonotic diseases will emerge.

The Netherlands can support and help shape the international approach to zoonotic diseases through its expertise, and by other means. Talks on an international Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness will provide an important opportunity for it to do so. Recent evaluations of the global response to the COVID-19 pandemic, including in the context of the International Health Regulations (IHR), highlight important potential for improvement, both in the Netherlands and elsewhere. Strengthening the information infrastructure and development of a Pandemic Preparedness & Response Plan are two important examples.

Weighing up risk factors and measures

Throughout the process, and at two specially convened meetings, the expert group has sought to weigh up the various risk factors and measures. To start with, it determined that a certain degree of unpredictability is inherent in emerging infections, particularly when an unknown pathogen is involved (Disease X).

It can however be concluded that, in absolute terms, the likelihood is much greater that the next major outbreak will start outside the Netherlands than in the Netherlands. This means that the Netherlands must work with international organisations, taking a One Health approach, to reduce zoonotic risk. The international transportation of animals (wild and domesticated) and wet markets in other countries are for example great risk factors, alongside international travel.

Contact between wild animals and domesticated animals is also a key risk factor, both in the Netherlands and in other countries. Transmission between farms in regions with high densities of livestock farms is another important risk factor.

The contribution to zoonotic risk of certain factors such as changes in land use and biodiversity is difficult to estimate, as the associations are non-linear.

As regards measures, the expert group calls in general for further strengthening of the One Health approach, including in veterinary training and medical training, and for more attention to be given to environmental aspects. It also believes it is desirable to emphasise the concept of 'zoonotic literacy' (see above).

More specifically, it urges that early detection of zoonotic infections in animals, vectors and humans be given more priority. To this end, data exchange between different departments and institutions (environmental management, veterinary medicine, GPs, hospitals, public health) requires major improvement. The Netherlands should lobby internationally for zoonotic prevention, including curbs on the legal and illegal trade in wild animals.

Core recommendations

Each chapter of the report is preceded by a summary and a number of recommendations based on the content of that chapter. This summary lists the core recommendations that are considered most important. In the interests of readability, they have been categorized and appear in the same order as in the report.

General

1. Improve the health of animals and the environment and people's general state of health (in line with the missions set out under the Health and Care theme of mission-driven top sector and innovation policy) on the basis of a **One Health approach**.
2. Develop science-based **zoonotic literacy** campaigns tailored to specific target groups, striking the correct balance between zoonotic risk and the intensity of the information campaign. Identify the various target groups (e.g. livestock farmers, pet owners, international travellers, specific professions etc.) beforehand.
3. Develop a comprehensive **Pandemic Preparedness & Response Plan** on the basis of existing roadmaps and guidelines, using the lessons learnt from various past outbreaks and pandemics (including COVID-19), taking account of the possibility that farm animals, pets or wild animals and perhaps vectors may play a role in the multiplication and spread of the pathogen.
4. Ensure a timely Dutch **response to international developments** based on the recent WHO International Health Regulations (IHR) evaluation of the COVID-19 pandemic, the recent report by the Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response (IPPPR) and the agreement of an international Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness.
5. Make prevention and preparedness related to zoonotic disease a **focus of international collaboration**, with the Netherlands taking the lead in areas in which it has specific knowledge and expertise, in order to reduce global zoonotic risk.

Farm animals

6. Work with local authorities over the coming years, taking a One Health approach and in compliance with EU legislation to **reduce the density of livestock farms and the number of animals on farms** to a level that prevents efficient transmission of zoonotic pathogens between farms. Efficient transmission is defined as a situation in which an infected farm infects an average of one other farm (the reproduction rate between farms is $R_h > 1$), resulting in a large outbreak.

7. Develop and implement in the near future independent annual **zoonotic risk/biosecurity checks** for commercial livestock farms and livestock farms with a public role, in line with existing quality systems and labels for animal health and welfare. On poultry farms the check should cover measures to prevent contact with wild birds and on pig farms measures to prevent persistent circulation of zoonotic pathogens such as swine flu.
8. Analyse the zoonotic risk of the **emergence of new livestock sectors** (e.g. insect farming or aquaculture), **rapid expansion** of existing livestock farming (such as dairy goats) and of **new developments** in livestock farming (e.g. circular farming), so that they can be considered in Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality and local authority policy.

Pets

9. Compile a list of all species of animal that may be kept as pets (**Positive List**), taking into account the zoonotic risk, as well as other relevant factors such as animal welfare and endangered species. Sufficient consideration must be given to the legal barriers that have prevented a Positive List from being introduced in the past.

Wild animals

10. Ensure systematic and comprehensive **monitoring of wild animals** in the Netherlands (particularly birds and rodents) to obtain as complete a picture as possible of their **populations** and the **pathogens** (zoonotic or otherwise) infecting them. Always perform targeted studies when there are indications of an increased risk of zoonotic disease.

Vectors

11. Guarantee the **structural systematic monitoring of the populations and infection level of vectors**, not only exotic species but also native species, to identify the impact of long-term changes such as climate change.

Vaccinations

12. Promote the availability and international acceptance of effective **livestock vaccines** for zoonotic pathogens, preferably DIVA vaccines ('Differentiating Infected from Vaccinated Animals'), in addition to continued investment in screening and biosecurity.
13. Offer an annual **influenza vaccine** to all livestock farmers and others who regularly come into **contact with poultry, wild birds or pigs**. Involve all concerned, and provide clear information about the risk that people and animals might infect each other with influenza viruses and that different influenza viruses might exchange genes in humans or animals, thus creating dangerous new variants.

Surveillance

14. Commission a project to establish a **comprehensive, automated reporting system** for hospital admissions on the basis of diagnosis/symptoms that might be associated with zoonotic diseases, such as severe respiratory tract infections (Severe Acute Respiratory tract Infections, SARI) and encephalitis.
15. Over the next few years, organise **targeted infection surveillance in humans**, with more, and more extensive, microbiological diagnostics, starting in all hospitals, on the basis of both random sampling and indication, and later expanding to primary healthcare. Fund these diagnostics from the national public purse, not from Health Insurance Act funding.
16. Over the coming years, strengthen the **surveillance programme in primary healthcare** by expanding the number of Netherlands Institute for Health Services Research (NIVEL) monitoring stations and the number of syndromes reported, with reporting preferably online and daily. Aim in due course for all GP practices to provide automated reporting of syndromes that might indicate zoonotic disease.

Legislation

17. Investigate (using evaluations of the COVID-19 pandemic, among other sources) what practical **limitations** on surveillance and outbreak management arise from **privacy legislation** (GDPR) and develop solutions that enjoy broad support, building on the solutions developed during the pandemic.
18. Identify the **main legal obstacles to data exchange** between veterinary and human healthcare (Animals Act, Public Health Act, GDPR) and work over the coming years towards further harmonisation in this legislation. Consider in due course the introduction of comprehensive 'One Health' legislation.

International coordination

19. Promote **international research** into populations of wild animals and the pathogens they carry.
20. Undertake international efforts to reduce and better regulate the **transportation** of live animals (wild and domesticated) and to ban **wet markets**.
21. Consider when negotiating international agreements (IHR, Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness) the importance of **rapid sharing of samples and sequences** in a manner that is in the spirit of the Nagoya Protocol but which also prevents political or economic considerations harming public health of a country.
22. Work with international organisations to develop a **Positive List** of animal species that may be **transported internationally**, taking account of the zoonotic risk and other considerations such as animal welfare and endangered species.
23. Work with European organisations to bring about a **reduction in the transportation of live farm animals** to reduce the risk of spreading as yet unregulated emerging zoonotic diseases. It is particularly important to stop animals from different farms and different countries mixing on farms and coming into contact with each other. Reducing the transportation of animals over long distances will limit area of origin of new zoonotic pathogens.

I. Inleiding

Door de COVID-19 pandemie bestaat er een toegenomen belangstelling voor infectieziekten, met name ook infecties die afkomstig zijn van dieren (zoönosen). Terwijl deze pandemie nog geenszins bedwongen is, wordt nu al nationaal en internationaal nagedacht over de vraag hoe een herhaling van een dergelijke catastrofe voorkomen zou kunnen worden. In dat kader stelde de Nederlandse regering, in het bijzonder de departementen van VWS en LNV, een expertgroep zoönosen in. Dit is het rapport van deze expertgroep.

De opdracht

De maatschappelijke urgentie van het onderwerp zoönosen is in belangrijke mate bepaald door de COVID-19 pandemie. Zowel de betrokken ministers als de Tweede Kamer hebben dit bij herhaling uitgesproken. De ministers hebben de Kamer geïnformeerd, onder meer naar aanleiding van de uitbraak van SARS-CoV-2 bij nertsen (Kamerbrief dd. 31-12-2020). In de Kamerbrief van 12 februari 2021 werd uitgebreid ingegaan op de bestaande zoönosenstructuur, die nader zal worden geëvalueerd. In dezelfde brief werd bericht over de instelling van de expertgroep naar aanleiding van twee Kamermoties en de opdracht expertgroep zoönosen (zie bijlage I.1 opdrachtbrief). Samengevat luidt deze dat de expertgroep zich zou moeten richten op (maatregelen tegen) het ontstaan, de verspreiding en de ernst van zoönosen (zie verder kadertekst).

Vragen aan de expertgroep

In de brief aan de Tweede Kamer van 12 februari 2021 (zie bijlage I.1) benoemen de ministers van Medische Zorg en Sport en van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de volgende vragen aan de expertgroep:

- Welke factoren beïnvloeden het ontstaan, de verspreiding en de ernst van zoönosen, zowel binnen Nederland als in de rest van de wereld en zowel met betrekking tot gehouden als wilde dieren?
- Maak een kwalitatieve weging van de bijdrage van deze factoren.
- Welke strategieën/instrumenten verkleinen de kans op het ontstaan, verspreiden of verminderen de ernst van zoönosen?
- Maak een kwalitatieve weging van de bijdrage van deze instrumenten aan het verkleinen van de kans op het ontstaan en verspreiden van zoönosen. De focus hierbij ligt op zoönosen, we verwachten van deze expertgroep geen gedetailleerde maatschappelijke en economische weging.
- Geef aan op welke manier deze instrumenten in Nederland en wereldwijd worden ingezet en welke mogelijke verbeterpunten er zijn.
- Voor de beantwoording van deze vragen kunt u de volgende onderwerpen aanhouden: 1. belangrijkste bestaande en potentiële opkomende zoönosen, 2. Ontstaan van zoönotische eigenschappen van ziektekiemen, 3. Verspreiding zoönotische ziektekiemen binnen een diersoort, 4. Spillover van zoönotische ziektekiemen naar andere diersoorten, 5. Spillover van zoönotische ziektekiemen naar mensen en 6. Mogelijke strategieën/instrumenten om bovengenoemde risico's van zoönosen in Nederland en wereldwijd te verkleinen.
- Bij de opdracht hoeft de werking van de gezamenlijke crisisstructuur van VWS en LNV (onderdeel van de zoönosestructuur) niet te worden betrokken. Deze wordt separaat beoordeeld in de evaluatie van de bestrijding van SARS-CoV-2 bij nertsen.
- In verband met de lopende evaluaties van de International Health Regulations van de Wereldgezondheidsorganisatie, waar zoönosen een element van zijn, is het zinvol dat de expertgroep de aanbevelingen van deze evaluaties meeneemt in de beantwoording van huidige opdracht.
- De scope van de expertgroep beperkt zich tot de zogenaamde "contact zoönosen" (zoönosen die zich verspreiden en kunnen worden overgedragen via direct of indirect contact met dieren).
- De expertgroep kan bij het uitvoeren van deze opdracht diverse (overheid)organisaties die betrokken zijn bij dit onderwerp voor de beantwoording van bovenstaande vragen consulteren, evenals betrokken internationale organisaties, zoals de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), de Wereldorganisatie voor Diergezondheid (OIE) en de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO).

Een aantal aspecten van het brede thema 'zoönosen' valt buiten de opdracht. Zo zal geen aandacht worden besteed aan de overdracht van ziekten via voeding (alimentaire zoönosen) en evenmin aan de problematiek van antimicrobiële resistentie en de rol van dieren daarbij. De Nederlandse zoönosenstructuur zal worden genoemd waar deze relevant is voor het signaleren en aanpakken van uitbraken, maar een uitgebreide analyse van deze structuur valt eveneens buiten de opdracht, omdat deze al in een ander traject centraal staat.

Ook beperkte de opdracht zich tot de preventie van de eerste besmettingen van mensen en de vroege fase van een zoönotische uitbraak. Het rapport laat de maatschappelijke respons op een uitgebreide uitbraak of pandemie daarom buiten beschouwing.

De expertgroep beschikte niet over de tijd en menskracht om alle bestaande instrumenten (in Nederland en wereldwijd) in detail te beschrijven en hun bijdrage te evalueren; deze analyse en de weging beperken zich dan ook tot de hoofdlijnen. De factoren die bijdragen aan zoönotische risico's zijn zorgvuldig beschreven en op hoofdlijnen gewogen.

Nederlands perspectief

In dit rapport ligt de nadruk op Nederland en de mogelijkheden van de Nederlandse overheid en de Nederlandse samenleving om een uitbraak van een zoönose te voorkomen. Nederland kan worden beschouwd als een potentiële hotspot voor zoönotische uitbraken(1). We wonen met veel dieren en mensen op een klein oppervlak en een hoge graad van verstedelijking. Infecties kunnen zich daardoor snel verspreiden. Daarnaast heeft Nederland veel reis- en dierbewegingen doordat het een exportland is van agrarische producten, een handelsland en een doorvoerland. De preventie, vroegdetectie en aanpak van zoönosen heeft dan ook een hoge beleidsprioriteit. In deze context is het enigszins kunstmatig om de alimentaire zoönosen buiten beschouwing te laten. De expertgroep heeft zich neergelegd bij deze beperking, maar tekent wel aan dat gezien de impact op de volksgezondheid ook systematisch gekeken zou moeten worden naar deze infecties die via voeding worden overgedragen.

De ervaringen van de afgelopen decennia hebben laten zien dat uitbraken van dierziekten en zoönosen inderdaad met enige regelmaat voorkomen in Nederland. In 2003 werden bijna 90 mensen ziek door het H7N7 influenzavirus (vogelgriep) dat aanwezig bleek te zijn in meer dan 250 pluimveebedrijven(2). Een dierenarts overleed aan de gevolgen van deze infectie, honderden mensen bleken antilichamen tegen dit virus te hebben. Deze uitbraak toonde de kwetsbaarheid van ons land door de hoge dichtheid aan (pluim)veehouderijen. Het belang van zoönosen werd enkele jaren later benadrukt door de uitbraak van Q-koorts, een zoönose die tussen 2007 en 2010 leidde tot duizenden ziektegevallen waaronder mensen met zeer ernstige en chronische klachten en vele tientallen sterfgevallen. Deze uitbraken zijn mede aanleiding geweest voor de huidige structurele aanpak van zoönosen.

Mondiaal perspectief

Hoewel Nederland dus een potentiële hotspot is, is het waarschijnlijker dat de volgende wereldwijde pandemie buiten Nederland ontstaat. In ons land wonen immers minder dan 1% van alle gehouden dieren, een beperkt aantal wilde diersoorten en minder dan drie promille van alle mensen. In deze sterk verbonden wereld kunnen ziekten die in het buitenland ontstaan, zich snel verspreiden, ook naar Nederland. Risicofactoren die met name in andere landen spelen, zoals ontbossing of het transport van wilde dieren en markten met levende dieren, zijn daarom ook zeker relevant voor Nederland(3). Bovendien kunnen activiteiten in Nederland en activiteiten van Nederlandse bedrijven en Nederlanders in het buitenland een rol spelen bij een buitenlandse zoönotische uitbraak of pandemie. Zo importeert de Nederlandse veehouderij grote hoeveelheden soja uit gebieden waar de sojateelt samenhangt met ontbossing - een van de risicofactoren voor het ontstaan van zoönosen. Nederland heeft via internationale organisaties invloed op belangrijke risicofactoren wereldwijd en zou op een aantal gebieden een voortrekkersrol kunnen vervullen.

One Health en 'zoönosegeletterdheid'

Twee belangrijke thema's lopen als rode draden door dit rapport. Het eerste is de One Health benadering, een integrale kijk op gezondheid waarin de samenhang tussen milieu, dier en mens centraal staat. Deze benadering is in de afgelopen decennia in toenemende mate richtinggevend voor het Nederlandse beleid en het beleid van internationale organisaties zoals de tripartite samenwerking tussen Wereldgezondheidsorganisatie WHO, Wereldvoedselorganisatie FAO en Diergezondheidsorganisatie OIE, waarbij ook het VN milieuprogramma UNEP zich onlangs heeft aangesloten. Nederland behoort tot de voorhoede in deze integrale benadering van

infectieziekten. Er is echter ook nog het een en ander te winnen, zowel in de dagelijkse praktijk als op het gebied van een meer geïntegreerde wetenschappelijke benadering van zoönosen. Nu ligt bijvoorbeeld vaak nog te veel de nadruk op de korte termijn risico's voor de mens. In hoofdstuk 10 van dit rapport staat meer uitleg over One Health. In de overige hoofdstukken is deze benadering vooral impliciet aanwezig.

Een ander terugkerend thema is het betrekken van relevante groepen mensen bij de preventie van zoönosen en bij de vroegdetectie en aanpakken van eventuele uitbraken bij mensen. Voor deze *community engagement* is het nodig dat er meer kennis over zoönosen aanwezig is bij de gehele bevolking, en in het bijzonder bij mensen die veel met dieren te maken hebben. In het verlengde van het concept *health literacy* ('gezondheidsgeletterdheid') wordt hier daarom de term 'zoönose geletterdheid' gebruikt. Met deze term, die verder wordt uitgewerkt in hoofdstuk 11, wordt bedoeld dat mensen op de hoogte zijn van de voor hen relevante risico's en weten hoe ze die kunnen voorkomen.

De nadruk op One Health, *community engagement* en zoönose geletterdheid vloeit voort uit de logica van zoönose-onderzoek en -preventie. Bij ziekten die ontstaan door de verwevenheid van mens, dier en milieu is het van groot belang om aandacht te besteden aan die verwevenheid. Het belang van voldoende draagvlak en betrokkenheid van menselijke *communities* zal duidelijk zijn voor iedereen die het nationale en internationale nieuws volgt op het gebied van de COVID-19 pandemie.

Ziekteverwekkers

Zoönosen zijn infectieziekten die overgaan van gewervelde dieren (met name zoogdieren en vogels) op de mens, al dan niet met tussenkomst van een geleedpotige vector (bijvoorbeeld een mug of een teek). Ze kunnen veroorzaakt worden door virussen, bacteriën, schimmels of (eencellige) parasieten. Wanneer ziekteverwekkers overgaan van de ene soort op de andere, bijvoorbeeld van dier op mens, spreekt men van in de internationale vakliteratuur *spillover* (zie ook figuur II.4 op pagina 21).

Tegen de achtergrond van de opdracht aan de expertgroep ligt de nadruk in dit rapport op opkomende zoönotische infectieziekten (*emerging infections*)(4). Dat zijn infecties die:

- toenemen in incidentie of geografische verspreiding;
- zich verspreiden naar nieuwe gastheerpopulaties of gastheersoorten;
- (recent zijn ontdekt of) worden veroorzaakt door nieuw geëvolueerde ziekteverwekkers.

Verder is ervoor gekozen om uit te gaan van zoönotische infectieziekten die kunnen leiden tot een uitbraak (snelle toename in incidentie) bij de mens en die verder voldoen aan een of meer van de volgende criteria:

- kans op verspreiding buiten direct aan dieren blootgestelde individuen:
 - gelocaliseerde uitbraken (*community outbreaks*) door besmetting via het milieu zoals bij Q-koorts
 - mens op mens besmetting
- vector op mens besmetting met een vector die veel voorkomt of sterk in aantal aan het toenemen is;
- ernstige infectie (hoge *case morbidity/case fatality*) bij de gemiddelde besmette persoon;
- ernstige infectie bij kwetsbare categorieën mensen;
- ernstige infectie in specifieke beroeps-, etnische, sociaal-culturele of regionale groepen mensen.

Op grond van bovenstaande criteria beperkt het rapport zich grotendeels tot virussen en bacteriën. Andere ziekteverwekkers zoals schimmels en parasieten kunnen wel ernstige infecties veroorzaken maar leiden in Nederland niet tot uitbraken.

De expertgroep heeft ervoor gekozen om niet zelf een lijst op te stellen van de belangrijkste zoönotische ziekteverwekkers, maar aan te sluiten bij bestaande internationale en Nederlandse prioriteiten. De belangrijkste Nederlandse lijst is beschreven in het rapport van het Emerging Zoonoses onderzoeksprogramma (EmZoo)(5). De resultaten van dat programma, uitgevoerd door diverse kennisinstellingen onder verantwoordelijkheid van het RIVM, werden in 2010 gepubliceerd en in 2015 geactualiseerd.

De expertgroep beveelt aan om een lijst te maken van zoönotische ziektekiemen die aanleiding kunnen geven tot uitbraken bij de mens (bijvoorbeeld een subset van de EmZoo lijst) en deze frequent te actualiseren, nu ook naar aanleiding van de inzichten die verworven zijn in de COVID-19 pandemie. Bij deze lijst zou in de weging van risicofactoren de mogelijkheid van mens op mens besmetting relatief veel gewicht moeten krijgen, naast risicofactoren voor een lokale uitbraak zoals Q-koorts of door teken overgebrachte besmetting. Bij overdracht

van mens op mens ontstaat immers een *multiplier* die leidt tot de enorme impact op volksgezondheid, economie en samenleving die we tijdens de huidige pandemie ervaren. De top-vijf van deze lijst zou dan gebruikt kunnen worden om de *pandemic preparedness* voor deze ziekteverwekkers kritisch te toetsen.

Ten slotte nog een waarschuwing. Lijsten van relevante ziekteverwekkers zijn zinvol om richting te geven aan inspanningen op het gebied van onderzoek, preventie en detectie. Tegelijkertijd houdt elke lijst ook een risico in, zodra de suggestie ontstaat dat we kunnen voorspellen welke ziekteverwekker de volgende grote uitbraak of pandemie zal veroorzaken. De geschiedenis leert dat dit lang niet altijd het geval is. Retrovirussen waren niet meer dan een bijzin in de leerboeken, tot de HIV/AIDS pandemie liet zien hoe gevaarlijk ze kunnen zijn. Coronavirussen werden zelfs na SARS en MERS door veel deskundigen en instanties onderschat, maar sinds SARS-CoV-2 kennen we hun pandemische potentie.

Wanneer zich in de komende jaren weer een ernstige zoönotische uitbraak voordoet, zou het heel goed opnieuw een nog niet (als gevaarlijk) geïdentificeerde ziekteverwekker kunnen betreffen, in WHO-termen een Disease X(6). In dit rapport ligt daarom de nadruk op algemene beginselen die gelden voor uiteenlopende ziekteverwekkers die over kunnen gaan op de mens.

Weging risicofactoren en maatregelen

Gedurende het gehele proces, en in twee speciaal belegde bijeenkomsten, heeft de expertgroep gekeken naar de diverse risicofactoren en maatregelen gewogen. Om te beginnen werd vastgesteld dat onvoorspelbaarheid inherent is aan opkomende infecties, zeker wanneer sprake is van een onbekende ziekteverwekker (Disease X). Wel kan gesteld worden dat de kans het grootst is dat de volgende grote uitbraak buiten Nederland ontstaat, waarbij bijvoorbeeld (internationaal) transport van (wilde) dieren en markten met levende dieren in het buitenland risicofactoren zijn, naast uiteraard het internationale reizigersverkeer.

Zowel binnen Nederland als daarbuiten is contact tussen wilde dieren, (waaronder vogels en knaagdieren) en landbouwhuisdieren een belangrijke risicofactor. Verspreiding tussen veehouderijen in gebieden met een grote dichtheid van zulke bedrijven is een andere risicofactor van belang.

Van sommige factoren zoals bijvoorbeeld veranderd landgebruik en biodiversiteit moet worden vastgesteld dat hun bijdrage aan het zoönoserisico moeilijk in te schatten is, aangezien het gaat om niet-lineaire verbanden.

Wat betreft de maatregelen bepleit de expertgroep in het algemeen een verdere versterking van de One Health benadering, in de opleiding van dierenartsen en (humane) gezondheidsprofessionals en door meer aandacht voor de milieuaspecten. Ook wordt de term 'zoönosegeletterdheid' geïntroduceerd (zie boven).

Specifieker wordt benoemd dat vroegdetectie van zoönotische besmettingen bij dieren, vectoren en mensen meer prioriteit dient te krijgen. Daartoe moet de gegevensuitwisseling tussen de verschillende compartimenten (milieu, veterinaire, huisarts, ziekenhuis, openbare gezondheidszorg) sterk worden verbeterd. Nederland dient zich internationaal sterk te maken voor zoönosepreventie, onder meer door het terugdringen van de legale en illegale handel in wilde dieren.

Procedure

De expertgroep is tussen 22 februari en 2 juni zes maal plenair bijeengekomen in digitale vergadersessies (zie ook bijlage 8). In twee van deze plenaire vergaderingen (28 april en 18 mei) is specifiek aandacht besteed aan een weging van de risicofactoren en de maatregelen (deel IV en V van dit rapport). Daarnaast hebben diverse vergadersessies plaatsgevonden in kleinere groepen en is uitgebreid via e-mail overlegd. De leden van de expertgroep hebben vanuit hun specifieke expertise meegeschreven aan de hoofdstukken van dit rapport en de conceptteksten online besproken.

Zowel de voorzitter als de expertgroepleden hebben diverse externe experts geraadpleegd onder andere door het voeren van mondelinge gesprekken. Zeven externe experts hebben op verzoek van de expertgroep een concepttekst van het gehele rapport ontvangen voor feedback, vijf lezers hebben het rapport uiteindelijk becommentarieerd. Ook heeft een online consultatiebijeenkomst plaatsgevonden met een onafhankelijke voorzitter over de conceptaanbevelingen en de samenvatting met 21 deskundigen uit het veld. Dit heeft bijgedragen aan het aanscherpen, concretiseren en prioriteren van de aanbevelingen.

Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Na deze inleiding volgt een uitleg over het ontstaan van zoönosen in het algemeen. In het derde deel wordt ingegaan op de belangrijkste groepen gastheren van zoönosen en de vectoren. Het vierde deel is gewijd aan risicofactoren die het gevolg zijn van menselijk handelen en van de toenemende wereldbevolking. In het vijfde deel staan de maatregelen centraal voor de preventie van zoönosen en de vroegdetectie en aanpak van de (beginnende) uitbraak. Het zesde deel bespreekt enkele maatschappelijke en juridische aspecten. Ook wordt hier de internationale context geschetst. In het laatste concluderende hoofdstuk worden de aanbevelingen van de expertgroep geëxpliciteerd.

Elk van de hoofdstukken in deel III, IV en V begint met een samenvatting van de belangrijkste bevindingen en een lijst met aanbevelingen. De kernaanbevelingen zijn in vet aangegeven en opgenomen in de samenvatting van het rapport op pagina 8.

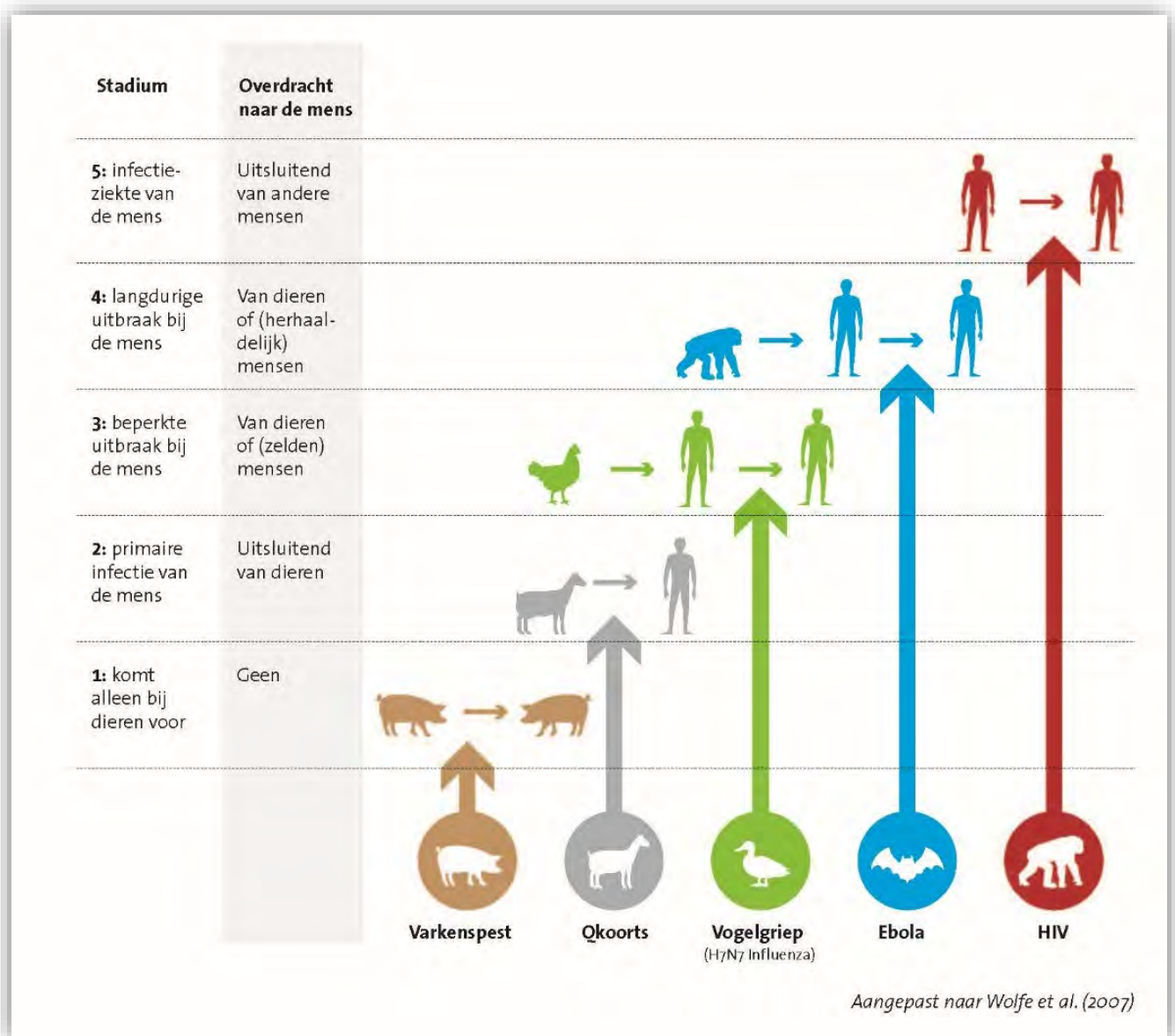
Aanbeveling

- Maak op basis van analyses zoals het EmZoo rapport een lijst van zoönotische ziekteverwekkers in Nederland die aanleiding kunnen geven tot uitbraken en actualiseer deze regelmatig (tenminste eens per drie jaar), waarbij de mogelijkheid dat de ziekteverwekker wordt overgedragen van mens op mens (en dus aanleiding kan geven tot een ernstige uitbraak of zelfs een pandemie) een zwaarwegende factor wordt.

II. Het opkomen van zoönosen

We spreken van een opkomende (emerging) infectie als een ziekteverwekker in toenemende mate voorkomt of meer of ernstiger besmettingen dreigt te veroorzaken(4). Een ruime meerderheid van zulke opkomende infecties bij mensen hebben hun oorsprong in dieren. In dit hoofdstuk wordt in algemene zin uiteengezet hoe ziekteverwekkers kunnen overgaan van dier op mens en uiteindelijk leiden tot een uitbraak, een zeer snelle stijging van het aantal ziektegevallen.

Voor de bestrijding van infectieziekten is het essentieel om zicht te hebben op het ontstaan van zoönosen. Meer dan 60% van alle infectieziekten bij de mens, beschreven tussen 1940 en 2004, is immers oorspronkelijk afkomstig van zoogdieren en vogels(7). Het overgrote deel van de zoönotische infecties is van virale oorsprong. Ongeveer 76% van de virussen die mensen treffen, heeft een zoönotische oorsprong, terwijl voor bacteriën een percentage van 50 is beschreven(7,8).



Figuur II.1: Hoe ziekteverwekkers zich in verschillende stappen aanpassen aan de mens. In het eerste stadium is er nog geen sprake van een zoönose, maar van een ziekte onder dieren, in het laatste stadium vindt uitsluitend verspreiding tussen mensen plaats. De tussengelegen stappen beschrijven de stadia van zoönotische aanpassing, zie verder de tekst van dit hoofdstuk.

Stadia van zoönotische aanpassing

Hoe maken zoönotische ziekteverwekkers de oversprong van dier naar mens en welke stappen zijn daarbij relevant? Om het ontstaan van zoönotische infecties te beschrijven, wordt hier uitgegaan van het model van Wolfe (2007)(9), waarin verschillende stadia worden beschreven, van een infectie die zich uitsluitend tussen dieren onderling verspreid tot een infectieziekte van de mens. Figuur II.1 toont de verschillende stadia met voorbeelden. Infecties gaan overigens maar zelden naar een 'hogere' stadium in dit schema, maar aan de hogere stadia is wel altijd een lager stadium voorafgegaan. Anders gezegd: het is niet het 'streven' van ziekteverwekkers om uiteindelijk mensen te besmetten, maar vanuit de mens gezien is het onderstaande wel een praktische manier om het ontstaan van zoönosen te beschrijven.

Stadium 1: in het 'reservoir'

In het eerste stadium bevindt de ziekteverwekker zich uitsluitend in de soort of soorten dieren waarin de infectie zich 'van nature' bevindt. Deze soort of soorten zijn het reservoir van de infectie. Vaak is er sprake van een fluctuerend aantal besmette dieren, onder meer bepaald door de dichtheid aan dieren en hun immuniteit, de impact van de infectie op de dieren en diverse omgevingsfactoren zoals het klimaat. De meeste infectieziekten bij dieren ontwikkelen zich nooit tot zoönosen.

Stadium 2: primaire infectie

Hier wordt een mens besmet door een dier dat zelf besmet is. Dat kan door rechtstreeks contact, bijvoorbeeld doordat een hondsdol dier een mens bijt of door een mens bejaagd wordt, maar ook door indirect contact (bijvoorbeeld via urine, uitwerpselen, speeksel of bloed). De infectie kan ook worden overgedragen door een geleedpotige vector (bijvoorbeeld een mug of een teek). Hoewel zo'n infectie bij het individu zeker ernstige gezondheidsschade kan veroorzaken, blijft de impact op de volksgezondheid in dit stadium meestal beperkt. Het gaat immers om incidentele gevallen, waarbij de infectie niet naar andere mensen kan worden overgedragen. Bij grote aantallen besmettingen kan toch een aanzienlijk probleem ontstaan, zoals bij de ziekte van Lyme in Nederland en rabiës in landen waar deze ziekte veel voorkomt.

Stadium 3: beperkte uitbraak bij de mens

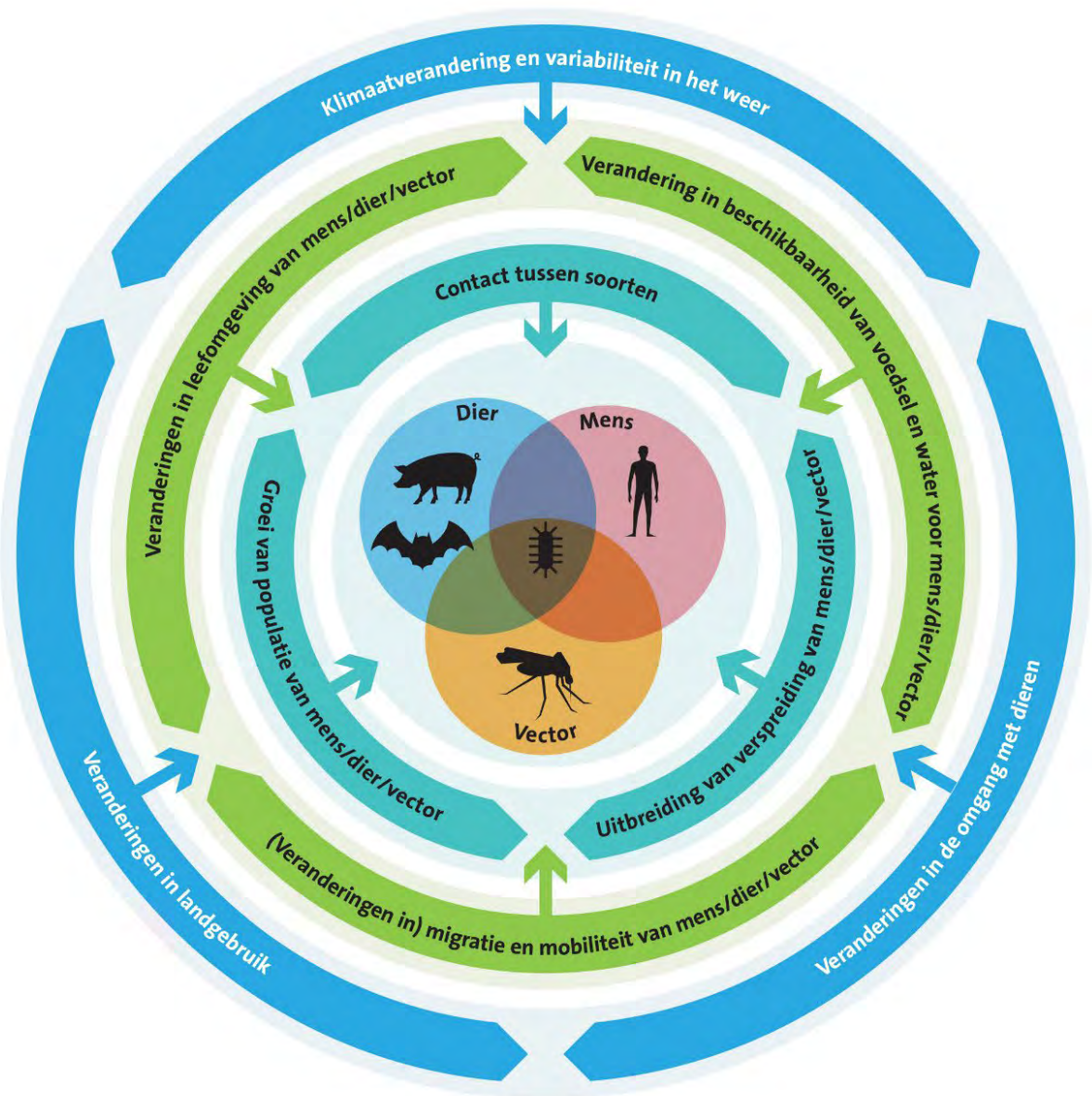
In dit stadium kan het aantal besmettingen bij mensen zo hoog worden dat er sprake is van een volksgezondheidsprobleem. Dat kan verschillende oorzaken hebben. In 2003 was er een uitbraak van het vogelgriep virus H7N7. Er waren toen zeer veel besmettingen van pluimveebedrijven in met name de Gelderse vallei vanwege de hoge concentratie van deze bedrijven in die regio(2). Mensen die veel met de kippen in contact kwamen, werden besmet en in enkele gevallen droegen zij het virus over op anderen. Een toegenomen aantal besmettingen bij mensen kan het gevolg zijn van mutaties en kan ook leiden tot meer mutaties bij de ziekteverwekker. Daardoor veranderen de eigenschappen van de ziekteverwekker, zodat bijvoorbeeld de besmettelijkheid toeneemt en de ziekte zelfs (soms) overgedragen wordt van mens tot mens.

Stadium 4: langdurige uitbraak bij de mens

De ziekteverwekker begint zich steeds meer aan te passen aan de mens. Overdracht van dier op mens kan nog steeds een rol spelen bij het ontstaan van nieuwe haarden, maar de uitbraak houdt zichzelf ook in stand doordat mensen elkaar besmetten - soms via tussenkomst van een aan mensen aangepaste geleedpotige vector, zoals bij zika koorts en knokkelkoorts (dengue). Ook menselijk handelen kan besmetting onder mensen bevorderen, zoals falende infectiepreventie in ziekenhuizen die bijdroeg aan de amplificatie van virussen bij de SARS- en MERS-uitbraken.

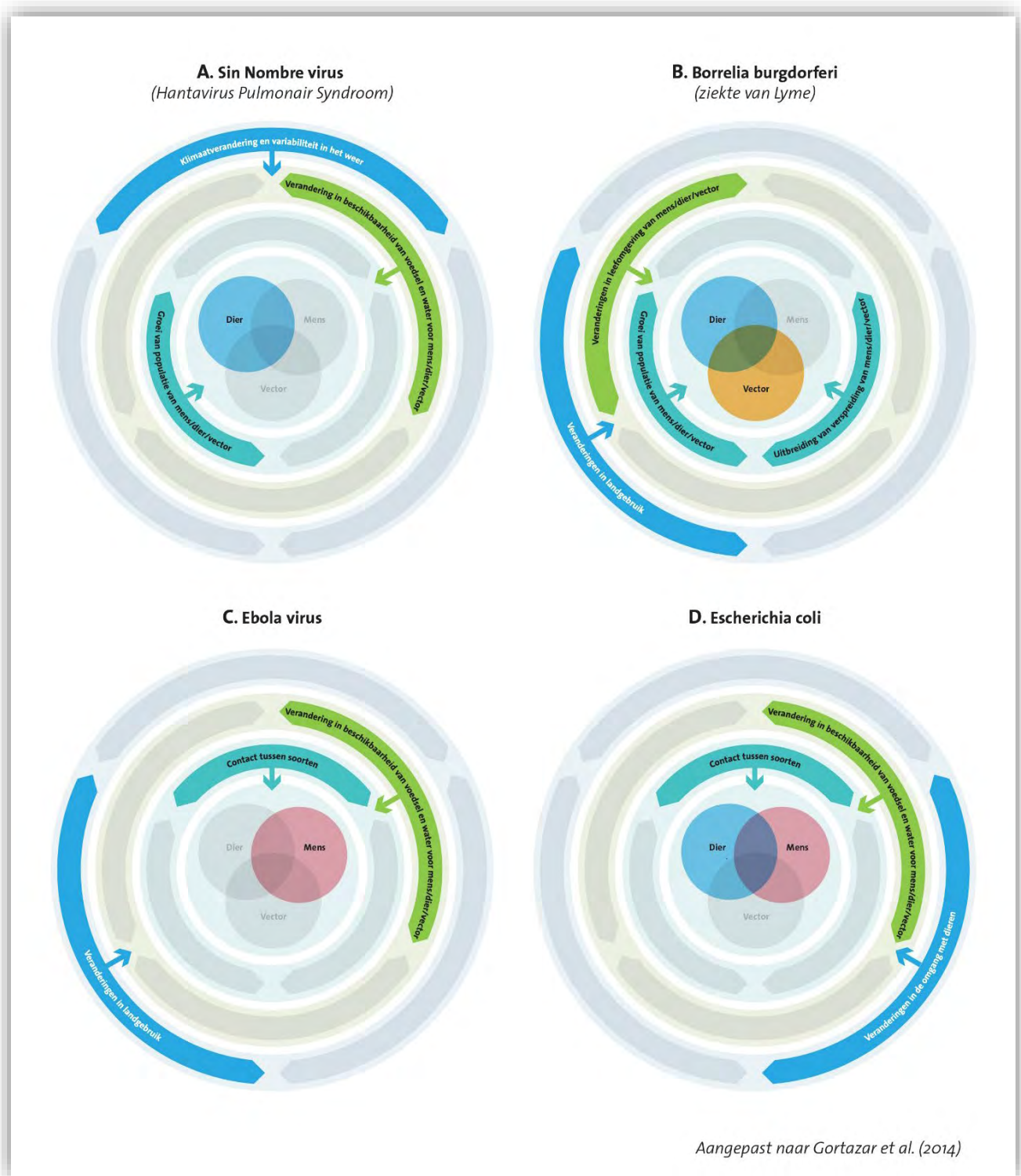
Stadium 5: infectieziekte bij de mens

De van oorsprong zoönotische ziekteverwekker is in dit stadium een (nieuwe) infectieziekte onder mensen geworden. HIV/AIDS is een goed voorbeeld van een ernstige zoönotische infectie die pas sinds enkele decennia louter van mens op mens wordt overgedragen. Dierlijke reservoirs spelen geen rol van betekenis meer bij de verspreiding en het ontstaan van nieuwe menselijke infecties. Zij kunnen mogelijk wel een rol spelen bij terugkeer van de ziekte wanneer een uitbraak/pandemie onder controle is.



Aangepast naar Gortazar et al. (2014)

Figuur II.2: Drijvende krachten achter het ontstaan van zoönosen. Deze figuur plaatst de overgang van ziekteverwekkers van dier naar mens (eventueel via een geleedpotige vector) in de ruimere context van ecologie, menselijke samenleving en regionale/mondiale veranderingen. Voor verdere uitleg zie dit hoofdstuk.



Figuur II.3: Voorbeelden van drijvende krachten en ecologische processen die een rol spelen bij het ontstaan van zoönotische ziekteverwekkers bij de mens. De voorbeelden zijn afkomstig uit de publicatie van Gortazar et al.(10).

(A) Het opkomen van het *Sin Nombre*-hantavirus, een verwekker van het hantavirus cardiopulmonair syndroom, in het zuidwesten van de Verenigde Staten (Four Corners-gebied) in 1993. De toename wordt toegeschreven aan de gegroeide populatie knaagdieren, met name hertmuizen (*Peromyscus maniculatus*) als gevolg van een toename van voedselbronnen (noten, eikels, etc) samenhangend met de El Niño klimaatfluctuatie.

(B) Het opkomen van *Borrelia burgdorferi*, de bacterie die de ziekte van Lyme veroorzaakt, in het oosten van de VS in 1974 door herbebossing en maatregelen om het aantal herten te bevorderen. De populatie witstaartherten (*Odocoileus virginianus*) was daardoor gegroeid en hun verspreidingsgebied vergroot, waardoor ook de populatie van de hertenteek (*Ixodes scapularis*) groeide. De uiteindelijke besmetting van mensen vindt plaats via de teek.

(C) Het opkomen van het *Ebola*-virus in de Democratische Republiek Congo (vroeger Zaïre) in 1976 wordt toegeschreven aan toegenomen contact tussen mensen en primaten doordat mensen vaker in voorheen ongestoorde natuurgebieden gingen jagen op wilde dieren (voor zogeheten *bushmeat*).

(D) Het opkomen van ziekteverwekkende varianten van de darmbacterie *Escherichia coli* op het raakvlak tussen mens en dier wordt toegeschreven aan toegenomen direct en indirect contact tussen mens en dier als gevolg van veranderingen in de voedselketen en de waterkwaliteit, vaak door de intensivering van de veeteelt.

Drijvende krachten achter het ontstaan van zoönosen

Om het ontstaan van een zoönose te begrijpen (en uitbraken te kunnen voorkomen) is het van belang om verder te kijken dan alleen de besmette dieren en mensen (en eventuele vectoren). Er zijn immers vele omgevingsfactoren die de kans vergroten dat ziekteverwekkers zich kunnen vermenigvuldigen in wilde dieren of (landbouw)huisdieren (amplificatie), en factoren die de aard en intensiteit van contacten tussen mens en dier beïnvloeden. Deze factoren worden op hun beurt beïnvloed door grotere veranderingen in ecosystemen en samenlevingen. Het geheel kan beschreven worden in een model met verschillende elkaar omgevende 'schillen' (zie figuur II.2)

De ziekteverwekker

De (genetisch bepaalde) eigenschappen van de ziekteverwekker zijn van grote invloed op de kans dat deze overgaat van de ene soort op de andere. Deze mogelijkheid om zich via mutaties aan te passen aan nieuwe soorten gastheren wordt genetische plasticiteit genoemd. Sommige ziekteverwekkers hebben deze eigenschap niet en zijn gespecialiseerd in één diersoort, doordat zij bijvoorbeeld overgebracht worden door specifiek gedrag van die soort of specifieke moleculen van die soort gebruiken om hun lichaam binnen te dringen en een infectie te veroorzaken. Als een mens toevallig in aanraking komt met zo'n ziekteverwekker, leidt dit niet tot een infectie, of hooguit tot ziekte bij een enkele persoon (Stadium 2 uit figuur II.1).

Andere ziekteverwekkers maken gebruik van (moleculaire) aangrijpingspunten die veel soorten met elkaar gemeen hebben. Sommige kenmerken op de oppervlakte van cellen zijn bijvoorbeeld in de loop van de evolutie nauwelijks veranderd. Een virus dat hiervan gebruik maakt, kan met vrijwel hetzelfde gemak bijvoorbeeld varkens, vogels of mensen infecteren. Influenzavirussen en andere RNA virussen zijn hiervan een goed voorbeeld.

De reservoirs: landbouwhuisdieren, gezelschapsdieren, wilde dieren

Hoe groot de kans is dat een zoönose wordt overgedragen, hangt sterk af van de relatie tussen de mens en de diersoort die het reservoir vormt. Met landbouwhuisdieren en gezelschapsdieren is het contact anders dan met in het wild levende dieren. Bij wilde dieren maakt het uit of zij dicht bij de mens komen (kleine knaagdieren), of er op hen gejaagd wordt, welke andere directe of indirecte contacten mogelijk plaatsvinden. Ziekteverwekkers bij soorten die nauw verwant zijn aan de mens, kunnen makkelijker de overstap maken. Ook bestaat de mogelijkheid dat de mens geïnfecteerd wordt via een intermediair, bijvoorbeeld een landbouwhuisdier, waarmee intensief contact bestaat. (zie figuur II.4) De verschillende dierlijke reservoirs komen in het volgende deel van dit rapport uitgebreid aan de orde.

De mens

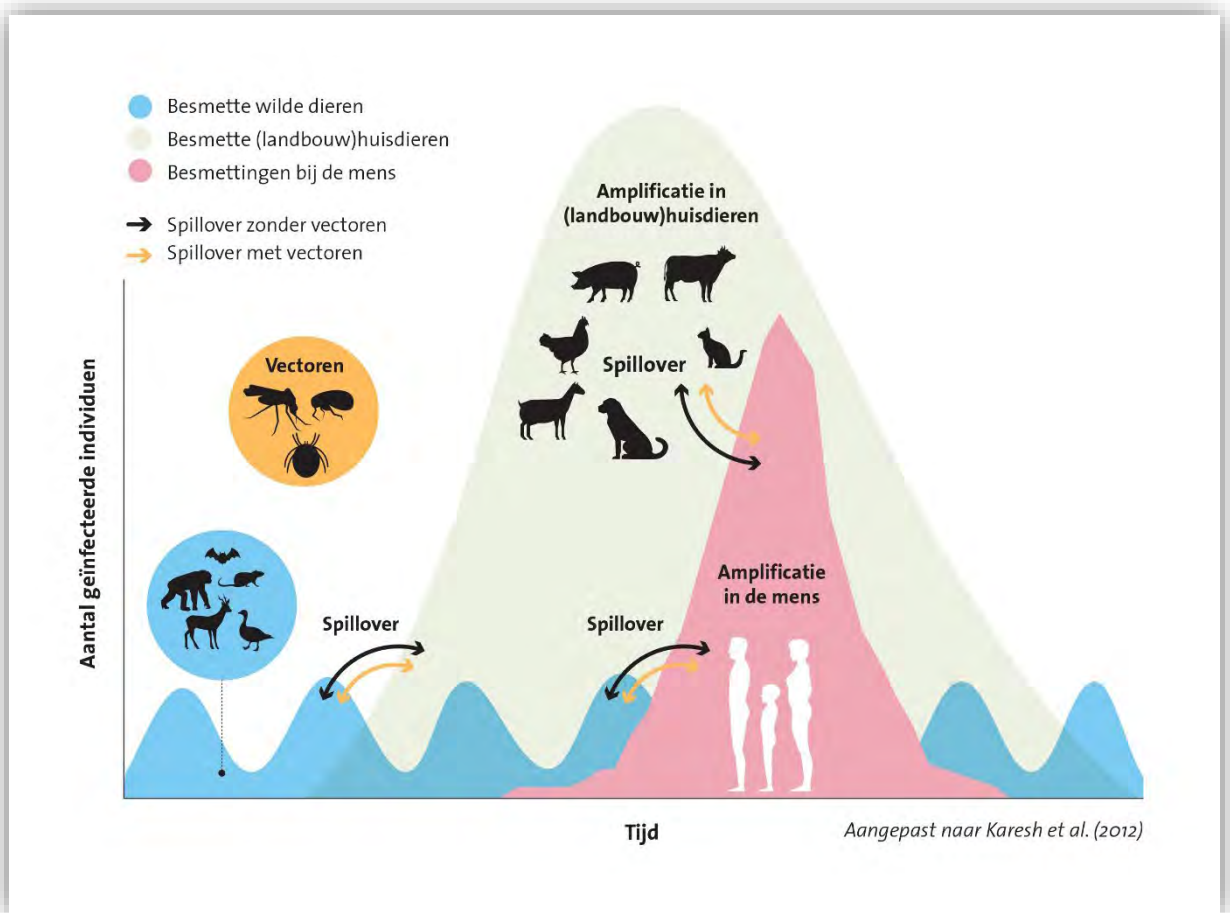
Voor het zoönoserisico maakt het uiteraard uit wat mensen doen: wonen zij in kleine gemeenschappen in het regenwoud, of in grote steden? Blijven zij hun leven lang op dezelfde plek, of reizen ze de hele wereld over? Houden zij zelf dieren, wonen ze naast een veehouderij, of komen zij beroepsmatig in contact met dieren? Hebben zij toegang tot schoon water en riolering, leven ze in armoede, zijn ze ondervoed, hebben zij overgewicht of een chronische ziekte? Ook de samenleving als geheel is medebepalend voor de risico's en de mogelijkheden om zich daartegen te wapenen: welk voorzieningenniveau is er, welke communicatiestructuren, welke culturele opvattingen zijn er met betrekking tot de omgang met dieren?

De vector

Wereldwijd spelen geleedpotige vectoren een belangrijke rol bij de overdracht van (zoönotische) infecties. In Nederland zijn op dit moment met name teken van belang, vanwege het frequent voorkomen van de ziekte van Lyme. Zij kunnen ook verschillende virale infecties overbrengen, waaronder ernstige ziekten zoals Krim Congo hemorrhagische koorts en Tick Borne Encephalitis (TBE)(11). Mede door het veranderende klimaat groeit ook de dreiging van (voor Nederland nieuwe) ziekteverwekkers die door muggen worden overgedragen, bijvoorbeeld door de opkomst van andere soorten muggen zoals de tijgermug. Vooral vectoren die zich regelmatig op mensen voeden, spelen een belangrijke rol in de verspreiding onder mensen. Zie verder hoofdstuk 4 van het volgende deel. Over de risicofactoren voor vectorgebonden zoönosen is overigens nog veel onbekend.

Ecologische en menselijke factoren

Zoals figuur II.2 laat zien, zijn vele factoren van invloed op de interactie tussen ziekteverwekker, dieren, mens en eventuele vector. De meeste daarvan vloeien rechtstreeks of indirect voort uit het gedrag van (groepen) mensen en worden beïnvloed door instituties en technologische ontwikkelingen. Ontwikkelingen in de landbouw, globalisering, handel in wilde en gehouden dieren en landgebruik kunnen de kans op zoönosen sterk beïnvloeden. Afnemende biodiversiteit, een groeiende wereldbevolking en klimaatverandering zijn processen die soms bijna autonoom lijken, maar toch beïnvloed kunnen worden door menselijke beslissingen. Zelfs de pogingen van de mens om grip te krijgen op zoönosen door deze wetenschappelijk te bestuderen, kunnen het begin van een uitbraak vormen in het (gelukkig zeer zeldzame) geval dat een ziekteverwekker ontsnapt uit het laboratorium. In het deel IV van dit rapport komen al deze factoren uitgebreider aan de orde.



Figuur II.4: Het overspringen (spillover) van ziektekiemen van wilde dieren op mensen met eventuele tussenkomst van gehouden dieren en/of vectoren.

III. Gastheren en vectoren van zoönosen

1. Landbouwhuisdieren

De Nederlandse veehouderij is in de 20e eeuw sterk gegroeid, evenals het aandeel van de Nederlandse landbouw in de internationale export. In de afgelopen 20 jaar is het aantal landbouwhuisdieren in Nederland gestabiliseerd, met uitzondering van vleeskalveren en melkgeiten. Er is veel geïnvesteerd in de preventie, monitoring en aanpak van dierziekten en zoönosen, waardoor internationaal de gezondheidsstatus en het welzijn van Nederlands vee hoog is. Desondanks blijven er kwetsbaarheden (zie ook hoofdstuk vijf) en van sommige ontwikkelingen is de impact op het zoönoserisico nog onbekend, zoals de opkomst van de circulaire landbouw, van aquacultuur (o.a. viskweek) en het houden van insecten.

Aanbeveling:

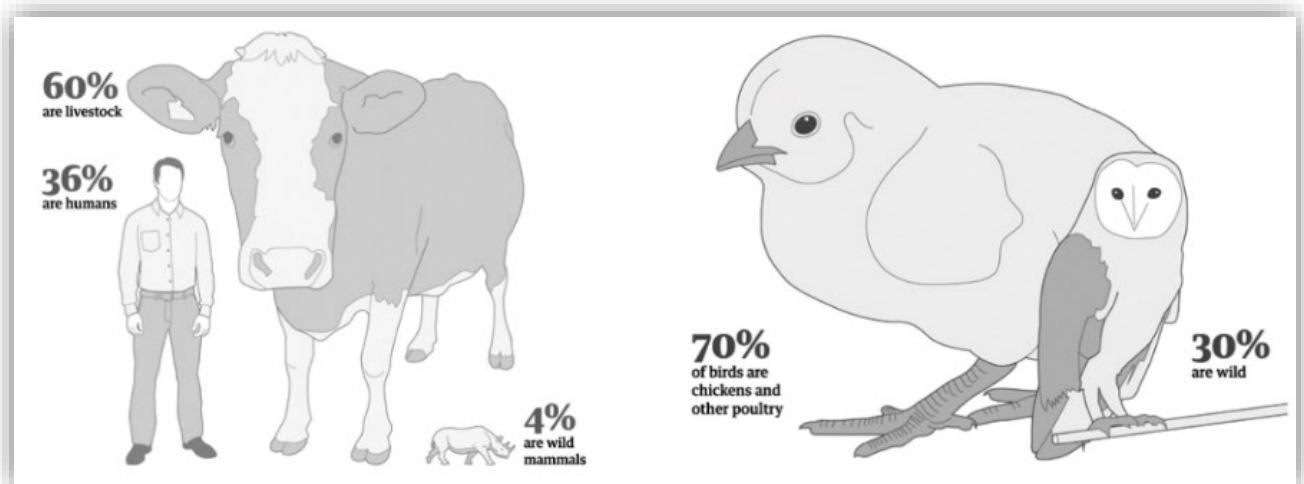
- **Analyseer het zoönoserisico bij de opkomst van nieuwe dierhouderijsectoren (bv insectenhouderij of aquacultuur), bij snelle uitbreiding van bestaande dierhouderijen (zoals melkgeitenhouderij) en bij nieuwe ontwikkelingen in de veehouderij (bijvoorbeeld circulaire landbouw), zodat hiermee rekening gehouden kan worden in het beleid van LNV en lokale overheden.**

1. Landbouwhuisdieren

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar de rol van landbouwhuisdieren bij de overdracht van infecties van dier op mens. Deze dieren komen veel voor (het grootste deel van de wereldwijde biomassa aan zoogdieren en vogels zijn landbouwhuisdieren, figuur 1.1), staan in intensief rechtstreeks en indirect contact met de mens en worden regelmatig vervoerd. Het komende decennium neemt de wereldwijde vraag naar dierlijke producten naar verwachting nog sterk toe. Redenen genoeg dus om te kijken naar een mogelijke rol van landbouwhuisdieren bij het opkomen van zoönosen, met name in Nederland.

Nederland is een belangrijk exportland van vlees, zuivel en eieren(12,13). Er bevinden zich hier relatief veel landbouwhuisdieren in een eveneens door mensen dichtbevolkt land. De afstand tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en woonkernen is vaak klein, waardoor de veehouderij in Nederland een risico op zoönotische uitbraken met zich meebrengt. Er is in de afgelopen decennia ook al veel gedaan om de kans op uitbraken van infectieziekten onder dieren en/of mensen te verkleinen, vroegtijdig te signaleren en effectief aan te pakken. Deze inspanningen vormen een integraal onderdeel van de veehouderij in Nederland. Meer hierover in deel V over preventie, vroegdetectie en aanpak vanuit een One Health perspectief.

Hier zal allereerst kort geschetst worden hoe de Nederlandse veehouderij er globaal uitziet en hoe deze zich in de afgelopen 70 jaar heeft ontwikkeld. Vervolgens wordt specifiek gekeken naar zoönosen, waar zij vandaan komen en hoe zij zich verspreiden binnen bedrijven en tussen bedrijven. Besproken wordt wat de belangrijkste manieren zijn waarop landbouwhuisdieren een rol kunnen spelen bij zoönotische uitbraken. Daarnaast wordt gekeken naar ontwikkelingen in de veehouderij wereldwijd. De risicofactoren voor zoönotische uitbraken in de Nederlandse veehouderij worden in detail besproken in hoofdstuk 5.



Figuur 1.1: Relatieve biomassa van vee (voornamelijk runderen, varkens, en kippen) ten opzichte van andere zoogdieren en vogels, wereldwijd (14); figuur gemaakt door Adobe Stock en The Guardian).

De Nederlandse veehouderij

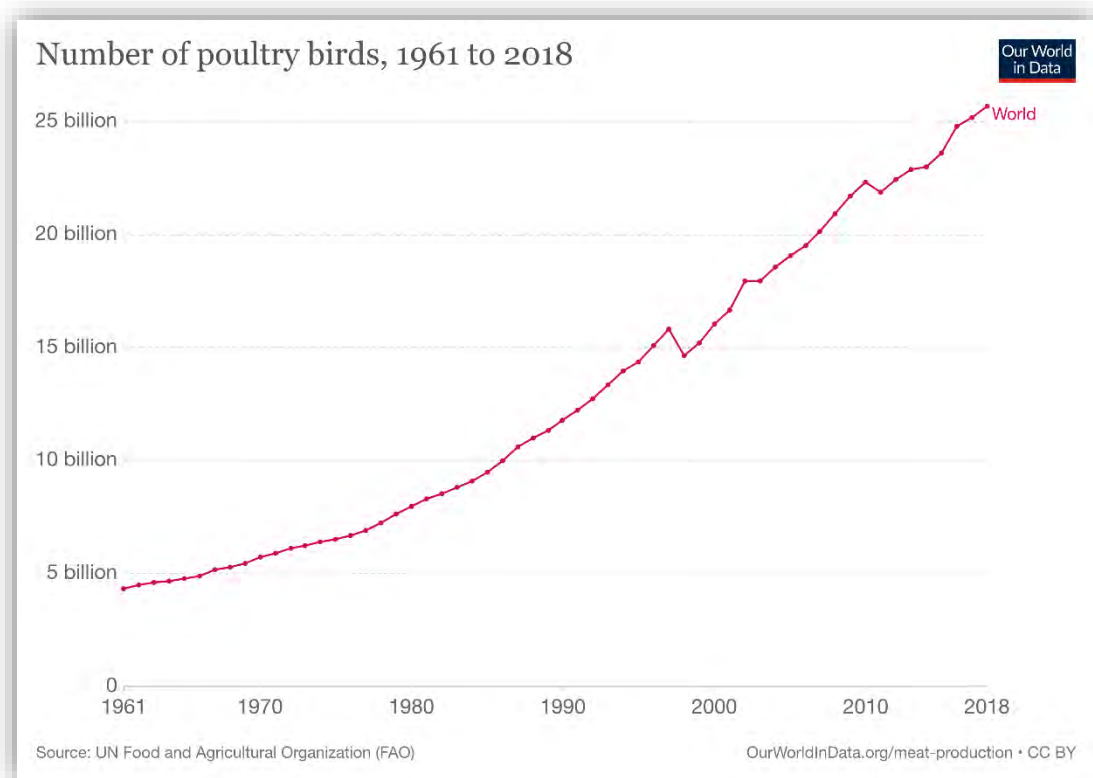
Ontwikkelingen in aantallen

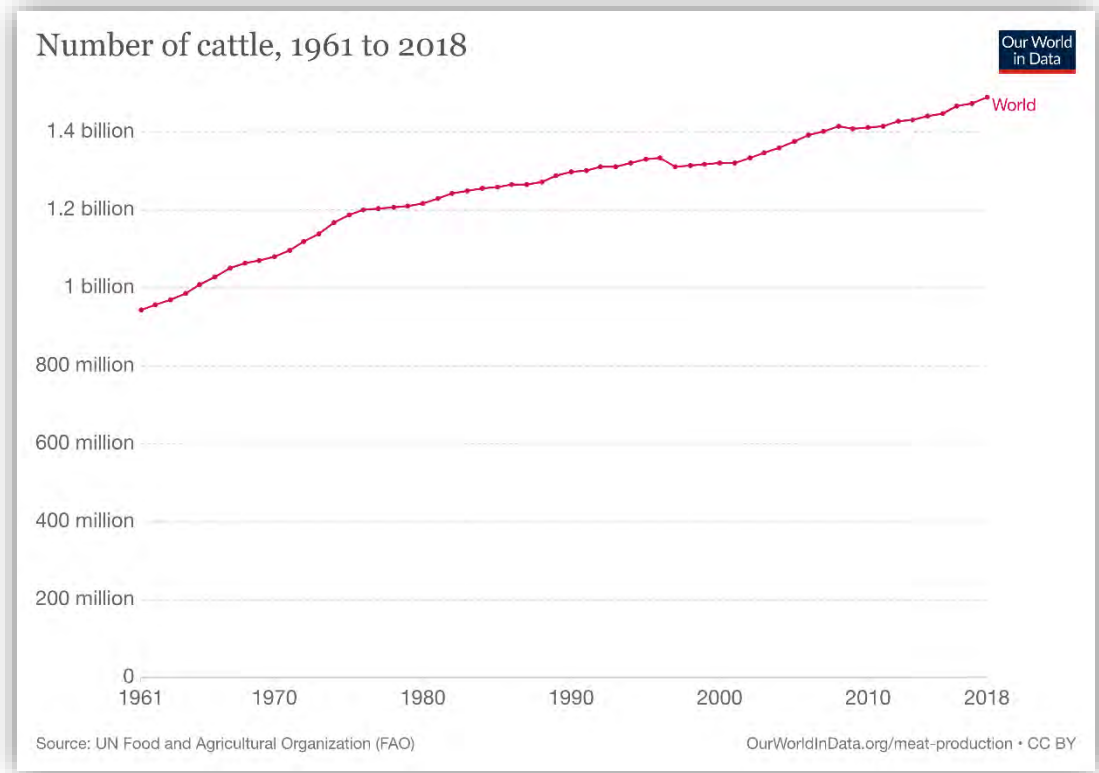
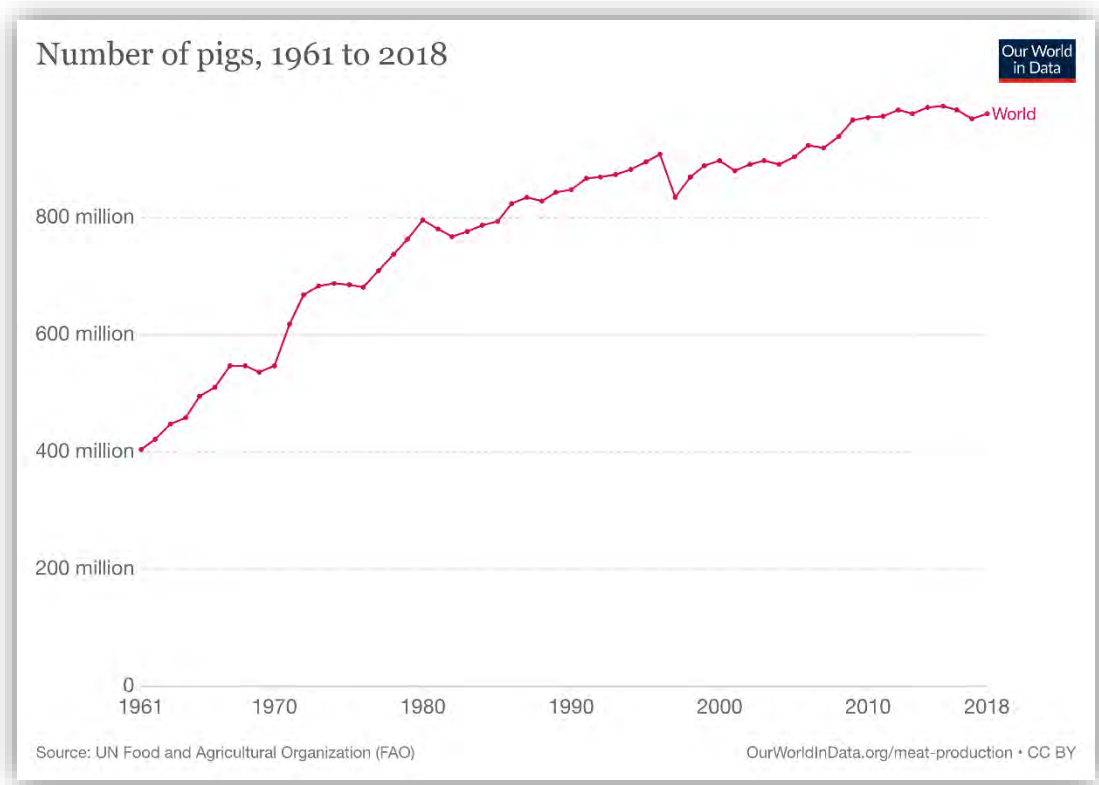
De grootste veehouderijtakken in Nederland zijn de rundveehouderij, de varkenshouderij, de pluimveehouderij en kleine herkauwers (schapen en geiten). Ook wereldwijd zijn dit de belangrijkste landbouwhuisdieren (figuur 1.2). Daarnaast worden in Nederland ook andere dieren bedrijfsmatig gehouden, zoals konijnen en paarden. Na de jaren vijftig van de vorige eeuw zijn het karakter en de omvang van de Nederlandse veehouderij ingrijpend veranderd (figuur 1.3 en figuur 1.4 en bijlage 1.1), evenals wereldwijd (figuur 1.2).

Er was sprake van een sterke groei van het aantal dieren, terwijl het aantal direct betrokken bedrijven en medewerkers afnam. De groei is het duidelijkst zichtbaar bij de varkens en vleeskuikens waar sprake was van een verviervoudiging, maar ook de aantallen vleeskalveren en melkgeiten zijn sterk gegroeid. Het aantal leghennen is al vele decennia min of meer stabiel. In de tweede helft van de jaren '80 werd de melkveestapel beperkt, eerst door invoering van het melkquotum en later door invoering van fosfaatrechten. In de tweede helft van de jaren '90 werd de omvang van de varkens- en pluimveestapel beperkt d.m.v. zogenaamde "dierrechten", in het kader van mest- en ammoniakbeleid in Nederland(15).

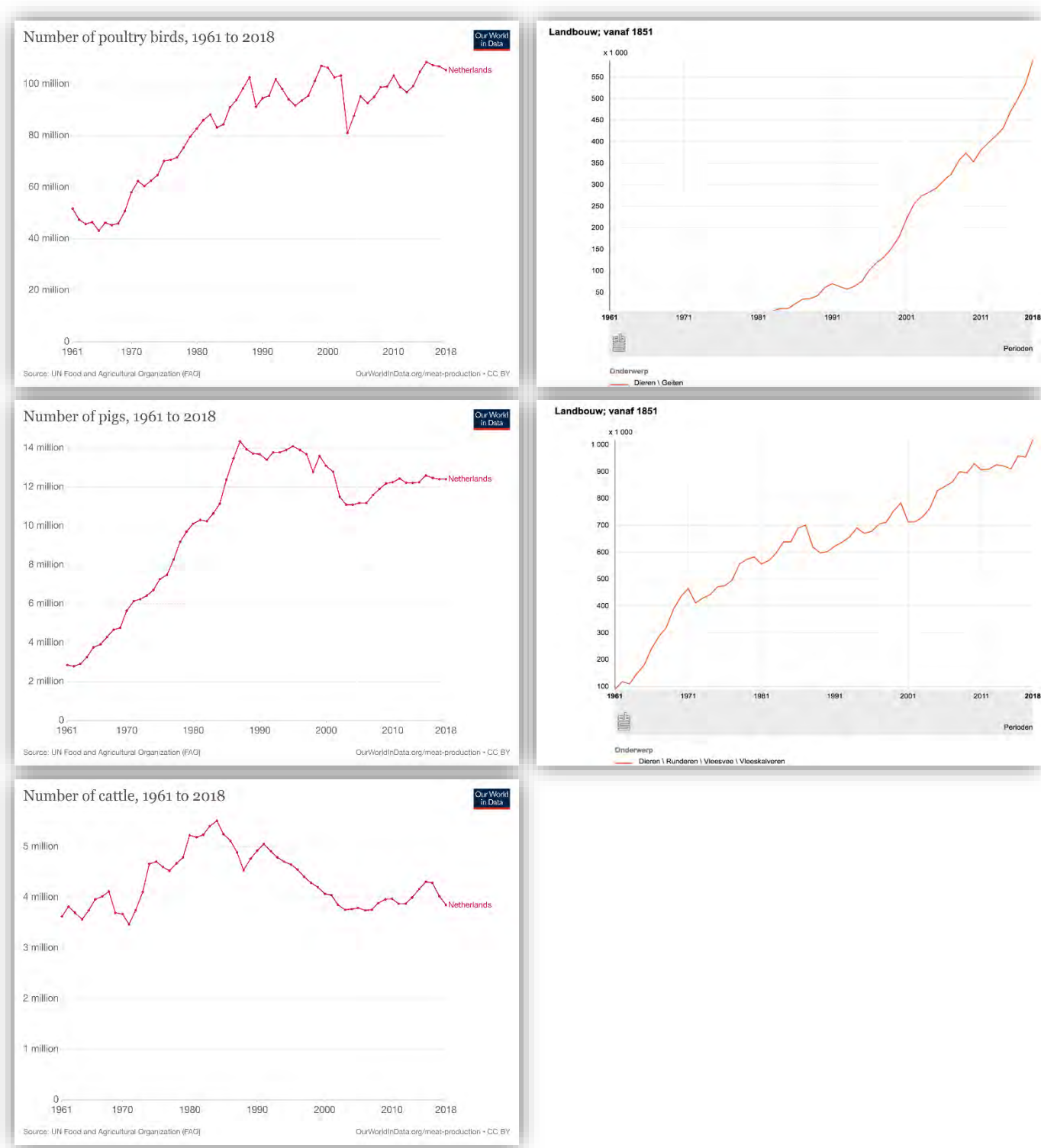
De enorme uitbreiding van het aantal varkens en vleeskuikens in Nederland tussen de jaren '60 en '80 werd vooral mogelijk door de vervanging van tarwe in het veevoer door tapioca en soja. Deze producten uit Azië en de Amerika's worden goedkoop aangevoerd in Rotterdam, waardoor de Nederlandse veehouderij een concurrentievoordeel had ten opzichte van de rest van Europa(16).

Begin jaren '90 voerde de Europese Unie een non-vaccinatiebeleid in voor 'exotische' dierziekten (ziekten die in de EU niet (meer) voorkwamen)(17). Dit hield in dat niet meer gevaccineerd mocht worden tegen deze dierziekten, omdat afnemers buiten de EU onvoldoende vertrouwen hadden in vlees van gevaccineerde dieren. Uitbraken van dierziekten moeten sindsdien worden aangepakt met andere maatregelen, zoals transportverboden en grootschalige ruiming. Daardoor hebben dierziekten, zoals de varkenspest, mond-en-klauwzeer en vogelgriep (zie Hoofdstuk 5) een grote impact gehad op de veehouderij en de organisatie van bedrijven en veetransporten. Inmiddels zijn de draaiboeken voor dierziekten aangepast en is voor sommige ziekten (klassieke varkenspest, mond-en-klauwzeer) vaccinatie soms toegestaan en voor Newcastle disease zelfs al geruime tijd verplicht.

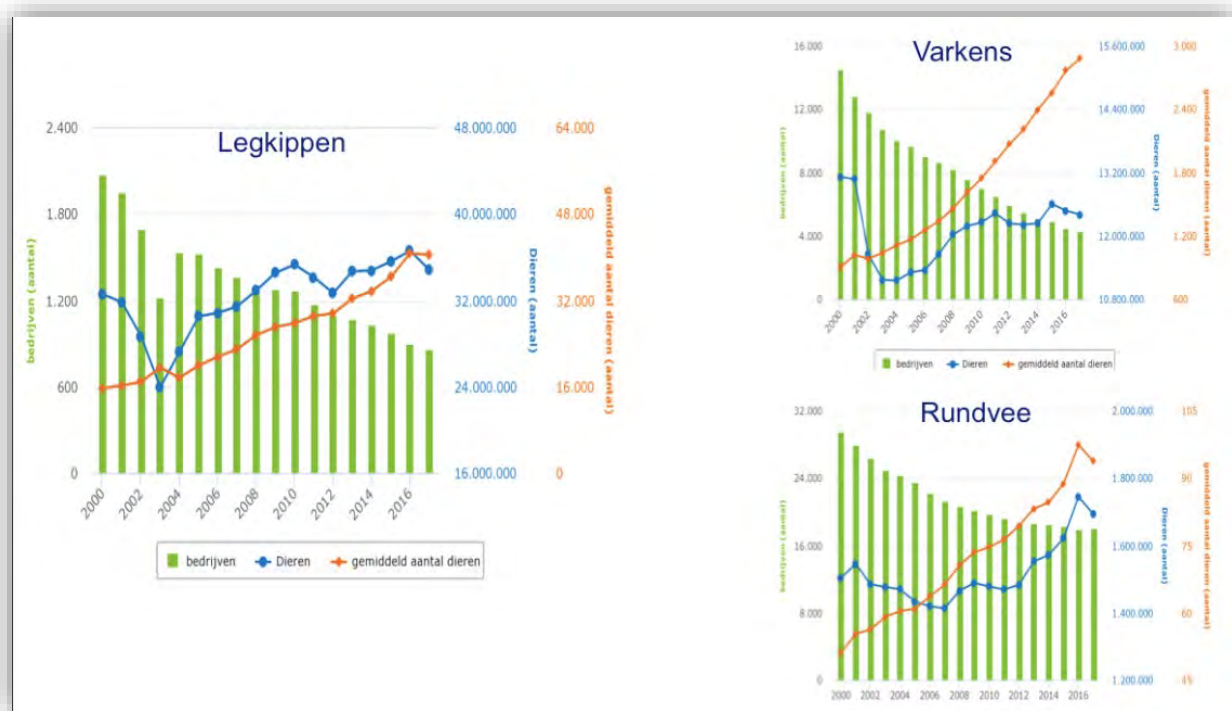




Figuur 1.2: Verandering in aantallen meest voorkomende landbouwhuisdieren in de wereld tussen 1961 en 2018(18,19).



Figuur 1.3: Veranderingen in aantallen meest voorkomende landbouwhuisdieren in Nederland tussen 1961 en 2018(18,19).



Figuur 1.4: Veranderingen in aantallen bedrijven, aantallen dieren, en aantallen dieren per bedrijf van de meest voorkomende landbouwhuisdieren in Nederland, 2000 tot 2017 (20)

Specialisatie en intensivering

Parallel aan de groei van de aantallen dieren, kromp het aantal bedrijven maar groeide het aantal dieren per bedrijf (intensivering) en ontstond vrijwel overall specialisatie (figuur 1.4). In plaats van de gemengde bedrijven die van oudsher het beeld bepaalden, ontstonden bedrijven die zich specifiek richten op één diersoort en één toepassing (dus bijvoorbeeld ook onderscheid tussen melkvee en vleesvee, vleeskuikens en legkippen). Een groot deel van de productie wordt geëxporteerd(13).

Daarbij zijn ook verschillende varianten van bedrijfsvoering ontstaan, die implicaties hebben voor de kansen op de overdracht van ziekteverwekkers. In de melkveehouderij past ongeveer 80% van de bedrijven weidegang toe voor de melkkoeien en zijn de stallen vrij open om de natuurlijke luchtinlaat te bevorderen(21). Voor varkens en kippen bestaan verschillende huisvestingsvarianten waarbij de dieren wel of niet toegang tot een buitenruimte hebben en uitloop naar buiten als gunstig voor het dierenwelzijn wordt beschouwd. Zoals in hoofdstuk 5 beschreven staat, kan vrije uitloop echter een ongunstig effect hebben op het zoönoserisico.

De intensivering van de veehouderij in de tweede helft van de 20^e eeuw heeft geleid tot een toegenomen concentratie van dieren per bedrijf; ook het totaal aantal landbouwhuisdieren in Nederland is dus sterk toegenomen. Ondanks een sterke reductie in het aantal bedrijven in Nederland is nog steeds sprake van een concentratie van bedrijven in bepaalde regio's, zoals Zuid-Oost Nederland en de Gelderse Vallei. De productiviteit van landbouwhuisdieren in Nederland is hoog met een hoge melkproductie per koe en een lage voederconversie voor pluimvee en varkens. Nederlandse veehouders zijn in het algemeen zeer professioneel, de bioveiligheid op Nederlandse bedrijven is relatief hoog, evenals de kwaliteit van de diergeneeskundige zorg.

Veranderingen in de Nederlandse landbouw

De Nederlandse landbouw is sterk aan verandering onderhevig, mede onder invloed van Nederlands en Europees beleid en veranderingen in de nationale en internationale markt (zie hierna). Naast de genoemde intensivering zijn de belangrijkste trends vanuit het perspectief van zoönosen de volgende:

Naar groepshuisvesting

Groepshuisvesting vergroot het contact tussen dieren, en is bevorderlijk voor het welzijn van de dieren, maar maakt verspreiding van infectieziekten tussen de dieren gemakkelijker. Bij leghennen is de legbatterij

afgeschapt en vervangen door scharrel- en volièrehuisvesting. Bij zeugen zijn de vaste sta- en ligplaatsen (met uitzondering van de kraamstal) vervangen door groepshuisvesting. Bij melkkoeien zijn de standenstallen vervangen door loopstallen en bij vleeskalveren zijn de individuele boxen vervangen door groepshuisvesting. Bij vleeskuikens is een transitie gaande naar langzamer groeiende kuikens die op lagere dichtheden worden gehouden (nu ca 57% van de bedrijven)(22). Bij pluimvee worden vaak tienduizenden dieren in eenzelfde ruimte gehuisvest, terwijl varkensbedrijven in afdelingen gecompartmenteerd/zijn waarbij dieren van dezelfde leeftijdsgroep bij elkaar zijn gehuisvest.

Verkorting van de keten(23)

Een andere trend is het verkorten van de gehele keten, van veevoer tot eindproduct, waarbij bedrijven zich richten op de regionale markt en regionale consumenten. Er wordt steeds vaker gesproken over een circulaire aanpak, waarbij de gehele cirkel van veevoer-producten-meststoffen binnen een regio gesloten wordt(24). Ook de stappen in deze richting hebben al consequenties, met name voor het transport van veevoer en dieren. De kans op verspreiding van infecties neemt daardoor af. Echter, het gebruik van reststromen als veevoer kan het risico op infectieziekten verhogen.

Biologische landbouw

Biologische bedrijven brengen al een aantal van de principes van de circulaire landbouw in de praktijk, hebben vaak een sterke gerichtheid op dierenwelzijn en minimaliseren het gebruik van bestrijdingsmiddelen en medicijnen in de gehele keten. In de biologische veehouderij kunnen dieren naar buiten, waardoor de kans op introductie van ziektekiemen uit wilde dieren en wilde vogels en uit de omgeving toeneemt. Daarentegen is de biologische veehouderij minder intensief - het aantal dieren per oppervlakte is kleiner (Bijlage 1.2), waardoor de verspreiding van infecties in principe wordt vertraagd. Het huidige aandeel van biologische veehouderijbedrijven aan de totale veehouderij in Nederland is gering (Bijlage 1.2).

Insecten en alternatieve eiwitbronnen

Bedrijven verkennen de mogelijkheden om andere producten te ontwikkelen, door bijvoorbeeld insecten te houden als alternatieve eiwitbronnen of voor de productie van specifieke moleculen (geneesmiddelen). Ook de aquacultuur (kweek van onder meer vissen, waaronder exotische soorten) is in opkomst. Het betreft nieuwe trends, waarvan de eventuele risico's, ook op het terrein van zoönosen, nog onvoldoende zijn verkend. Op termijn kan een verschuiving van gebruikelijke dierlijke eiwitbronnen naar plantaardige en andere eiwitbronnen (insecten, algen, schimmels) de wereldwijd groeiende vraag naar dierlijke producten uit de veehouderij ombuigen.

Zoönosen van landbouwhuisdieren: herkomst

Een zoönose kan ontstaan doordat mensen besmet raken door ziekteverwekkers die afkomstig zijn van een landbouwhuisdier. Een nieuwe zoönotische ziekteverwekker kan op verschillende manieren op een veehouderij worden geïntroduceerd:

- Contacten met gehouden dieren die afkomstig zijn uit andere landen. Een bekend voorbeeld is de introductie van rundertuberculose door de import van dieren uit besmette gebieden in andere Europese landen, bijvoorbeeld Ierland of Frankrijk(25). Een afname van veetransporten, zoals ook bepleit wordt vanuit het oogpunt van dierenwelzijn, zou deze besmettingskans verminderen. Overigens kunnen de contacten ook indirect zijn, bijvoorbeeld via materialen of voer.
- Het dier kan ook door mensen besmet raken, zoals gebleken is tijdens de huidige coronacrisis, toen nertsen besmet raakten met SARS-CoV-2 vanuit eerder besmette mensen(26), waardoor een nieuw reservoir van infectie kan ontstaan. Besmetting kan ook via gezelschapsdieren plaatsvinden.
- Contacten met wilde dieren zoals vogels en knaagdieren die gastheer zijn van de betreffende ziekteverwekker. Een jaarlijks terugkerend probleem is bijvoorbeeld de introductie van vogelgriep op pluimveebedrijven met uitloop door wilde watervogels(27). Dit bemoeilijkt diervriendelijke houderij waarbij dieren ook naar buiten kunnen. Vaccinatie kan deze risico's mogelijk beperken.
- Contact met vectoren zoals knutten, muggen en teken. Deze vectoren kunnen ziekteverwekkers hebben opgedaan bij gehouden dieren, wilde dieren en/of de mens. Meer informatie over vectoren is beschreven in Hoofdstuk 4. Een voorbeeld van zo'n vectoroverdraagbare zoönotische ziekteverwekker is CCHFV, de verwekker van Krim-Congo-hemorragische koorts. CCHFV komt voor op de Balkan en in Spanje(28,29) en zou in teken op landbouwhuisdieren uit deze landen geïmporteerd kunnen worden. Ook kan het virus worden meegenomen door wilde trekvogels uit Afrika(30).

- Uitwisseling van zoönotische ziekteverwekkers tussen gastheersoorten (bv griepvirussen die van pluimvee naar varkens overgaan)(31). De toegenomen specialisatie in Nederlandse landbouwbedrijven maakt de kans hierop kleiner.
- Sommige ziekteverwekkers die langdurig op bedrijven circuleren kunnen in dieren zo veranderen dat zij vervolgens in staat zijn mensen te besmetten. Zo kunnen in varkens nieuwe varianten van het influenzavirus ontstaan die een uitbraak bij de mens kunnen veroorzaken (zie ook kadertekst op pagina 56). Dit risico neemt toe met de schaalgrootte. Bedrijven met meer dieren hebben vaker een hogere prevalentie van dergelijke endemische ziekteverwekkers(32,33).

Amplificatie: de ziekteverwekker vermenigvuldigt zich

Wanneer eenmaal één of enkele dieren in een bedrijf besmet zijn met een (potentieel) zoönotische ziekteverwekker, kan deze zich verder verspreiden en vermenigvuldigen. Men spreekt van amplificatie: versterking/vergroting van het risico. Hoe gemakkelijk dat gebeurt, hangt af van verschillende factoren. De organisatie van het bedrijf en de aandacht voor hygiëne en bioveiligheid (*biosecurity*) zijn uiteraard een factor van belang.

Hoe meer dieren op het bedrijf aanwezig zijn, des te groter kan de uitbraak onder dieren worden. De dichtheid kan een rol spelen: hoe meer dieren per vierkante meter, des te sneller kan de infectie zich verspreiden. Groepshuisvesting, hoewel vanuit oogpunt van dierenwelzijn van groot belang, vergemakkelijkt de verspreiding. Compartimentering in hokken of stallen daarentegen vertraagt juist de overdracht van de infectie. Ten slotte maakt het uit of er voortdurend nieuwe dieren geboren worden in een bedrijf, zoals gebruikelijk in de varkenshouderij, of dat alle dieren in één keer naar de slacht gaan en de cyclus begint met een schoon bedrijf, zoals bij vleeskuikens. In het eerste geval bestaat de kans dat infecties voortdurend in het bedrijf aanwezig blijven.

Verdere amplificatie kan plaatsvinden wanneer een ziekteverwekker zich van het ene bedrijf naar het andere verspreidt, bijvoorbeeld door handel in dieren en veevoer, of via de lucht of het water. Het aantal besmette bedrijven is voor het bestrijden van een infectie en voor het risico voor de mens van groot belang omdat het totaal aantal besmette dieren sterk toeneemt als het aantal besmette bedrijven toeneemt. De risicofactoren voor verspreiding tussen bedrijven worden verder besproken in hoofdstuk 5.

Blootstelling van de mens

Wanneer eenmaal dieren op het bedrijf besmet zijn, kan de ziekteverwekker op verschillende manieren worden overgedragen op de mens:

- Direct contact tussen dieren en veehouders of hun medewerkers;
- Direct contact tussen dieren en professionele bezoekers (bv dierenartsen);
- Direct contact tussen dieren en niet-professionele bezoekers (bijvoorbeeld bij een zorg- of kampeerboerderij)
- Direct contact tussen dieren en mensen bij handelingen rond vervoer, verkoop en handelingen op het slachthuis;
- Indirect contact met andersoortige bezoekers van het bedrijf (privé, nevenwerkzaamheden, boerderijwinkel/verkoop aan huis etc.)
- Blootstelling van omwonenden door zoönotische ziekteverwekkers of sporen daarvan in lucht, bodem en water;
- Blootstelling van passanten (bv fietsers of wandelaars) via de uitstoot van zoönotische ziekteverwekkers of sporen daarvan.

Niet al deze contacten brengen dezelfde risico's voor de volksgezondheid met zich mee. Bij ziekteverwekkers die geruime tijd in bedrijven aanwezig zijn, zal het personeel van de veehouderij vaak al een zekere immuniteit hebben opgebouwd, al dan niet na een acute infectie. Het gaat dan om incidentele gevallen, die niet optellen tot een merkbare uitbraak. Bezoekers, passanten en omwonenden hebben deze immuniteit niet en kunnen bij rechtstreeks contact of een toegenomen uitstoot wel ziek worden, waardoor grotere aantallen mensen besmet worden (zie bijvoorbeeld Q-koorts).

Diergezondheidszorg

Dierenartsen in de veterinaire zorg hebben zich in de afgelopen decennia in toenemende mate gespecialiseerd en werken nu meestal diersoortgericht(34). Er heeft een verschuiving plaatsgevonden van curatieve naar preventieve zorg. De diergezondheidszorg is in Nederland grotendeels een private verantwoordelijkheid, het ministerie van LNV is verantwoordelijk voor het beleid rond specifieke infectieziekten (aangifteplichtige en bestrijdingsplichtige dierziekten waaronder zoönosen). In hoofdstuk 12 komt de monitoring van potentiële zoönosen in meer detail aan de orde.

De diergezondheidszorg is sterk economisch gedreven (*kosten-baten*). Interventies worden in de veehouderij vooral uitgevoerd als zij economisch renderen. Met name in de intensieve veehouderij is de concurrentie tussen dierenartspraktijken hevig en de maatschappelijke rol van de dierenarts kan daardoor in het gedrang komen(35). Er bestaat een groeiende invloed van investeerders die praktijken opkopen.

De sterke sturing vanuit economische prikkels kan een risico zijn voor de volksgezondheid wanneer (nog) geen wettelijk kader bestaat. Duidelijke voorbeelden zijn de Q-koortsuitbraak (bij aanvang nog geen wettelijk kader bij dieren) en de aanpak van influenza bij varkens, waarvoor nog steeds geen wettelijk kader bestaat.

Een historisch voorbeeld dat inmiddels door de sector is aangepakt, betreft het gebruik van antibiotica. Tot het einde van de 20^e eeuw was het normaal om antibiotica aan het veevoer toe te voegen als groeibevorderaar. Na een verbod hierop ontstond een sterke toename van het preventieve antibioticagebruik(36). Na verloop van tijd is het risico op een volksgezondheidsrisico onderkend en door actief beleid is in de meeste landbouwhuisdierensectoren het antibioticagebruik inmiddels met 70% of meer gereduceerd. Deze reductie is gepaard gegaan met een toename van vaccinaties en betere *biosecurity* (zie hierna) op de bedrijven. Alleen aan vleeskalveren, konijnen en kalkoenen worden nog relatief veel antibiotica voorgeschreven(22).

Internationaal perspectief

Op grond van de huidige trends is de verwachting dat de wereldwijde vraag naar vlees, zuivel en eieren in de komende jaren verder zal stijgen(37). Door deze stijgende vraag neemt wereldwijd de productie toe, waardoor ook de rol van de internationale veehouderij bij het ontstaan van zoönosen waarschijnlijk zal toenemen. Nederland exporteert met name naar andere EU-landen, ongeveer een kwart van de export gaat naar landen buiten Europa(38).

Gegeven de regels rond het verkeer van landbouwhuisdieren binnen Europa is het niet mogelijk om de kans op een nieuwe zoönose uitbraak in Nederland met alleen nationale acties uit te sluiten. Zelfs al zouden we in Nederland radicale maatregelen nemen, dan nog kan een zoönose ons langs andere wegen bereiken. Toch heeft Nederland wel een belangrijke rol te spelen. Ons land heeft een internationaal erkende expertise op het gebied van veehouderij en kan zo bijdragen aan het ontwikkelen van praktijken die de kans op zoönotische overdracht sterk beperken, bijvoorbeeld op het terrein van bioveiligheid, monitoring en surveillance en veterinair uitbraakmanagement. In de komende hoofdstukken wordt besproken wat de belangrijkste risicofactoren zijn, in hoeverre infecties bij dieren kunnen worden voorkomen of vroegtijdig herkend, amplificatie kan worden vermeden en overdracht naar de mens kan worden tegengegaan. Daarbij is het overigens wel van belang om eventuele maatregelen in een bredere context te zien, waarin dierenwelzijn en ecologische impact worden meegenomen.

2. Gezelschapsdieren en hulpdieren

Door het nauwe contact van mensen met hun gezelschaps- en hulpdieren kan een zoönotische ziekteverwekker gemakkelijk worden overgebracht, maar tot dusver heeft dat in Nederland tot dusver zelden tot een uitbraak geleid. Het is echter denkbaar dat een volgende pandemie (Disease X) zich ook via gezelschapsdieren verspreidt.

De trend om niet-gedomesticeerde ('wilde') dieren van buiten Europa (exotische dieren) als gezelschapsdier te houden, brengt een verhoging van het zoönoserisico met zich mee. Het risico op een uitbraak met een onbekende ziekteverwekker is het grootst bij uit het wild gevangen gezelschapsdieren, zeker als deze afkomstig zijn uit het illegale circuit. De aanschaf van gezelschapsdieren vindt vaak langs slecht gereguleerde kanalen (online) plaats, waardoor eigenaren niet goed voorgelicht worden over de verzorging en de risico's waaronder het zoönoserisico.

Aanbevelingen:

- **Stel een lijst vast van alle diersoorten die als gezelschapsdieren gehouden mogen worden (positieflijst), rekening houdend met het zoönoserisico naast andere relevante aspecten zoals dierenwelzijn en bedreigde diersoorten. Daarbij moet voldoende rekening worden gehouden met de juridische barrières waardoor een eerdere positieflijst niet kon worden ingevoerd.**
- Ontwikkel een draaiboek voor het geval dat veel voorkomende gezelschapsdieren zoals honden, katten en vogels een rol zouden spelen in de epidemiologie van een zoönotische uitbraak (bijvoorbeeld met een Disease X).
- Versterk kennis en bewustzijn van zoönoserisico's (zoönosegeletterdheid) bij (dieren)artsen en individuele houders en bij *communities* van mensen die bepaalde diersoorten houden.

2. Gezelschapsdieren en hulpdieren

De dieren die het intensiefst in contact staan met mensen, zijn de gezelschapsdieren. Ongeveer de helft van de Nederlandse huishoudens heeft één of meer gezelschapsdieren. In totaal gaat het om meer dan 25 miljoen dieren, waarvan ongeveer de helft vissen. Exotische zoogdieren en vogels leveren een onbekende, maar potentieel grote bijdrage aan het gevaar van zoönotische uitbraken. Ook weten mensen die gezelschapsdieren houden niet altijd wat het dier nodig heeft en welke (zoönose)risico's het met zich meebrengt.

Gezelschapsdieren en hulpdieren leveren een belangrijke bijdrage aan het welbevinden en het sociale functioneren van hun eigenaren en daarmee aan gezondheid in bredere zin. In dit hoofdstuk staat echter de vraag centraal in hoeverre er ook een keerzijde is: een mogelijk risico op uitbraken van (zoönotische) infecties. Om deze vraag te kunnen beantwoorden, wordt allereerst kort ingegaan op de diverse diersoorten die als gezelschapsdier gehouden worden en de frequentie waarmee dat in Nederland het geval is. Ook wordt besproken welke infectieziekten via gezelschapsdieren overgedragen kunnen worden en welke diersoorten daarbij het hoogste risico met zich meebrengen. Speciale nadruk krijgen daarbij exotische diersoorten, vaak 'wilde' (niet-gedomesticeerde) dieren. Na een bespreking van de risicofactoren voor zoönosen vanuit gezelschapsdieren, wordt ingegaan op de zoönosegeletterdheid van de eigenaren van gezelschapsdieren en de monitoring en surveillance van (potentieel zoönotische) dierziekten bij deze dieren. Ten slotte wordt het thema in internationaal perspectief besproken.

Definitie gezelschapsdieren

Onder gezelschapsdieren en hulpdieren worden in dit hoofdstuk alle dieren verstaan die door mensen worden gehouden voor gezelschap, amusement, sport, werk en ondersteuning. Bij amusement kan gedacht worden aan dieren in dierentuinen en kinderboerderijen en het houden van dieren om hun uiterlijk (bijvoorbeeld hondenshows), bij sport aan bijvoorbeeld paardensport en hondenrennen en bij werken onder meer aan de inzet van dieren door de politie, het leger, de douane. Ondersteuning kan zowel praktisch zijn, bij mensen met een beperking, of meer psychologisch. Gezelschapsdieren kunnen gedomesticeerde dieren zijn (zoals honden en huiskatten) of wilde dieren die in gevangenschap zijn gefokt of uit het wild zijn gevangen⁽³⁹⁾, (waaronder exotische gezelschapsdieren (*exotic pets*): diersoorten waarvan het verspreidingsgebied buiten Europa ligt.

Diersoorten

In aantallen dieren zijn vissen de meest voorkomende gezelschapsdieren in Nederland (zie Tabel 2.1). In 2019 had bijna de helft van de Nederlandse huishoudens één of meer gezelschapsdieren, waarvan 18% met één of meer honden, 23% met één of meer katten, en 7% met aquariumvissen. Er waren tussen 1% en 5% huishoudens met één of meer gezelschapsdieren van andere soorten. Vanuit het oogpunt van zoönoserisico zijn vooral warmbloedige dieren (vogels en zoogdieren) van belang. Andere diersoorten, zoals reptielen, kunnen weliswaar ook soms bacteriën bij zich dragen die voor de mens schadelijk zijn, maar zij zijn vrijwel nooit dragers van ziekteverwekkers die verantwoordelijk zijn voor uitbraken.

Tabel 2.1: Aantallen gezelschapsdieren in Nederland, 2019⁽⁴⁰⁾

Diergroep	Aantal (miljoenen dieren)
Honden	1,7
Katten	2,9
Aquariumvissen	7,7
Vijvervissen	8,2
Konijnen	0,6
Zang- en siervogels	2,4
Knaagdieren	0,5
Kippen, eenden en ganzen	1,5
Reptielen	0,3
Pony's en paarden	0,2
Postduiven	1,2

Het is niet goed bekend welke soorten exotische dieren in Nederland als gezelschapsdier worden gehouden door particulieren, en in welke aantallen. De lijst van in Nederland gehouden zoogdieren van het RVO noemt naast 16 gedomesticeerde soorten ook 293 wilde zoogdiersoorten(41). Het aantal wilde vogelsoorten dat als exotisch dier wordt gehouden is waarschijnlijk veel groter; het Informatiecentrum Gezelschapsdieren (www.licg.nl) noemt al meer dan 200 soorten en hun opsomming is niet volledig.

Stichting AAP analyseerde in 2019 gedurende drie maanden welke soorten te koop werden aangeboden op twee Nederlandse internetsites, in twee Nederlandse dierwinkels en een Nederlandse en Belgische diermarkt. Het bleek dat in die periode 55 exotische zoogdiersoorten te koop werden aangeboden, waarvan vier soorten illegaal (drie soorten primaten: bruinkopslingeraap, dwergzijdeaapje, kapucijnaap; en één soort roofdier: Indische mangoeste)(42).

Ziekteverwekkers

Uit het maandelijks signaleringsoverleg zoönosen komen incidentele signalen van zoönotische infecties die van gezelschapsdieren op mensen worden overgedragen. Tot een uitbraak leiden deze niet. In de periode 2016-2020 betrof het onder meer de volgende gevallen: Seoul virus bij ratten in een dierenhandel, rabiësvirus bij een uit Marokko geïmporteerde hond, cowpox virus bij katten en bornavirus bij exotische eekhoorns(43). De Wetenschappelijke Adviescommissie Positieflijst (WAP) onder voorzitterschap van prof. L. Hellebrekers ontwikkelde op verzoek van het ministerie van LNV een toetsingskader om te beoordelen welke diersoorten door eenieder in of om het huis gehouden mogen worden. Het welzijn van mens en dier stond daarbij centraal; ook het zoönoserisico werd in deze afweging meegenomen. De WAP ontwikkelde een systematiek om de risico's te analyseren op (zoogdier-gerelateerde) zoönosen uit gezelschapsdieren per diersoort, waarbij met name gekeken werd in hoeverre een diersoort of soortengroep bekend staat als gastheer van een bepaalde ziekteverwekker. Het ging dus niet om aangetoonde besmettingen in Nederland, maar om het potentiële risico dat een dier deze ziekteverwekker bij zich draagt.

Onder de ziekteverwekkers die de WAP noemt, bevinden zich zoönosen van de hoogste risicoklasse. Het gaat hierbij om zowel virale, bacteriële, als parasitaire ziekteverwekkers, die soms ook overgebracht worden door vectoren (Bijlage 2.1). Hierbij dient te worden benadrukt dat er veel kennis ontbreekt over welke ziekteverwekkers voorkomen bij veel exotische diersoorten. Zo is Variegated Squirrel Bornavirus in exotische eekhoorns in Nederland en Duitsland pas ontdekt toen ze fatale hersenontsteking veroorzaakten bij mensen in Duitsland(44,45). Ook is Seoulvirus pas vastgesteld in als huisdier gehouden bruine ratten in Nederland toen iemand ziek werd(46). Tenslotte werd pas bekend dat gambiahamsterratten een bron konden zijn voor apenpokkenvirus toen bleek dat zij via een Amerikaanse dierenroothandel andere exotische knaagdieren (prairiehonden) hadden besmet, waardoor 70 mensen ziek werden met apenpokken(47,48). Overigens werd in geen van bovenstaande drie gevallen de ziekteverwekker van mens op mens overgedragen, al is dat bij apenpokken wel mogelijk.

Dieren die uit het wild zijn verkregen, vormen volgens de WAP een 'apart' risico voor zoönosen. Vanwege het ontbreken van microbiële gegevens van wilde populaties heeft de WAP het zoönoserisico uit deze wildgevangen dieren als hoog beoordeeld. Onder de maatregelen om deze zoönosen onder controle te krijgen beveelt de WAP onder meer aan om wild gevangen dieren grondig te onderzoeken op teken en andere parasieten. Op dit moment bestaan er nauwelijks concrete eisen om te screenen op bepaalde zoönotische ziekteverwekkers⁷. Evenmin bestaat er een verplichting om gezelschapsdieren bij import, export of doorvoer te vaccineren. De enige uitzondering vormt de verplichte vaccinatie tegen rabiës bij honden, katten en fretten. Gezien de impact van deze ernstige zoönotische virusinfectie, met naar schatting 60.000 dodelijke slachtoffers wereldwijd per jaar, is dit een noodzakelijke verplichting die ervoor zorgt dat Nederland gevrijwaard blijft van rabiës.

Risicofactoren

Bij gezelschapsdieren In Nederland is tot dusver geen groot risico gebleken op het ontstaan van zoönotische uitbraken. Anders dan bijvoorbeeld bij landbouwhuisdieren gaat het om geringe aantallen per huishouden; amplificatie binnen de dierenpopulatie is dus meestal geen factor van belang, al hebben met name katten en

⁷ Uitzonderingen: katten uit Australië mogen de laatste 60 dagen niet op een bedrijf met Hendravirus zijn geweest; honden en katten uit Maleisië dienen negatief getest zijn voor Nipah virus.

honden wel regelmatig contact met soortgenoten. Speciale aandacht verdienen in deze context ook de zwerfkatten, met name in de grote steden, die in grote aantallen voorkomen.

De bevinding dat SARS-CoV-2 ook in staat is om honden en katten te besmetten wordt nader onderzocht. In het geval dat zich in honden of katten een ziekte voordoet die gevaarlijk is voor de mens zou dat zeer ernstige gevolgen hebben vanwege hun grote aantallen, onderlinge contacten en de intieme contacten tussen mens en gezelschapsdier. Kortom, hoewel gezelschapsdieren zoals honden en katten tot dusver geen grote problemen voor de volksgezondheid hebben veroorzaakt, is het doordenken van dit scenario en het ontwikkelen van draaiboeken hier wel van belang.

Ook bestaat de mogelijkheid dat een gevaarlijke ziekteverwekker zoals het ebolavirus via exotische gezelschapsdieren in Nederland geïntroduceerd wordt. Het is dan ook een ongewenste ontwikkeling dat exotische gezelschapsdieren steeds populairder worden in welvarende landen en ook in Nederland (dit brengt tevens risico's met zich mee door internationale handel in dieren, zie hoofdstuk 6). Onbekendheid met deze dieren, zowel bij veel eigenaars als bij dierenartsen, vergroot het zoönoserisico. Ook lijkt de praktijk van het houden van exotische dieren te veranderen, waarbij 'intiemer' fysiek contact plaatsvindt.

Het risico op zoönotische uitbraken door het houden van gezelschapsdieren lijkt groter te zijn bij:

- exotische/wilde dieren (groter dan bij gedomesticeerde dieren)
- wildgevangen exotische/wilde dieren (groter dan voor in gevangenschap gefokte dieren van dezelfde soort)
- gezelschapsdieren uit het illegale circuit (wild gevangen, illegaal gefokt, etc).
- aankoop (vaak online) van een particuliere bron (vergeleken met commerciële bronnen)
- aankoop van een bron met veel dieren van verschillende soorten en herkomst
- ondeskundige verzorging
- nauw fysiek contact met het dier
- amplificatie door contacten tussen soortgenoten en soms ook tussen soorten

Ontbreken van kennis

Zowel voor het welzijn van de dieren en de veiligheid van mensen als voor het terugdringen van het zoönoserisico is het van groot belang dat eigenaars van gezelschapsdieren voldoende kennis en vaardigheden hebben en ook thuis adequate faciliteiten hebben voor huisvesting. Om (potentiële) eigenaars van gezelschapsdieren van de nodige kennis te voorzien heeft het Landelijk Informatiecentrum Gezelschapsdieren zogeheten 'huisdierenbijsluiters' ontwikkeld voor veel voorkomende soorten. In de bijsluiters, gratis te downloaden via www.licg.nl, staat informatie over belangrijke zaken zoals huisvesting, voeding, gedrag, en gezondheid, waaronder zoönosen. Een dergelijke huisdierenbijsluiters is een goede manier om nieuwe eigenaren te voorzien van basisinformatie rondom de verzorging van hun dier.

Helaas ontvangt slechts een derde van alle nieuwe eigenaren van een gezelschapsdier zo'n bijsluiters. Voor bedrijven bestaat de wettelijke verplichting om zo'n bijsluiters te verstrekken, maar steeds vaker schaffen mensen een gezelschapsdier aan via particulieren of Marktplaats, waardoor zij geen bijsluiters meekrijgen. Voor veel exotische diersoorten bestaat zelfs geen bijsluiters. De NVWA heeft wel een samenwerkingsprotocol met Marktplaats afgesloten om de ergste uitwassen tegen te gaan.

Daarnaast lijkt er een tendens te zijn voor een snelle wisseling in populariteit van exotische diersoorten, waardoor de nodige bekendheid en kennis van ziekteverwekkers, verzorging en huisvesting telkens achterblijven, met alle risico's van dien.

De algemene zorgplicht, vastgelegd in de **Wet Dieren**, maakt dat een houder van een dier (ook een exotisch dier) moet kunnen voldoen aan de zorg voor het dier. Onder die zorgplicht valt ook veterinaire zorg. Wie een (exotische) diersoort als gezelschapsdier houdt, moet dus kunnen aantonen dat het dier goede gespecialiseerde veterinaire zorg ontvangt. Registratie van dierenartsen als gezelschapsdierenarts is niet verplicht. Daarom is het niet goed bekend of er voldoende veterinaire capaciteit is⁽³⁴⁾. Evenmin bestaat er een overzicht van in exotische dieren gespecialiseerde dierenartsen. Daar komt nog bij dat er in het algemeen nog grote leemtes bestaan in de kennis over virussen en andere ziekteverwekkers bij veel (exotische) wilde

diersoorten en dat ook in de (humane) gezondheidszorg niet altijd voldoende deskundigheid bestaat over de meer zeldzame zoönosen.

Surveillance en rapportage

Het vóórkomen van zoönotische besmettingen van mensen door gezelschapsdieren wordt door diverse organisaties bijgehouden. Wanneer er sprake is van een besmetting met een meldingsplichtige zoönose, moet melding plaatsvinden⁽⁴³⁾. Zoals hierboven benoemd, is het aannemelijk dat veel (niet-meldingsplichtige) zoönosen gemist worden vanwege het specifieke klachtenpatroon en het ontbreken van systematische microbiologische diagnostiek. De surveillance van zoönosen bij gezelschapsdieren in Nederland is onder meer geregeld via:

- RIVM en NVWA (jaarlijkse melding in Staat van Zoönosen))
- Faculteit der Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht (melding naar ministeries van LNV en VWS; elk kwartaal gemeld in Gezelschapsdierenkijker)
- NVWA (gemeld aan EFSA volgens Zoönoserichtlijn 2003/99/EC; jaarlijkse melding in EU One Health Zoonoses report) en jaarlijkse melding in Staat van Zoönosen)
- Maandelijks melding in Signaleringsoverleg Zoönosen

In hoofdstuk 13 van dit rapport wordt nader ingegaan op surveillance van zoönosen en het Signaleringsoverleg Zoönosen.

Gezelschapsdieren internationaal

Het houden van gezelschapsdieren komt wereldwijd voor, waarbij de meest uiteenlopende diersoorten worden aangetroffen. Naast bekende gezelschapsdieren als honden en katten gaat het bijvoorbeeld om fretten, konijnen, en varkens; knaagdieren, zoals woestijnratten, hamsters, chinchillas, ratten, muizen, en cavia's; vogels zoals papegaaiaachtigen, zangvogels, en pluimvee; reptielen zoals schildpadden, hagedissen, en slangen; zoet- en zoutwatervissen; amfibieën zoals kikkers en salamanders, en ongewervelden zoals slakken en spinnen. Minder bekende gezelschapsdieren zijn vleermuizen zoals de Egyptische rousette; katachtigen zoals Bengaalse tijgerkat, caracal, en serval; primaten zoals doodshoofdaapje, kapucijnaap, en chimpansee; civetkatachtigen zoals genet, palmroller, en beermarter; en roofvogels zoals uilen. Dit is slechts een greep uit de vele soorten; er bestaat momenteel nog geen goed wereldwijd overzicht over de soorten en aantallen dieren die als gezelschapsdier worden gehouden. Beperkte data zijn vaak afkomstig van commerciële bedrijven die handelen in gezelschapsdieren, hun voer en attributen zoals kooien.

Zoals gezegd bestaat er wereldwijd een trend om meer exotische gezelschapsdieren te houden. Dit is ongewenst om verschillende redenen. Het betreft vaak bedreigde soorten, waaronder soorten die beschermd zijn volgens de CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of wild flora and fauna), een internationale overeenkomst met regels om ongeveer 5.800 diersoorten en 30.000 plantensoorten te beschermen. Exotische dieren zullen bovendien vaak stress (*allostatic load*) ervaren wanneer zij uit hun natuurlijke habitat worden gehaald en in of om een huis worden gehouden. De kans dat ooit via exotische dieren ernstige infectieziekten op mensen worden overgedragen is een extra argument om de internationale handel in (exotische) wilde dieren sterk te beperken.

3. Wilde dieren

Wereldwijd zijn wilde dieren de belangrijkste oorspronkelijke bron van opkomende zoönosen. Daarbij zijn met name de soorten die regelmatig direct of indirect in contact komen met mensen vaak verantwoordelijk voor de overdracht van ziekteverwekkers op de mens. Overdracht vindt plaats door rechtstreeks contact, indirect via feces en urine en door tussenkomst van gehouden dieren en vectoren. Mensen die door hun beroep veel in contact komen met wilde dieren, lopen een verhoogd risico: jagers, natuurbeheerders, dierentuin- en wildopvang personeel, dierenartsen, onderzoekers en laboratoriummedewerkers. Verder vindt overdracht van sommige zoönosen bij wilde dieren in Nederland, zoals de ziekte van Lyme en tickborne encephalitis plaats via vectoren (zie ook hoofdstuk 4). Het risico op een zoönotische uitbraak door rechtstreeks contact met wilde dieren in Nederland is relatief klein.

Aanbevelingen:

- **Realiseer systematische en zo volledig mogelijke monitoring van wilde dieren in Nederland (met name ook vogels en knaagdieren) om zo compleet mogelijk zicht te hebben op hun populaties en de (zoönotische) ziektekiemen waarmee zij besmet zijn. Voer altijd gericht onderzoek uit bij signalen die duiden op een toenemende kans op zoönosen.**
- **Stimuleer het internationale onderzoek naar populaties van wilde dieren en de ziektekiemen die zij bij zich dragen.**
- Versterk de (internationale) kennis op het gebied van infectieziekten bij wilde dieren en hun transmissie in ecologische netwerken (al dan niet met betrokkenheid van vectoren).

3. Wilde dieren

Een aanzienlijk deel van de ziekteverwekkers die nieuwe en opkomende infecties bij de mens veroorzaken, is oorspronkelijk afkomstig van wilde dieren. Soms worden mensen rechtstreeks door wilde dieren besmet, vaker via een gedomesticeerd dier of via geleedpotigen (vectoren). In dit hoofdstuk worden bekende voorbeelden genoemd, zowel wereldwijd als specifiek voor Nederland. Daarnaast wordt stilgestaan bij de mogelijkheid dat een nog onbekende infectie van wilde dieren overgaat op de mens ('Disease X').

De diersoorten die hier worden samengevat onder 'wilde dieren' zijn zoogdieren en vogels die niet door de mens gedomesticeerd zijn en die ook niet als huisdier of productiedier gehouden worden (zie daarvoor hoofdstuk 1 en 2). Dat wil niet zeggen dat wilde dieren altijd ver van de mensen wonen. Diverse vogelsoorten, knaagdieren, vleermuizen en andere wilde dieren leven dicht bij de mens of zelfs in de huizen van mensen. Via rechtstreeks contact, aangevreten voedsel, urine en feces kunnen ziekten van deze dieren overgaan op de mens. Het contact met soorten die in het wild leven, wordt de laatste jaren geïntensiveerd, onder meer door verandering in landgebruik, waardoor ook deze soorten een bron van zoönosen kunnen zijn. Ook de toegenomen mondiale mobiliteit van mensen speelt een rol (zie ook hoofdstuk 7).

Zoogdieren en vogels vormen slechts een klein deel van het gehele dierenrijk, maar zijn verreweg de belangrijkste klassen van dieren die een mogelijke bron van zoönosen vormen. Een andere belangrijke klasse, de geleedpotigen, speelt een rol bij de overdracht van ziekten tussen warmbloedige dieren en de mens.

Wilde zoogdieren en vogels vormen nog maar een klein deel van de totale biomassa van gewervelde dieren op aarde. Bar-On et al.(14) berekenden dat wilde zoogdieren slechts 4% van de globale biomassa van zoogdieren vertegenwoordigen; de rest wordt vertegenwoordigd door landbouwhuisdieren, voornamelijk rundvee en varkens, (60%) en door mensen (36%) (figuur 1.1). De verdeling van globale biomassa bij vogels gaat dezelfde kant op maar is minder extreem: 29% wilde vogels en 71% pluimvee, voornamelijk kippen.

Wilde dieren als bronnen van zoönosen

Bij uitbraken van opkomende infectieziekten bij de mens blijkt 60% van de ziekteverwekkers zoönotisch zijn; 75% daarvan waren afkomstig uit wilde dieren(7). Ziekteverwekkers uit primaten kunnen gemakkelijker overgaan op mensen, vanwege de nauwe evolutionaire verwantschap(49). Verder kan het lijken dat knaagdieren en vleermuizen vaker een bron van zoönosen zijn, maar dat is wellicht een vertekend beeld. Er zijn immers veel meer soorten knaagdieren en vleermuizen dan andere zoogdieren. Knaagdieren vormen 40% van alle bekende zoogdiersoorten en vleermuizen 20%. Bij vogels bestaat evenmin een duidelijk verband tussen de soort en de kans dat zij een virusinfectie overdragen op de mens(50). Soorten vogels en zoogdieren die vaker met de mensen in aanraking komen, zullen vaker ziekteverwekkers op mensen overdragen.

Zoönotische ziekteverwekkers afkomstig van wilde dieren

Zowel virussen als bacteriën en (eencellige) parasieten kunnen van wilde dieren op mensen overgaan. In dit rapport concentreren we ons op die ziekteverwekkers die uitbraken bij de mens kunnen veroorzaken, zodat de nadruk ligt op virussen en bacteriën.

Bij virussen is een verband aangetoond tussen hun zoönotisch potentieel en enkele specifieke eigenschappen, met name vermenigvuldiging van het virus in het cytoplasma van de gastheercel (dus niet in de celkern), transmissie via geleedpotige vectoren, en een breed gastheerspectrum(51). Zo'n breed gastheerspectrum bestaat bijvoorbeeld als een virus bij het binnendringen in de cel van de gastheer gebruik maakt van moleculen die in de loop van de evolutie weinig veranderd zijn. Ze hebben dan als het ware een loper die past op de sloten van zeer veel verschillende soorten gastheren. Een breed gastheerspectrum kan ook ontstaan doordat het virus een bij veel gastheersoorten voorkomend afweermechanisme kan onderdrukken, bijvoorbeeld de productie van de signaalstof interferon. Ook bacteriën zoals *Leptospira* spp. en *Borrelia* spp. en *Yersinia pestis* en protozoën zoals *Toxoplasma gondii*, kunnen (via een vector) van wilde dieren op mensen worden overgedragen (52,53).

Overdrachtsroutes

Mensen kunnen op verschillende manieren besmet raken door wilde dieren: door rechtstreeks contact, indirect via speeksel, uitwerpselen of urine, door het eten van hun vlees of toepassing in (vermeend) geneeskrachtige mengsels, door tussenkomst van andere soorten (geleedpotige vectoren of gewervelde tussengastheren). Welk

risico iemand loopt, hangt sterk af van haar/ zijn gedrag, beroep, omgeving en lokale hygiëne. De gastheersoorten zijn daarbij bepalend. Knaagdieren zijn eerder betrokken bij overdracht door indirect contact in en rond woningen en op akkers en weilanden, terwijl wereldwijd primaten (mensapen) een belangrijke bron zijn van virussen door jacht en contact in laboratoria. Er bestaat een verhoogd risico bij mensen die beroepshalve zijn blootgesteld aan wilde dieren, zoals jagers, laboratoriummedewerkers, dierenartsen, onderzoekers, natuurbeheerders, dierentuin- en wildopvangpersoneel. Ongeveer 40% van de zoönotische virussen afkomstig van wilde dieren (die normaliter niet in contact komen met mensen), wordt via geleeedpotige vectoren overgedragen. Zo wordt het grootste deel van de zoönotische virussen afkomstig van wilde vogels via vectoren overgedragen(54).

Een belangrijke alternatieve route verloopt via een andere diersoort (*stepping stone species, intermediate species*), meestal een landbouwhuisdier. Doordat mensen intensiever contact hebben met deze huisdieren, vormt deze route vaker de bron van besmetting. Voorbeelden van zoönotische virussen waarbij een gedomesticeerde intermediair een rol heeft gespeeld zijn MERS coronavirus (intermediair: dromedaris(55)), Nipah virus in Maleisië (intermediair: varken(56)), en H7N9 LPAIV (intermediair: kip(57)). Zie verder hoofdstuk 1, Landbouwhuisdieren (p. 7 van dit rapport).

Bekende zoönotische virussen en ‘Disease X’

Bijlage 3.1 toont een alfabetische lijst zoönotische virussen van wilde dieren met eigenschappen als transmissie, verspreiding, en overdraagbaarheid tussen mensen(54). Daarvan zijn 17 virussen overdraagbaar van mens tot mens; zij vormen dus een mogelijk risico voor uitbraken, epidemieën of zelfs pandemieën. De tabel toont ook 28 vector-overdraagbare virussen met een brede geografische verspreiding. Deze kunnen voor een uitbraak zorgen wanneer de vector veelvuldig voorkomt, vaak besmet is en vaak in contact komt met mensen (zie ook hoofdstuk 4).

In bijlage 3.1 worden enkele bekende internationale zoönotische virusinfecties beschreven die oorspronkelijk afkomstig zijn van wilde dieren: HIV-AIDS, SARS, Ebola koorts, en COVID-19. Deze voorbeelden en andere voorbeelden zoals MERS verdienen zeker extra aandacht. Het is echter ook belangrijk om er rekening mee te houden dat zeer veel ziekteverwekkers bij wilde dieren nog niet geïdentificeerd zijn. Het is dus goed mogelijk dat de volgende grote uitbraak veroorzaakt zal worden door een nu nog onbekende ziekteverwekker, of een onbekende variant van een bekend virus. In de scenario's over toekomstige uitbraken wordt wel gesproken van 'Disease X'.

In algemene zin kan worden vastgesteld dat bij alle ernstige zoönotische uitbraken, inclusief de huidige COVID-19 pandemie, menselijke factoren van doorslaggevend belang zijn geweest bij het ontstaan van de uitbraak/pandemie in zijn huidige omvang. Landgebruiksveranderingen die het ecosysteem en de biodiversiteit verstoren zoals ontbossing, bevolkingstoename en verstedelijking, toegenomen mobiliteit, toegenomen welvaart en daarmee gepaard gaande toename van vleesconsumptie (o.a. van exotische dieren), en uiteraard de handel in en jacht op wilde dieren zijn belangrijke risicofactoren (zie ook hoofdstuk 6 en 7).

Wilde dieren en zoonosen in Nederland

Alle bovengenoemde overdrachtsmechanismen en risico's doen zich ook in Nederland voor: directe en indirecte besmetting, alsmede besmetting via vectoren of tussengastheren. Ziekteverwekkers van zowel wilde zoogdieren (zie bijlage 3.2) als wilde vogels (bijlage 3.3) spelen een rol bij uitbraken in de mens. Op dit moment zijn er geen aanwijzingen dat zoonosen bij wilde dieren in Nederland veel voorkomen in vergelijking met andere Europese en niet-Europese landen(43). Het blijft echter van belang om waakzaam te zijn. Door o.a. de verhoogde mobiliteit van mens en dier, klimaatverandering en veranderende ecosystemen kunnen infecties die nu nog vooral elders voorkomen ook hier voor uitbraken zorgen.

Belangrijke zoonosen afkomstig van wilde dieren in Nederland

In omvang zijn de twee belangrijkste zoonosen die afkomstig zijn van wilde zoogdieren in Nederland de ziekte van Lyme en leptospirose. De ziekte van Lyme komt veel voor bij mensen (tussen 1994 en 2009 was sprake van een ruime verdrievoudiging van het aantal gevallen tot 22.000(58)). De verwekker ervan, de bacterie *Borrelia burgdorferi*, wordt overgebracht door schapenteken (*Ixodes ricinus*). Een groot aantal vogels en zoogdieren fungeren als gastheer, mede doordat verschillende ontwikkelingsstadia van de teek zich voeden met bloed van verschillende diersoorten.

Er bestaat een complexe wisselwerking tussen gastheersoorten, teken en lokale weersomstandigheden, die het moeilijk maakt om verspreiding te voorspellen. Iedereen die in de natuur verblijft, loopt risico.

Leptospirosen zijn infecties met uiteenlopende *Leptospira* bacteriën. Zij kunnen ernstige luchtweginfecties (longontsteking) en infecties van de nieren veroorzaken, die vaak (te) laat als leptospirose herkend worden worden vanwege de zeldzaamheid van de ziekte. Jaarlijks worden enkele tientallen mensen, met name mannen, getroffen. De belangrijkste wilde reservoirs van de bacterie zijn diverse knaagdiersoorten, zoals bruine rat, grote bosmuis, huismuis, muskusrat, en gewone spitsmuis(59). Infectie vindt plaats door contact met water dat door urine van deze knaagdieren besmet is. Contact met oppervlaktewater en rechtstreeks contact met (wilde) dieren zijn risicofactoren.

De diverse knaagdiersoorten in ons land kunnen, vooral via hun urine en uitwerpselen, ook een groot aantal andere ziekteverwekkers overbrengen, met name virussen (hantavirussen, orthohantavirussen). Wanneer het aantal knaagdieren toeneemt, stijgt ook de kans op besmetting. Sommige van deze virussen, zoals het Dobrava-Belgrade virus, veroorzaken ernstige ziekte met een relatief hoge sterftetekans (bij infectie met het Dobrava-Belgrade virus is de sterftetekans na besmetting 12 procent). Hoewel zij nu nog niet of nauwelijks in Nederland voorkomen, zijn hun potentiële gastheren (zoals de grote bosmuis) wel in ons land aanwezig.

Bij dieren en mensen is in Nederland het Tick-borne encephalitis virus, TBEV aangetroffen, een ziekteverwekker die wordt overgebracht door schapenteken(60,61). TBEV kan een hersenontsteking veroorzaken.

In bijlage 3.3 worden zoönotische ziekteverwekkers genoemd die voorkomen bij wilde vogels en die in principe tot uitbraken bij de mens kunnen leiden. Zo spelen wilde vogels en pluimvee een rol bij de overdracht en evolutie van griepvirussen(2,62). Wilde vogels spelen een rol als gastheer van *Borrelia* spp. (o.a. ziekte van Lyme)(63), die via teken wordt overgedragen. Ook is in Nederland in september 2020 het westnijlvirus (WNV) aangetroffen in een vrijlevende grasmus(64) en een maand later bij een mens(65). Deze laatste infectie had in Nederland plaatsgevonden. WNV infectie kan ernstige verschijnselen (hersenontsteking) veroorzaken. Het virus wordt overgebracht door muggen. WNV komt met name voor in zuidelijke landen, maar is in Nederland inmiddels bij meerdere vogels en muggen gevonden. De verwachting is dat WNV vaker in Nederland aanwezig zal zijn, mede vanwege klimaatverandering.

4. Vectoren en hun gastheren

Vectoren spelen wereldwijd een belangrijke rol bij de overdracht van zoönosen. Kennis van deze geleedpotigen in hun verschillende ontwikkelingsstadia en hun interactie met gastheren en ziekteverwekkers is dan ook van cruciaal belang voor het terugdringen van zoönosen. Menselijke activiteiten en de gevolgen ervan voor ecosystemen en klimaat kunnen leiden tot veranderingen in de populaties van vectoren en dus het zoönoserisico.

Voor de preventie van vectorgebonden zoönosen is het van belang om het contact tussen mensen en vectoren te beperken en de introductie van nieuwe soorten vectoren en ziekteverwekkers actief tegen te gaan, bijvoorbeeld door extra aandacht te besteden aan import via havens en luchthavens (*points of entry*). Daarnaast kan op verschillende manieren (fysisch, chemisch, biologisch) geprobeerd worden de populatie van de vector te verkleinen en kan getracht worden de mate van besmetting van vectoren te verminderen. Het is echter nog maar ten dele duidelijk welke maatregelen daadwerkelijk helpen om het aantal besmettingen te reduceren.

Aanbevelingen:

- **Garandeer een structurele systematische monitoring van de populaties en besmettingsgraad van vectoren, niet alleen de exoten maar ook de inheemse soorten, om de effecten van lange termijn veranderingen zoals klimaatverandering in kaart te kunnen brengen.**
- Controleer zowel gastheren als (grote aantallen) vectoren op een breed spectrum aan mogelijke ziekteverwekkers en integreer deze surveillance activiteiten door verbeterde samenwerking tussen de diverse betrokken organisaties.
- Onderzoek de impact van klimaat en klimaatmaatregelen en andere menselijke activiteiten op vectoren en besmettingskansen.
- Verhoog de alertheid en kennis (zoönosegeletterdheid) van de bevolking rond die vectoren waarover voldoende wetenschappelijke kennis bestaat, via informatiecampagnes zoals de jaarlijkse 'Week van de Teek'. Geef nascholing/voorlichting over zeldzamere vectorgebonden aandoeningen aan professionals die concreet actie kunnen ondernemen, zoals artsen, dierenartsen en milieukundigen.
- Onderzoek de mogelijkheden voor de toepassing van (nieuwe) methodes voor de bestrijding van vectoren en vectorgebonden zoönosen die duurzaam en (kosten)effectief zijn. Voorbeelden van zulke methodes zijn mechanische en chemische vormen van bestrijding, vaccins, en biologische methoden waaronder bepaalde vallen, het gebruik van bacteriën (o.a. *Wolbachia*) en genetische modificaties van muggen die leiden tot steriliteit.

4. Vectoren en hun gastheren

Sommige zoönosen worden van dier op mens overgebracht door insecten en andere geleedpotigen, de zogeheten vectoren. Om het ontstaan van zo'n zoönose te begrijpen, is inzicht nodig in de complexe interactie tussen het reservoir van besmette zoogdieren of vogels, vectoren en mensen. In dit hoofdstuk komen enkele belangrijke voorbeelden aan de orde. Ook wordt in meer algemene zin gekeken naar de rol van vectoren bij de overdracht van ziektekiemen.

Vectoren spelen een rol bij ongeveer één op de vier opkomende infectieziekten wereldwijd(7). In de meeste gevallen vindt overdracht plaats via het speeksel van de vector, tijdens een beet, bijvoorbeeld van een teek, mug of knut. In het geval van andere bloedzuigende insecten, spelen ook andere vormen van overdracht een rol. Zo wordt de pestbacterie overgedragen via het braaksel van vlooien, de *Trypanosoma* parasiet die de ziekte van Chagas veroorzaakt via de feces van wantsen en de bacterie *Borrelia recurrentis* (verwekker van *relapsing fever*) door het pletten van kleeerluizen. Zoals de tabel in bijlage 4.1 laat zien, heeft elke vectorgebonden ziekteverwekker een eigen combinatie van vectoren en gastheren.

Vectoren in Nederland

In Nederland is de ziekte van Lyme de meest voorkomende zoönotische infectie die door een vector wordt overgedragen(43). De ziekteverwekker, de bacterie *Borrelia burgdorferi*, infecteert een groot aantal soorten (wilde) zoogdieren en vogels. In Nederland circuleren tenminste zeven varianten van deze bacterie. Vector is de schapenteek *Ixodes ricinus*, die ook verscheidene andere zoönosen bij zich kan dragen, waaronder ernstige virale infecties (zie ook hoofdstuk 3).

De belangrijkste groepen bloedzuigende geleedpotigen in Nederland zijn naast de genoemde teken, de steekmuggen uit de geslachten *Culex* en *Aedes* en bloedzuigende knutten uit het geslacht *Culicoides* (en met name uit de *C. obsoletus* groep). Dierziekten die knutten mogelijk kunnen overdragen zijn blauwtong en Schmallenberg (zie hieronder). Bekende zoönosen die steekmuggen kunnen overdragen zijn Westnijkooorts, Riftalkooorts en Japanse encephalitis.

Dazen (*Chrysops* soorten), teken en muggen kunnen ook een rol spelen bij de mechanische overdracht van de bacterie *Francisella tularensis* (verwekker van de zeldzame zoönose tularaemie) van hazen naar mensen. Van Q-kooorts is overdracht via teken incidenteel beschreven, maar de epidemiologische bijdrage van teken wordt als verwaarloosbaar beschouwd(66).

Ook opkomende zoönotische ziekteverwekkers worden regelmatig door vectoren overgedragen(5). Sommige worden door steekmuggen overgedragen (bijvoorbeeld Japanse encephalitis virus, westnijkooortsvirus en Riftalkooortsvirus), andere door teken (*Anaplasma*, *Criméan Congo hemorragische kooortsvirus*) of andere geleedpotigen zoals vlooien (de bacterie *Yersinia pestis*, verwekker van de pest).).

Vectoren en opkomende infecties

Vectoren kunnen betrokken zijn bij (zoönotische) infecties die zich ineens snel verspreiden. Met andere woorden: ook een door een vector overgedragen zoönose kan de gevreesde 'Disease X' zijn die voor een ernstige uitbraak zorgt. Die kans is het grootste als de vector veel voorkomt en de ziekteverwekker ook kan worden overdragen van mens op mens. Bekende (buitenlandse) voorbeelden van snel opkomende ziekteverwekkers die overgedragen worden door steekmuggen zijn het Zika virus en chikungunya virus.

In 2011 werd de Europese veehouderij opgeschrikt door de snelle verspreiding van een virus dat naar de plaats van ontdekking het Schmallenberg virus genoemd werd. Het virus dat verspreid wordt door knutten van het geslacht *Culicoides*, veroorzaakt ziekteverschijnselen bij koeien, maar vooral ook ernstige geboortefwijkingen bij schapen en geiten. Inmiddels is aangetoond dat het geen ziekteverschijnselen bij de mens veroorzaakt, maar dat was aanvankelijk niet duidelijk(67). Het Schmallenberg virus is dus geen zoönose, maar de snelle opkomst ervan laat wel zien dat een vectorgebonden virale infectie zich in hoog tempo over verschillende Europese regio's kan verspreiden. Het virus is aangetroffen van Scandinavië tot Sicilië en van Ierland tot Polen. Het voorbeeld van dit virus toont het belang van goede monitoring bij dieren om een nieuwe infectie snel op te kunnen sporen en het risico voor de mens ook direct te onderzoeken. Er bestond met name bij veehouders namelijk veel ongerustheid over mogelijke gevolgen van menselijke besmetting.

Opkomst van een nieuwe vectorgebonden zoönose kan het gevolg zijn van nieuwe soorten geleedpotigen die zich hier vestigen. Een veranderend klimaat kan hierbij een rol spelen (hoofdstuk 8). In Nederland worden de

introductie en mogelijke vestiging van nieuwe soorten bloedzuigende geleedpotigen zorgvuldig gemonitord door het Centrum voor Monitoring van Vectoren (CMV), onderdeel van de NVWA. Speciale aandacht gaat daarbij uit naar de tijgermug *Aedes albopictus* en een aantal andere invasieve, exotische steekmuggen. Ook teken van de geslachten *Dermacentor* en *Hyalomma* worden gemonitord. Deze geleedpotigen staan bekend als vectoren van diverse arbovirussen, bacteriën en parasieten. Teken van het *Hyalomma* geslacht zijn verantwoordelijk voor de overdracht van het virus dat Krim-Congo hemorrhagische koorts veroorzaakt. Dat virus komt voor in verschillende landen in en rond Europa, waaronder Albanië, Griekenland, Bulgarije en Turkije en het Iberisch schiereiland. Naast overdracht via een besmette teek, is overdracht van dit virus ook gerapporteerd in ziekenhuisomstandigheden (zogenaamde 'nosocomiale' overdracht) en via direct contact met bloed van besmette dieren, bijvoorbeeld gedurende de slacht.

Een opkomende zoönose kan ook ontstaan door veranderingen in de populaties van de gebruikelijke gastheren van de ziekteverwekker (reservoirs) of door veranderingen in de ziekteverwekker zelf. Door mutaties kan een virus bijvoorbeeld beter aan zowel de vector als de gastheer zijn aangepast, en zo succesvoller worden overgedragen van dieren op mensen. Een bekend voorbeeld is de mutatie in het chikungunya virus, waardoor het virus zich beter vermenigvuldigde in muggen van de soort *Aedes albopictus*(68).

Ecologie van vectoren

Steekmuggen

Bij de uitbraak van een vectoroverdraagbare ziekte gaat de aandacht meestal uit naar het volwassen, bloedzuigende individu. In het geval van muggen en andere insecten is dit namelijk het ontwikkelingsstadium dat daadwerkelijk een ziekteverwekker van dier naar mens of van mens naar mens kan overbrengen. Voor een goed begrip van de ecologische context bij een ziekte uitbraak is het ook noodzakelijk om de herkomst (broedplaatsen) van de verschillende vectoren te kennen. Het eerdere ontwikkelingsstadium, de larven, ontwikkelen zich namelijk meestal in een heel ander milieu dan het volwassen vliegende individu. De larven en poppen van steekmuggen komen tot ontwikkeling in waterige (aquatische) milieus.

De verschillende soorten steekmuggen hebben hun eigen niche, en dus hun eigen voorkeur voor het type habitat waar zij zich in ontwikkelen. Dit varieert van kleine, met water gevulde reservoirs (zoals bv. een regenton, putten, verstopte dakgoten en boomholtes) tot grotere, permanente waterlichamen, zoals sloten en plassen. Bij het opstellen van beheersingsplannen (zie hierna) dient daarom rekening gehouden te worden met de ecologie van de vector.

Teken

Teken behoren tot de spinachtigen. Hun ontwikkeling verloopt anders dan die van de mug en alle ontwikkelingsstadia (ei, larven, nymfe, volwassen teek) bevinden zich in hetzelfde milieu. Larve, nymfe en volwassen teek zuigen allemaal bloed door zich aan te hechten op verschillende soorten zoogdieren. De voorkeur voor gastheersoort verschilt per stadium.

In Nederland worden larven van het *Ixodes* geslacht met name aangetroffen op muizen, terwijl het nymfe stadium vooral muizen en vogels als gastheer heeft. De volwassen teken zijn voor hun bloedmaal sterk afhankelijk van grotere zoogdieren zoals reeën. De dichtheden van de verschillende levensstadia in een bepaald gebied kunnen sterk variëren en zijn onder andere afhankelijk van de aanwezigheid en rijkdom aan mogelijke gastheren.

Het is met name het nymfe stadium dat zich ook aanhecht op de mens en dat op deze manier voor overdracht van ziekteverwekkers kan zorgen, waaronder de *Borrelia* bacterie die de ziekte van Lyme veroorzaakt en het virus dat verantwoordelijk is voor tekenencefalitis(69). *Ixodes* teken komen in een verscheidenheid van natuurlijke milieus voor in Nederland, van bossen en heidegebieden tot duingebieden en zelfs ook in parken en tuinen in meer stedelijke gebieden.

Inschatting van de lange termijn risico's: computermodellen

De verspreiding van een vectoroverdraagbare zoönose hangt af van de complexe interactie tussen de ziekteverwekker, populaties wilde en gehouden dieren waarin de ziekteverwekker voorkomt, de vector en de mens. Om een inschatting te kunnen maken van de lange termijn risico's op de introductie en verspreiding van zo'n zoönose is het van groot belang om te beschikken over voldoende kennis over deze interacties, daarbij

geholpen door (computer)modellen. Daarbij is het ook nog relevant om te weten welke externe factoren deze interacties beïnvloeden, zoals (veranderingen in) klimaat en landgebruik, en wat de rol van de mens hierbij is. Om het risico op besmetting in te schatten, kan gebruikt worden gemaakt van wiskundige (computer)modellen, die gebaseerd zijn op de volgende parameters:

- Is een geschikte vector endemisch aanwezig? Of is er risico op introductie van een exotische soort, die van origine niet in Nederland voorkomt (door natuurlijke verspreiding of door accidentele introductie) en is er reële kans op toename in aantallen van deze vector?
- Zijn de populaties vectoren groot genoeg ten opzichte van de populaties van de dierlijke gastheren (reservoirs) en de mens?
- Wat is het bijgedrag van de vector? Neemt deze zowel bloed van het dierreservoir als bij de mens zodat er een oversprong kan plaatsvinden?
- Zijn de aanwezige vectorpopulaties vatbaar voor de ziekteverwekker, en kunnen ze een ziekteverwekker daadwerkelijk overdragen?
- Zijn de milieu- en klimaatomstandigheden geschikt genoeg voor overleving van de vector? Met andere woorden, kan de extrinsieke incubatieperiode (i.e. de tijd die nodig is voor volledige ontwikkeling van de ziekteverwekker in de vector) worden volbracht?
- Bevinden vector, gastheer en mens zich op overbrugbare afstand van elkaar? Dit wordt sterk bepaald door de afstand die vectoren kunnen afleggen. Afhankelijk van de soort, kan dit van enkele honderden meters tot tientallen kilometers zijn. Sommige kleinere vliegende insecten, zoals knutten, kunnen ook met de wind worden meegedragen(70).

Er bestaan verschillende wiskundige benaderingen om aan de hand van bovengenoemde parameters het risico te modelleren, zie bijvoorbeeld Cianci et al. (2015)(71) en Hartemink et al. (2007)(72). Dergelijke risicomodellen voor vector-overdraagbare aandoeningen kunnen worden gekoppeld aan veranderingsscenario's (bijvoorbeeld bij klimaatsveranderingen of ingrijpende veranderingen in het landschap) zodat inzicht kan worden verkregen in de bedreigingen voor de toekomst. Een belangrijke kanttekening daarbij is dat er vaak grote onzekerheden zitten in de schattingen voor de diverse parameters en dat sommige parameters niet makkelijk meetbaar zijn in het veld.

Externe factoren

Zoals benoemd, zijn er verschillende externe factoren die interacties tussen vector, gastheer en pathogeen kunnen beïnvloeden. Met de volgende dreigingen zal in de toekomst rekening moeten worden gehouden. Deze worden uitgebreider toegelicht in het vierde deel van dit rapport (met name hoofdstuk 6, 7 en 8):

- veranderingen in klimaat, met name omdat zowel de ontwikkeling van de koudbloedige vector als van de ziekteverwekker in de vector sterk afhankelijk is van de weersomstandigheden;
- toenemende of veranderende handelstromen die de kans op introductie van niet inheemse vectoren vergroten,
- toenemend reizigersverkeer met mogelijke introductie van nieuwe ziekteverwekkers,
- veranderingen in het landgebruik⁸ (zie ook Hoofdstuk 7) bijvoorbeeld ruimte voor de rivieren, meer groen-blauwe netwerken (natuur en water in bebouwde gebieden), groener bouwen en ecologisch groenbeheer.
- veranderingen in de samenstelling van de verschillende dierpopulaties en de samenstelling van soortengemeenschappen, waardoor sommigen vectoren zich beter kunnen handhaven en verspreiden (zie ook Hoofdstuk 7).

Sommige van de bovengenoemde veranderingen kunnen een geleidelijk effect hebben op de overdracht, zoals een toename in de geografische verspreiding van een soort. Andere effecten kunnen lokaal en zeer plotseling optreden, zoals de introductie van een nieuwe ziekteverwekker/vector of via genetische veranderingen (mutaties) van de ziekteverwekker waardoor een bepaalde vector ineens in staat is om deze over te brengen.

Opkomende zoönosen

Ook voor vectoroverdraagbare zoönosen geldt het adagium 'verwacht het onverwachte'. Voor vroegsignalering en een goede risico inschatting is het daarom noodzakelijk om te kijken naar ontwikkelingen in landen direct om ons heen als ook wereldwijd. Bijvoorbeeld in Zuid Amerika circuleren het Mayaro virus (een alphavirus

⁸ Samenhangende netwerken van groen en water in bebouwde omgevingen, zie bijv.

<https://nl.urbangreenbluegrids.com/>

gelijkend op Chikungunya(73); en het Tonate virus (een alphavirus uit het Venezuelan Equine Encephalitis Complex). Zeer recent is een dierlijk reservoir van Tonate virus ontdekt in vlermuizen in Frans Guyana(74). Ziektebeelden als gevolg van infectie met deze twee virussen zijn vaak lastig te onderscheiden van andere circulerende arbovirussen.

Deze virussen worden overgedragen door steekmuggen die niet aanwezig zijn in Nederland. Het vector potentieel voor deze virussen van Nederlandse soorten steekmuggen is onbekend, maar wordt op basis van beschikbare kennis van andere vector-virus combinaties op nihil tot zeer gering geschat. Maar het volgen en bestuderen van trends is van belang om zo vroeg mogelijk voorbereid te zijn op de komst van nieuwe zoönosen.

In januari 2020 is het OneHealthPACT (Predicting Arboviruses Climate Tipping points) van start gegaan, een groot onderzoeksprogramma rond muggenoverdraagbare virusinfecties in het kader van de Nationale Wetenschapsagenda. Daarin participeren alle aan het Netherlands Centre One Health (NCOH) verbonden kennisinstellingen, RIVM, NVWA, KNMI, Naturalis en Deltares (www.onehealthpact.org). PACT is gericht op voorspellen en vroege detectie van uitbraken. In de nazomer van 2020 werd in PACT de eerste westnijlvirusinfectie bij een mens in Nederland vastgesteld..

Aanpak van vectoren in het bestrijden van zoönosen

Met uiteenlopende maatregelen kan de overdracht van infecties door vectoren worden verkleind. Aangezien de dynamiek in de tijd van vectorgebonden zoönosen anders is dan die bij infecties die rechtstreeks worden overgedragen, worden de verschillende bestrijdingsmethoden al in dit hoofdstuk besproken, vooruitlopend op de hoofdstukken over preventie (Hoofdstuk 11) en uitbraakmanagement (Hoofdstuk 13).

Om besmetting door vectoren te voorkomen, moet vermeden worden dat mensen door vectoren worden gebeten. Dat kan in beginsel op twee manieren: door de populaties van de vectoren terug te dringen (zie onder) of door het contact tussen vectoren en mensen te voorkomen (klamboes, bedekkende kleding, chemische middelen op de huid, vermijden van risicovolle habitat). Vaak is een combinatie van beide strategieën nodig om een meetbaar effect te hebben op ziektelast. Internationaal wordt in dit verband gesproken van een Integrated Vector Management (IVM) benadering(75).

De activiteit van vectoren is vaak seizoensgebonden, zodat ook de maatregelen in de loop van het jaar zullen variëren. Maatregelen om populaties te beperken, vragen de grootste inspanning aan het begin van het seizoen waarin de vector actief is, het beperken van contact tussen mens en vector is nodig gedurende het gehele seizoen waarin de vector actief is en vraagt om actieve betrokkenheid van de mensen die risico lopen.

Bestrijding muggenpopulaties

Voor het onderdrukken van steekmugpopulaties zijn er verschillende opties(76,77):

- omgevingsmanagement, waaronder broedplaatsverwijdering: het aanpakken van vochtige plekken en stilstaand water waar de muggen hun eieren afzetten.
- biologische bestrijding met behulp van natuurlijke vijanden;
- chemische bestrijding met insecticiden;
- fysische bestrijding met middelen op het wateroppervlak die muggenlarven doen verstikken (bijvoorbeeld oliën en oppervlaktefilms);

In de bestrijding van de invasieve tijgermug (*Aedes albopictus*) wordt momenteel gekozen voor een combinatie van omgevingsmanagement (zo moeten tweedehands autobanden uit gebieden met gevestigde tijgermugpopulaties droog worden opgeslagen), chemische bestrijding met pyrethroiden voor mogelijk rondvliegende volwassen muggen op risicolocaties, en als laatste biologische bestrijding in mogelijke broedplaatsen op basis van *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, een larvendodend middel op basis van een bacteriepreparaat.

RIVM en NVWA werken aan verschillende opties voor IVM voor de preventie en bestrijding van westnijlvirus. Een vector voor dit virus, de huissteekmug *Culex pipiens*, is overal in Nederland aanwezig.

Dat maakt het waarschijnlijk lastig om populaties van de mug effectief te onderdrukken. Alertheid van het publiek en maatregelen om muggenbeten te voorkomen worden dan van groot belang. Dit geldt uiteraard bij elke veelvoorkomende infectie die door vectoren wordt overgebracht.

Het European Centre for Disease prevention and Control (ECDC) bracht in 2020 een rapport uit over de strategieën die in verschillende Europese landen gebruikt worden voor het monitoren en beheersen van met westnijlvirus besmette steekmuggen(78). Uit het rapport wordt duidelijk dat er nog veel kennis ontbreekt over de optimale bestrijding van de muggen. Hoewel volgens de auteurs omgevingsmanagement en het doden van larven de eerste en belangrijkste stappen zijn bij het terugdringen van muggenpopulaties, bestaat er opmerkelijk weinig wetenschappelijk bewijs voor de effectiviteit van die aanpak. Chemische bestrijding van volwassen dieren vanuit de lucht is enige bestrijdingsmethode waarvan in goed gecontroleerd onderzoek is aangetoond dat deze effectief is in het terugdringen van het aantal met westnijlvirus besmette muggen, dieren en mensen.

Muggen, genen en bacteriën

In aanvulling op de bovengenoemde strategieën voor muggenbestrijding zijn er nieuwe methoden in ontwikkeling, die met name buiten Europa aan populariteit winnen. Een ervan maakt gebruik van *Wolbachia* bacteriën, die een symbiotische relatie met de mug onderhouden en zelfs op het nageslacht worden overgedragen. Een bijzondere eigenschap van deze bacteriën is dat zij het insect vrij maken van virussen, zoals de ziekteverwekkers van ernstige ziekten als knokkelkoorts (dengue), gele koorts en Zika koorts. In verschillende landen waaronder Brazilië en Indonesië zijn in de afgelopen jaren *Aedes aegypti* muggen uitgezet die besmet zijn met *Wolbachia*. Dit heeft in Indonesië geleid tot een 77% reductie in dengue(79).

Genetische modificatie van muggen die leidt tot steriliteit kan een nieuwe benadering zijn om muggenpopulaties terug te dringen. Grote aantallen genetisch gemodificeerde mannetjes worden gedurende het muggenseizoen uitgezet in een gebied. Wanneer zij paren met de wildtype vrouwtjes, ontstaan nakomelingen die niet levensvatbaar zijn, waardoor de populatie afneemt. In de VS, maar ook in Brazilië en de Kaaiman eilanden, zijn proeven afgerond of gaande met het grootschalig uitzetten van genetisch gemodificeerde *Aedes aegypti* muggen. Ook het RIVM heeft een technische evaluatie uitgevoerd voor de mogelijke loslating van genetisch gemodificeerde *Aedes aegypti* op het eiland Saba(80).

Aanpak teken(beten)

De bestrijding van teken en tekengebonden infecties is met name gericht op het voorkomen van tekenbeten door het dragen van bedekkende kleding, het gebruik van chemische middelen op de huid en het vermijden van hogere vegetatie (lang gras). Het tijdig verwijderen van een teek (binnen 24 uur) vermindert de kans op overdracht van de *Borrelia* bacterie, veroorzaker van de ziekte van Lyme. In diverse communicatiemiddelen (zoals de jaarlijkse Week van de Teek) wordt dit als belangrijkste boodschap aangehouden, met daarbij de oproep om een 'tekencheck' te doen na bezoek aan het groen. *Citizen science* programma's zoals Tekenradar dragen eveneens bij aan de bewustwording van mensen die met teken in aanraking kunnen komen(81).

Het feit dat teken over grote arealen natuurlijk en cultureel landschap verspreid zijn, maakt het lastig, zo niet onmogelijk, om teken effectief te onderdrukken met chemische of biologische bestrijdingsmiddelen. Wel kan worden gedacht aan manieren om de omgeving minder teekvriendelijk in te richten, met name op locaties met een hoog risico. Dit kan bijvoorbeeld door gras kort te houden op en rond recreatieterreinen.

Een andere manier die op langere termijn effect heeft, is het uitsluiten van wilde hoefdieren (reeën) in bepaalde gebieden, zoals rond kampeertreinen. Deze dieren zijn namelijk de zogenaamde reproductiegastheer van volwassen teken. Het uitsluiten van reeën zorgt ervoor dat volwassen teken geen bloed en daarmee geen nageslacht meer kunnen krijgen, waardoor op langere termijn de aantallen teken misschien naar beneden gaan.

Een dergelijke aanpak is echter zeker niet overal mogelijk of gewenst. Hogere (bloeiende) vegetatie biedt leefgebied aan bestuivende insecten en draagt bij aan de biodiversiteit. De aanwezigheid van hoefdieren heeft intrinsieke waarde en vervult eveneens een rol in het ecosysteem. Een Lyme vaccin is ook in ontwikkeling. Eén ervan is aan een klinische fase III trial bezig, maar ook andere initiatieven zijn onderweg(82).

IV. Risicofactoren door menselijk handelen

5. Veehouderijsystemen: diverse risico's

Landbouwhuisdieren kunnen langs verschillende wegen besmet raken met (zoönotische) ziektekiemen, met name door de import van nieuwe dieren, contacten met mensen, wilde dieren en vectoren en de uitwisseling met andere soorten binnen hetzelfde bedrijf. Uiteraard kan ook overdracht plaatsvinden tussen dieren van dezelfde soort, waarbij de aantallen dieren de kans op overdracht kan vergroten. Bij continue aanwas van jonge, gevoelige dieren kunnen ziekteverwekkers op hetzelfde bedrijf blijven circuleren.

Al deze risicofactoren worden aangepakt met gerichte maatregelen: beperkingen in het toelaten van nieuwe dieren, maatregelen om het directe of indirecte contact met wilde dieren en vectoren te beperken en specialisatie van bedrijven in één diersoort. Ook compartimentering en diverse hygiënemaatregelen helpen om de insleep van ziektekiemen te beperken. Een grote dichtheid van bedrijven vormt een risicofactor voor de verspreiding tussen bedrijven en de korte afstand van veehouderijen tot woonkernen kan bijdragen aan de verspreiding van zoönosen naar mensen. Ook andere functies van boerderijen (recreatie, zorgboerderij) en boerderijwinkel / melktap / verkoop aan huis kunnen de kans op overdracht van ziektekiemen naar de mens vergroten.

Influenzavirussen (griepvirussen) verdienen speciale aandacht, aangezien zij hun oorsprong vinden bij wilde vogels en voorkomen bij zowel mensen als pluimvee en varkens. Door uitwisseling van erfelijke informatie tussen verschillende influenzavirussen in het lichaam van mens of dier kunnen nieuwe varianten ontstaan die besmettelijk zijn voor mensen en potentieel een pandemie kunnen veroorzaken.

Nieuwe trends in het houden van dieren hebben in het verleden soms aanleiding gegeven tot uitbraken, met de Q-koorts als belangrijkste voorbeeld. Wanneer een bepaalde diersoort frequenter gehouden wordt, nieuwe dieren (insecten, vissen) gehouden gaan worden, of de wijze van houderij sterk verandert (bijv. circulaire landbouw), is nader onderzoek gewenst om de zoönose risico's goed in kaart te brengen.

Wereldwijd is de veehouderij één van de potentiële bronnen van zoönosen. Daarbij is het risico in de praktijk relatief groot in gebieden met veel bij kleinschalige houderij, omdat het dan meestal om grote aantallen bedrijfjes gaat met slechte bioveiligheidsmaatregelen en waar het contact tussen mens en dier relatief intensief is. Indirect heeft de veehouderij additionele impact op het zoönoserisico doordat eiwitrijke grondstoffen voor veevoer (soja) vaak geïmporteerd worden uit gebieden waar de akkerbouw ten koste gaat van het bosoppervlak en veranderd landgebruik een risicofactor is voor zoönosen (zie hoofdstuk 7).

Aanbevelingen:

- **Verminder in de komende jaren samen met lokale overheden, vanuit de One Health benadering en met inachtneming van de EU wetgeving de dichtheid van veehouderijen en de aantallen dieren op de bedrijven tot een niveau waarbij efficiënte overdracht (transmissie) van zoönotische ziektekiemen tussen bedrijven wordt verhinderd. Efficiënte overdracht is gedefinieerd als de situatie waarbij een geïnfecteerd bedrijf gemiddeld meer dan 1 ander bedrijf besmet (de reproductie ratio tussen bedrijven $R_h > 1$), wat resulteert in een grote uitbraak.**
- **Ontwikkel en implementeer op korte termijn een jaarlijkse onafhankelijke zoönose risico/bioveiligheidscheck voor commerciële veehouderijen en veehouderijen met een publieksfunctie, aansluitend bij bestaande kwaliteitssystemen en keurmerken op het gebied van diergezondheid en dierenwelzijn. Voor pluimveehouderijen bevat de check maatregelen die een aannemelijke risicovermindering opleveren wat betreft het contact met wilde vogels en bij varkensbedrijven maatregelen ter voorkoming van persistente circulatie van zoönotische ziektekiemen als varkensinfluenza in varkenshouderijen met een continue aanwas.**

- **Werk samen met Europese organisaties toe naar een reductie van het transport van levende landbouwhuisdieren om het risico op verspreiding van (nog) niet gereguleerde opkomende zoönosen te verminderen. Het is vooral van belang te vermijden dat dieren uit verschillende bedrijven en verschillende landen op bedrijven worden gemengd en met elkaar in contact komen. Het terugdringen van diertransporten over lange afstanden beperkt het herkomstgebied van nieuwe zoönotische ziektekiemen.**
- Ontwikkel en implementeer een instrument waarmee bij de ruimtelijke ordening van veehouderijen (het verlenen van vergunningen aan veehouders, eventuele uitkoopregelingen, bedrijfsuitbreiding) het mogelijke effect op de blootstelling van omwonenden in kaart gebracht kan worden.
- Streef ernaar dat zich geen pluimveehouderijen bevinden in gebieden waar veel watervogels voorkomen. Verstrek in elk geval geen vergunningen voor nieuwe bedrijven en werk aan een reductie van de bestaande bedrijven.
- Verricht wetenschappelijk onderzoek om te komen tot een goede inschatting van alle zoönoserisico's in de veehouderij en neem maatregelen om deze te voorkomen, te monitoren en zo nodig aan te pakken.
- Ontwikkel modellen waarmee voorspeld kan worden bij welke dichtheid van bedrijven en bedrijfsgroottes uitgebreide verspreiding van zoönotische infecties wordt verhinderd, met in achtneming van de internationaal afgesproken bestrijdingsmaatregelen.
- Ondersteun internationale initiatieven waarmee de veterinaire infrastructuur en capaciteit om uitbraken van zoönosen effectief te bestrijden wordt versterkt.

5. Veehouderijssystemen: diverse risico's

De Nederlandse veehouderij brengt verschillende risicofactoren voor het opkomen van zoönosen met zich mee. Er is sprake van een groot aantal dieren en een hoge dichtheid van bedrijven. Bedrijven zijn vaak dicht bij woonkernen gesitueerd en contact met wilde dieren is niet uitgesloten. Ook andere factoren kunnen een rol spelen bij het zoönoserisico vanuit de veehouderij. Overigens vergroot met name de groei van de veehouderij in andere landen het zoönoserisico.

De sterke uitbreiding van de internationale veehouderij wordt gezien als een belangrijke onderliggende oorzaak voor de opkomst van zoönotische ziekte-uitbraken(83–86). Voorbeelden van dergelijke uitbraken zijn hoog-pathogene vogelgriep H5N1 (1997) uit de pluimveehouderij in China (87), Middle East Respiratory Syndrome (MERS) (2012) uit de dromedarishouderij in Saudi-Arabië(88), en pandemische griep H1N1 (2009) uit de varkenshouderij in Mexico(89,90).

Ook in Nederland zijn zoönotische uitbraken voortgekomen uit de (intensieve) veehouderij: hoog-pathogene vogelgriep H7N7 uit de pluimveehouderij in 2003(91,92), en Q-koorts uit de melkgeithouderij van 2007 tot 2010 (93) (Bijlage 5.1).

In dit hoofdstuk worden de onderliggende risicofactoren van zoönosen die ontstaan in de veehouderij nader onder de loep genomen. Allereerst wordt besproken welke risicofactoren een rol spelen bij de introductie van een (zoönotische) infectie op het bedrijf. Vervolgens komen risicofactoren voor amplificatie binnen het bedrijf aan de orde, gevolgd door risicofactoren voor verdere amplificatie door overdracht tussen bedrijven. Ten slotte wordt besproken welke risicofactoren een rol spelen bij de overdracht van ziekteverwekkers van dier op mens.

Introductie van infecties op een bedrijf

De insleep van ziekteverwekkers kan optreden bij de aanvoer van dieren of door het bezoek van mensen; ook kunnen wilde dieren ziektekiemen op de veehouderij introduceren. Daarnaast bestaan enkele indirecte risicofactoren, zoals de aard en omvang van het bedrijf (aantal dieren en dichtheid) en het ontbreken van maatregelen op het gebied van bioveiligheid.

1. Import van vee

Door strenge importregels wordt maar weinig levend vee geïmporteerd van buiten de Europese Unie (EU). Het gaat daarbij om enkele tientallen zoogdieren op jaarbasis en enige tienduizenden stuks pluimvee en broedeieren, hoofdzakelijk uit Noord Amerika. Binnen de EU bestaat vrij verkeer van mensen en goederen. Dieren worden hier beschouwd als 'goederen' en kunnen dus (bij gelijke ziektestatus)⁹ ongelimiteerd binnen de EU worden vervoerd. In de afgelopen jaren is met name het aantal importen van vleeskalveren toegenomen, momenteel ongeveer 800.000 per jaar (RVO). Ook andere dieren worden in meer of minder grote aantallen geïmporteerd. Transport over langere afstanden is stressvol voor dieren, waardoor hun immuniteit tegen infecties waarschijnlijk afneemt. Transporten over lange afstanden vergroten ook het (mogelijke) verspreidingsgebied van zoönosen.

Een bijzondere situatie bestaat bij het pluimvee: een beperkt aantal bedrijven wereldwijd zorgt via een piramidestructuur van bedrijven voor de productie van het overgrote deel van de vleeskuikens en leghennen. De piramidestructuur maakt de keten kwetsbaar voor eventuele besmettingen die verticaal kunnen worden overgedragen, zoals aangetoond door de snelle verspreiding van antimicrobiële resistentie door ESBL (Extended Spectrum Bèta lactamase) in de vleeskuikenproductieketen(94).

2. Contacten met wilde dieren

Nabijheid van waterpartijen, wilde watervogels en uitloop zijn aangetoonde risicofactoren voor vogelgriepvirusinfecties bij pluimvee(27, 95). Ook kunnen ziekteverwekkers overspringen van wild op landbouwhuisdieren, al dan niet via tussenkomst van vectoren. De kans hierop is uiteraard groter bij uitloop buiten. Risico's op besmetting door wilde dieren verschillen per regio en hangen mede af van de dichtheid van populaties wilde dieren en de genomen maatregelen op het gebied van bioveiligheid (bv watervogelrijke gebieden en vogelgriep).

⁹ Wanneer een land vrij is van een bepaalde dierziekte of zoönose, kan het eisen stellen aan de import van dieren uit landen die deze infectie nog niet onder controle hebben. De ziektestatus betreft dus zowel individuele dieren als landen van herkomst.

3. Het aantal (besmette) mensen op een bedrijf

Een ziekteverwekker die gemakkelijk van dier op mens overgaat, kan ook de omgekeerde weg afleggen. Zo werd SARS-CoV-2 overgedragen op nertsen, verspreidde zich tussen nertsbedrijven en was regionaal niet te stoppen in Zuid-Oost Nederland(96). Binnen de Nederlandse varkenshouderij circuleren verscheidene influenzavirussen(97). Een groot deel hiervan is verwant aan influenzavirussen die in het verleden pandemieën bij mensen veroorzaakten en aan influenzavirussen bij vogels. Zij zijn geïntroduceerd door besmette mensen en vogels en daarna blijven circuleren op de varkensbedrijven (zie ook kadertekst: Varkens en influenza). Het risico op overdracht van infecties van mens op dier neemt toe met het aantal mensen dat in contact staat met de dieren. Dit risico neemt uiteraard verder toe wanneer veehouders en hun personeel doorwerken wanneer zij ziek zijn door een infectie.

4. Introductie van besmette vectoren in Nederland

Zoals in hoofdstuk 4 uitgebreid beschreven staat, spelen geleedpotige vectoren een belangrijke rol bij het overbrengen van zoönosen. Zij kunnen ook landbouwhuisdieren besmetten. Sommige vectoren die nu nog niet of nauwelijks in Nederland voorkomen, kunnen in de komende jaren frequenter opduiken in Nederland, zoals de *Hyalomma* teek. Het contact tussen landbouwhuisdieren en mensen is vaak nauwer dan tussen wilde dieren en mensen. Aan de andere kant kan een infectie in landbouwhuisdieren ook makkelijker worden herkend waardoor infectie van mensen voorkomen kan worden.

5. Uitwisseling van zoönotische virussen tussen gastheersoorten

Een virus dat gemakkelijk van de ene soort op de andere overgaat, zal vaker aanleiding geven tot een zoönose. Dat is logisch, want in biologische zin is de mens niet anders dan een ander zoogdier. Er zijn sterke aanwijzingen dat bij de overgang van de ene diersoort naar de andere de kans op een zoönose toeneemt. Zo wordt aangenomen dat als een griepvirus van een vogel succesvol een varken infecteert het zoönotisch potentieel toeneemt (met andere woorden de kans dat dit virus een mens kan infecteren(98)). Varkens zijn immers nauwer verwant aan de mens dan vogels(99). Het gelijktijdig houden van varkens en pluimvee vergroot het risico op een combinatie van influenzavirussen van beide diersoorten. Wanneer een dier (of mens) besmet is met twee verschillende influenzavirussen, kunnen deze onderling genen uitwisselen, waardoor een nieuwe virusvariant kan ontstaan die besmettelijker kan zijn voor de mens. Dit verschijnsel, dat met name wordt gezien bij influenzavirussen, heet *reassortment*. De specialisatie in de veehouderij voorkomt de uitwisseling tussen verschillende diersoorten, doordat er maar één soort landbouwhuisdier per bedrijf is.

6. In productiesystemen circulerende ziekteverwekkers

Sommige ziekteverwekkers die een zoönose kunnen veroorzaken, zijn voortdurend (endemisch) in de veestapel aanwezig. Door de schaalvergroting in de veehouderij is het gemakkelijker geworden voor ziekteverwekkers om gedurende lange tijd endemisch te circuleren. Een goed voorbeeld zijn de influenzavirussen bij varkens (zie kadertekst: Varkens en influenza), met het bijbehorende risico van *reassortment* (zie het vorige punt).

De belangrijkste risicofactor hier is dus het productiesysteem waardoor ziekteverwekkers binnen een bedrijf kunnen blijven circuleren. Dit hangt overigens af van de verschillende factoren die de overdracht van de ziekteverwekker binnen het bedrijf beïnvloeden(100). Maatregelen in de bioveiligheid, de bedrijfsvoering (*all-in-all-out*), maar ook interventies zoals vaccinatie kunnen dit probleem voor een belangrijk deel ondervangen. Melkgeiten en -schapen zijn in Nederland inmiddels vrij van *Coxiella burnetii* (de verwekker van Q-koorts) omdat zij verplicht gevaccineerd worden(101).

7. Grote aantallen als indirecte risicofactor

Hoe meer dieren verblijven op de veehouderij, des te groter is de kans dat een van de dieren besmet raakt met de ziekteverwekker en deze vervolgens overdraagt op soortgenoten of andere dieren. De kans hierop is groter bij immunologisch naïeve populaties die nog niet eerder met de ziekteverwekker in contact zijn geweest en dus geen specifieke immuniteit hebben. Het infectierisico is groter bij sterke uitbreiding en schaalvergroting, zoals in de geitenhouderij in de eerste jaren van deze eeuw. De *Coxiella*-bacterie kon zich snel verspreiden in de groeiende populatie melkgeiten, die toen nog niet werden gevaccineerd. Bij geiten wekt de bacterie miskramen op, waardoor met name in de periode van het jaar dat jonge geitjes geboren worden, veel bacteriën kunnen vrijkomen. De meeste veehouders waren zelf mogelijk al immuun door beroepsmatige blootstelling, maar als grote aantallen immunologisch naïeve omwonenden en passanten besmet worden, wordt een groter aantal mensen ernstig ziek van Q-koorts (zoals ook gebleken is tijdens de Q-koorts uitbraak(102)). Deze bacterie blijft bovendien lang aanwezig in het milieu en kan over grotere afstanden worden verspreid.

Varkens en influenza: (potentiële) risico's

In de varkenshouderij krijgen zeugen het hele jaar door biggen. Er zijn op zeugenbedrijven dus voortdurend grote aantallen varkens van uiteenlopende leeftijden op het bedrijf aanwezig. Mede daardoor kunnen influenzavirussen (griepvirussen) gedurende lange tijd op een bedrijf blijven circuleren. Het gaat daarbij om virussen die oorspronkelijk afkomstig zijn van (wilde) vogels en van mensen.

Influenza is al geruime tijd een belangrijke respiratoire infectieziekte bij varkens(103), maar de dierziekte is niet gereguleerd en heeft geen ernstige economische schade door handelsbeperkingen tot gevolg. Wel is het denkbaar dat verschillende influenzavirussen die gelijktijdig in het varken aanwezig zijn, genen uitwisselen (*reassortment*) waardoor een voor de mens besmettelijke of gevaarlijke nieuwe vorm van het griepvirus ontstaat. Ook is het mogelijk dat een varkenshouder (of familielid) die besmet is met menselijke influenza, ook nog in aanraking komt met een influenzavirus van het varken. *Reassortment* kan dan eveneens een gevaarlijke nieuwe variant van influenza opleveren, die van mens op mens wordt overgedragen. Dat is niet alleen een risico voor de veehouders en hun familie, maar kan ook het begin zijn van een grieppandemie. De Mexicaanse griep is in 2009 waarschijnlijk op een dergelijke wijze in Noord-Amerika ontstaan(104).

Om de gezondheid van mens en dier te bevorderen, verdient het daarom aanbeveling om hier maatregelen tegen te nemen die voorkomen dat verschillende varianten van influenza blijven circuleren op varkensbedrijven en varkenshouders van alle leeftijden met hun gezinnen en personeel uit te nodigen voor de jaarlijkse influenzavaccinatie. Deze vaccinatie beschermt deze individuen en verkleint bovendien de kans op het ontstaan van nieuwe virusvarianten in de mens.

Pluimvee en influenza: vogelgriep

Ook pluimvee kan besmet worden met influenzavirussen (vogelgriep). Kippen, kalkoenen en andere vogels worden vaak ziek van een influenzavirusbesmetting. Met name bij de zogeheten hoogpathogene varianten van het virus is de sterfte bij pluimvee hoog. De meeste vogelgriepvirussen zijn niet besmettelijk voor de mens, maar er zijn varianten (H7N7, H5N1) die overgedragen kunnen worden op de mens en waarbij in incidentele gevallen zelfs besmetting van mens op mens heeft plaatsgevonden(62).

Anders dan in de varkenshouderij wordt bij pluimvee vaak gewerkt met een all-in-all-out systeem op bedrijfsniveau, zodat virussen niet langdurig op hetzelfde bedrijf circuleren. Besmetting komt dan ook van buitenaf, met name van wilde vogels. Uitbraken onder pluimvee met zowel hoogpathogene als laagpathogene varianten komen regelmatig in Nederland voor ondanks bioveiligheidsmaatregelen zoals de ophokplicht. In dat geval beoogt actieve en passieve surveillance (zie ook hoofdstuk 12) te zorgen voor een snelle detectie om vervolgens de infectie bij pluimvee in te dammen. Incidenteel worden ook mensen besmet. Bij de ernstige uitbraak van hoogpathogene H7N7 influenza in 2003 werden zelfs relatief veel mensen besmet, met name degenen die betrokken waren bij de ruimingen. In enkele gevallen vond overdracht van mens op mens plaats. Een dierenarts overleed aan de gevolgen van blootstelling.

Vanuit het oogpunt van zoonoserisico is vogelgriep op een aantal punten fundamenteel anders dan influenza bij varkens. Vanwege de potentieel grote impact op de gezondheid van de dieren is er een sterk economisch belang om preventie en monitoring goed te organiseren. Aangezien de infectie van buitenaf komt, zal extensivering van de pluimveehouderij (reductie van het aantal kippen per bedrijf gekoppeld aan uitloop) het infectierisico niet verminderen. Uitloop naar buiten kan een goede maatregel zijn vanuit het oogpunt van dierenwelzijn, maar vergroot het risico op blootstelling via wilde vogels. Vaccinatie van pluimvee kan dan ook een belangrijke voorwaarde worden om uitloop mogelijk te maken zonder verhoogd risico. Een verbod op pluimveehouderij in waterrijke gebieden en reductie van het aantal bedrijven kunnen ook bijdragen aan het verder terugdringen van het risico op (verspreiding van) vogelgriep.

Risicofactoren voor verspreiding en amplificatie binnen het bedrijf

Wanneer een (zoönotische) ziekteverwekker zich makkelijk binnen een veehouderij kan verspreiden, worden meer dieren besmet en vermenigvuldigt de ziekteverwekker zich. Door deze amplificatie neemt de kans op besmetting van mensen toe. Verschillende factoren spelen daarbij een rol. Het aantal dieren per bedrijf is een risicofactor – hoe meer dieren aanwezig zijn, des te meer dieren kunnen besmet raken. In met name de pluimveesector (vleeskuikens) en de varkenssector heeft de afgelopen decennia schaalvergroting plaatsgevonden.

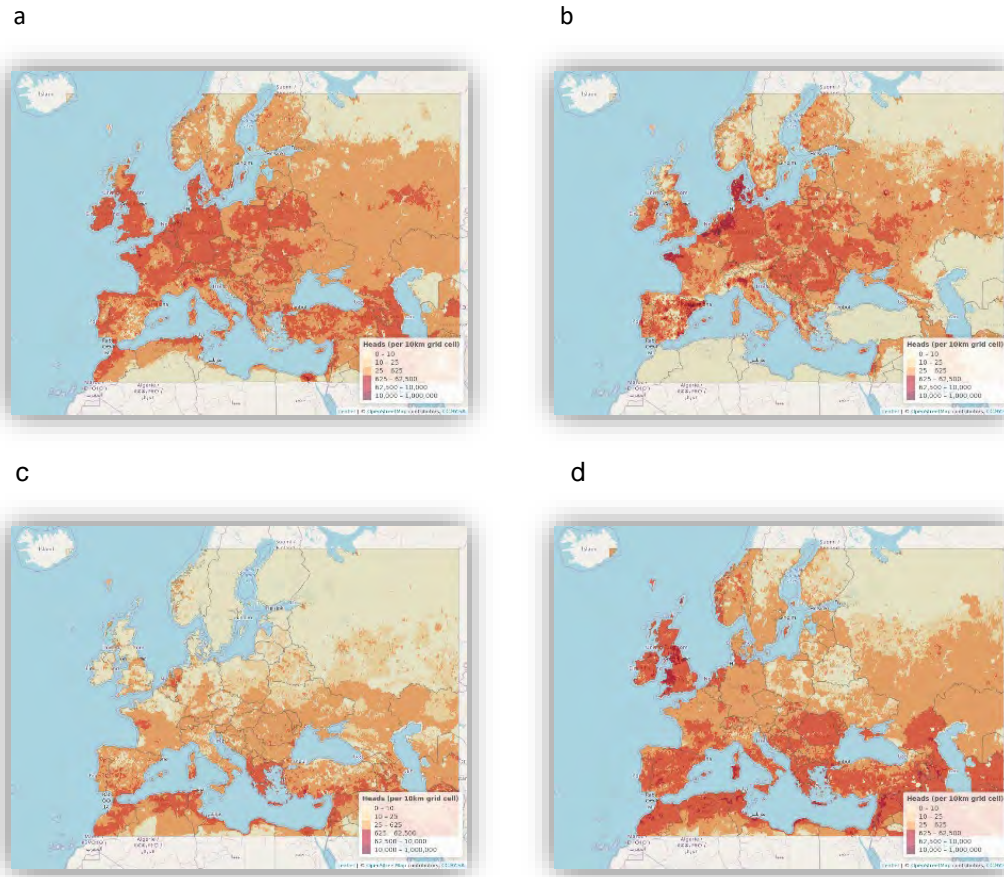
Maar bij een gegeven aantal dieren kan schaalgrootte ook gunstig zijn. Het risico op overdracht van ziekteverwekkers tussen bedrijven is kleiner als de dieren op een beperkt aantal bedrijven gehouden worden en de afstand tussen die bedrijven (en eventuele woonkernen) groot genoeg is(105). Daar is wel weer een duidelijke bovengrens aan: bij een te groot aantal dieren per bedrijf is het niet mogelijk om een eventuele uitbraak nog op aanvaardbare wijze onder controle te krijgen. Kortom, het verband tussen schaalgrootte en zoönoserisico is niet lineair en kan het beste begrepen worden met gedetailleerde (mathematische) modellen. Daarbij is het van belang andere aspecten van de One Health benadering, zoals dierenwelzijn en het milieu, niet uit het oog te verliezen.

Binnen het bedrijf zelf spelen verschillende andere factoren ook een rol. Daarbij bestaat soms een spanningsveld tussen maatregelen die het dierenwelzijn bevorderen en maatregelen die de kans op besmetting verkleinen. Vrijwel alle landbouwhuisdieren zijn sociale dieren die zich prettiger voelen in groepen soortgenoten. Om die reden worden zij in groepen gehuisvest. Omdat de groepen in de veehouderij erg groot zijn, betekent dit wel een vergroting van het risico op onderlinge besmetting en amplificatie. Datzelfde geldt voor weidegang en vrije uitloop, waardoor de kans op besmetting door wilde dieren of vectoren toeneemt (zie vorige punt). Vergroting van het leefoppervlakte per dier, een andere maatregel voor de vergroting van het dierenwelzijn, zou de verspreiding van zoönotische kiemen enigszins kunnen vertragen, hoewel dit effect te klein is om virusinfecties als vogelgriep te stoppen(106).

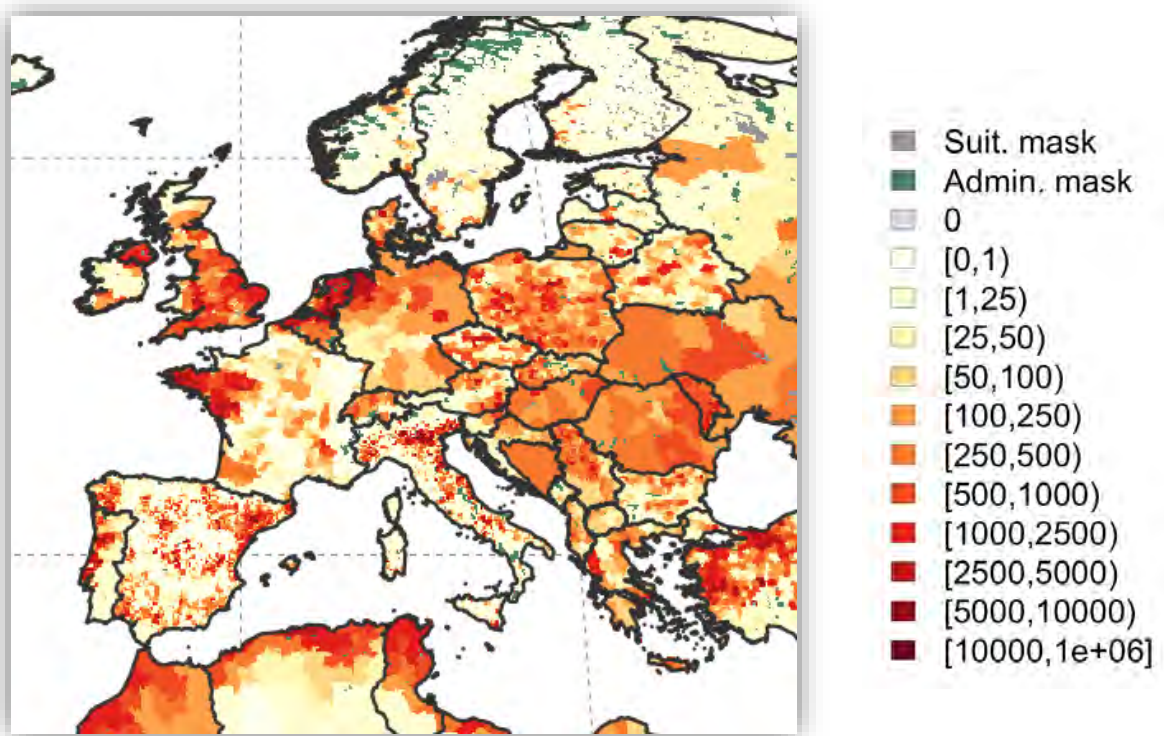
De veehouder kan zelf maatregelen nemen om de verspreiding van ziekteverwekkers op het bedrijf tegen te gaan. Compartimentering van het bedrijf bijvoorbeeld vermindert het aantal verschillende dieren dat contact met elkaar kan hebben(100), waardoor de kans op overdracht van ziekteverwekkers afneemt. Waar vroeger alle varkens in één stal werden gehouden zijn varkensbedrijven nu in afdelingen gecompartmenteerd. De compartimenten werken veelal met een all-in all out systeem: alle dieren in een compartiment zijn van dezelfde leeftijd en gaan op dezelfde dag naar de slacht. De hygiënemaatregelen op het bedrijf zijn echter meestal onvoldoende om indirecte verspreiding van ziekteverwekkers tussen compartimenten volledig te voorkomen(107). Pluimvee wordt meestal in grote aantallen (tienduizenden vleeskuikens) per stal gehouden. Door 'all-in all out'¹⁰ op bedrijfsniveau wordt op de meeste bedrijven voorkomen dat ziekteverwekkers kunnen blijven circuleren. Bij melkveebedrijven wordt het jongvee meestal gescheiden gehouden van de lacterende koeien (melkkoppel), waardoor eveneens de kans op overdracht gereduceerd wordt.

Naast maatregelen die om meer economische redenen genomen worden, zijn er ook maatregelen die specifiek gericht zijn op het terugdringen van de verspreiding van ziekteverwekkers. Men spreekt dan van bioveiligheid (*biosecurity*). De bovengenoemde compartimentering en het all-in-all-out systeem zijn mede om die reden doorgevoerd, andere voorbeelden zijn dieren in leeftijdsgroepen bij elkaar houden, personeel en materialen koppelen aan die leeftijdsgroepen en ruimten pas weer bevolken na reiniging en ontsmetting(108,109). De kwaliteit van de interne bioveiligheid verschilt sterk per sector en ook binnen een sector zijn er grote verschillen tussen bedrijven. Bij nieuwe sectoren die nog wat minder gereguleerd zijn, is het van belang dat er ook voldoende aandacht wordt besteed aan bioveiligheid.

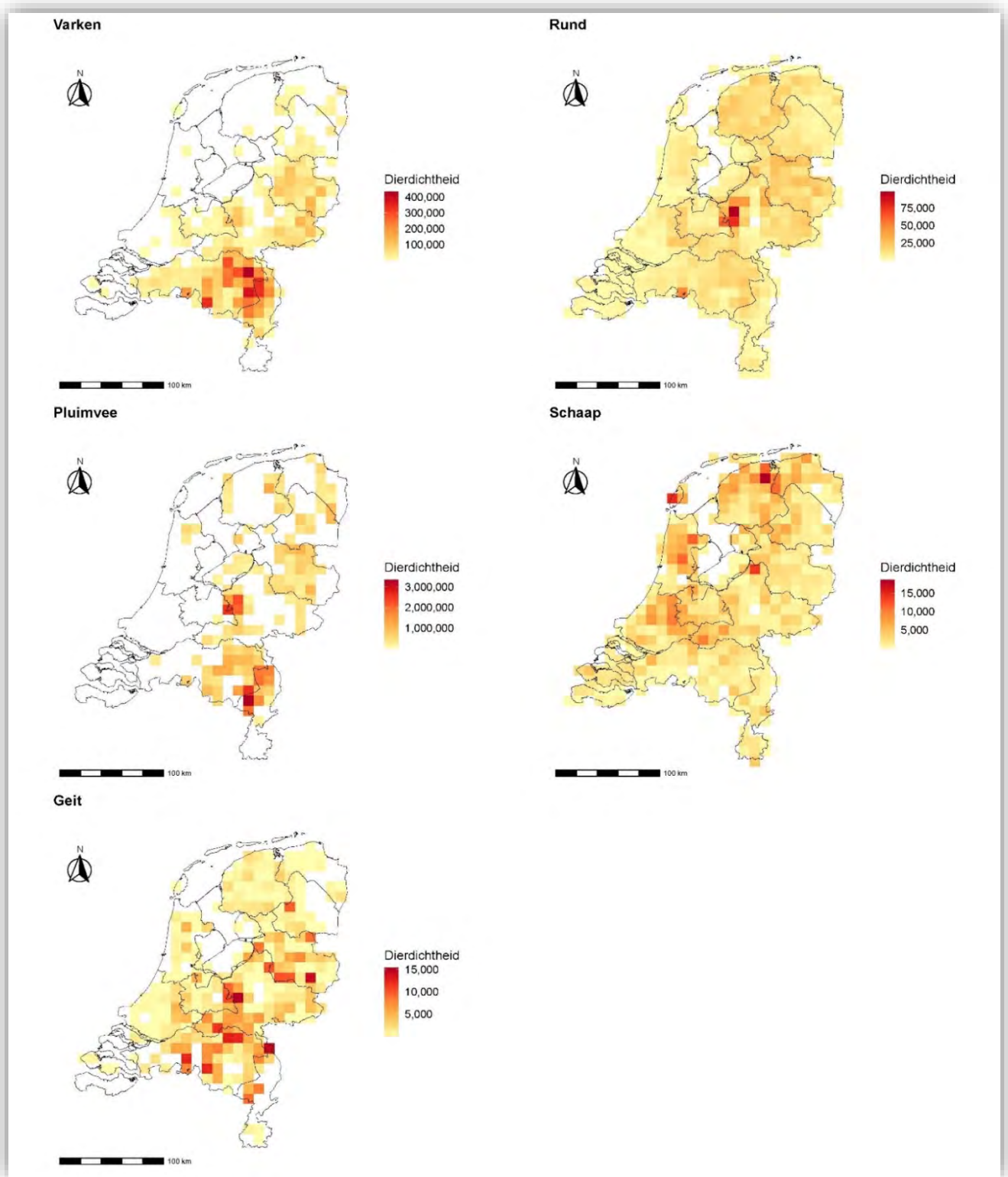
¹⁰ Bij een 'all-in-all-out' systeem begint elke cyclus met een lege schone stal. Er wordt een nieuwe lading jonge dieren aangevoerd, die worden opgekweekt tot de leeftijd waarop ze geslacht worden. Daarna is de stal dus weer leeg.



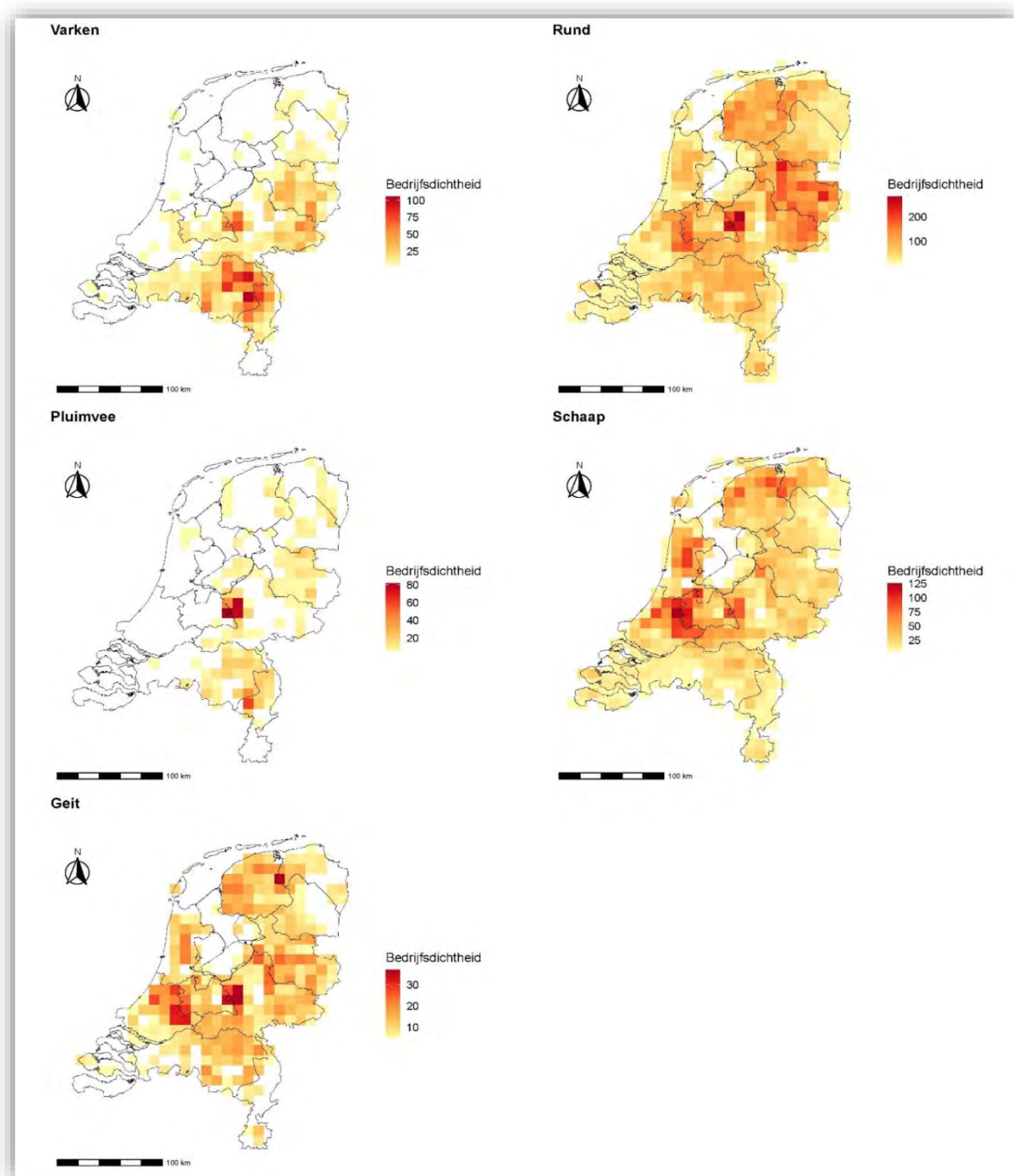
Figuur 5.1: De dierdichtheid in Europa in 2010 in dieren per 10km² voor runderen (a), varkens (b), geiten (c) en schapen (d)(110).



Figuur 5.2: Plumveedichtheid in 2010 in dieren per 10km²(110)



Figuur 5.3: Dierdichtheid landbouwhuisdieren



Figuur 5.4: Bedrijfsdichtheid van veehouderijbedrijven

(5.3 en 5.4) Overzicht van de dichtheid van diverse soorten landbouwhuisdieren (boven) en veehouderijbedrijven (onder) in Nederland. De figuren zijn samengesteld door Wageningen Bioveterinary Research (WBVR). De data zijn afkomstig uit de landbouwtelling van april 2020(111), onderdeel van de 'Gecombineerde opgave' uitgevoerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). In de landbouwtelling wordt een inventarisatie van 'Agrarische bedrijven' gedaan. Agrarische bedrijven hebben een economische omvang van 3000 standaard opbrengst (SO) of meer. SO is een economische maat voor de omvang van een agrarisch bedrijf. Bedrijven kunnen meerdere diersoorten rapporteren en het melden van een diersoort hoeft dus niet te betekenen dat een bedrijf inkomsten genereert met deze soort. Zo kan een rundveehouder enkele geiten melden, en dus zowel in de kaart als 'bedrijf met runderen' als 'bedrijf met geiten' meegeteld worden. Private houders van dieren, of bedrijven met beperkte economische omvang komen niet in deze dataset voor. Gebieden met minder dan 5 bedrijven zijn wit gemaakt om de privacy van deze bedrijven te beschermen.

Risicofactoren voor verspreiding tussen bedrijven

Verdere en sterkere amplificatie kan plaatsvinden wanneer (zoönotische) ziekteverwekkers zich gemakkelijk van het ene bedrijf naar het andere kunnen verplaatsen. Niet alleen contacten via dieren en mensen, maar ook de onderlinge afstand tussen bedrijven speelt daarbij een rol, want sommige ziekteverwekkers kunnen zich door de lucht verplaatsen, terwijl bij andere nog onbegrepen afstandgerelateerde overdracht plaatsvindt. Dat is gebleken bij dierziekte-epidemieën, maar geldt natuurlijk ook voor (potentiële) zoönosen(91,96,112,113).

Bij diverse epidemieën van dierziekten en zoönosen in de afgelopen 30 jaar bleek de bedrijfsdichtheid in bepaalde gebieden zo hoog dat uitbraken ondanks een verbod van het vervoer van dieren moeilijk of niet te stoppen waren (bijlage 5.1). Om tot een reductie van het zoönoserisico te komen moet de maximale bedrijfsdichtheid en de daarin gehuisveste dieren in een gebied zodanig zijn dat uitgebreide spreiding van zoönotische kiemen in zo'n situatie wordt voorkomen.

Veehouderijen nemen diverse maatregelen om de insleep en versleep van ziekteverwekkers te voorkomen (externe bioveiligheid). Een belangrijke maatregel is het voorkomen van directe diercontacten met vee van andere bedrijven door bijvoorbeeld geen vee aan te voeren, maar ook maatregelen voor indirecte contacten zoals bedrijfskleding voor bezoekers zijn voorbeelden van externe bioveiligheid. Veel van die maatregelen zijn gericht op de belangrijkste vormen van overdracht: diertransporten, bezoekers en materialen.

Voor de introductie van nieuwe dieren gelden strikte regels, waarbij bijvoorbeeld in de varkenshouderij het aantal adressen waarvan dieren mogen worden aangevoerd is beperkt. Op een melkveebedrijf mag 21 dagen na aanvoer geen dier worden afgevoerd. Bij pluimvee vindt de aanvoer vooral all-in plaats, dat wil zeggen dat het bedrijf telkens een lading jonge kuikens in één keer aangeleverd krijgt van een broederij. Daarentegen is de aanvoer bij vleeskalveren heel divers en komen de dieren van veel verschillende adressen en op sommige bedrijfstypen ook op verschillende momenten in de tijd. Dit verhoogt het risico op introductie van een zoönose.

Besmetting van bedrijf naar bedrijf kan ook worden veroorzaakt door mensen (veehouders, dierenartsen, handelaren, bezoekers, anderen) of door voertuigen en materialen(114). Bedrijven proberen overdracht op die manier te voorkomen door een hygiënesluis waarin bezoekers zich moeten omkleden of zelfs douchen voordat ze bij de dieren mogen komen en het niet toelaten van voertuigen op het schone gedeelte van het erf ('schone weg, vuile weg' principe(115)). Overdracht van ziekteverwekkers tussen veehouderijbedrijven kan ten slotte plaatsvinden via tussengastheren (wilde dieren) of vectoren. De kans hierop neemt toe wanneer dieren buiten worden gehouden, al kunnen sommige wilde dieren (wilde vogels, knaagdieren) ook doordringen in stallen(116).

Besmetting van mensen met een zoönotische ziekteverwekker via de veehouderij

Na amplificatie in één of meer bedrijven kan het moment ontstaan waarop een zoönose overspringt van landbouwhuisdieren op mensen(117). Zo'n besmetting kan op verschillende manieren plaatsvinden. Blootstelling kan ontstaan bij direct contact tussen landbouwhuisdieren en de veehouder en diens medewerkers. Het aantal mensen dat rechtstreeks met landbouwhuisdieren in contact komt is door de schaalvergroting sterk gedaald. Dat geldt ook voor professionele bezoekers, zoals de dierenarts en de leverancier van veevoer. De laatste categorie mensen die professioneel in contact komen met landbouwhuisdieren zijn degenen die betrokken zijn bij het transport naar het slachthuis, de slacht en verdere verwerking.

Tegenwoordig zijn er ook anderen dan professionals die rechtstreeks in contact kunnen komen met landbouwhuisdieren. Dat geldt bijvoorbeeld voor zorgboerderijen of kampeerboerderijen. Met name in het eerste geval vindt soms intensief contact met de dieren plaats. Hoe groot de kans op besmetting is bij deze relatief nieuwe verschijnselen, is nog onvoldoende epidemiologisch uitgezocht. Bij Q-koorts hebben zich in elk geval besmettingen van mensen op dergelijke bedrijven voorgedaan. Voor dergelijke bedrijven is het Keurmerk Zoönosen(118) ingesteld.

Indirecte besmetting kan zich op verschillende manieren voordoen, bijvoorbeeld via mest of door de lucht. Naast professionals kunnen zo ook niet-professionele bezoekers (visite van de veehouder, mensen die producten komen kopen, etc.) omwonenden en recreanten besmet worden. De Q-koorts uitbraak is daar een voorbeeld van(119).

Wanneer een zoönose die van landbouwhuisdieren op mensen is overgegaan zich ook onder mensen kan verspreiden, dan zullen in eerste instantie de mensen in direct contact met de dieren besmet raken en de mensen besmetten waarmee zij contact hebben. Dat is relevant in het kader van vroege opsporing en mogelijke beheersing van een uitbraak die epidemische/pandemische potentie heeft.

Nieuwe trends en hun impact

Mede vanuit het maatschappelijke debat over de veehouderij (onder meer vanuit ecologisch perspectief) bestaat een groeiende belangstelling voor meer circulaire landbouw (zie ook hoofdstuk 1). De impact hiervan op het zoönoserisico is voorlopig moeilijk in te schatten. Datzelfde geldt voorlopig voor eventuele maatregelen die vanuit de landelijke overheid worden opgelegd. In het genoemde maatschappelijke debat is het belangrijk om ook het zoönoserisico en de genoemde risicofactoren in ogenschouw te nemen, zoals een goede spreiding van bedrijven over het land, compartimentering, aantal mensen in rechtstreeks contact met dieren, aantal diersoorten per bedrijf, contact met wilde dieren en algemene aandacht voor bioveiligheid. Soms zullen vanuit het oogpunt van dierenwelzijn keuzes gemaakt moeten worden die een verhoogd risico op zoönosen met zich meebrengen. Dat zal dan op andere wijze moeten worden opgevangen.

Wanneer onder de druk van regelgeving verschuivingen optreden, bijvoorbeeld een daling van het aantal varkensbedrijven, is het goed om ook te kijken waar de betreffende veehouders zich dan op gaan richten en welke mogelijke risico's die verschuiving met zich meebrengt. In het verleden is daar onvoldoende aandacht voor geweest, bijvoorbeeld bij de sterke groei van het aantal melkgeiten.

Andere trends, zoals een groei in het aantal hobbyboeren en kleinschalige initiatieven, kunnen mogelijk andere en nieuwe risico's meebrengen, met name ook vanuit het perspectief van zoönosen. Er zijn dan potentieel meer mensen die blootgesteld zijn, terwijl zij minder professioneel met de risico's omgaan (minder zoönosegeletterdheid). Daarnaast geldt voor nieuwe sectoren zoals het houden van insecten als 'landbouwhuisdier' dat er nog maar beperkte kennis beschikbaar is over mogelijke risico's.

Nederlandse veeteelt vanuit wereldperspectief

Nederland heeft als land de hoogste veedichtheid van Europa(110). Elders in Europa en de wereld zijn ook veedichte gebieden, maar daar gaat het meestal om regio's in een land (bv Nedersachsen, Bretagne) (figuur 5.1). Ten opzichte van het wereldgemiddelde is de varkenshouderij in Nederland in de periode vanaf 1960 sterker gegroeid (factor 4 tov 2,5 voor de wereld) terwijl bij rund en pluimvee de relatieve stijging geringer was dan het wereldgemiddelde. Hoewel in Nederland de consumptie van vlees, melkproducten en eieren de laatste jaren min of meer constant blijft, wordt wereldwijd nog een groei van deze consumptie verwacht.

Een deel van de impact van de Nederlandse veehouderij op het wereldwijde zoönoserisico ontstaat indirect, door beslag op landbouwgrond elders, die gerelateerd is aan ontbossing in andere landen. Ontbossing en andere veranderingen in landgebruik kunnen de kans op opkomende zoönose vergroten (zie ook hoofdstuk 7). Een oppervlak zo groot als 28% van Nederland is buiten ons land nog extra nodig als landbouwgrond voor de productie van veevoer(120).

Een duidelijk voorbeeld hoe die impact tot stand komt is de import van eiwitrijke producten, met name zogeheten sojaschroot. De teelt van sojabonen in landen als Brazilië draagt bij aan de ontbossing(121). Sojabonen worden met name geteeld voor eiwitrijke bijmenging in veevoer; sojaolie en vlees- en zuivelvervangende producten zijn economisch gezien nog van ondergeschikt belang.

Wanneer de consumptie van dierlijke eiwitten inderdaad in verhoogde mate vervangen zou worden door de consumptie van plantaardige eiwitten, is de impact op landbouwgronden veel kleiner. Er is immers veel meer soja nodig voor de productie van een kilo varkensvlees dan voor de productie van een kilo vleesvervanger. Nederland behoort tot de grote importeurs van soja; een aanzienlijk deel daarvan wordt vervolgens weer doorgevoerd naar andere landen(122).

Veehouderijssystemen in het buitenland

Wereldwijd is de veehouderij in de afgelopen decennia sterk gegroeid. De grootste groei heeft plaatsgevonden door de opkomst van bedrijven die de gehele keten beheersen van veehouderij tot vlees, zuivel en andere voedingsproducten (zie ook hoofdstuk 1). Doordat de economische risico's over de gehele keten verdeeld worden, kunnen deze bedrijven deze risico's beter beheersen dan kleine bedrijven. Zij verdringen daarmee de klassieke modellen van veehouderij (*subsistence farming*), met kleine bedrijven waar verschillende soorten dieren en mensen intensief contact hebben met elkaar. Hoewel er vanuit het oogpunt van dierenwelzijn en arbeidsomstandigheden zeker nadelen zijn aan deze ontwikkeling, is deze schaalvergroting vanuit het perspectief van zoönoserisico's relatief gunstig, gegeven de gestegen behoefte aan dierlijke producten. Het aantal contacten tussen mensen en dieren neemt immers af en maatregelen op het gebied van bioveiligheid kunnen snel worden doorgevoerd. De Nederlandse kennis op dit terrein kan ook in het buitenland worden ingezet en zo bijdragen aan een reductie van het mondiale zoönoserisico.

Subsistence farming blijft overigens in veel landen buiten Europa wel een factor, ook bij de verspreiding van zoönosen. Een extra risico ontstaat door traditionele markten met levende dieren(3), waaronder soms zelfs markten waar zieke dieren tegen lage prijzen verkocht worden. Dit werkt de verspreiding van dierziekten en zoönosen in de hand.

6. Globalisering en de handel in wilde en gehouden dieren

Door het reizen van mensen en het transport van dieren neemt de kans toe dat infecties, waaronder zoönosen, zich wereldwijd verspreiden. Voor landbouwhuisdieren is dit transport beter gereguleerd dan voor andere dieren. Het grootste risico wordt gevormd door de import van uit het wild gevangen dieren, die besmet kunnen zijn met (wellicht zelfs nog onbekende) zoönotische ziekteverwekkers. Tijdens het transport buiten Europa kan eveneens besmetting optreden, zeker als dieren van verschillende soorten bijeen zijn. Het probleem wordt versterkt doordat reizigers en degenen die betrokken zijn bij dierenhandel en -transport onvoldoende doordrongen zijn van het risico op verspreiding van ziekten. Commerciële belangen spelen uiteraard ook een rol. De COVID-19 crisis biedt een aanknopingspunt om de dialoog aan te gaan over zowel vliegvluchten als dierenhandel. Ook het systeem van monitoring en controle bij diertransporten en dierenhandel verdient nader onderzoek en verdere verbetering. In de illegale dierenhandel worden wereldwijd jaarlijks miljarden verdiend. Het zoönoserisico is bij deze illegale handel nog groter, omdat deze zich vrijwel geheel aan het zicht onttrekt. Inzicht in de motieven van mensen om illegale dieren of dierproducten aan te schaffen kan naast handhaving en controle bijdragen aan de preventie van deze illegale handel.

Aanbevelingen:

- **Werk internationaal aan het terugdringen en beter reguleren van het transport van levende (wilde) dieren en aan het uitbannen van markten met levende dieren.**
- **Ontwikkel samen met internationale organisaties een positieflijst van diersoorten die internationaal getransporteerd mogen worden, rekening houdend met het zoönoserisico en andere aspecten zoals dierenwelzijn en uitstervende diersoorten.**
- Zorg dat binnen Nederland voldoende capaciteit bestaat om de internationale handel in (exotische) dieren te controleren en verhandelde dieren te onderzoeken op bekende en onbekende ziektekiemen.
- Zorg dat binnen Nederland voldoende capaciteit bestaat om illegale dierenhandel op te sporen en aan te pakken en werk ook in internationaal verband samen aan het handhaven van regels en het terugdringen van illegale handel in dieren.
- Verhoog de zoönosegeletterdheid van Nederlandse reizigers naar verre landen, onder meer door uitbreiding van de huidige voorlichting op reizigerspoliklinieken en online en besteed daarbij aandacht aan specifieke doelgroepen (bijvoorbeeld veehouders, mensen met verhoogde kwetsbaarheid).

6. Globalisering en de handel in wilde en gehouden dieren

Door de toegenomen reisbewegingen van mensen en vervoer van dieren kunnen (zoönotische) infecties zich snel over de wereld verspreiden. De huidige COVID-19 pandemie is in belangrijke mate te wijten aan verspreiding van het virus door reizigers. En hoewel in Nederland nog geen bekende gevallen van een zoönotische uitbraak te herleiden zijn tot diertransporten, is ons land wel betrokken bij de import, export en doorvoer van grote aantallen dieren. De kans is dus zeker aanwezig dat langs deze weg een zoönotische uitbraak ontstaat. Dat vraagt om alertheid en gerichte maatregelen.

Het grootste deel van de geschiedenis was de migratie van mensen (en dieren) beperkt. Infectieziekten verspreidden zich in het algemeen langzaam. Anno 2021 is de wereld in die zin niet alleen kleiner geworden, maar is bovendien sprake van snel stijgende aantallen mensen en dieren die verplaatst worden. In 1961 namen 0,11 miljard mensen wereldwijd het vliegtuig, in 2018 was dat 4,32 miljard (figuur 6.1). Ook Nederlandse luchtvaartmaatschappijen zagen hun passagiersaantallen toenemen, van 2,88 miljoen in 1970 tot 42,77 miljoen in 2017. Het aantal buitenlandse toeristen dat Nederland bezoekt, is in de loop van de tijd sterk toegenomen, van 6,57 miljoen in 1995 tot 15,83 miljoen in 2016. Navenante stijgingen zijn te zien voor de import en export van levende dieren. Bij al deze bewegingen bestaat het risico dat ziekteverwekkers en vectoren als verstekelingen van de gelegenheid gebruik maken om zich snel te verspreiden.

Dit hoofdstuk gaat over de zoönoserisico's die het gevolg zijn van globalisering en de handel in wilde en gehouden dieren. Allereerst wordt ingegaan op bovengenoemde trends in reizigersverkeer, transport van landbouwhuisdieren en wilde dieren. Vervolgens komen de belangrijkste voorbeelden aan de orde van zoönosen die door globalisering wijdverspreid zijn. De belangrijkste knelpunten en infectierisico's van de internationale dierenhandel krijgen aandacht. Daarna wordt de huidige aanpak besproken van deze infectierisico's die het gevolg zijn van legale diertransporten, gevolgd door een analyse van illegale diertransporten.

Reizigers

Dat de sterke toename van het internationale reizigersverkeer een risico met zich meebrengt, heeft anno 2021 geen betoog. Elke infectie die van mens op mens wordt overgedragen, kan zich gemakkelijk verspreiden via de miljarden reizigers, van wie vele miljoenen vertrekken, een tussenlanding maken of aankomen op Schiphol. Zoals de COVID-19 pandemie heeft laten zien kan zelfs reizigersverkeer met de auto of trein binnen Europa bijdragen aan snelle verspreiding van een (zoönotische) infectie. Vakanties naar verre landen, waarbij mensen in contact komen met (onbekende) diersoorten in natuureservaten, op traditionele dierenmarkten, en dergelijke, vormen in beginsel een extra risico voor het opdoen van een (zoönotische) infectie. Ook exotische vectoren kunnen 'meeliften' met reizigers en hun gezelschapsdieren. Meer kennis over deze risico's (zoönosegeletterdheid, zie ook hoofdstuk 11) kan bijdragen aan het terugdringen ervan. Bij een vermoeden van een ernstige uitbraak in een land of regio en het uitroepen van een Public Health Emergency of International Concern (PHEIC) vormt een inreisverbod voor reizigers uit dit gebied een belangrijk instrument om verdere verspreiding tegen te gaan en een dreigende pandemie in de kiem te smoren(123) . Terugdringen van het reizigersverkeer in het algemeen lijkt daarentegen beperkte impact te hebben; ondanks de sterk gedaalde aantallen reizigers gedurende de COVID-19 pandemie verspreiden nieuwe varianten van het virus zich in hoog tempo over de wereld.

Grensoverschrijdende infecties

De respons op een pandemie valt buiten het bestek van dit rapport. Om toch duidelijk te maken hoe groot de impact kan zijn van reizigersverkeer op de internationale verspreiding van een zoönotische uitbraak worden hier enkele belangrijke recente voorbeelden genoemd:

- HIV/AIDS; deze zoönose, oorspronkelijk afkomstig van chimpansees en gorilla's (HIV-1) en roetmangabey's (HIV-2) is in Centraal of West Afrika op mensen overgedragen en daarvandaan over de wereld verspreid. In 2019 waren wereldwijd 38 miljoen mensen besmet, van wie 21.500 in Nederland. Sinds de identificatie van deze aandoening in het begin van de jaren '80 van de vorige eeuw zijn wereldwijd 32,7 miljoen mensen aan AIDS overleden(124–126).
- Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) veroorzaakt door een coronavirus, afkomstig van vleermuizen en vermoedelijk via civetkatten overgedragen op de mens(127,128). Het virus verspreidde zich in 2002 vanuit China over een groot aantal landen. In totaal werden 8000 mensen besmet, van wie 800 overleden. De ziekte bereikte Nederland niet.

- Middle East Respiratory Syndrome (MERS) wordt eveneens veroorzaakt door een coronavirus, dat vermoedelijk vanuit een vleermuissoort overgegaan is op dromedarissen(129,130). Vanuit Saoedi-Arabië en omliggende landen, waar het nog steeds voorkomt, bereikte het 27 landen(131), waaronder de Verenigde Staten, Zuid-Korea, de Filipijnen, het Verenigd Koninkrijk, Kenia en ook Nederland. Tenminste 2500 mensen werden besmet, van wie 875 overleden.
- Ebola koorts, een zoönose die waarschijnlijk afkomstig is van vleermuizen die vermoedelijk via primaten of een andere diersoort de mens besmet, veroorzaakt met enige regelmaat nieuwe uitbraken. Een zeer ernstige uitbraak vond plaats in West Afrika in 2013-2016, waarbij 28.646 mensen werden besmet van wie 11.323 overleden(132). Verreweg de meeste sterfgevallen vonden plaats in West Afrika, maar ook in de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk en in Spanje overleden enkele mensen.
- H1N1 influenza: deze gevaarlijke variant van influenza is vermoedelijk afkomstig van varkens in Mexico en werd in 2009 pandemisch verspreid. De ziektelast van deze pandemie (9,7 miljoen levensjaren verloren) was ruim drie keer hoger dan dat van de jaarlijkse griep epidemie (2,8 miljoen levensjaren verloren) omdat relatief veel meer jongere mensen overleden(133). De ziekte verspreidde zich binnen enkele weken over alle continenten en is inmiddels endemisch, ook in Nederland.
- COVID-19: wederom een coronavirus, hoogstwaarschijnlijk afkomstig van vleermuizen. Via een nog onbekende route werden de eerste mensen besmet in Wuhan, China. Bij het schrijven van dit rapport waren wereldwijd ongeveer 175 miljoen mensen besmet en bijna 3,8 miljoen mensen aan deze ziekte overleden(134).

Landbouwhuisdieren

De trends in het transport van landbouwhuisdieren volgen de aantallen varkens, kippen en andere dieren die gehouden worden. Deze zijn in de tweede helft van de 20^e eeuw sterk gestegen zijn en vervolgens min of meer gestabiliseerd (zie hoofdstuk 1 en hoofdstuk 5). In de afgelopen 20 jaar is er voor Nederland geen sterke toe- of afname te zien geweest in de import en export van levende landbouwhuisdieren. Het transport van levende dieren brengt altijd de mogelijkheid met zich mee dat infectieziekten zich verspreiden. Mede daarom is het transport van landbouwhuisdieren aan strikte regels gebonden en worden de dieren regelmatig gecontroleerd op ziekten. Vrijwel alle geïmporteerde landbouwhuisdieren zijn afkomstig uit de Europese Unie. Een relatief klein aantal dieren wordt vanuit de Verenigde Staten en Canada geïmporteed voor fokkerijdoeleinden.

De grootste dierstromen betreffen jonge kalveren (~800.000/jaar) en eieren/eendagskuikens (~100 miljoen/jaar). Met name voor deze laatste categorie geldt dat zij nog nauwelijks in contact zijn geweest met andere dieren en dat de kans op insleep van (zoönotische) infecties klein is. Daarnaast worden grote aantallen landbouwhuisdieren geïmporteed die rechtstreeks naar de slacht gaan. De kans op verspreiding van ziekteverwekkers naar andere dieren of naar mensen is daarbij aanzienlijk kleiner dan bij dieren die naar een veehouderij gaan.

Bij de landbouwhuisdieren van uiteenlopende diersoorten die wel naar een veehouderij gaan, gelden strikte regels voor de introductie van nieuwe dieren op een veehouderij (zie ook hoofdstuk 5). Vanuit zoönoseperspectief is de import en export van levend vee voor Nederland dus waarschijnlijk geen factor van belang voor die zoönosen waarvoor veterinaire voorschriften bestaan. Een uitzondering is Bovine tuberculose waarvan regelmatig introducties plaatsvinden, maar waar niet vaak secundaire transmissie in Nederland plaatsvindt.

Voor nieuwe, opkomende zoönosen en zoönosen waar geen handelsrichtlijnen en veterinaire voorschriften voor bestaan (bv varkensinfluenza) kunnen de grote aantallen wel een probleem vormen. Lange afstandstransporten vergroten daarbij het mogelijke herkomstgebied. Ook vanuit oogpunt van dierenwelzijn verdient het aanbeveling om in Europees verband (lange) internationale transporten van levende dieren terug te dringen.

Handel in landbouwhuisdieren en zoönose-uitbraken

Wereldwijd zijn er diverse voorbeelden van zoönotische infecties die via handel in landbouwhuisdieren verspreid zijn. De bovengenoemde H1N1 Mexicaanse influenza is een herschikking (*reassortant*) van Noord Amerikaanse varkensinfluenza, Euraziatische varkensinfluenza, Noord Amerikaanse vogelinfluenza, en humane influenza. Deze combinatie kan alleen tot stand komen door internationale verspreiding van varkensinfluenza door internationale handel in levende varkens(104). Er bestaat geen regelgeving binnen Europa en evenmin in Nederland die specifiek de import van met influenza besmette varkens beperkt. Het is aannemelijk dat de intensieve handel in varkens bijdraagt aan de verspreiding van varkensinfluenzavirussen binnen Europa en

daarbuiten, met het risico dat door gen-uitwisseling (*reassortment*) nieuwe pandemische varianten van influenza ontstaan (zie ook de kadertekst op pagina 56).

MERS is grotendeels verspreid via internationale kamelenhandel(129). Handel droeg ook in sterke mate bij aan de verspreiding van H5N1 aviaire influenza ('vogelgriep) uit pluimvee in China die begon in 1996(135). Er zijn geen voorbeelden van zoönotische uitbraken in Nederland die te herleiden zijn tot handel in levende landbouwhuisdieren.

Legale handel in (wilde) dieren

Niet-gedomesticeerde dieren (afkomstig uit het wild of gefokt in gevangenschap) worden verhandeld als gezelschapsdier, voor de consumptie of vanwege (vermeende) geneeskrachtige eigenschappen. Met name bij de handel in levende wilde dieren bestaat het risico op de overdracht van ziekteverwekkers, al dan niet via vectoren die zij bij zich dragen. De handel in wilde dieren en planten is sinds 2005 vervijfvoudigd en sinds de jaren tachtig zelfs 20 keer zo groot geworden(136,137), zij het dat een deel van deze effect van toename een weerspiegeling kan zijn van toegenomen fokkerij van wilde dieren(138). Ongeveer een kwart van alle wilde gewervelde landdiersoorten wordt wereldwijd verhandeld. Omdat de economische waarde van deze handel in de afgelopen jaren zo sterk is gestegen, wordt ook de illegale handel in wilde dieren steeds lucratiever, zie hierna.

De internationale handel in veel wilde dieren en planten is geregeld in CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of wild flora and fauna), een internationale overeenkomst met regels om ongeveer 5.800 diersoorten en 30.000 plantensoorten te beschermen. Diergezondheid wordt in dit verdrag echter niet geregeld. Mede daarom bestaan er aanvullende maatregelen, zoals het EU verbod op de invoer van wilde vogels om de verspreiding van hoogpathogene H5N1-aviaire influenza te beperken.

De jacht, handel, slacht en bereiding van wilde dieren voor consumptie (zgn. '*bushmeat*') heeft geleid tot een aanzienlijk deel van de bekende zoönosen, opkomende infectieziekten en pandemieën zoals Ebola koorts, HIV/AIDS, monkeypox, SARS en COVID-19. Veel van deze zoönosen zijn nu endemisch in de menselijke bevolking(139,140). Om wilde dieren te beschermen en het zoönoserisico aan te pakken heeft de FAO het Sustainable Wildlife Management Programme (SWM) ingericht. In dit internationale initiatief wordt op lokaal niveau samengewerkt, rekening houdend met de belangen van de lokale bevolking en hun voedselzekerheid.

Risico's door handel in wilde dieren

Bij de internationale handel in wilde dieren kan direct contact plaatsvinden tussen wilde dieren, mensen en landbouwhuisdieren. Nieuwe en bekende ziekteverwekkers kunnen zo gemakkelijk worden overgedragen, geamplificeerd en verspreid. Door de toegenomen aantallen en dichtheid van gefokte wilde dieren kunnen infecties zich gemakkelijker verspreiden en grotere uitbraken veroorzaken. De handel in wilde dieren brengt daarom een potentieel groot gevaar met zich mee ten aanzien van het opkomen van zoönosen. Het toegenomen handelsvolume en de efficiëntie van het langeafstandsvervoer bevorderen de verspreiding van ziekteverwekkers over grote afstanden en de besmetting van bevolkingsgroepen die mogelijk niet eerder met zo'n infectie te maken hebben gehad.

Transport van wilde dieren vormt op zich een risico, doordat dieren dicht op elkaar zitten, vaak met verschillende soorten bij elkaar, onder omstandigheden die de fitheid en afweer verminderen. Dit zijn grotendeels onvermijdelijke aspecten van de handel in dieren, die moeilijk kunnen worden geëlimineerd door richtlijnen over zorg-, hygiëne- en welzijnsoverwegingen. Markten met levende dieren vormen al helemaal een groot risico voor de verspreiding van (zoönotische) ziekteverwekkers(3).

Het ziet ernaar uit dat deze problemen in de komende jaren zullen toenemen door de groeiende vraag naar wilde dieren in rijke landen en de toenemende complexiteit van handelsnetwerken, fokkerijen, markten en bulkvervoer. De handelsstromen gaan vooral van Zuid-Amerika, Afrika, Zuidoost-Azië en Oceanië naar Europa, Noord-Amerika en sommige delen van Azië. Wilde dierenhandel betekent een lucratieve bron van inkomsten in landen met weinig economische mogelijkheden. Regulering is belangrijk, maar zonder aandacht voor onderliggende sociaaleconomische mechanismen bestaat het risico dat wetgeving alleen leidt tot een verschuiving van het legale naar het illegale circuit. Bovendien is handhaving in de landen van herkomst niet altijd eenvoudig.

Import van dieren via luchthavens

Voor de import van dieren van buiten de Europese Unie gelden strikte regels. Zendingen levende dieren of dierlijke producten mogen uitsluitend via een door de Europese Commissie aangewezen Grenscontrolepost (GCP) de Europese Unie binnenkomen. Vervolgens kunnen zij zonder verdere controles naar andere Europese landen worden doorgevoerd. De NVWA controleert de zendingen in deze aangewezen GCP's in samenwerking met de douane, waarbij ook aandacht wordt besteed aan (zoönotische) infectieziekten. Levende dieren van buiten de EU mogen Nederland uitsluitend binnenkomen op de luchthavens van Schiphol en Maastricht en (voor dieren uit het Verenigd Koninkrijk) de zeehaven Hoek van Holland. Dierlijke producten kunnen ook via andere GCP's geïmporteerd worden, zoals de haven van Rotterdam.

Op Schiphol kunnen levende dieren in beginsel op drie manieren binnenkomen:

1. De grootste stroom van levende dieren bestaat uit legale import voor handelsdoeleinden. Importeurs melden de zending van tevoren aan. De NVWA maakt bij de controle gebruik van een risicobeoordeling op basis van diersoort/land combinatie. Deze inspecties vormen geen waterdicht systeem. De documenten kunnen bijvoorbeeld verkeerd zijn ingevuld of vervalst zijn, dieren kunnen in de incubatieperiode verkeren en wanneer zich in een land een uitbraak van een meldingsplichtige ziekte voordoet kan er enige tijd overheen gaan voordat dit aan de (internationale) autoriteiten is gemeld. De kans dat langs deze weg een zoönose Nederland binnenkomt is al met al klein, maar de mogelijkheid is nooit uit te sluiten.
2. De tweede stroom van levende dieren bestaat uit legale import van gezelschapsdieren met hun eigenaren als passagiers. Er komen op Schiphol jaarlijks miljoenen passagiers uit de hele wereld (71,7 mil. in 2019). Zij mogen legaal vijf dieren (honden, katten, vogels, etc.) als gezelschapsdieren met zich meenemen, mits het dier over een gezondheidscertificaat beschikt. Import van gezelschapsdieren langs deze weg vindt regelmatig plaats. De aantallen worden niet bijgehouden.
3. De derde stroom van levende dieren en dierlijke producten op Schiphol is illegale invoer via passagiers. Er worden regelmatig levende dieren in de aankomsthal aangetroffen zonder conforme documenten. Het betreft voornamelijk honden, katten, reptielen en incidenteel vogels. De aantallen gesmokkelde vogels zijn gedaald. Onbekend is of ze tegenwoordig via een andere weg Nederland binnenkomen. In het algemeen is niet veel bekend over de illegale import van dieren via de haven of over de weg.

Illegale dierenhandel

Geschat wordt dat de jaaromzet van de wereldwijde illegale handel in wilde dieren 7,23 miljard euro bedraagt, ongeveer een kwart van de omzet van de legale handel(141). In sommige regio's heeft de toegenomen internationale handel, in combinatie met armoede, geleid tot een groei van de illegale of legale jacht en handel in wilde dieren(137,142–148). In het afgelopen decennium is er in Zuid-Amerika een verband gerapporteerd tussen de illegale handel in wilde dieren en de activiteiten van met name Aziatische bendes(149,150). In de VS verdubbelde de illegale handel in wilde dieren tussen 2000 en 2013(151), en inbeslagnames van *bushmeat* in de bagage van passagiers komen veel voor op luchthavens in de VS en Europa(151–154).

De impact van de illegale handel op gezondheidsrisico's en de verspreiding van zoönosen is moeilijk vast te stellen door het ontbreken van voldoende gegevens(143,151,155). Het ligt echter in de rede dat bij deze illegale handel en transporten het gevaar op overdracht van (zoönotische) infecties minstens even groot zal zijn als bij de legale handel en waarschijnlijk zelfs groter gezien het ontbreken van minimale eisen aan het transport. Zonder veterinaire certificering vindt er ook geen controle door een dierenarts in het land van herkomst plaats.

De vraag naar illegaal ingevoerde dieren en *bushmeat*

Om de illegale invoer van levende wilde dieren, *bushmeat* en andere producten van exotische wilde dieren aan te pakken, is het van belang om ook te kijken naar de vraagkant. Er kunnen verscheidene motieven bestaan waarom mensen illegaal ingevoerde dieren en hun producten kopen. Kennis over deze motieven en over de *communities* die hierbij betrokken zijn, kan bijdragen aan effectief beleid voor de preventie, wanneer het lukt om deze ontvangers inzicht te geven in de risico's, gevaren en nadelen van deze praktijken.

Er is nog maar weinig bekend over de (veranderlijke) vraag naar exotische wilde dieren en hun producten en de houding van de betreffende *communities* ten opzichte van illegale import. De indruk bestaat dat wild gevangen dieren als gezelschapsdier vaak als waardevoller worden gezien dan gefokte dieren of gedomesticeerde dieren. Ook zou *bushmeat* van wild gevangen dieren als smakelijker en authentieker worden beschouwd; iets

dergelijks geldt voor de vermeende geneeskracht van de producten van wild gevangen dieren(156). Culturele factoren spelen uiteraard een belangrijke rol. Binnen Nederland is bijvoorbeeld binnen de Ghanese community het eten van *bushmeat* bepaald door cultuur, smaak en de perceptie dat dit vlees goed zou zijn voor de gezondheid(157). In Suriname houden mannen vaak tropische zangvogels, waarmee zij zangwedstrijden organiseren(158). Vanuit Suriname worden relatief veel tropische vogels illegaal geïmporteerd. Er bestaan criminele netwerken met veel kennis over het vangen, transporteren en illegaal importeren van deze vogels(159).

Zowel bij handelaren als bij de kopers bestaat vaak onvoldoende kennis over de ecologische schade en mogelijke gezondheidsrisico's die het gevolg zijn van de illegale handel in exotische dieren en dierproducten. Het is de vraag in hoeverre de handelaren bereid zijn om de lucratieve handel op te geven wanneer zij deze kennis wel hebben, maar wellicht kan een dialoog met de kopers bijdragen aan het terugdringen van illegale handel. Bij veel kopers bestaat de indruk dat illegale handel in wilde dieren en hun producten een redelijk onschuldige wetsovertreding is. Voorlichting en handhaving zouden hier verandering in kunnen brengen. Zo wordt in de vonnissen van Nederlandse rechters de natuurschade nu nog vaak onvoldoende benoemd(160) (Van Uhm et al., 2018).

Nederland en de handel in (wilde) dieren

Nederland is een belangrijk doorvoerland voor de handel in wilde dieren(161). Luchthaven Schiphol wordt beschouwd als het voornaamste Europese knooppunt voor de legale (en illegale) import van levende wilde dieren, met name ook van buiten Europa(162) (Tabel 6.4). Het gaat hierbij dus zowel om dieren die bestemd zijn voor de Nederlandse markt als om doorvoer naar andere Europese landen. Volgens de Europese regels moeten levende dieren die in de EU worden ingevoerd, altijd binnenkomen via een door de EU erkende Grens GCP. Voor Nederland zijn dat de luchthavens Schiphol en Maastricht en (voor dieren uit het Verenigd Koninkrijk) de zeehaven Hoek van Holland.

Nederland kan op deze plekken een bijdrage leveren aan het terugdringen van mogelijke dierziekten en zoönosen die via wilde dieren in Europa binnenkomen. Gemakkelijk is dat echter niet. Er komen veel zoönosen voor in de landen die dieren naar (of via) Nederland exporteren. De regelgeving is niet altijd in staat om veranderingen in de internationale epidemiologische situatie en handelsstromen te volgen. Zo komt het zoönotische *Nipah* virus momenteel vooral voor in India en Bangladesh, maar kunnen honden en katten uit deze regio zonder controle op dit virus worden ingevoerd. Honden en katten uit Maleisië daarentegen moeten wel aangetoond vrij zijn van het virus, terwijl de ziekte daar al meer dan 10 jaar niet meer gemeld is. Bovendien is er altijd een zeker 'waterbedeffect': als Nederland strenger wordt, verplaatst de (illegale) handel zich naar landen waar de controles minder sterk zijn. Een samenhangende Europese aanpak is dus van groot belang.

De data over in Europa ingevoerde dieren worden in Nederland geregistreerd in de VGC (Veterinaire Grens Controle) en altijd ook in de Europese webapplicatie TRACES (TRAdE Control and Expert System). Wanneer verdenking bestaat op een infectie, kan de hele route van het dier binnen Europa getraceerd worden. Dit geldt echter alleen voor de (legale) dierenhandel, niet voor de invoer van gezelschapsdieren door particulieren. Doordat via internet vraag en aanbod bij elkaar komen, is deze particuliere invoer steeds belangrijker.

Uit een analyse van illegaal ingevoerde wilde dieren(162) kwamen enkele verontrustende feiten naar voren:

- Er is onvoldoende zicht op de specifieke soorten die illegaal worden ingevoerd. Registers van de zendingen bevatten meestal alleen een ruwe indeling van het type dier (zoogdier, reptiel etc.). Aanvullende informatie moest worden ontleend aan veelal handgeschreven gezondheidsverklaringen.
- Op basis van de ingevoerde diersoorten en hun land van afkomst kon een lijst van 18 potentiële zoönosen worden opgesteld die deze dieren bij zich hadden kunnen dragen, van de klassieke pestbacterie tot West Nijl Virus en Crimean-Congo haemorrhagic fever virus.
- Onder de huidige wetgeving is het niet verplicht om routinematig microbiologische testen van exotische dieren bij aankomst op Schiphol uit te voeren. Dergelijke testen kunnen van grote waarde zijn voor een betere inschatting van de risico's en het inrichten van een goede procedure voor invoercontrole en risicobeoordeling. Het is van belang dat hierbij niet alleen reeds bekende ziekteverwekkers worden onderzocht, maar een breder palet aan mogelijke dierziekten en zoönosen.

Knelpunten

Rond de invoer van dieren en dierproducten in Nederland bestaan de volgende punten van zorg ten aanzien van het zoönoserisico:

- **De opzet van het systeem van controle:** mede door internationale regelgeving richten de controles zich vooral op een beperkte lijst van ziekteverwekkers. Er zijn grote economische belangen gemoeid met het al dan niet op de lijst plaatsen van bepaalde infecties. Een bredere benadering, waarbij ook andere dierziekten en zoönosen worden meegenomen in de analyse, is binnen het huidige systeem vrijwel niet te doen. Ook mogen veel wilde soorten zoogdieren en sommige vogelsoorten waarvan onbekend is welke mogelijke infecties zij bij zich dragen, zonder veel beperkingen worden geïmporteerd en als gezelschapsdier worden gehouden. Vanuit het voorzorgsprincipe is dat een riskante benadering. Ook bij landbouwhuisdieren ontbreekt controle op niet gereguleerde infecties zoals varkensinfluenza. Het systeem is onvoldoende gebaseerd op een One Health benadering.
- **Vectoren** die met geïmporteerde dieren mee kunnen komen, vormen een potentieel risico voor de introductie van een zoönose. Het CMV monitort daarom op Schiphol in het dierenhotel de aanwezige muggen. Exotische muggen worden regelmatig op Schiphol aangetroffen. Veel vectoren kunnen onder de Nederlandse weersomstandigheden niet overleven en zich hier vestigen, maar bij een veranderend klimaat kan dit in de toekomst wellicht wel.
- **Verstekelingen:** er worden in cargo zendingen regelmatig levende dieren aangetroffen die onopzettelijk waren meegekomen. Meestal betreft het reptielen en geleedpotigen, maar er zijn incidenten gerapporteerd van apen uit West Afrika in Rotterdam en een vleermuis uit Azië op Schiphol. Rond Schiphol worden regelmatig exotische torren en andere insecten aangetroffen.
- **Urgentie:** er wordt vaak te traag gereageerd op signalen van mogelijke tekortkomingen. Wanneer uitvoerende diensten een signaal afgeven, zou dit bijvoorbeeld door een expertgroep of in een pilotonderzoek sneller en efficiënter getoetst kunnen worden.
- **Onbekende zoönosen:** zoals eerder in dit rapport vermeld staat, kan een volgende ernstige zoönotische uitbraak of pandemie goed afkomstig zijn van de vele duizenden onbekende ziekteverwekkers die nog voorkomen bij wilde diersoorten (Disease X). Door de import van levende wilde dieren en dierproducten kan zo'n onbekende zoönose rechtstreeks uit de natuurgebieden in Nederland worden geïmporteerd.
- **Illegale invoer:** het risico op insleep van een zoönose via illegale import moet uit voorzorg als hoog worden aangemerkt, onder meer omdat de gezondheidsstatus van deze dieren volledig onbekend is en de omstandigheden van transport vermoedelijk slechter dan bij de legale handel.

Tabel 6.4: Aantallen geïmporteerde levende dieren (en aantal zendingen) via Schiphol(163).

Diercategorie	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Siervissen	21.360.943 (2.282)	16.590.883 (2.300)	13.270.159 (2.288)	18.208.164 (2.472)	19.408.365 (2.415)	20.896.127 (1.857)
Varkens	310 (3)		518 (17)	603 (18)	259 (10)	50 (3)
Paarden	2.765 (2.765)	2.738 (2.738)	3.098 (3.098)	2.488 (2.488)	2.651 (2.651)	1.529 (1.529)
1 dags pluimvee	1.157.432 (56)	1.889.778 (102)	1.450.500 (82)	255.000 (21)	939.295 (61)	379.254 (21)
Honden	797 (540)	802 (269)	630 (325)	873 (403)	989 (392)	1.052 (719)
Katten	326 (209)	196 (128)	192 (137)	219 (140)	326 (167)	443 (275)
Konijnen	3 (3)	5 (5)	11 (5)	12 (2)	8 (3)	4 (2)
Chinchilla's					8 (3)	
Cavia's		5 (3)		2 (1)	3 (1)	
Fretten	4 (2)					
Eenden				13 (1)		
Rodentia (voor instellingen)	377 (38)	500 (31)	723 (53)	697 (10)	41 (6)	166 (4)
Insecten	3.126.380. 868 (415)	4.278.417. 158 (630)	5.484.312. 149 (804)	10.094.150. .766 (785)	5.158.000.0 00 (516)	3.660.055. 821 (409)
Wild/exoten*	184.894 (200)	217.672 (255)	146.255 (220)	29.169 (118)	22.071 (110)	14.857 (36)

Onderverdeling van wilde/exotische dieren:

2020: Amfibieën en reptielen 13.142, vogels 1.091, lama's 619, wombat 3 en red panda 2.

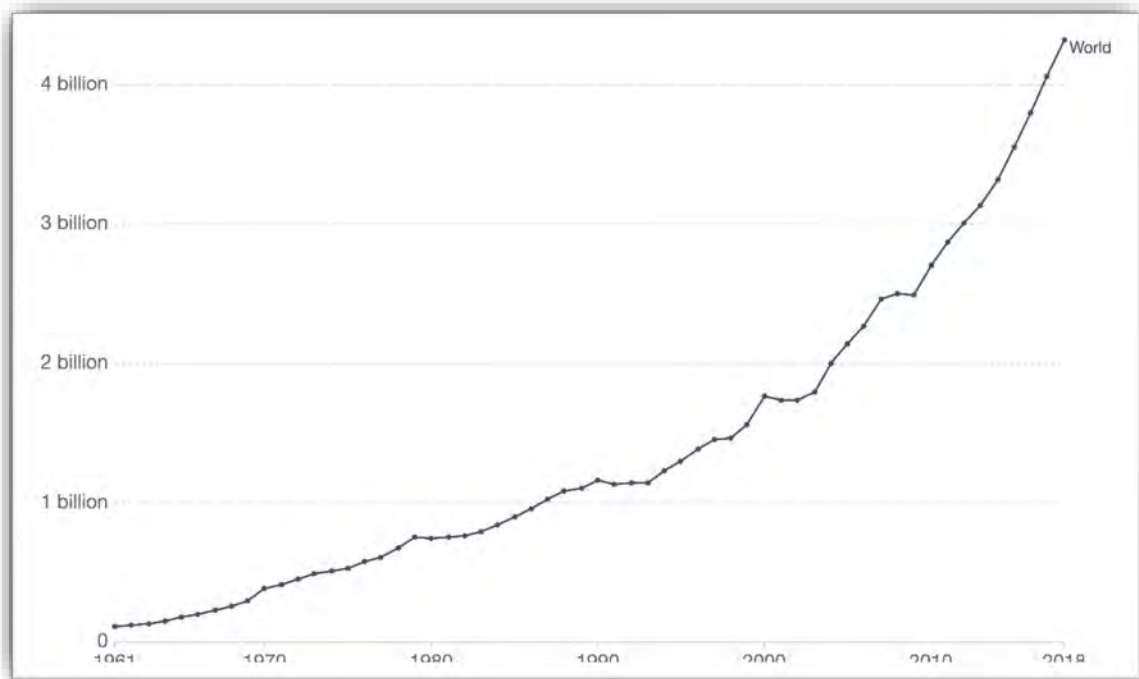
2019: Amfibieën en reptielen 16.876, vogels 4.628, lama's 550, zwarte beer 3, jachtluipaard 2 en pelsrob 12.

2018: Amfibieën en reptielen 24.237, vogels 4.210, zoogdieren 722 (waaronder apen/niet humane primaten 421, lama 153, kangoeroe 36, miereneter 18, suikereekhoorn 5, leeuw 3, stinkdier 1, vos 4 en capibara 81)

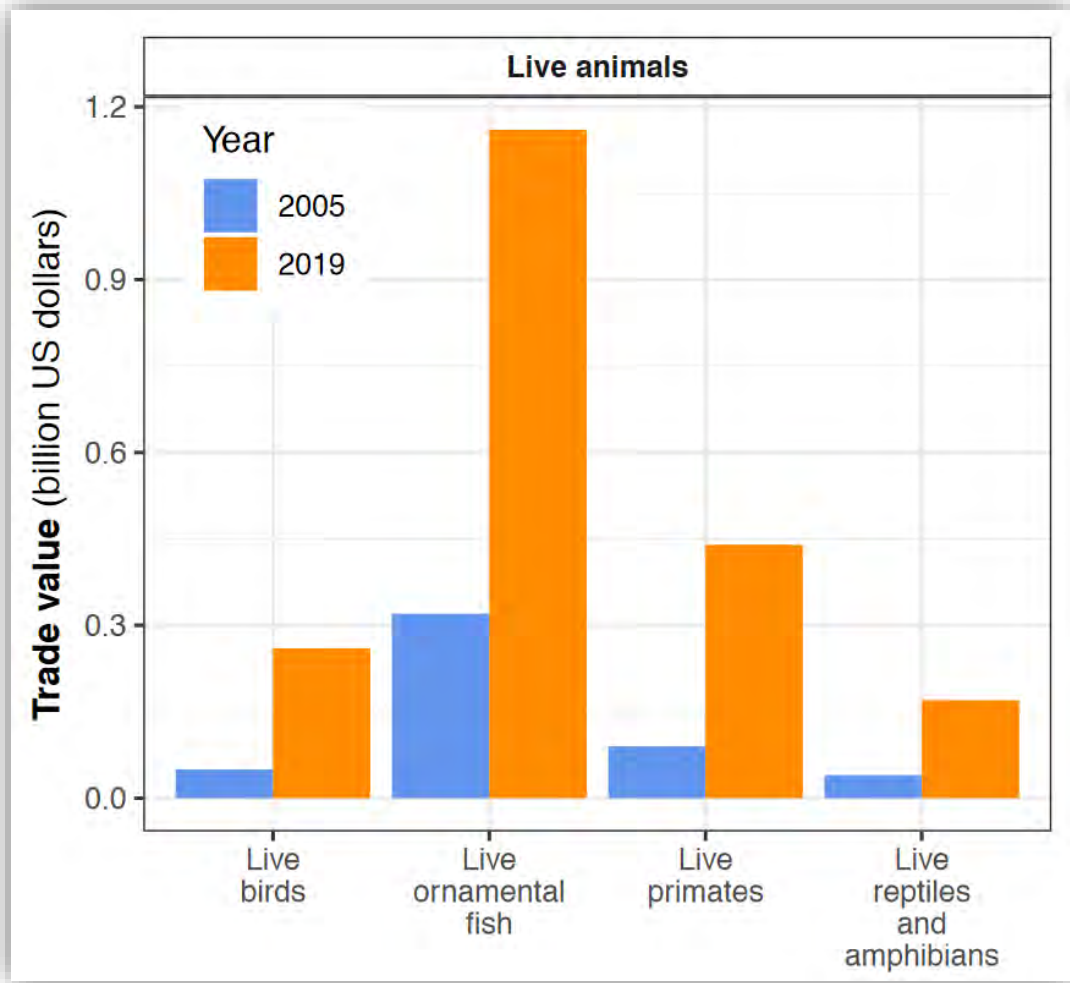
2017: Amfibieën en reptielen 143.808, vogels 1.641 en zoogdieren 806 dieren (apen/niet humane primaten 255; lama 345; kangoeroe 24; tijger 3; aenesrat 34; miereneter 10; pelsrob 58; bruine beer 2; jaguar 3; hyena 2; neusbeer 20; caracal 2; suikereekhoorn 44; jakhals 2 en reuzenpanda 2).

2016: Amfibieën en reptielen 214.134, vogels 2.641 en zoogdieren 897 dieren (beerkoeskoes 10; apen/niet humane primaten 177; capibara 24; lama 365; reuzen kangoeroe 12; stekelvarken 2; leeuw 12; beermarter 4; luipaard 7; tijger 4; zeebeer 83; paca 4; poedoe 4; wallaby 2; egel 5; witsnorpalmroller 4; suikereekhoorn 25; katfret 3; tenrek 150).

2015: Amfibieën en reptielen 180.071, vogels 3.824 en zoogdieren 999 dieren (gayal 1, witsnuitbeer 5, beerkoeskoes 2, apen/niet humane primaten 484, caracal 9, hyena 7, capibara 20, lama 405, kangoeroe 38, aardvarken 5, leeuw 8, beermarter 2, luipaard 1, tijgergenet 3, zeebeer 8 en manenrob 1).



Figuur 6.1: Verandering in het aantal mensen wereldwijd die jaarlijks per vliegtuig zijn vervoerd tussen 1961 en 2018. Getallen vertegenwoordigen het totale aantal vluchten door passagiers. Dat betekent dat een persoon die meerdere keer per jaar vliegt meerdere keren wordt geteld(18,164).



Figuur 6.2: Verandering in de monetaire waarde van legaal verhandelde wilde dieren tussen 2005 en 2019(165).

7. Biodiversiteit, landgebruik, en wereldbevolking

Om te begrijpen hoe zoönosen ontstaan en waar en wanneer deze uitbreken is het van belang om niet alleen lokaal te kijken naar incidenten, maar ook naar de ontwikkelingen op hogere niveaus. Grootschalige processen vormen de (ecologische) context voor de kleinschaliger interacties tussen mensen, dieren en vectoren die tot uitbraken kunnen leiden.

Inzicht in de gevolgen van ecologische veranderingen en het ontstaan van nieuwe besmettingsroutes vraagt om een netwerkbenadering. De netwerken van contacten tussen verschillende (soorten) dieren en tussen mensen onderling zijn bepalend voor de overdracht van ziekteverwekkers. Non-lineaire processen zijn vaak de sleutel achter de uitbraken. Nauw verwant aan deze netwerkbenadering is het perspectief van gemeenschappen (communities) van diersoorten en/of mensen om te begrijpen hoe infecties zich in de loop van de tijd ruimtelijk verspreiden. Een dergelijke benadering past goed in het One Health concept.

Kortom, het opkomen van zoönosen is een complex proces. Kennis over de verschillende elementen in dat proces zou idealiter geïntegreerd moeten worden in modellen die aanknopingspunten bieden voor maatregelen. Door voorspellingen te doen aan de hand van deze modellen, kunnen zij verder worden verfijnd, tot een instrumentarium ontstaat dat praktisch kan worden ingezet bij beslissingen over landgebruik en ruimtelijke ordening binnen ons land en in het kader van internationale projecten en het terugdringen van de ongewenste impact van Nederlandse consumptie en veehouderij.

Aanbevelingen

- Monitor de effecten op het zoönoserisico bij veranderingen in het landschap, zoals de voltooiing van het Natuurnetwerk Nederland en Natura 2000 gebieden in Nederland en de versterking van dit initiatief in Europees verband.
- Ontwikkel vanuit een One Health perspectief modellen waarmee het opkomen en de verspreiding van zoönotische ziekteverwekkers in ecosystemen voorspeld kan worden en die gebruikt kunnen worden voor het nemen van preventieve maatregelen.
- Onderzoek systematisch de impact van Nederlands beleid op (tropische) ontbossing en veranderd landgebruik in het buitenland en beperk door actief beleid de ongewenste impact. Besteed hierbij specifieke aandacht aan de impact van diervoer voor de Nederlandse veehouderij.

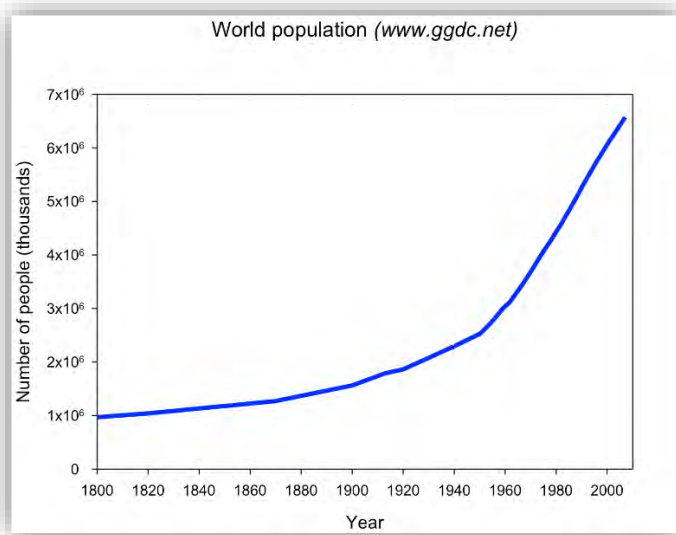
7. Biodiversiteit, landgebruik, en wereldbevolking

Het opkomen van zoönosen wordt versterkt door een aantal mondiale ontwikkelingen, die ook in Nederland terug te zien zijn: afnemende biodiversiteit, urbanisatie en andere veranderingen in landgebruik, en bevolkingstoename. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe deze factoren de kans beïnvloeden dat een ziekteverwekker van (wilde) dieren overgaat op de mens en dat een infectie zich snel onder mensen verspreidt.

De verhouding tussen 'wilde'¹¹ natuurgebieden enerzijds en mensen met hun (landbouw)huisdieren anderzijds is in de afgelopen twee eeuwen versneld verschoven. De wereldbevolking is sinds 1821 zeven keer groter geworden. Door toenemende welvaart consumeert de gemiddelde mens ook nog eens meer. Dit heeft geleid tot ingrijpende veranderingen van landschappen wereldwijd en een afname van biodiversiteit. Zoals hieronder wordt uitgelegd, gaan verlies aan biodiversiteit en landschapsverandering vaak gepaard met een toename van zoönotische uitbraken. Dit komt door een verschuiving naar diersoorten die goed gedijen in door de mens gedomineerde landschappen. Het grotere plaatje van bevolkingstoename, landschapsverandering en biodiversiteit is dus zeer relevant voor het denken over zoönosen.

De cijfers

Het aantal mensen op de wereld is in de afgelopen periode exponentieel gestegen (zie fig. 7.1).



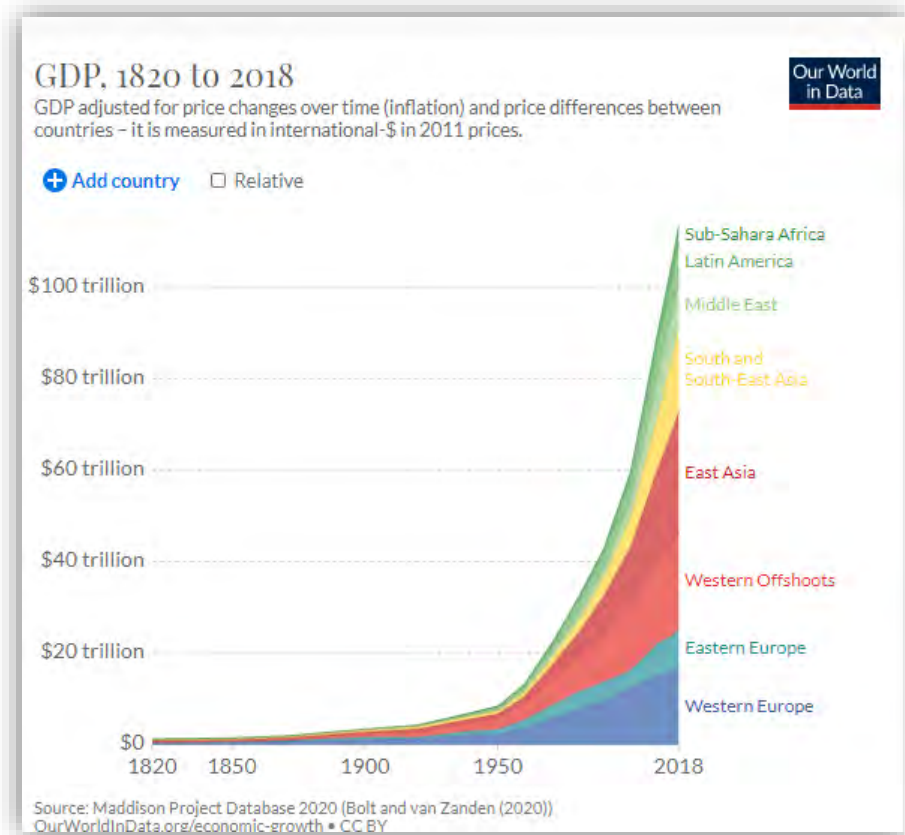
Figuur 7.1 Groei van de wereldbevolking(166).

De verwachting is dat deze groei weliswaar iets afvlakt, maar de komende decennia voorlopig doorgaat, met name in Afrika. Ook de Nederlandse bevolking is in de afgelopen periode sterk gegroeid, van 4,5 miljoen in 1900 naar 17,4 miljoen nu. Ook hier gaat de bevolkingsgroei vermoedelijk door, zodat we in de komende decennia (ruim) boven de 20 miljoen Nederlanders uitkomen.

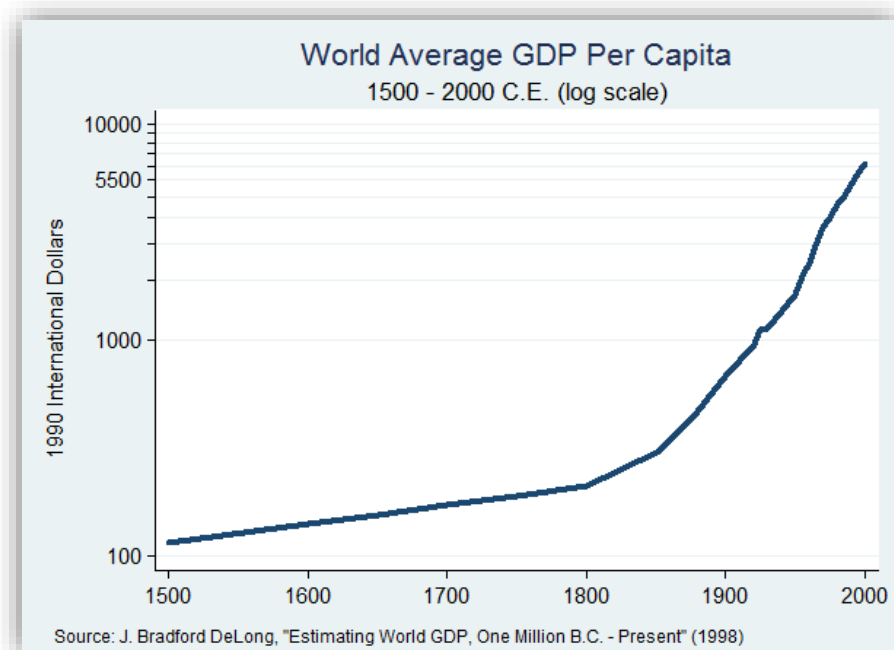
Nauw samenhangend met deze bevolkingsgroei is de toenemende verstedelijking. Ook dat is een wereldwijd fenomeen. Enkele jaren geleden werd het punt gepasseerd waarop meer dan de helft van alle mensen in een stedelijke omgeving woont. In sommige landen, zoals Japan en de Verenigde Staten, ligt dit percentage zelfs boven de 80%. Andere landen, met name China en India, zijn met een exponentiële inhaalslag bezig. Nederland is al sterk verstedelijkt; bijna 92% van de Nederlanders woont in een verstedelijkt gebied(167). En dat percentage zal alleen maar toenemen. De grootste bevolkingsgroei in de komende decennia wordt ook in Nederland in en rond de grote steden verwacht. Verstedelijking betekent een toegenomen kwetsbaarheid voor infectieziekten - mensen wonen in steden immers dichter op elkaar en komen vaker in aanraking met onbekenden.

¹¹ Echt 'wilde', ongerepte natuur, wat vroeger in Nederland 'woeste grond' heette, bestaat nauwelijks nog. Er zijn hooguit gebieden die nauwelijks door mensen gebruikt worden. Dat is wat hier wordt bedoeld.

Het aantal mensen neemt niet alleen toe, de consumptie per individu groeit ook. Dat blijkt uit het feit dat niet alleen het bruto binnenlands product (Gross Domestic Product, GDP) van alle landen in de afgelopen decennia is gestegen, maar ook het aandeel per individu. Figuur 7.2 laat zien hoe met name na de Tweede Wereldoorlog de wereldeconomie zeer sterk gegroeid is.



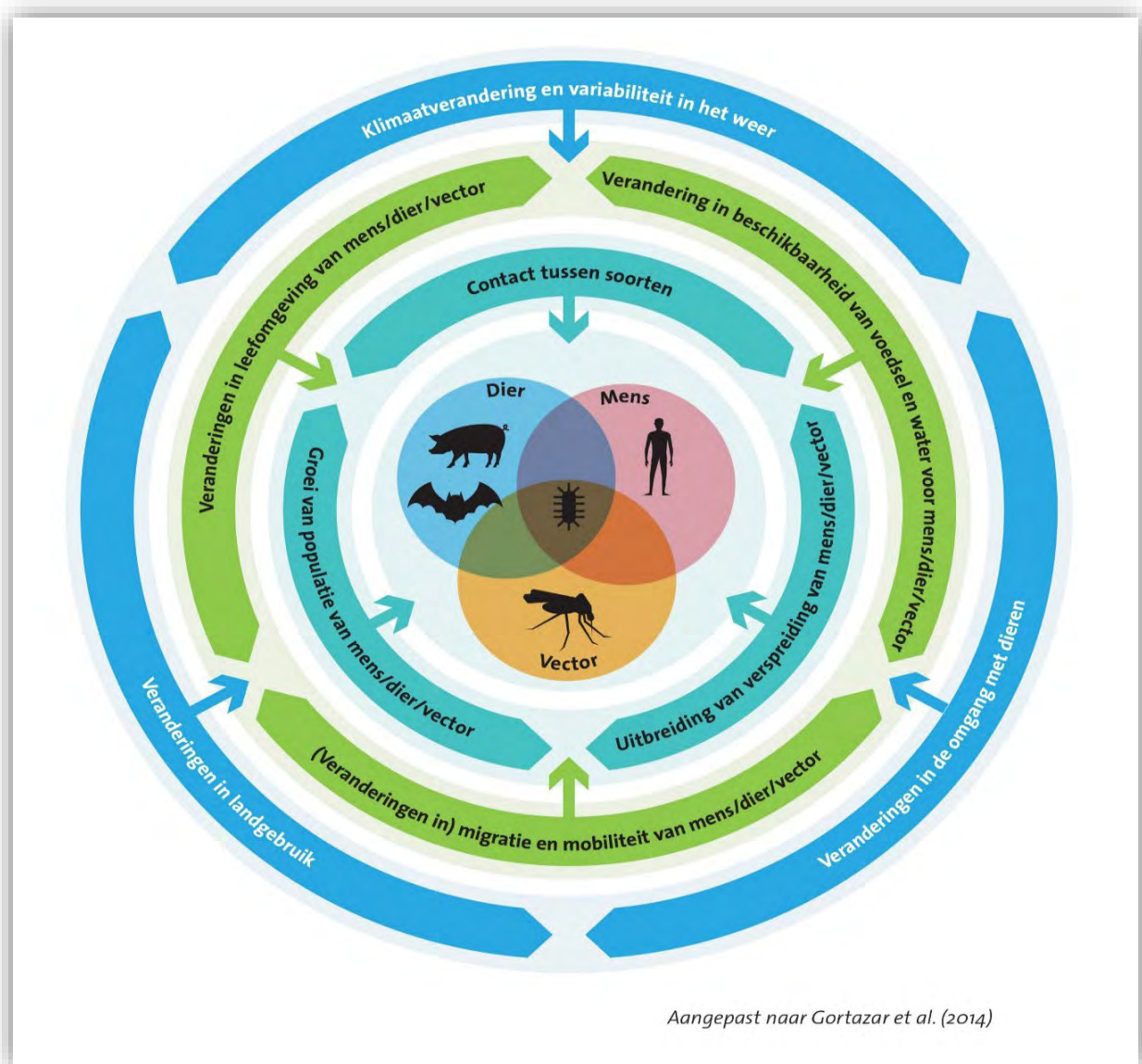
Figuur 7.2: Toename van het GDP van diverse regio's(18).



Figuur 7.3: Groei van het aandeel van de gemiddelde wereldbewoner in het bruto binnenlands product(168).

Meer mensen die per individu ook nog eens meer consumeren - het is logisch dat dit leidt tot drastische veranderingen in het landgebruik. En dat blijkt ook het geval te zijn. Het totale areaal aan landbouwgronden wereldwijd is sinds 1800 toegenomen van ruim 400 miljoen hectare naar 1,5 miljard hectare. De sterkste stijging heeft in de laatste decennia plaatsgevonden, met name in Afrika en Zuid-Amerika (Brazilië). In sommige landen, met name in Azië begint het landbouwareaal alweer licht te krimpen. Die uitbreiding van het landbouwareaal (weidegrond en akkerbouw) gaat gepaard met een afname van natuurgebieden zoals bos, savanne, wetlands, en andere habitattypes. Was rond 1800 nog de helft van het landoppervlak met bos bedekt, in 1950 was dit nog maar 44% en in 2018 38%. In Nederland zijn natuurgebieden het sterkst gekrompen in de periode tussen 1900 en de Tweede Wereldoorlog. De ecologische kwaliteit neemt echter nog steeds af, met name door versnippering van ecosystemen(169).

Dit alles leidt tot een zeer sterke teruggang in de biodiversiteit in de afgelopen decennia. De totale biodiversiteit op aarde is nog maar een derde van wat deze was in 1970. Steeds meer diersoorten sterven uit, met name amfibieën, zoogdieren en vogels. In Nederland zijn in de afgelopen jaren niet zoveel diersoorten uitgestorven, maar in de decennia en eeuwen daarvoor wel en een niet onaanzienlijk aantal soorten in Nederland is bedreigd.



Figuur 7.4: Drijvende krachten achter het ontstaan van zoönosen. Deze figuur plaatst de overgang van ziekteverwekkers van dier naar mens (eventueel via een geleedpotige vector) in de ruimere context van ecologie, menselijke samenleving en regionale/mondiale veranderingen. Voor verdere uitleg zie deel II van dit rapport.

Figuur 7.4 toont de indirecte en directe drijvende krachten achter het verlies van biodiversiteit wereldwijd. Bij deze drijvende krachten gaat het voor het overgrote deel om processen die het gevolg zijn van menselijk handelen en de toename van het aantal mensen: veranderd landgebruik, toegenomen exploitatie, intensivering, vervuiling en klimaatverandering (zie ook hoofdstuk 8).

Biodiversiteit en zoönoserisico

De relatie tussen biodiversiteit en zoönoserisico is complex. De meeste ziekteverwekkers zijn 'gespecialiseerd' in een bepaalde gastheersoort. Een grotere diversiteit aan diersoorten in een bepaald gebied betekent dus ook een grotere diversiteit aan ziekteverwekkers(170). Hoe groter de pool aan potentiële ziekteverwekkers, hoe groter de kans dat een nieuwe ziekte uitbreekt(1). Daardoor zou ook de kans toenemen dat een ziekte overgaat op de mens. Sommige studies die de uitbraak van opkomende infecties wereldwijd hebben geanalyseerd, laten zien dat een hoge biodiversiteit in een gebied samenhangt met een grotere kans op een uitbraak in dat gebied(1,7,171). De vraag is of deze bevinding te generaliseren is of dat het gaat om specifieke soorten die essentieel zijn bij de overstap van ziekteverwekkers van dier naar mens. Ook zegt deze observatie nog niets over de gevolgen van veranderingen voor het zoönoserisico, bijvoorbeeld de effecten van afnemende biodiversiteit.

Andere studies laten zien dat biodiversiteit juist een beschermend effect kan hebben. Zo blijkt dat de frequentie waarmee een bepaalde ziekteverwekker vóórkomt, kleiner is als er meer soorten in een gebied voorkomen. Dit wordt het verdunningseffect (*dilution effect*) genoemd(172,173). Die 'verdunning' dankzij biodiversiteit leidt tot een afnemende besmettingskans voor mensen. Dit effect is nu voor een groot aantal ziektes en soorten beschreven(174), maar geldt zeker niet overal en voor alle ziekteverwekkers. Het soort ziekteverwekker speelt een belangrijke rol en ook andere factoren in de context.

Verschillende studies op dit gebied leiden tot tegenstrijdige resultaten. Zo blijken in kleinere bosfragmenten waarin minder diersoorten voorkomen meer teken te zijn die ook nog eens vaker besmet zijn met ziekteverwekkers zoals *Borrelia* (ziekte van Lyme(175)). Dat zou kunnen komen door verschuiving in het evenwicht van de diverse gastheren van de teek, doordat deze profiteren van een grote voedselbeschikbaarheid dankzij afnemende concurrentie met andere soorten, of omdat het contactnetwerk groter wordt en gastheren zich verder verspreiden. Het verdunningseffect wordt echter niet altijd aangetroffen en soms lijkt het aantal *Borrelia* besmette teken zelfs groter te zijn in gebieden met grotere soortendiversiteit(176,177). Ook voor vogelgriep lijkt biodiversiteit een risicofactor(178). Met andere woorden: in plaats van een verdunningseffect dankzij biodiversiteit is er eerder een amplificatie effect als gevolg van een grotere biodiversiteit. De relatie tussen soortendiversiteit en het percentage besmettingen (de prevalentie) van Westnijl Virus (WNV) is evenmin altijd duidelijk. In de Verenigde Staten lijkt er sprake te zijn van een verdunningseffect, maar in Europa niet(179).

Kortom, het gaat niet om biodiversiteit als zodanig, maar om de lokale samenstelling van de soortengemeenschap en de veranderingen daarin. Van doorslaggevend belang is het begrip 'competente gastheer': de mate waarin een ziekteverwekker in een bepaalde soort zich gemakkelijk vermenigvuldigt en door deze soort verspreid wordt. Het aantal individuen van een soort per oppervlakte (dichtheid) en de onderlinge contacten met andere gastheersoorten zijn ook van belang. Onderlinge evolutionaire verwantschap speelt een rol bij de overdracht van de ene soort op de andere(180). Doordat al deze factoren op een verschillende manier bijdragen aan de diversiteit aan ziekteverwekkers en hun prevalentie, kan een verandering in soortensamenstelling zowel leiden tot een toename als een afname in ziekteprevalentie bij verschillende diersoorten en bij de mens (zie ook Roberts & Heesterbeek(181)).

De volgende factoren zijn dus relevant voor een inschatting van het zoönoserisico in een bepaald gebied:

- Welke van de aanwezige soorten zijn competent voor een bepaalde zoönotische ziekteverwekker?
- Wat zijn de (absolute en relatieve) dichtheden van die verschillende soorten (incl. vectoren) in het gebied?
- Wat is de verspreiding van deze soorten in het gebied?
- Hoe is het contactennetwerk van die soorten (incl. vectoren) en hun ruimtelijke mobiliteit?
- Hoe hangt dit netwerk af van de ruimtelijke bewegingen van individuen binnen het gebied en daarbuiten (inclusief eventuele migratiepatronen)?
- Hoe worden bovenstaande factoren beïnvloed door andere soorten en andere factoren (klimaat, landschap, menselijke verstoring)

Bovenstaande factoren zijn van belang voor elke zoönotische ziekteverwekker, maar vooral voor die ziekteverwekkers die meerdere potentiële gastheersoorten hebben. De gevolgen van veranderingen in de omgeving door rechtstreeks ingrijpen van de mens of door klimaatverandering zijn pas te begrijpen wanneer het effect op bovenstaande factoren bekend is (zie ook Suzan et al 2015(180)).

Door menselijke invloed verdwijnen er soms soorten uit een gebied of komen er nieuwe soorten bij. Dat is geen toevalsproces, want sommige soorten profiteren juist van die verstoring. Met name populaties van knaagdieren zoals muizen en ratten nemen in dichtheid toe. Zij staan erom bekend dat zij vaak ziekteverwekkers bij zich dragen die ook mensen kunnen besmetten. Zo kan een verstoring in een ecosysteem dus aanleiding geven tot een verhoogde kans op zoönosen. In een grote analyse blijkt dat wereldwijde veranderingen in landgebruik daarom steeds meer gevaarlijke *interfaces* creëren tussen mensen, vee en in het wild levende reservoirs van zoönotische ziekten(182).

Keesing & Ostfeld(183) maken in hun recente studie een synthese, die ook de basis kan vormen voor verder onderzoek en aanbevelingen voor beleid. Zij stellen vast dat door processen als urbanisatie, ontbossing en toenemende landbouw de populaties van de meeste wilde diersoorten kleiner worden, terwijl de populaties (landbouw)huisdieren toenemen. Maar niet alle wilde diersoorten ondervinden hetzelfde negatieve effect. Sommige soortengroepen (zoals knaagdieren) weten zich vrij goed aan te passen aan menselijke invloeden (*peridomestic* soorten) en nemen in absolute of relatieve dichtheden toe. De kans op overdracht van zoönosen is bij deze soorten groter.

Het blijft echter lastig om de complexiteit van ecosystemen in simpele getallen te vatten. Verschillende diersoorten (en de mens) beïnvloeden immers elkaars gedrag. Roofdieren kunnen de dichtheid van sommige gastheersoorten (zoals knaagdieren) verminderen(184) of hun gedrag beïnvloeden, doordat zij bijvoorbeeld in een kleiner bereik blijven(185). De jacht kan bij soorten zoals dassen, vossen of wilde zwijnen de verspreiding van (besmette) individuen vergroten, doordat ze reageren op de verstoring en hun lokale verspreiding toeneemt(186). Dit kan bijdragen aan de verspreiding van ziekten als rundertuberculose, waarvan de das een bekende gastheer is.

Voor Nederland dient aan de hand van bovenstaande factoren geanalyseerd te worden welke veranderingen hebben plaatsgevonden in de soortendiversiteit in de afgelopen decennia en welke consequenties deze veranderingen hebben voor het zoönoserisico. Naast een analyse van de onderliggende factoren is het dan ook van belang om de kenmerken van de verschillende soorten en hun onderlinge relaties in kaart te brengen. Speciale aandacht daarbij verdienen de soorten die dicht bij de mens komen (*peridomestic* diersoorten), met name potentiële gastheren van zoönotische ziekteverwekkers, d.w.z. zoogdieren, vogels, en vectoren. Een punt van aandacht is verder de toename van exoten in Nederland(187). Soorten die nieuw geïntroduceerd zijn kunnen een extra risico vormen bij de verspreiding van zoönosen(188,189). Zo spelen wasberen een rol in de verspreiding van rabiës en andere zoönotische infecties(190).

Wereldwijd zijn processen als urbanisatie, ontbossing en veranderingen in landgebruik aan de orde van de dag. Hoewel deze processen zich nu ver van Nederland afspelen, zijn Nederlanders hiervoor wel medeverantwoordelijk. Via handel en veehouderij, maar ook door internationale activiteiten van Nederlandse bedrijven kan er sprake zijn van een rechtstreekse invloed op ontbossing en vergroting van het landbouwareaal. Uit onderzoek blijkt dat dit tot ongewenste uitkomsten kan leiden, waaronder vergroting van het zoönoserisico(10).

Landgebruik

Er bestaat een duidelijk verband tussen veranderd landgebruik en de opkomst van (zoönotische) infectieziekten bij mensen. Zo concludeert het IPBES rapport over biodiversiteit en pandemieën dat niet-duurzame exploitatie van het milieu en verandering in landgebruik, natuurlijke interacties tussen soorten verstoort en een rol heeft gespeeld bij bijna alle pandemieën en dat verandering in landgebruik verantwoordelijk is voor de opkomst van meer dan 30% van de nieuwe ziekten sinds 1960(165). De intensiteit van landbouw vergroot wereldwijd de kans op het uitbreken van zoönosen, zo blijkt ook uit een systematische review(182). Ook Allen et al.(191) laten zien dat toenemende landbouw en urbanisatie de kans op opkomende infectieziekten vergroten. Aandacht voor duurzaamheid en natuurbescherming is dus ook van belang voor het terugdringen van het zoönoserisico, met name in (sub)tropische gebieden waar veel opkomende infectieziekten bij mensen ontstaan.

Het aangetoonde verband tussen veranderd landgebruik en een grotere kans op zoönosen kan op verschillende manieren tot stand komen. Om te beginnen beïnvloeden ontbossing en ontginning het contact tussen mensen en wilde dieren, met name in gebieden waar nog veel nauwelijks door mensen gebruikte natuur bestaat, zoals bijvoorbeeld het Amazonegebied en het Afrikaanse regenwoud. De kans op besmetting neemt daardoor toe. Zoals Faust et al.(192) het formuleren: “the highest spillover risk occurs at intermediate levels of habitat loss, whereas the largest, but rarest, epidemics occur at extremes of land conversion”. (Zie ook Plowright et al.(193) en Wilkinson et al.(194)). In Europa wordt niet veel natuur omgezet in landbouw, maar is eerder sprake van omgekeerde trends zoals *rewilding* en verruiging. Ook daarbij bestaat echter een grotere kans dat mensen en wilde dieren met elkaar in aanraking komen(195).

Hoe beïnvloedt veranderend landgebruik verder de interactie tussen ziekteverwekkers en hun (dierlijke) gastheren? Een mooie samenvatting van de meest gangbare twee hypothesen wordt gegeven door Murray & Daszak(196): verstoring (*perturbation*) en de ‘pool’ van ziekteverwekkers (*pathogen pool*). Beide worden hieronder kort uitgelegd.

Veranderingen in het landgebruik en organisatie leiden tot verstoring van ecosystemen, waardoor de balans tussen verschillende diersoorten verschuift, met een verhoogde overdracht van ziektekiemen als mogelijk gevolg. De effecten van veranderingen in landgebruik kunnen verder worden versterkt door klimaatverandering, waardoor bijvoorbeeld migratiepatronen van trekvogels veranderen. Dat **verstoring** van ecosystemen een rol speelt bij het zoönoserisico is duidelijk. Urbanisatie en toegenomen landbouw bijvoorbeeld vergroten de kans op een uitbraak, al neemt de diversiteit van ziekteverwekkers wel vaak af(197–199). Verstoringen leiden tot een toename van die soorten die zich makkelijk aanpassen, waaronder kort levende soorten (soorten met een *fast life history*) zoals knaagdieren die (zoönotische) ziekteverwekkers bij zich dragen(200).

De **pathogen pool** hypothese concentreert zich wat meer op de ziekteverwekkers. Door veranderd landgebruik komen gastheersoorten in aanraking met ziekteverwekkers waar ze nog niet eerder mee besmet zijn geweest. Zo kan een virus dat tot dusver alleen rondwaarde bij een bepaald type vleermuis in het bos andere zoogdieren besmetten wanneer dat bos wordt omgezet in landbouwgrond.

De twee bovengenoemde hypothesen vullen elkaar aan; verschuivende populaties van diersoorten en toenemende contacten met een bestaande *pool* van ziekteverwekkers kunnen beiden het gevolg zijn van veranderd landgebruik en bijdragen aan het verhoogde zoönoserisico.

Urbanisatie lijkt misschien een bescherming te bieden tegen zoönosen, omdat in de grote steden minder (soorten) wilde dieren voorkomen. Dat is echter zeker niet altijd het geval. Wilde dieren passen zich steeds beter aan het stadsleven aan, waardoor ook stadsbewoners in contact kunnen komen met zoönotische infecties. Naast de eerdergenoemde ratten gaat het bijvoorbeeld om vossen met rabiës (hondsdoelheid), muizen met toxoplasmose (vaak besmetting via de huiskat) en opkomende teken in stadsparken. Ook een ziekte als malaria kan van de cyclus waarbij bosdieren betrokken zijn overgegaan op een cyclus waarin alleen muggen en mensen voorkomen (silvatische naar urbane cyclus, zie Diallo et al.(201)). Bij toenemende urbanisatie treden ook veranderingen in ecosystemen en onderlinge contacten tussen dieren op, waardoor verschillende gastheren meer of juist minder ziekteverwekkers bij zich dragen(202,203). In een meta-analyse laat Murray et al.(204) zien dat urbanisatie een negatief effect heeft op de gezondheid van wilde diersoorten, wat de kans op uitbraak van zoönosen kan bevorderen.

Het gegeven dat veranderd landgebruik leidt tot een grotere kans op zoönosen is voor Nederland op twee manieren relevant. Bij grote veranderingen in ons eigen landschap kan in de risico-analyse aandacht worden besteed aan mogelijke ongewenste consequenties voor de overdracht van zoönosen. Het gaat hierbij in het bijzonder om de volgende situaties:

- Rewilding(205,206)
- Ruimte voor rivieren
- Toegenomen recreatief gebruik van land en water
- Verruiging
- Meer groen in de stad, groene-blauwe netwerken, andere vergroenings-initiatieven en maatregelen voor het adapteren aan klimaatverandering
- Toename van reeën in NL onder invloed van meerdere factoren kan bijdragen aan de toename van teken.

Activiteiten van Nederlandse veehouders en andere ondernemers hebben ook een rechtstreekse impact op het landgebruik in andere landen. Nederlandse bedrijven spelen, gesteund door de Nederlandse overheid, een actieve rol bij projecten die rechtstreeks bijdragen aan ontbossing, onder meer in het Amazonegebied(207). Het minimaliseren van de impact op de natuur in het belangrijkste regenwoudgebied wereldwijd en op het zoönoserisico is daarbij voor zover bekend niet expliciet aan de orde geweest. Nederland speelt ook een belangrijke rol in de handel in en het gebruik van hout uit tropische bossen, en van palmolie, bekende oorzaken van ontbossing en andere grote veranderingen in landgebruik.

Wereldbevolking

Naast indirecte gevolgen van de groeiende wereldbevolking op landgebruik en biodiversiteit kan een hogere (lokale) bevolkingsdichtheid ook gevolgen hebben voor de kans op een uitbraak van een (zoönotische) infectieziekte(7,208). Het effect van bevolkingsdichtheid op de kans dat er een uitbraak van een opkomende ontstaat is niet heel groot(1,208). Bij de verdere verspreiding van ziekten die direct van mens tot mens worden overgedragen spelen bevolkingsconcentraties een rol, vooral bij de manier waarop de ziekte zich verspreidt(209). In dichtbevolkte gebieden kwamen tijdens de COVID-19 pandemie in eerste instantie de meeste infecties voor, maar later verspreidde de pandemie zich ook over dunner bevolkte gebieden(210). Net als bij de verspreiding van infecties tussen dieren in een ecosysteem, geldt ook voor de verspreiding onder mensen dat het netwerk van contacten, fundamenteel is voor de overdracht. Dat geldt ook voor de introductie van nieuwe ziekteverwekkers. Zij kunnen meeliften met veetransporten, via besmette muggen of teken in uiteenlopende producten worden geïmporteerd, gebruik maken van de handelsnetwerken van (exotische) huisdieren, of meereizen met mensen.

De grootste veranderingen in wereldbevolking in komende decennia worden verwacht in Afrika. Er zullen daar dus grote veranderingen in het landgebruik zijn, verlies aan natuurlijke habitat, toegenomen ontbossing en een groeiend landbouwareaal. De kans op uitbraken van nieuwe zoönosen in deze gebieden is dus extra groot. Daar komt nog een risico bij, dat in 2014 een belangrijke rol speelde bij de Ebola uitbraak: toegenomen mobiliteit van mensen, met gebruikmaking van beperkte infrastructuur. Het aantal ontmoetingen en dus potentiële besmettingen is daardoor hoog. Om grote bevolkingscentra bestaan en ontstaan daarnaast ook grote sloppenwijken waarin een uitbraak zich snel kan verspreiden. Daarnaast zijn er zeer beperkte en vaak onvoldoende toegankelijke gezondheidsvoorzieningen voor gezondheidsmonitoring, uitbraakpreventie en -management. Deze zeer complexe omstandigheden vragen urgente aandacht in het kader van mondiale zoönosepreventie.

8. Klimaatverandering

Klimaatverandering kan de kans op zoönosen beïnvloeden, waarbij in gematigde gebieden zoals in Nederland een toename mogelijk is door doorgroeiende populaties muggen en teken, door de introductie van nieuwe vectoren en nieuwe ziekteverwekkers. De effecten van klimaatverandering op de complexe wisselwerking tussen dierlijke gastheren, ziekteverwekkers, vectoren en mensen laten zich echter niet eenvoudig voorspellen en in sommige gevallen kan klimaatverandering ook tot een kleinere kans op zoönosen leiden. Diverse factoren spelen een rol, zoals de veranderende biologie van de mug bij hogere temperaturen en het veranderende gedrag van dieren en mensen. Bij het nemen van maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering tegen te gaan kunnen broedplaatsen voor muggen ontstaan.

Aanbeveling

- Onderzoek de mogelijke impact van klimaatverandering op zoönoserisico's en welke maatregelen Nederland verder nog kan nemen om deze risico's te beperken, naast de noodzakelijke maatregelen om klimaatverandering tegen te gaan, conform het internationale Klimaatverdrag.

8. Klimaatverandering

Het veranderende klimaat is op verschillende niveaus en op verschillende manieren van invloed op het zoönoserisico. Ook maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering tegen te gaan hebben effecten op het zoönoserisico. Verstoring van ecosystemen wereldwijd zal in het algemeen de kans op zoönosen vergroten. Binnen Nederland kan daarmee de kans op vectorgebonden zoönosen toenemen. Ook kunnen wellicht nieuwe infecties opkomen, onder meer door de introductie van nieuwe geleedpotige vectoren.

Klimaatverandering is een wereldwijd probleem met uiteenlopende lokale gevolgen. De impact op diverse ecosystemen wereldwijd is slechts ten dele te voorspellen, maar zoals ook naar voren kwam in het hoofdstuk 7, betekent een verstoring van een ecosysteem meestal dat het zoönoserisico toeneemt. Verstoringen in ecosystemen leiden er immers vaak toe dat de populaties van bepaalde soorten (absoluut of relatief) toenemen. Het gaat hierbij met name om soorten zoals knaagdieren die relatief veel infecties bij zich dragen en deze gemakkelijk overdragen op de mens door hun gedrag en de nabijheid tot menselijke bewoning. Globaal gesproken is het dus ook vanuit het oogpunt van zoönosepreventie van belang om klimaatverandering tegen te gaan.

In dit hoofdstuk wordt in meer specifieke zin ingegaan op het toegenomen zoönoserisico binnen Nederland aan de hand van klimaatvoorspellingen (KNMI e.a.). Vanuit een modelmatige benadering kan gekeken worden hoe dit toegenomen risico ontstaat en waar mogelijke aanknopingspunten te vinden zijn voor interventies. Daarbij ligt een sterke nadruk op infecties die worden overgebracht door vectoren, omdat bij deze besmettingen klimaat en weer een belangrijker rol spelen.

Klimaatverandering in Nederland

Zoals blijkt uit figuur 8.1, zal het veranderende klimaat merkbare gevolgen hebben voor ons land. De gemiddelde temperatuur voor het gehele jaar neemt toe. Het effect op neerslag kan verschillen, ook per jaar en per seizoen. Perioden met extreem veel neerslag zullen vaker voorkomen, waardoor lokaal wateroverlast kan ontstaan. In de winter en in het voorjaar kunnen de grote rivieren grotere hoeveelheden water aanvoeren dan normaal, waarbij vaker dan in het verleden overstromingen kunnen plaatsvinden. Met name in de zomer zullen vaker langdurige periodes van droogte voorkomen, waarbij grotere gebieden uitdrogen. Ook hittegolven komen vaker voor.

Zoönoserisico en klimaat

Verschiedende klimaatfactoren kunnen ertoe bijdragen dat ziektekiemen (gemakkelijker) worden overgedragen van dier op mens. Vanuit de One Health benadering (zie ook hoofdstuk 10) is duidelijk dat weer en klimaat van invloed zijn op de onderlinge wisselwerking tussen omgeving, ziekteverwekker, natuurlijke gastheersoorten (bv muis, rat, wilde gans), (landbouw)huisdieren, mensen en eventuele geleedpotige vectoren (bv teek, mug, of knut). Klimaatverandering leidt tot veranderingen in populaties, in gedrag en verspreiding, in het biologisch functioneren en in de onderlinge interacties tussen de verschillende spelers.

Effecten van klimaatverandering zijn in Nederland vooral te verwachten voor die zoönosen die worden overgedragen door vectoren. In veel mindere mate zal het klimaat van invloed zijn op zoönosen die worden overgedragen door rechtstreeks contact tussen mens en dier, via de lucht of het water. Bij overstromingen en problemen met waterkwaliteit kan wel de kans toenemen op de ziekte van Weil, veroorzaakt door *Leptospira* bacteriën.

KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland

Hoe verandert ons klimaat en wat zijn de gevolgen?



De temperatuur in Nederland zal verder stijgen. Het meest in de winter, het minst in de lente. Het aantal koude winterdagen neemt af. Het aantal warme zomerdagen neemt toe, net als de kans op hittegolven. De temperatuurverschillen tussen de kustgebieden en het binnenland zullen in de zomer groter worden; in de winter juist kleiner.



De hoeveelheid neerslag zal gemiddeld verder toenemen. Er is een grotere kans op extreme regenbuien met onweer en hagel. Twee scenario's (G_H en W_H) berekenen echter een afname van de gemiddelde neerslag in de zomer.



Het tempo van de zeespiegelstijging neemt toe en hangt sterk af van de wereldwijde temperatuurstijging. Voor 2050 zal er een stijging tot 40 centimeter zijn, ten opzichte van 1981-2010. Rond 2085 zal de zeespiegel aan de Nederlandse kust tot 80 centimeter hoger liggen. Na 2100 zal de zeespiegel blijven stijgen.



De veranderingen in windsnelheid zijn klein. In de zomer nemen windrichtingen tussen zuid en west in alle scenario's af, maar het meest in de twee scenario's met veel veranderingen in luchtstromingspatronen. Deze G_H - en W_H -scenario's geven ook aan dat er 's winters vaker westenwind voorkomt.



De zonnestraling is de laatste decennia licht toegenomen. Een reden is dat de lucht schoner is geworden. Wolken lijken door de verminderde luchtvervuiling ook transparanter te zijn zodat de zonnestraling bij een bewolkte lucht is toegenomen. In de G_H - en W_H -scenario's is sprake van een kleine afname van de bewolking in de zomer door een frequentere oostenwind.



Het aantal dagen met mist neemt af en het zicht verbetert verder. Dit is vooral het gevolg van de verminderde luchtvervuiling. De verbetering van het zicht zal niet zo sterk zijn als in de afgelopen dertig jaar. Binnen Nederland zijn grote verschillen: aan de kust komt veel minder mist voor dan in het binnenland.

Figuur 8.1: Klimaatscenario's voor Nederland(211)

Variabele	Indicator	Klimaat 1981-2010	Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2050				Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2085				Natuurlijke variaties gemiddeld over 30 jaar
			G _L	G _H	W _L	W _H	G _L	G _H	W _L	W _H	
Wereldwijde temperatuurstijging:			+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C	+1,5 °C	+1,5 °C	+3,5 °C	+3,5 °C	
Verandering in luchtstromingspatroon:			lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	
Zeespiegel bij Noordzeekust	absolute niveau	3 cm boven NAP	+15 tot +30 cm	+15 tot +30 cm	+20 tot +40 cm	+20 tot +40 cm	+25 tot +60 cm	+25 tot +60 cm	+45 tot +80 cm	+45 tot +80 cm	±1,4 cm
	tempo van verandering	2,0 mm/jr.	+1 tot +5,5 mm/jr.	+1 tot +5,5 mm/jr.	+3,5 tot +7,5 mm/jr.	+3,5 tot +7,5 mm/jr.	+1 tot +7,5 mm/jr.	+1 tot +7,5 mm/jr.	+4 tot +10,5 mm/jr.	+4 tot +10,5 mm/jr.	±1,4 mm/jr.
Temperatuur	gemiddelde	10,1 °C	+1,0 °C	+1,4 °C	+2,0 °C	+2,3 °C	+1,3 °C	+1,7 °C	+3,3 °C	+3,7 °C	±0,16 °C
Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	851 mm	+4 %	+2,5 %	+5,5 %	+5 %	+5 %	+5 %	+7 %	+7 %	±4,2 %
Zonnestraling	zonne-straling	354 kJ/cm ²	+0,6 %	+1,6 %	-0,8 %	+1,2 %	-0,5 %	+1,1 %	-0,9 %	+1,4 %	±1,6 %

Figuur 8.2: Klimaatscenario's(212) 2015.. Het KNMI beschrijft vier mogelijke klimaatscenario's voor 2050, die verschillen in de mate van wereldwijde opwarming (Gematigd of Warm) en in de veranderingen in luchtstromingspatronen (Laag of Hoog).

Meer (verschillende) muggen

Klimaatverandering heeft effect op de populaties van verschillende soorten muggen, op de interactie tussen ziekteverwekkers en deze vectoren en op de kans dat mensen besmet raken. Het gaat om complexe wisselwerkingen die niet altijd gemakkelijk te voorspellen zijn(213). Voor elke vector/ziekteverwekker combinatie zijn er optimale omstandigheden, waaronder een optimale temperatuur. Het is goed mogelijk dat aanvankelijk in gematigde gebieden zoals in Nederland meer mensen ziek zullen worden door infecties die via muggen en knutten worden overgebracht. Wanneer de temperatuur verder stijgt, zou zelfs weer een daling van het aantal besmettingen kunnen optreden.

De populaties van deze insecten kunnen groeien door warmere zomers en mildere winters. Ook de toename van heftige regenval en nattere perioden kunnen Nederland geschikter maken voor bepaalde muggensoorten. De levenscyclus van muggen (van ei naar larve naar volwassen dier) verloopt sneller onder hogere temperaturen. Ook daardoor groeien populaties van deze vectoren sneller.

Maatregelen tegen extreme droogte en hitte, ook in de grote steden, kunnen het zoönoserisico vergroten doordat de muggenpopulaties verder groeien. Bij zulke adaptatiemaatregelen, zoals aanschaffen van regentonnen, aanleggen van wadi's ¹²en regenopslagplaatsen kunnen immers poelen stilstaand water ontstaan, die de perfecte kraamkamer vormen voor muggenlarven. Het verdient aanbeveling om bij de planning van zulke maatregelen stil te staan bij zoönoserisico's en waar mogelijk maatregelen te nemen: afdekken van regentonnen, in vijvers het water in beweging houden (fontein) of vissen en andere natuurlijke vijanden van de muggenlarf introduceren, wadi's zo aanleggen dat het water snel infiltreert waardoor de muggenlarven niet tot wasdom kunnen komen. Bewustwording, zowel op het niveau van de gemeente als van de individuele Nederlander is een belangrijke eerste stap.

De voor muggen gunstige omstandigheden leiden niet alleen tot populatiegroei onder de gebruikelijke inheemse soorten, er ontstaat ook ruimte voor soorten die nu nog maar nauwelijks of niet in Nederland voorkomen. Dit wordt versterkt door veranderingen in het landschap, zoals het toegenomen oppervlakte aan moerasgebieden (en natte graslanden). Zeker als regelmatig gebieden onder water staan door extreme

¹² Een wadi is een met grind en zand gevulde en vaak beplante greppel of sloot, die (hemel)water kan vasthouden. Aangezien hier zelden lange tijd water in blijft staan, zijn dit overigens meestal geen ideale broedplaatsen voor muggen.

regenval of door extra aanvoer van rivierwater, worden de omstandigheden gunstig voor flood plain mosquitoes', zoals *Aedes vexans*, een potentiële vector van RVF (Rift Valley Fever) virus.

Door de stijgende temperatuur zullen zich ook steeds vaker muggensoorten in Nederland kunnen vestigen die nu nog vooral in warmere streken voorkomen, zoals de Aziatische tijgermug, een bekende vector van ziekten als chikungunya en knokkelkoorts (dengue). De tijgermug wordt sinds 2005 op verschillende locaties in Nederland gesignaleerd en wordt actief bestreden door de NVWA. Er zijn geen besmettingen door tijgermuggen in Nederland bekend, maar dit risico kan de komende decennia wel toenemen. Exotische muggensoorten kunnen onder andere worden geïntroduceerd door reizigers en door handelsverkeer.

Teken: eerder actief en opkomst exoten

Bij teken is het effect van klimaatverandering iets moeilijker te voorspellen. Naar alle waarschijnlijkheid zal het aantal besmettingen met de ziekte van Lyme en TBE toenemen als gevolg van klimaatveranderingen. Als het warmer wordt, kunnen de teken eerder in het jaar actief worden en langer in het najaar actief blijven, en kan hun sterfte verminderen. Daardoor neemt het risico op een (besmette) tekenbeet toe. Wel is het zo dat zeer warme en droge periodes minder geschikt zijn voor de teek, zodat hun activiteit in de zomer (en hun overleving) wellicht wat afneemt.

Als de temperatuur verder stijgt, zouden ook exotische tekensoorten zich in Nederland kunnen vestigen en zich hier voortplanten. De *Hyalomma* teek, vector voor Krim Congokoorts, is in Zuid Europa steeds vaker aanwezig en inmiddels zijn de eerste *Hyalomma* teken in Nederland gevonden. Het lijkt erop dat zij zich nog niet in ons land kunnen voortplanten, maar als de temperaturen verder stijgen zouden de omstandigheden wel gunstiger kunnen worden voor deze teek(214):

Exotische ziekteverwekkers

Een ander gevolg van temperatuurstijging is de introductie van nieuwe ziekteverwekkers, die zich wellicht ook via inheemse soorten insecten kunnen verspreiden. Daarbij kan gedacht worden aan het Rift Valley Fever virus, Japanse encefalitis virus en Ross River virus (allen door muggen overgedragen), of het Oropouche orthobunyavirus (overgedragen door knutten). Bij verdere klimaatverandering zouden zandvliegen die de *Leishmania*-parasiet overbrengen zich in Nederland kunnen vestigen, waardoor mensen en (huis)dieren hier met deze ernstige infectie te maken kunnen krijgen. Ook een ziekte als malaria (overigens maar zelden van zoönotische oorsprong) zou incidenteel terug kunnen keren in Nederland, al is mede dankzij onze goede gezondheidszorg de kans niet groot dat de ziekte hier weer endemisch wordt. *Anopheles* muggen die de malariaparasiet *Plasmodium vivax* kunnen overbrengen, worden in de Nederlandse kuststreken wel gevonden. De kans op een uitbraak van malaria wordt echter als zeer klein ingeschat. Het zou betekenen dat de parasiet in Nederland wordt geïntroduceerd, hier muggen besmet, in de mug de gebruikelijke cyclus doorloopt en vervolgens weer bij mensen terecht komt. Het is zeer onwaarschijnlijk dat dit herhaaldelijk gebeurt.

Veranderende kans op besmetting

Onder invloed van de (stijgende) temperatuur verandert de vector en haar interactie met de ziekteverwekker, en met de dieren en mensen bij wie zij bloed zuigt. Dat betekent dat ook soorten muggen die nu nog maar zelden infecties overdragen, in de toekomst wel een rol als vector kunnen spelen. Dat geldt bijvoorbeeld voor de inheemse mug *Culex pipiens*, die in staat wordt geacht om bij hogere temperaturen ziekteverwekkers zoals het Westnijlvirus (WNV) over te dragen. Dat komt door een samenloop van factoren. Bij hogere temperaturen kan het virus zich in de mug gemakkelijker vermenigvuldigen en zich verplaatsen van het maag-darmkanaal naar uiteindelijk de speekselklieren. Tijdens het bijten brengt de mug speeksel over, waardoor het virus dus ook kan worden overgedragen. Bij hogere temperaturen bijten muggen bovendien vaker.

Een recente modelstudie laat zien dat de overdracht van infecties door muggen sterk bepaald wordt door de temperatuur, waarbij rond de 23-26 graden de kans op besmetting het grootst is(215).

In meer algemene zin hebben klimaatfactoren invloed op de belangrijkste parameters en modellen die beschrijven hoe vectoren ziekteverwekkers overdragen (R0 modellen): dichtheden t.o.v. gastheer, bijtfrequentie, overleving, vector competentie, vector capaciteit. Hoewel zoals gezegd complexe wisselwerkingen moeilijk te voorspellen zijn, is er een gerede kans dat klimaatverandering in de komende decennia zal leiden tot een toename van vectorgebonden zoönosen in Nederland.

Daar komt nog bij dat mensen zich ook anders gaan gedragen bij hogere temperaturen; ze zoeken vaker de natuur en het water op, dragen minder bedekkende kleding. Daardoor vergroten zij de kans op besmetting door teken, muggen of knutten.

Andere gevolgen van klimaatverandering

In het algemeen zal klimaatverandering geen grote gevolgen hebben voor zoönosen die zonder tussenkomst van een vector van zoogdieren of vogels op mensen worden overgedragen. Ziekteverwekkers die zich hebben aangepast aan warmbloedige dieren zoals de mens, worden meestal niet rechtstreeks beïnvloed door de omgevingstemperatuur. Wel kan extreem weer van invloed zijn op het stressniveau van dieren en daarmee op hun afweer tegen infecties. Ook kan klimaatverandering leiden tot veranderend gedrag en verspreiding van dieren. De uitkomst in termen van het zoönoserisico is daarbij niet altijd gemakkelijk te voorspellen.

Temperatuurverandering is bijvoorbeeld van invloed op het migratiegedrag van trekvogels. Van ganzen is bekend dat zij steeds vaker in Nederland blijven om te broeden in plaats van te migreren naar hun traditionele broedgebieden in Noord-Europa. Deze gedragsverandering vindt plaats door onder meer mildere winters, afname van de jacht en toename van de kwaliteit van het wintervoedsel. Tijdens de trek vallen de zieke vogels normaal af; door het wegvallen van migratie blijven dus zwakkere vogels leven, waardoor de besmettingskans kan toenemen(216). Tegelijkertijd is het echter zo dat de vogeltrek ook een rol speelt bij de verspreiding van ziektekiemen, met name de vogelgriep tussen de broedgebieden en de gebieden waar ze overwinteren. Wanneer deze migratie niet meer plaatsvindt, zou dat dus ook gunstige effecten kunnen hebben. De overdracht van vogelgriepvirussen (influenzavirussen) wordt ook beïnvloed door diverse factoren die mede beïnvloed worden door de temperatuur, zoals het overleven van virusdeeltjes in het water, migratie, aanwezigheid van bepaalde vogelsoorten en de grootte van vogelpopulaties. Kortom, het gaat om complexe systemen waarvan het gedrag moeilijk te voorspellen is.

Langdurige droogte kan van invloed zijn op de overdracht van ziekteverwekkers die zich goed buiten het lichaam kunnen handhaven, zoals *Coxiella burnetii*, de verwekker van Q-koorts. Wat betreft Q-koorts spelen ook andere effecten mee. Langere droogte periodes kunnen bijdragen aan het verstoffen van naar buiten gereden mest, waardoor deze sneller kan verwaaien, en daarmee dus 'airborne' kan worden, wat voor de omwonenden/recreanten een grotere kans met zich mee brengt op de infectie met *Coxiella*. Ook al heeft dit niet direct met klimaatverandering te maken, het laat wel zien hoe complex de interacties zijn tussen menselijk handelen en gunstige/geschikte klimatologische omstandigheden.

9. Veiligheid in laboratoria

Wetenschappelijk onderzoek naar zoönosen is noodzakelijk, evenals diagnostiek op het gebied van (zoönotische) infectieziekten. Dat brengt met zich mee dat laboratoria soms een bron van besmetting kunnen zijn. Zowel binnen Nederland en met name internationaal is het daarom van groot belang om aandacht te (blijven) besteden aan laboratoriumveiligheid en te zorgen dat een eventueel incident niet tot een uitbraak leidt. Ook blijft het van belang om maatregelen te nemen die bioterrorisme voorkómen. Nederland kan met expertise en financiële middelen bijdragen aan programma's van onder meer de WHO die gericht zijn op het versterken van management, organisatie en expertise in laboratoria.

Aanbevelingen

- Bevorder internationaal wetenschappelijk onderzoek en diagnostiek op het gebied van zoönosen en ondersteun internationale inspanningen om te komen tot een systeem van onafhankelijke toetsing en kennisuitwisseling op het gebied van *biosafety* en *biosecurity* in microbiologische laboratoria (zie ook de International Health Regulations in Hoofdstuk 15).

9. Veiligheid in laboratoria

Wereldwijd wordt diagnostisch en wetenschappelijk onderzoek verricht naar dierziekten en zoönosen. Dat is noodzakelijk om een duidelijker beeld te krijgen van toekomstige dreigingen, voor vaccinontwikkeling en andere essentiële voorbereidingen op toekomstige zoönotische uitbraken. Laboratoria kunnen echter ook een bron zijn van infectie. Laboratoriumveiligheid blijft daarom een punt van aandacht, met name ook internationaal.

In een groeiend aantal laboratoria wereldwijd wordt wetenschappelijk onderzoek gedaan naar virussen en andere ziekteverwekkers afkomstig van dieren en mensen. Ziekteverwekkers worden verzameld uit wilde dieren, (landbouw)huisdieren en patiënten, onderzocht en soms ook verder bewerkt om na te gaan of ze een potentieel gevaar opleveren voor de volksgezondheid. Wetenschappelijk onderzoek is essentieel voor de preventie van zoönosen en voor een betere voorbereiding op eventuele uitbraken, maar kan ook een risico vormen. Dat geldt ook voor diagnostische laboratoria waar materialen van mensen of dieren onderzocht wordt op infectieziekten en voor productiefaciliteiten van bijvoorbeeld vaccins.

Bij eerdere uitbraken is gebleken dat wetenschappelijke of diagnostische laboratoria soms een bron kunnen zijn van (nieuwe) besmettingen. Zo waren in 2004 na de grote uitbraak 11 besmettingen met SARS te herleiden tot drie verschillende laboratoria in Azië. Strikt genomen spreken we hier niet van zoönosen, tenzij iemand besmet wordt door een proefdier in het laboratorium. Aangezien preventie van ernstige uitbraken wel de achterliggende gedachte is achter de opdracht voor dit rapport, wordt het thema van laboratoriumveiligheid in dit hoofdstuk beknopt uitgewerkt.

Veiligheid in Nederland en de EU

Regelgeving en handhaving op het gebied van laboratoriumveiligheid staan in Nederland op een hoog niveau. Nederlandse laboratoria volgen de richtlijnen van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) voor het werken met ziekteverwekkers. Daarnaast heeft Nederland (en de rest van de EU) vrij strikte regels voor de genetische modificatie van ziekteverwekkers. De WHO-richtlijn onderscheidt twee vormen van veiligheid: *biosafety* en *biosecurity*(217). Deze begrippen kunnen globaal worden geïnterpreteerd als het beschermen van mensen in laboratoria tegen gevaarlijke ziekteverwekkers (*biosafety*) en het beschermen van ziekteverwekkers in laboratoria tegen mensen met gevaarlijke plannen (*biosecurity*). Dat laatste punt omvat ook bioterrorisme; deze belangrijke dreiging verdient zeker aandacht van internationale en nationale overheden, maar valt verder buiten de scope van dit rapport.

Alle maatregelen op het gebied van veiligheid zijn afgestemd op de risico-klasse van de ziekteverwekkers waarmee gewerkt wordt, van klasse 1 (relatief ongevaarlijk) tot klasse 4 (zeer gevaarlijk). Deze klassen hebben betrekking op zowel het risico voor mensen als dieren. Overeenkomend met deze risicoklassen hebben laboratoria een *biosafety level* (BSL tussen 1 en 4). Nederland heeft geen BSL-4 faciliteiten en is daarvoor afhankelijk van andere landen. Wel zijn er enkele BSL-3 faciliteiten, zowel voor wetenschappelijk onderzoek als voor diagnostiek en vaccinontwikkeling.

Incidenten

De veiligheidsvoorschriften in laboratoria zijn met name gericht op de preventie van infecties. Ook als zich incidenten voordoen, leiden deze daardoor meestal niet tot een infectie. Er hebben zich in de loop der jaren diverse besmettingen in laboratoria voorgedaan, ook binnen de EU en de Verenigde Staten(218). Besmettingen in het laboratorium komen vaker voor bij het werken met micro-organismen (bacteriën, eencelligen, schimmels) dan bij virussen. Mogelijk komt dit doordat werkvoorschriften en de perceptie van risico's anders zijn bij virussen dan de andere ziekteverwekkers. Voor zover bekend hebben laboratoriuminfecties nooit geleid tot grotere uitbraken. Dit kan worden toegeschreven aan regels en maatregelen die erop gericht zijn dat als zich al een infectie voordoet, deze zich niet verder kan verspreiden. De alertheid is uiteraard het grootste bij de ernstigste ziekteverwekkers; een eventuele besmetting met zo'n ziekteverwekker wordt daardoor ook eerder opgemerkt.

Incidenten doen zich overigens vaker voor in diagnostische laboratoria dan in wetenschappelijke laboratoria, wellicht doordat grotere hoeveelheden besmette materialen gehanteerd worden. Ook in farmaceutische productiebedrijven komen grotere en kleinere incidenten voor. Berucht is het incident uit 1955 bij Cutter, de fabrikant van een van de vaccins tegen polio.

Bij de productie van dit vaccin, dat geïnactiveerd virus bevatte, was iets misgegaan bij het inactivatieproces, waardoor tienduizenden ingeënte personen besmet raakten met polio, met 10 sterfgevallen als gevolg. Het poliovirus is in Nederland tot tweemaal toe uit het laboratorium in Bilthoven ontsnapt, in 1992 en 2020. Er zijn ook incidenten bekend met dierziekten in laboratoria, zoals de uitbraak van mond-en-klauwzeer in het Verenigd Koninkrijk in 2007.

Internationaal

De WHO-richtlijnen voor biosafety en biosecurity standaarden en management zijn deel van de “core capacities under the International Health Regulation (IHR)”. Deze *core capacities* zijn streefwaarden, maar deze zijn momenteel niet bindend. Ook ontbreekt het aan een (onafhankelijke) internationale instantie die de veiligheid van laboratoria toetst. Het is ook niet exact bekend hoeveel BSL-3 en BSL-4 laboratoria er wereldwijd zijn. Goed management en organisatie, optimale transparantie en het formuleren van bindende internationale regels zijn punten van aandacht in het kader van de preventie van uitbraken en pandemieën. Deze punten waren ook een expliciet punt van zorg bij discussies over “*gain-of-function*” onderzoek aan ziekteverwekkers. Bij dergelijk onderzoek, dat van groot belang is voor de ontwikkeling van vroege preventieve interventies, vaccins en beschermingsmaatregelen, worden modificaties doorgevoerd in bestaande ziekteverwekkers. De bedoeling is om beter te begrijpen welke veranderingen leiden tot verhoogde overdraagbaarheid, virulentie of resistentie tegen medicijnen. Deze kennis kan vervolgens gebruikt worden om extra alert te zijn op specifieke varianten. Er bestaan internationaal nog geen afspraken over dergelijk onderzoek, dat overigens in goed geoutilleerde labs veilig kan worden uitgevoerd.

Laboratoriumveiligheid is dus een belangrijk thema wanneer het gaat om de preventie van infectieziekten, waaronder ziekten van dierlijke origine (zoönosen). Nu door COVID-19 het belang van preventie ook internationaal meer aandacht krijgt, is dit een goed moment om internationale afspraken te maken en een systeem in te voeren van (lieftst onafhankelijke) toetsing van BSL-3 en BSL-4 laboratoria. Daarbij moet onder andere aandacht worden besteed aan de kosten voor goede faciliteiten, met name in minder welvarende landen. Proportionaliteit is daarbij een punt van aandacht. Het kan enigszins buiten proportie lijken om bijvoorbeeld in het laboratorium vogelgriepvirussen met de grootste zorgvuldigheid te hanteren, terwijl twee straten verderop een speciale markt is waar zieke kippen tegen een lagere prijs verkocht kunnen worden aan mensen die zich geen gezonde kip kunnen veroorloven.

Aandacht voor de reële gevaren van laboratoriumincidenten en de preventie ervan moet in balans zijn met de mogelijkheid om onderzoek te doen naar ziekteverwekkers. Niets doen brengt ook risico's met zich mee. Positiever geformuleerd: dit soort onderzoek kan levens redden. Het is immers dankzij het internationale wetenschappelijke onderzoek naar (corona)virussen en vaccinatieplatforms dat binnen een jaar nadat de eerste patiënt met COVID-19 geïdentificeerd was wereldwijd al vaccinatieprogramma's konden beginnen.

V. Instrumenten/interventies/strategieën

10. One Health benadering

Er bestaat een groeiende consensus, zowel binnen Nederland als daarbuiten, dat een geïntegreerde One Health benadering bijdraagt aan het beheersen van dierziekten en zoönosen. In deze benadering wordt gestreefd naar gezonde ecosystemen, dieren en mensen, in hun onderlinge samenhang. De vertaalslag van dit inzicht naar concreet beleid, onderlinge afstemming en data-uitwisseling is in volle gang. Nederland vervult een voortrekkersrol op dit gebied. Toch zijn er ook binnen Nederland nog steeds verbeteringen mogelijk. Er is bijvoorbeeld nog niet veel aandacht voor de gezondheid van wilde dieren en van ecosystemen, terwijl deze vanuit One Health perspectief evenzeer belangrijk is als de gezondheid van mensen en gehouden dieren.

Aanbevelingen:

- **Versterk vanuit een One Health benadering de gezondheid van dieren en het milieu en de algemene gezondheidstoestand van mensen (aansluitend bij de missies in het binnen het thema Gezondheid en Zorg van het missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid).**
- Bevorder de uitwisseling van kennis, vaardigheden en informatie tussen professionals op het gebied van milieu, diergezondheid en volksgezondheid. Includeer One Health in het curriculum van toekomstige dierenartsen, artsen, verpleegkundigen, ecologen, biologen, milieukundigen en streef naar gezamenlijke opleidingsmomenten.
- Versterk en sluit aan bij internationale inspanningen op het gebied van een integrale One Health benadering van infectierisico's.
- Organiseer een langjarig ongebonden transdisciplinair onderzoeksprogramma naar infectieziekten vanuit een One Health benadering en met financiële input van de drie betrokken ministeries (LNV, VWS, I&M¹³). Geef de transdisciplinariteit inhoud door naast wetenschappelijke inzichten ook gebruik te maken van de ervaringskennis van betrokkenen zoals veehouders, jagers en lokale bewoners, zowel binnen Nederland als internationaal.

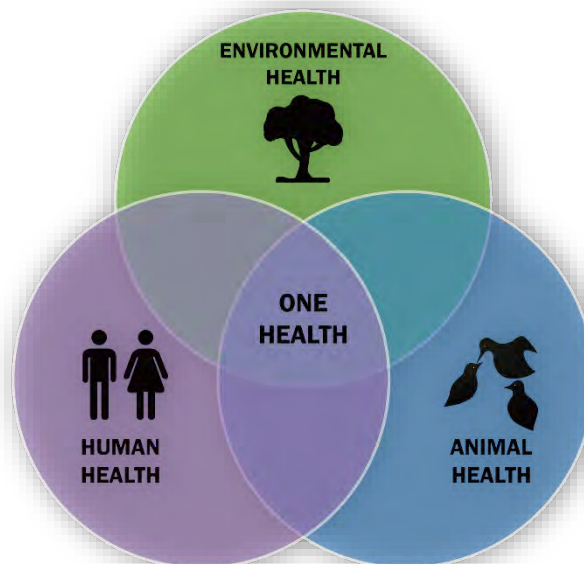
¹³ Het milieu valt in Nederland momenteel onder verscheidene ministeries. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) is verantwoordelijk voor het milieubeleid, het natuurbeleid (inclusief biodiversiteit en ecosystemen) valt onder het ministerie van LNV. Primair verantwoordelijk voor het klimaatbeleid is het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK).

10. One Health benadering

Het opkomen van zoönosen is een complex proces, zoals duidelijk wordt uit de voorafgaande hoofdstukken. Een effectieve benadering voor de preventie, vroegdetectie en eerste aanpak vraagt dan ook om samenwerking van gezondheid-gerelateerde disciplines en een samenhangend beleid vanuit een gemeenschappelijke visie. De One Health benadering, waarin integraal gekeken wordt naar milieu, dier en mens vormt hiervoor de grondslag.

Er is in de afgelopen jaren al veel geleerd op het gebied van dierziekten en zoönosen, met name ook door concrete uitbraken en hun gevolgen. De vogelgriep (hoogpathogene H7N7 aviaire influenza) in 2003 vormde de aanzet voor een meer integrale benadering en een versteviging van de samenwerking tussen diergeneeskunde en (humane) gezondheidszorg. Ook de Q-koorts uitbraak die begon in 2007 maakte duidelijk dat er nog veel winst te behalen viel. Inmiddels bestaat 10 jaar ervaring met een interdisciplinaire zoönosenstructuur. Deze wordt in dit hoofdstuk nader beschreven.

In 2016 werd het Netherlands Centre for One Health (NCOH) opgericht, een innovatienetwerk van samenwerkende kennisinstellingen dat gebaseerd is op de One Health benadering. Deze aanpak en de denkwijze die eraan ten grondslag ligt, is met name ook van groot belang bij het nadenken over vervolgstappen die de preventie en aanpak van zoönosen nog effectiever kunnen maken.



Figuur 10.1: One Health(219)

Een andere manier van denken

One Health is de interdisciplinaire samenwerking die gericht is op een betere gezondheid voor milieu, dier en mens. De One Health benadering kijkt de gezondheid van het geheel: mensen, dieren, planten en hun omgeving. De benadering wordt door steeds meer professionals en burgers omarmd: epidemiologen, artsen, dierenartsen, ecologen, natuurspecialisten en milieuactivisten. Bij de aanpak van zoönosen krijgt zij steeds meer aandacht van internationale organisaties. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), de Voedsel- en Landbouworganisatie (FAO) en de Wereldorganisatie voor diergezondheid (OIE) werken samen in de zogeheten Tripartite. Het VN Milieuprogramma (UNEP) sluit zich hier dit jaar bij aan.

In de praktijk ligt de nadruk bij One Health vaak op de samenwerking tussen veterinaire en humane gezondheidszorg. Toch is het om verschillende redenen van belang om allereerst uit te gaan van de bredere betekenis van One Health. Wat betekent gezondheid in termen van ecosystemen? Het geeft aan dat er een balans bestaat tussen soorten in een ecosysteem en dat die balans robuust is in de tijd. Iets vergelijkbaars is te zeggen over de gezondheid van een dier of mens. We zijn gezond als we in evenwicht zijn en een stootje kunnen hebben, als we met andere woorden voldoende veerkracht (*resilience*) hebben.

Preventieve actie dient zich te richten op het versterken van die veerkracht en dat evenwicht en op het signaleren van kwetsbaarheden - zowel op het niveau van ecosystemen als van individuele dieren en mensen.

One Health betekent een andere kijk dan het denken in termen van causale ketens. Of iets bijvoorbeeld een 'risicofactor' is, hangt af van het grotere geheel. In een kwetsbaar ecosysteem kan een relatief kleine verstoring leiden tot een sterke toename van een soort die reservoir is van een zoönose.

Een benadering zoals One Health is niet altijd gemakkelijk te rijmen met monodisciplinaire wetenschappen of beleid. Het kost moeite om te leren denken in termen van systemen en hun veerkracht en van samenhangende processen. Maar het is die moeite zeker waard. Zowel voor de preventie van zoönosen als voor het herkennen van kwetsbaarheden bestaat er immers geen *'one size fits all'* aanpak. De concrete invulling van bioveiligheid is anders voor een varkenshouder dan voor een houder van mestkalveren of voor een hobbyboer. De gevolgen van houtkap op de Veluwe zijn niet hetzelfde als die in het Amazonegebied. De zoönoserisico's in de Kennemerduinen zijn anders dan die op het Brabantse platteland. Telkens is een brede blik nodig op ecosysteem, vectoren, gewervelde dieren en mensen om vast te stellen wat de drijvende krachten zijn die de kans op zoönosen vergroten, wat de veerkracht van het systeem bepaalt en wat de kwetsbaarheden zijn.

De pragmatiek van de Nederlandse zoönosenstructuur

De huidige Nederlandse geïntegreerde humaan-veterinaire risicostructuur, kortweg de zoönosenstructuur, functioneert sinds 2011. Binnen deze zoönosenstructuur vindt samenwerking en communicatie plaats tussen de verschillende organisaties die zich bezighouden met veterinaire en humane gezondheid, om zoönotische uitbraken te voorkomen en eventuele uitbraken van dierziekten en zoönosen bijtijds te signaleren. Signalen kunnen uit verschillende bronnen afkomstig zijn en betreffen bijvoorbeeld infecties van mensen, landbouwhuisdieren, gezelschapsdieren, wilde dieren en vectoren. Ook de populaties van diverse soorten dieren en vectoren zijn van belang, evenals metingen in het milieu. Meer over de onderliggende surveillancestructuur komt aan de orde in hoofdstuk 12.

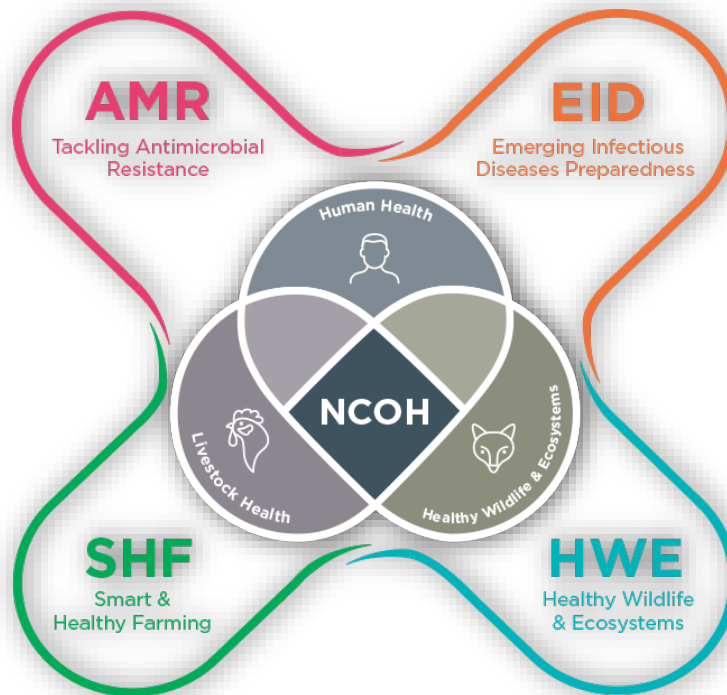
In het SO-Z (Signaleringsoverleg zoönosen) beoordelen deskundigen uit zowel de humane als de veterinaire sector op gestructureerde wijze regionale, landelijke en internationale signalen van mogelijk zoönotische aard, die afkomstig zijn uit verschillende sectoren en dierreservoirs. Het SO-Z beoordeelt of er naar aanleiding van de signalen vervolgacties noodzakelijk zijn. Vervolgacties vinden afhankelijk van de ernst van het signaal plaats in het RT-Z (Responsteam Zoönosen), het OMT-Z (Outbreak Managementteam Zoönosen) of DB-Z (Deskundigenberaad Zoönosen). In geval van door het OMT-Z geadviseerde maatregelen, beoordeelt het Bestuurlijk Afstemmingsoverleg Zoönosen (BAO-Z Bestuurlijk Afstemmingsoverleg Zoönosen) deze op bestuurlijke haalbaarheid en wenselijkheid. Deze publiek bestuurlijke partners stellen een advies op aan de bewindslieden van VWS en LNV. Hoewel de leefomgeving wel een rol zou moeten spelen binnen de One Health aanpak, is de minister van I&M nog niet betrokken (zie ook voetnoot op de eerste bladzijde van dit hoofdstuk).

In de zoönosenstructuur staat de pragmatiek voorop. Er ligt een sterke nadruk op mensen en landbouwhuisdieren en de bovengeschetste One Health benadering wordt vooral vanuit die tandem ingevuld, al zijn gelukkig ook het Dutch Wildlife Health Centre (DWHC) en het Centrum Monitoring Vectoren aangesloten. Er is nog een inhaalslag nodig voor de ecosystemen en ook de monitoring van sommige wilde diersoorten (o.a. wilde vogels) kan beter. Ook kan de samenwerking tussen professionals op het gebied van milieu en de veterinaire en humane gezondheidszorg verder worden versterkt. Dat begint al in de opleiding. In deze context verdient de nieuwe bacheloropleiding Zorg, Gezondheid & Samenleving aan de Universiteit Utrecht vermelding. Deze studierichting, die onlangs met succes gevisiteerd is, richt zich op 'studenten die nieuwsgierig zijn naar het begrijpen van de ontwikkelingen in het brede veld van de (dier)gezondheid(zorg) en de relatie tussen diergezondheid, volksgezondheid en milieu (One Health)' (220).

De zoönosenstructuur blijft wel een stimulans voor de One Health samenwerking, zowel binnen Nederland als in Europees verband. De Nederlandse risicoanalysestructuur in de zoönosenstructuur wordt internationaal actief uitgedragen, in het One Health European Joint Programme (OHEJP). Het doel van dit programma is dat er wordt gebouwd aan een consortium van veterinaire en public health kennispartners uit diverse Europese landen. Inmiddels zijn 20 EU-lidstaten aangesloten. Het RIVM en Wageningen Bioveterinary Research (WBVR) maken deel uit van het consortium en dragen bij aan de strategische onderzoeksagenda.

NCOH

Het Netherlands Centre for One Health is een innovatienetwerk van vooraanstaande academische onderzoeksinstituten in Nederland dat concrete wetenschappelijke en innovatieve invulling geeft aan het thema One Health. De doelstelling is het leggen van een gedegen kennisbasis voor een geïntegreerde aanpak van de wereldwijde risico's van infectieziekten en duurzame oplossingen voor grote maatschappelijke uitdagingen op het gebied van dier- en volksgezondheid, gezonde wilde fauna en ecosystemen. Het NCOH richt zijn onderzoek en verdere ontwikkeling van kennis op vier thema's: antibioticaresistentie, opkomende infectieziekten, slimme veehouderij en gezonde wilde dieren en ecosystemen.



Figuur 10.2 Netherlands Centre for One Health(219)

One Health European Joint Programme

Het One Health European Joint Programme (OHEJP)(221) is een netwerk van meer dan 40 gerenommeerde voedsel-, veterinaire en medische laboratoria en instituten in 22 Europese lidstaten. De belangrijkste focus van dit vijfjarige EU-programma is het versterken van de One Health samenwerking door transdisciplinaire activiteiten en integratie van onderzoek. Het uiteindelijke doel is om risicomangers te voorzien van geschikte preventie- en controlestrategieën en de beste instrumenten voor interventie maatregelen ten aanzien van zoonosen en AMR.

11. Community engagement en zoönosegeletterdheid

De preventie, tijdige detectie en aanpak van zoönotische uitbraken gaat iedereen aan. Dat betekent ten eerste dat ieder individu zou moeten beschikken over de kennis en vaardigheden om binnen diens omgeving hieraan bij te dragen. Naar analogie van het begrip 'health literacy' wordt hiervoor de term 'zoönosegeletterdheid' geïntroduceerd. Ten tweede is het van belang dat, liefst in de 'anticipatiefase' voordat zich een uitbraak of pandemie voordoet, verschillende groepen mensen betrokken worden bij de (professionele) inspanningen op het gebied van paraatheid, preventie en respons. Op een inclusieve manier kan dan gebouwd worden aan *community engagement*, waardoor de voorkeuren en belangen van verschillende groepen worden meegenomen in het beleid. Bij een eventuele crisis zijn er dan ook communicatiestructuren ontstaan, gebaseerd op onderling vertrouwen, die het eenvoudiger maken om gecoördineerd te reageren. Er is betrokkenheid van groepen die kwetsbaar zijn vanwege hun beroep, medische, sociaaleconomische en/of culturele achtergrond, zodat hun belangen niet ondersneeuwen in de hectiek van het moment. *Community engagement* is een belangrijke basis voor communicatie, zowel in de anticipatiefase als in crisistijd en daarna.

Aanbevelingen

- **Ontwikkel doelgroepgerichte en wetenschappelijk onderbouwde zoönosegeletterdheid, met inachtneming van de juiste balans tussen zoönoserisico en intensiteit van de voorlichting. Voer hiertoe eerst een verkenning uit van de verschillende relevante doelgroepen (bijvoorbeeld veehouders, eigenaren van gezelschapsdieren, internationale reizigers, specifieke beroepsgroepen, etc.).**
- Ontwikkel programma's voor een dialoog met diverse *communities* (waaronder ook professionals, bedrijven en overheden) en de samenleving als geheel op het gebied van dierenwelzijn, zoönosen en zoönosegeletterdheid vanuit een One Health benadering.
- Besteed daarbij speciaal aandacht aan groepen die een verhoogd risico lopen op blootstelling (bijvoorbeeld vanwege werk of hobby), mensen met medische risicofactoren en mensen die door sociaaleconomische, culturele of andere factoren een lagere 'health literacy' hebben.
- Geef kinderen de gelegenheid om meer te leren over dieren en hun verzorging, met aandacht voor infectieziekten en gezondheid.
- Luister naar de behoeften van diverse groepen en zorg ervoor dat deze vertaald worden in herkenbare acties en duidelijke communicatiestructuren, die kunnen worden ingezet zodra zich een uitbraak of grotere crisis voordoet.
- Evalueer na elk probleem (van incidenten tot grote uitbraken of zelfs een pandemie) hoe de aanpak gefunctioneerd heeft en wat er kan verbeteren.

11. Community engagement en zoönosegeletterdheid

In dit hoofdstuk wordt expliciet gemaakt wat in de volgende hoofdstukken meestal impliciet blijft, namelijk het feit dat iedereen betrokken zou moeten zijn bij optimale preventie, vroegdetectie en respons op een uitbraak. Diverse studies hebben laten zien dat een 'whole community' benadering de sleutel is tot betere voorbereiding op uitbraken en andere calamiteiten. In deze context willen we ook een nieuw begrip introduceren, namelijk 'zoönosegeletterdheid': een besef van zoönoserisico's en weten wat helpt om zoönosen te voorkomen, te signaleren en aan te pakken.

Bij het nadenken over preventie, vroegdetectie en uitbraakmanagement ligt de nadruk vaak op de rol van de diverse overheden en de professionals in gezondheidszorg en veterinaire zorg. Met name in crisistijd lijkt het logisch dat hier het beleid gemaakt wordt en dat de rest van het land daarin volgend is. De maatschappelijke spanningen tijdens de COVID-19 pandemie in Nederland en andere landen laten zien dat een dergelijke benadering zijn beperkingen heeft. Zo'n top-down benadering gaat bovendien voorbij aan de kennis en ervaring, de wensen en prioriteiten van heel veel mensen. Positiever gezegd: er kan nog veel gewonnen worden door *communities* actief te betrekken bij de maatschappelijke voorbereidingen op een zoönotische uitbraak.

Zoönosegeletterdheid

Goed omgaan met zoönoserisico's vraagt om een combinatie van kennis, vaardigheden, alertheid en de bereidheid om actie te ondernemen wanneer dat nodig is. Voor dit geheel willen we in dit rapport de nieuwe term 'zoönosegeletterdheid' invoeren, naar analogie van het begrip 'health literacy' (222). Deze uitdrukking verwijst allereerst naar het probleem dat geletterdheid (*literacy*), het vermogen om geschreven taal te begrijpen, direct van invloed is op gezondheid. Wie brochures, bijsluiters en de opschriften op verpakkingen in de supermarkt niet kan lezen, zal vaker ongezonde keuzes maken. In het verlengde daarvan betekent 'health literacy' het geheel van kennis en vaardigheden dat nodig is om gezond te blijven en om te gaan met gezondheidsproblemen.

Zoönosegeletterdheid houdt in dat mensen zich realiseren dat zoönosen een risico vormen voor de gezondheid van henzelf en hun dierbaren en zich vanuit dat besef informeren over de risicofactoren en hun aandeel daarin. Afhankelijk van hun omgang met dieren betekent zoönosegeletterdheid daarnaast dat mensen zich bewust zijn van de specifieke risico's die passen bij de dieren waarmee zij in contact zijn. Iemand die zonder huisdieren in de stad woont heeft niet dezelfde zoönosegeletterdheid nodig als een dierenarts, een veehouder of een liefhebber van exotische vogels. Voorwaarde voor deze zoönosegeletterdheid is uiteraard wel dat de relevante kennis beschikbaar is. Er zijn nog veel onbekende ziekteverwekkers bij (wilde) dieren en ook over de complexe interactie tussen vectoren, diverse dieren en mensen is nog lang niet alles bekend. Ook moet de informatievoorziening in balans zijn met het reële risico, anders heeft zij een averechts effect.

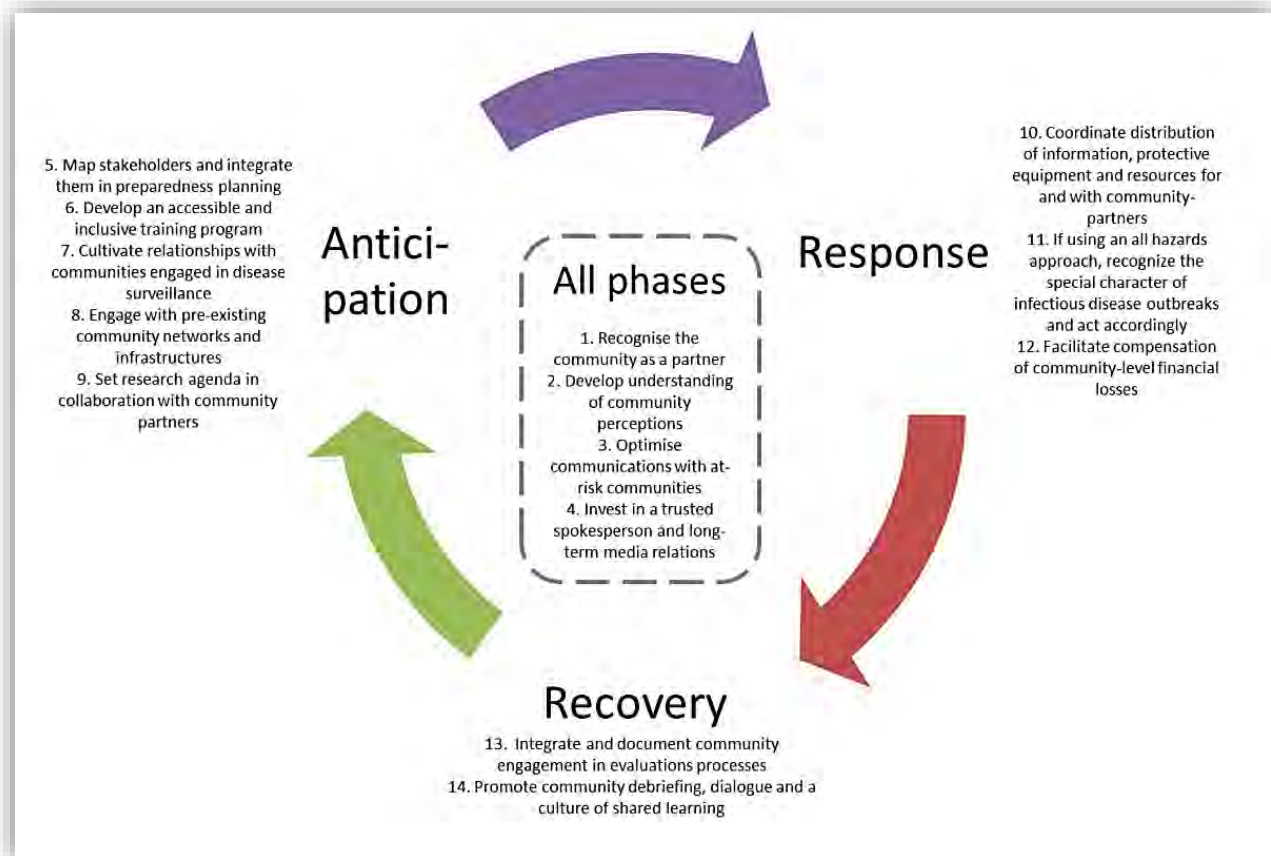
Het begrip zoönosegeletterdheid helpt om iets te benoemen dat op het moment nog bij velen van ons ontbreekt. Het vraagt ook om een discussie met diverse *communities* over de relevantie van verschillende risicofactoren en de beste manier om deze aan te pakken. De analyse in dit rapport is gebaseerd op de inzichten van de wetenschappelijke *community*. Waar mogelijk is hier benoemd welke verbanden stevig onderbouwd kunnen worden en waar nog wetenschappelijke twijfel bestaat. Een volgende stap zou zijn om met andere *communities* in dialoog te gaan en daarbij hun (ervarings)kennis, hun kennisbehoeften en hun belangen en bezorgdheid mee te nemen. De (moeilijk vertaalbare) term *communities* dient daarbij breed geïnterpreteerd te worden, van groepen professionals en kwetsbare groepen in de samenleving tot bedrijven, overheden en maatschappelijke organisaties. Zo kan gezamenlijk invulling worden gegeven aan een inclusieve vorm van zoönosegeletterdheid, waardoor we gezamenlijk beter kunnen omgaan met de dreigingen die in dit rapport benoemd worden.

Concreet kan zoönosegeletterdheid bijvoorbeeld betekenen dat burgers (dierenliefhebbers) niet kiezen voor het houden van uit het wild gevangen exotische dieren, dat de professional (dierenarts) het houden van wild gevangen exotische dieren dringend ontraadt, bedrijven (dierenwinkels) ze niet verkopen en de overheid op dit gebied regels opstelt en deze handhaaft.

Inclusieve benadering

Het ECDC, het Europese centrum voor ziektepreventie en -bestrijding publiceerde in februari 2020 het rapport 'Community engagement for public health events caused by communicable disease threats in the

EU/EEA'(223). Daarin wordt beschreven hoe *community engagement* kan bijdragen aan een betere voorbereiding op een gezondheids crisis zoals een uitbraak van een zoonose. Het rapport is samengevat in 14 aandachtspunten, die betrekking hebben op verschillende fasen in de 'cyclus van paraatheid'. Deze cyclus bestaat uit een fase van anticipatie, waarin wel een dreiging bestaat maar nog geen uitbraak aanwezig is, een fase van respons op een uitbraak en een herstelfase. Een van de praktijkvoorbeelden die in dat rapport verwerkt zijn, is de aanpak van tick borne encephalitis en de ziekte van Lyme in Nederland, twee aandoeningen die worden overgebracht door teken.



Figuur 11.1: The guidance according to the preparedness circle(223)

De keuze voor een *community engagement* benadering begint met de erkenning dat alle betrokkenen, niet alleen specifieke groepen zoals professionals of overheden, relevante gesprekspartners zijn. Men spreekt ook wel van een 'whole community' benadering, om aan te geven dat die *community* niet altijd een scherp af te bakenen groep mensen is. De 'whole community' benadering is een proces waarbij de hele groep belanghebbenden, waaronder bewoners, gezaghebbende individuen binnen de gemeenschap van burgers, professionals, bedrijfsleven, overheidsmedewerkers op het gebied van rampen en openbare gezondheidszorg en anderen gezamenlijk kunnen begrijpen waar de gemeenschap behoefte aan heeft en hoe we ons gezamenlijk kunnen voorbereiden op noodsituaties.

Essentieel is een inclusieve houding, waarin plaats is voor alle specifieke groepen en instituties die binnen een gemeenschap relevant zijn, waaronder kerken en moskeeën, verenigingen en wijkorganisaties en belangengroepen. Speciale aandacht dient daarbij uit te gaan naar groepen die te maken hebben met een stapeling van risicofactoren, zoals bijvoorbeeld armoede, uitsluiting, laaggeletterdheid, overgewicht, chronische ziekten, mentale en sociale problemen. Helaas zijn het juist de mensen die het grootste risico lopen die vaak door wantrouwen en andere oorzaken niet bereikt worden. Dat vraagt om extra inspanningen van zorgverleners en preventiewerkers en wellicht om de inzet van mensen in een omgeving die wel voldoende vertrouwen genieten.

Veertien aandachtspunten voor een *community* benadering van openbare gezondheidszorg

De volgende 14 punten zijn (met enkele kleine modificaties in de vertaling) ontleend aan het ECDC rapport 'Community engagement for public health events caused by communicable disease threats in the EU/EEA'. Ze zijn gebaseerd op diverse projecten in verschillende Europese landen.

- ***Gedurende alle drie de fases van de paraatheidscyclus:***
 1. Erken de gemeenschap van alle betrokkenen als partner
 2. Ontwikkel inzicht in en begrip van de verschillende percepties in die gemeenschap
 3. Optimaliseer de communicatie met groepen die een verhoogd risico lopen
 4. Zorg dat er een woordvoerder is die het vertrouwen heeft van iedereen en werk aan goede langetermijn contacten met de media.
- ***Anticipatiefase***
 5. Definieer wie de belangrijkste betrokkenen zijn en integreer hun inbreng in activiteiten rond preventie, signalering en voorbereidingen op uitbraakmanagement
 6. Zorg dat alle voorbereidingen transparant, toegankelijk en inclusief zijn en ontwikkel zo nodig trainingsprogramma's voor diverse betrokkenen.
 7. Ontwikkel een goede werkrelatie met die groepen belanghebbenden die betrokken zijn bij signalering en surveillance
 8. Werk met bestaande netwerken en infrastructuren binnen de gemeenschappen
 9. Ontwikkel een kennis- en onderzoeksagenda in nauwe samenspraak met alle betrokkenen
- ***Responsfase***
 10. Zorg samen met de community voor een goede coördinatie bij het delen van informatie en de distributie van PPE-materialen en andere belangrijke hulpbronnen.
 11. Wanneer de community engagement deel uitmaakt van een bredere voorbereiding op eventuele calamiteiten, houd dan rekening met het bijzondere karakter van infectieuze/zoönotische uitbraken en stem de respons hierop af.
 12. Faciliteer het vinden van oplossingen voor financiële problemen in de gemeenschap die het gevolg zijn van de uitbraak.
- ***Herstelfase***
 13. Integreer en documenteer de *community engagement* in het evaluatieproces
 14. Bevorder een proces van *community debriefing* en dialoog en ontwikkel manieren om gezamenlijk te leren van de doorgemaakte crisis.

Anticipatie, respons, herstel

Het opbouwen van *community engagement* kost tijd. Het is dus het beste om ermee te beginnen in een fase van relatieve rust, de anticipatiefase. Er kan dan een vertrouwensbasis worden opgebouwd waarbinnen afspraken worden gemaakt over informatie-uitwisseling en contactpersonen, een (gezamenlijke) onderzoeksagenda en wat daarin van verschillende actoren verwacht wordt, et cetera. Al tijdens de anticipatiefase kan in het algemeen worden vastgesteld welke groepen op welke manier kwetsbaar zijn bij een eventuele zoönotische uitbraak (al blijft dit uiteindelijk ook afhankelijk van de kenmerken van de ziekteverwekker). Voor de een betreft dit wellicht economische schade, de ander heeft een kwetsbare gezondheid en nog weer anderen kunnen te lijden hebben onder de psychosociale gevolgen van eventuele maatregelen.

In de anticipatiefase werkt de gemeenschap aan preventie, aan alertheid en het voorbereiden van een respons op een eventuele uitbraak. Doordat dit gezamenlijk gebeurt, komen de belangen van uiteenlopende individuen tot hun recht. Zoönosegeletterdheid wordt bevorderd bij alle betrokkenen, waarbij bijvoorbeeld professionals en overheden ook nieuwe dingen kunnen leren over de impact van zoönosen op verschillende groepen binnen de gemeenschap.

Mocht zich dan onverhoopt toch een zoönotische uitbraak voordoen, dan is er ten opzichte van de huidige situatie veel gewonnen. Er is een signaleringsstructuur waarbij burgers een actieve rol hebben in het

herkennen en doorgeven van signalen. De tekenradar van het RIVM en de Leidse COVID-radar app zijn voorbeelden hoe zo'n *citizen science* aanpak (zie ook hierna) kan werken. Er is bovendien een vertrouwensbasis waardoor ook in tijden van crisis snel geschakeld kan worden en alle betrokkenen weten wat er van hen verwacht wordt. Er is ook al een regeling voor praktische zaken, zoals de opslag en distributie van beschermende materialen (mondmaskers en andere *personal protective equipment*, PPE). En er bestaan communicatiestructuren waarbinnen mensen zorgen kunnen uitspreken en weten dat zij gehoord worden.

Hoewel de respons- en herstelfase grotendeels buiten de scope van dit rapport vallen, moge duidelijk zijn dat ook in die fases van de paraatheidscyclus betrokkenheid van de bredere *community* bijdraagt aan het draagvlak, aan de kwaliteit van besluitvorming en aan een eerlijker omgang met de schade die door een uitbraak veroorzaakt wordt.

Crisiscommunicatie

Community engagement legt een belangrijke basis voor communicatie wanneer zich een crisis voordoet. Zoals ook tijdens de COVID pandemie gebleken is, is communicatie een essentieel onderdeel van uitbraakmanagement. Gegeven de onzekerheden die inherent zijn aan zo'n crisissituatie, is het goed om zeer zorgvuldig te communiceren en daarbij transparant te zijn over de mate van onzekerheid. Voorbereiding in de anticipatie van kan er toe bijdragen dat duidelijker is wat er leeft bij verschillende groepen in de bevolking, zodat in de communicatie daarop kan worden aangesloten. Ook tijdens de crisis blijft het belangrijk om goed te luisteren naar de contactpersonen in de diverse *communities* en de vinger aan de pols te houden in het geheel van de samenleving, bijvoorbeeld door het monitoren van sociale media.

Bij een langer durende crisis gaan andere mechanismen een rol spelen, zoals de diverse wetenschappelijke en onwetenschappelijke debatten die het vertrouwen in maatregelen kunnen ondermijnen. Dan is het belangrijk om een beroep te kunnen doen op onderliggende waarden zoals het beschermen van kwetsbare individuen en het toegankelijk houden van de zorg. Ook is het van belang om (zo mogelijk) een perspectief te bieden waar naar toegewerkt wordt, zoals het bereiken van voldoende vaccinatiegraad. Hoewel deze voorbeelden een latere fase van een uitbraak betreffen dan hetgeen in dit rapport centraal staat, laten zij zien dat communicatie tijdens een uitbraak rekening moet houden met de dynamiek in de samenleving. Juist omdat 'de samenleving' bestaat uit zoveel verschillende individuen en groepen, is het van belang om al in de anticipatiefase na te denken over optimale crisiscommunicatie. *Community engagement*, met name ook met kwetsbare groepen, dient te voorkomen dat een uitbraak tot zeer ongewenste uitkomsten leidt.

Citizen Science

Door het betrekken van de *community* in brede zin bij de zoönosepreventie en bij de signalering van en respons op een uitbraak verandert de relatie tussen wetenschap en samenleving. *Community engagement* sluit aan bij een ontwikkeling die in de wetenschap al gaande is, namelijk de opkomst van Open Science en met name van *citizen science*(224). Deze algemene term verwijst naar diverse vormen waarin burgers zonder specifieke wetenschappelijke achtergrond wetenschappelijk actief zijn. Bij laagdrempelige vormen gaat het bijvoorbeeld om projecten waarin wetenschappers gebruik maken van de rekenkracht van computers van geïnteresseerde burgers om grote datasets door te rekenen. Deelnemers downloaden een programmaatje en hun computer werkt op de achtergrond aan het wetenschappelijke probleem. Er zijn echter ook vormen van *citizen science* waarbij burgers actief betrokken zijn bij probleemdefinitie en agendastelling, uitvoering en interpretatie van wetenschappelijke projecten.

Vanuit het oogpunt van *community engagement* is vooral van belang dat de ervaringskennis en de belangen van niet-professionals een plaats krijgen in het proces van kennisverzameling en - interpretatie. Een publicatie(225) van enkele Nederlandse experts op het gebied van openbare gezondheidszorg laat zien welke kansen dit biedt in de context van preventie en paraatheid. De auteurs stellen vast dat *citizen science* in de publieke gezondheidszorg voorlopig nog in de kinderschoenen staat. Ze noemen voorbeelden van onderzoek die passen in het klassieke model van actieonderzoek, waarbij de nadruk meer ligt op het sociale veranderingsproces dan op het verzamelen van 'objectieve' data. Zij signaleren ook mogelijke risico's, juist ook op het terrein van zoönosepreventie, wanneer er een spanningsveld bestaat tussen wetenschappelijke conclusies, bijvoorbeeld dat een reductie van de veestapel gewenst zou zijn, en de belangen van specifieke groepen, bijvoorbeeld veehouders. Het bewaken van de wetenschappelijke integriteit is dus een punt van aandacht.

Ook de vertegenwoordiging van verschillende groepen (vrouwen zijn bijvoorbeeld vaak oververtegenwoordigd in epidemiologische *citizen science* projecten) en het spanningsveld tussen het wetenschappelijke referentiekader en dat van *citizen scientists* verdienen aandacht. Hun conclusie luidt dat *citizen science* toegepast als een inclusieve benadering, het potentieel heeft om de deelname van burgers aan beleidsprocessen op het gebied van de volksgezondheid te stimuleren door de gezondheidsgeletterdheid, de zelfredzaamheid en de cohesie binnen de gemeenschap te vergroten, nieuwe attitudes en waarden te creëren, en een sterker gevoel van samenhang tot stand te brengen. Deze aanpak biedt dus kansen bij de (preventieve) aanpak van zoonosen en het bevorderen van zoonosegeletterdheid.

12. Preventie

De preventie van zoönosen vraagt om inspanningen op verschillende niveaus, van de directe interactie tussen dierlijke gastheren, mensen en eventuele vectoren tot mondiale consumptiepatronen. Vaccinatie van mens en dier, maatregelen op het gebied van hygiëne en bedrijfsveiligheid in de veehouderij en het beperken van contact met vectoren zijn voorbeelden van interventies die zich richten op de besmetting zelf. Grote ontwikkelingen betreffen bijvoorbeeld veranderingen in Nederlandse veehouderij (van kleinschalige gemengde bedrijven naar grootschalige veeteelt naar nieuwe alternatieven zoals circulaire landbouw), in landgebruik (ontbossing, verstedelijking, maar ook herstel van natuurgebieden, inrichten van overstromgebieden) en in internationale veehouderij, handelen en consumptiepatronen.

Bij maatregelen die gericht zijn op de directe interactie tussen mens, dier en eventuele vector staat de zoönosepreventie voorop en moet vooral gekeken worden naar ongewenste neveneffecten. Bij de genoemde grotere ontwikkelingen zijn vaak andere doelen zoals klimaatdoelen leidend, maar zou meer aandacht moeten komen voor zoönoserisico's. In het algemeen geldt dat een gezonde bevolking beter in staat is om een uitbraak van een (zoönotische) infectie te weerstaan. Aandacht voor groepen met een zwakke gezondheid en/of verhoogde kwetsbaarheid, ook sociaaleconomisch, is daarbij essentieel.

Aanbevelingen:

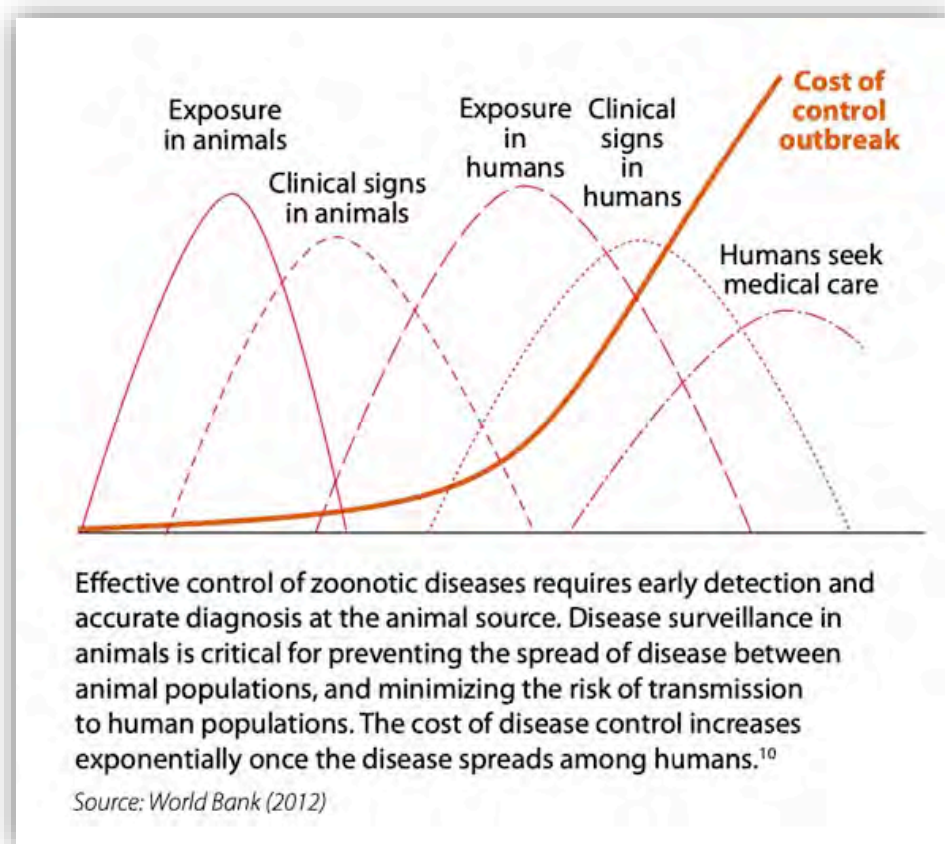
(NB: zeer veel aanbevelingen door het hele rapport heen hebben betrekking op preventieve maatregelen.)

- Investeer in goede preventie en openbare gezondheidszorg; de algemene gezondheid van mensen is medebepalend voor de gezondheidsrisico's die ze lopen bij een eventuele besmetting.
- **Stimuleer het beschikbaar komen en de internationale acceptatie van effectieve vaccins in de veehouderij voor zoönotische ziekteverwekkers en vaccineer bij voorkeur met DIVA-vaccins ('Differentiating Infected from Vaccinated Animals'), naast voortgaande investeringen in screening en bioveiligheid.**
- **Bied het jaarlijkse influenzavaccin aan voor alle veehouders en anderen die regelmatig in contact komen met pluimvee, wilde vogels of varkens. Betrek al deze betrokkenen en geef heldere voorlichting over het risico dat mensen en dieren elkaar besmetten met influenzavirussen en dat verschillende influenzavirussen in de mens of in het dier genen kunnen uitwisselen en zo een gevaarlijke nieuwe variant vormen.**

12. Preventie

Het voorkómen van een zoönose is uiteraard beter dan (opnieuw) een zoönotische pandemie het hoofd te moeten bieden. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de kans op een zoönotische uitbraak verkleind kan worden, binnen Nederland en wereldwijd. Dit biedt in samenhang met een systeem van vroege detectie en effectief uitbraakmanagement de beste garantie dat de schade aan mens, dier, milieu en economie bij een volgende zoönotische uitbraak beperkt blijft.

Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven is, moet een effectieve preventieve aanpak van zoönotische infecties gebaseerd zijn op een integrale One Health benadering. Per land, per regio en per situatie moet bekeken worden waar de kwetsbaarheden zitten in het ecosysteem, de wisselwerkingen tussen verschillende dieren en diverse mensen en hoe deze kwetsbaarheden het beste benaderd kunnen worden. Een dergelijke transdisciplinaire en systeemgerichte benadering is echter niet altijd en zeker niet overal snel te realiseren. Op sommige terreinen blijft het voorlopig een ideaal waar naartoe gewerkt moet worden. Naast dit vergezicht zullen in dit hoofdstuk daarom ook aanknopingspunten voor beleid op de kortere termijn worden geboden.

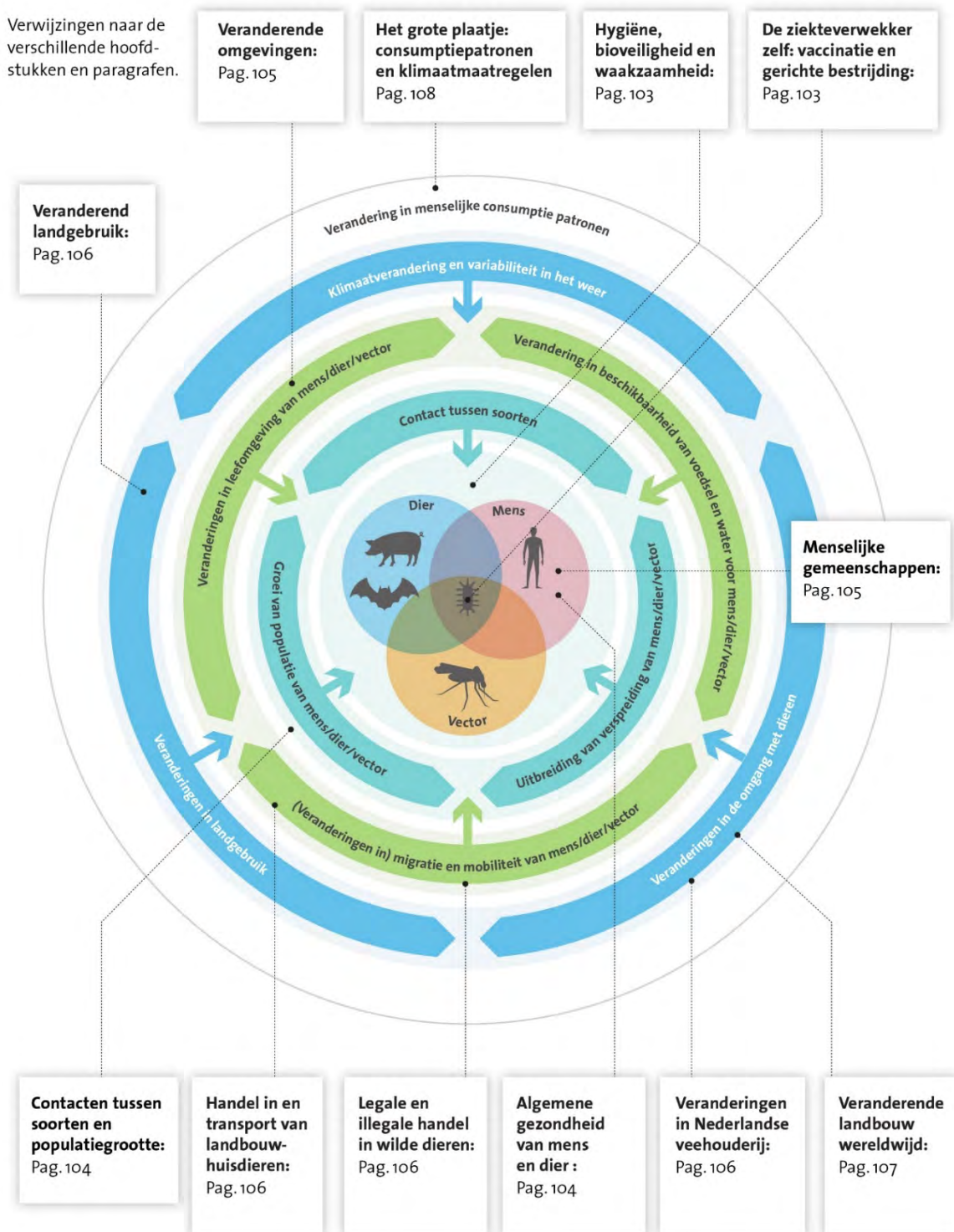


Figuur 12.1: Alleen al uit het oogpunt van kosten is zoönosepreventie noodzakelijk. Wanneer een ziekte eenmaal het stadium bereikt waarin mensen elkaar kunnen besmetten, nemen de kosten exponentieel toe.

Leeswijzer en figuren

De voorgestelde preventie maatregelen zijn in dit hoofdstuk gerangschikt volgens de onderliggende factoren die aanleiding geven tot het ontstaan en vervolgens de amplificatie van zoönotische uitbraken, zoals aangegeven in het schema van Gortazar en anderen(10), met aanpassingen; zie figuur 11.1). Centraal in dit schema staat de interactie tussen mens, dier en eventuele vector die aanleiding geeft tot een zoönotische uitbraak. Direct daaromheen staan de factoren en processen die rechtstreeks van invloed zijn op deze interactie, met daar weer omheen in concentrische ringen factoren en processen die op meer afstand medebepalend en sturend zijn. Dit hoofdstuk beschrijft de mogelijkheden voor preventie in deze figuur 'van binnen naar buiten', dus van meer nabije (proximale) naar meer afgelegen (distale) processen: van de interacties tussen mens, dier (/vector) en ziekteverwekker naar het grote geheel, zoals klimaatdoelen of het belang van veranderende consumptiepatronen.

In figuur 12.2 wordt ingezoomd op de proximale processen: de directe interactie tussen mens en dier (/vector). Getoond wordt hoe een ziekteverwekker aan mensen kan worden overgedragen: van wild dier naar mens; van wild dier naar gehouden dier naar mens; en van gehouden dier naar mens. Deze overdrachten kunnen direct of indirect plaatshebben, of met tussenkomst van een vector. Vaak gaat een amplificatiefase in wild dier en/of gehouden dier vooraf aan de overdracht. Beide figuren zijn ook al in deel II van dit rapport aan de orde geweest.



Aangepast naar Gortazar et al. (2014)

Figuur 12.2 Onderliggende factoren voor het ontstaan van zoönotische uitbraken met een verwijzing naar de pagina waar deze factoren verder worden toegelicht

Hygiëne, bioveiligheid en waakzaamheid

Veel van de huidige maatregelen op het gebied van zoönosepreventie zijn primair gericht op de binnenste cirkel: het voorkómen van besmettingen in het rechtstreekse en indirecte contact tussen mensen en dieren/vectoren. Dat gebeurt bijvoorbeeld door contact met potentieel besmette dieren (vleermuizen) en vectoren (teken) of hun producten te vermijden of teken na een beet zo snel mogelijk te verwijderen. In de veehouderij functioneren diverse maatregelen op het gebied van bioveiligheid en regels die besmetting van dieren en verspreiding binnen het bedrijf of tussen bedrijven tegen moeten gaan (zie ook hoofdstuk 1 en 5). Veehouders, transporteurs en andere betrokkenen nemen maatregelen om insleep en verspreiding van ziekteverwekkers te voorkomen (o.a. Graham(226)). De bioveiligheidsmaatregelen verschillen echter sterk van bedrijf tot bedrijf, een jaarlijkse onafhankelijke bioveiligheidscheck zou het geheel naar een hoger plan kunnen brengen. Locaties met hobbymatig gehouden dieren hebben vaak niet of nauwelijks aandacht voor bioveiligheid.

Hoe belangrijk bioveiligheid in de veehouderij is, bleek tijdens de uitbraak met het hoogpathogene H5N1 vogelinfluenzavirus in Egypte in 2014 en 2015(227,228), wereldwijd de grootste H5N1 uitbraak bij mensen tot dusver. Vanwege de slechte economische omstandigheden na de Arabische lente hadden veel Egyptenaren zich toegelegd op de (kleinschalige) kippenhouderij. Toen het virus zich snel verspreidde via markten met levende dieren, werden 165 mensen besmet, waaronder veel vrouwen en kinderen die nauw contact hadden met de kippen in de achtertuin. Alle gemelde besmettingen vonden plaats in zulke kleinschalige pluimveehouderijen; in grote veehouderijen deden zich geen besmettingen voor.

In Nederland vindt monitoring plaats van (potentieel zoönotische) infecties binnen de veehouderij, en ook ten aanzien van wilde dieren en potentiële vectoren (zie ook hoofdstuk 12). Er is hier met andere woorden sprake van een zekere mate van waakzaamheid. De meeste maatregelen zijn algemeen, dus niet specifiek gebonden aan een bepaalde ziekteverwekker. Daarnaast bestaat aandacht voor een aantal specifieke dierziekten met een grote impact op de veehouderij of met zoönotisch potentieel.

Een van oorsprong zoönotische ziekteverwekker kan zich op een gegeven moment zo aanpassen dat overdracht van mens op mens plaatsvindt. Een uitbraak bij mensen kan dan tot een pandemie leiden. Ook hier geldt dat algemene hygiëne een belangrijke eerste bescherming vormt. Wanneer eenmaal sprake is van een uitbraak, zijn gerichtere maatregelen nodig (zie ook hoofdstuk 13). Monitoring en surveillance zijn uiteraard ook gericht op besmettingen bij mensen. Meer hierover in hoofdstuk 12.

De ziekteverwekker zelf: vaccinatie en gerichte bestrijding

Naast maatregelen op het gebied van bioveiligheid en hygiëne zijn er specifieke maatregelen gericht op een bepaalde ziekteverwekker of groep ziekteverwekkers. Een duidelijk voorbeeld hiervan is vaccinatie van mensen, landbouwhuisdieren of gezelschapsdieren. Potentieel biedt vaccinatie veel mogelijkheden voor het beheersen of zelfs elimineren van specifieke (zoönotische) infectieziekten. Toch gebeurt dit nog relatief weinig. Bestaande vaccins zijn niet altijd effectief genoeg om een ziekteverwekker te stoppen. Onzekerheid hierover is een reden waarom kippen en ander pluimvee (nog) niet worden ingeënt tegen vogelgriep. Als de vaccins niet effectief genoeg zijn, bestaat de kans op sluimerende infecties en kans op selectie van nieuwe varianten(229). Ook over de effectiviteit van veelgebruikte vaccins tegen varkensgriep is nog onvoldoende bekend, zodat wetenschappelijk onderzoek naar mogelijkheden voor verbetering van deze vaccins gewenst is.

Er zijn echter ook uiteenlopende economische, praktische en culturele overwegingen die een rol spelen bij vaccinatie. Vaccinatie kan de handel (export) belemmeren, wanneer dierlijke producten van gevaccineerde dieren niet te onderscheiden zijn van dieren die een natuurlijke besmetting hebben doorgemaakt. Om dit probleem te ondervangen zijn zogeheten marker- of DIVA (Differentiation of Infected from Vaccinated Animals) vaccins ontwikkeld, waarmee dit onderscheid wel te maken is. Op bedrijfsniveau wordt de afweging gemaakt tussen de kosten van vaccinatie en de voordelen ervan. Op puur economische gronden valt deze afweging meestal ongunstig uit voor vaccinatie. Om het vaccineren van varkens tegen bijvoorbeeld influenza te stimuleren, dienen internationale afspraken (bijvoorbeeld in EU- of OIE-verband) gemaakt te worden.

Een influenzavaccinatie voor mensen die veel in contact komen met dieren die mogelijk influenza dragen, zoals varkenshouders en pluimveehouders, kan ook bijdragen aan het tegengaan van zoönotische overdracht van dit virus, dat in beginsel altijd pandemische potentie heeft (zie ook de kaderteksten in hoofdstuk 5 op pagina 50). Het verdient dus aanbeveling om boeren en hun huisartsen te informeren en stimuleren, zodat veehouders, hun gezinnen en medewerkers zich vaker laten vaccineren tegen influenza. Dierenartsen, onderzoekers op het

gebied van infectieziekten bij dieren en andere hoogopgeleide professionals die veel met dieren werken laten zich vaak al vaccineren tegen (humane) influenza. Zo'n inenting voorkomt dat er gelijktijdige besmetting plaatsvindt met de seizoengriep (humane influenza) en een dierlijke variant, waaruit door de uitwisseling van genen (*reassortment*) gevaarlijke nieuwe varianten kunnen ontstaan. Ook helpt inenting van mensen voorkomen dat varkens besmet raken met nieuwe humane varianten van het influenzavirus.

Naast vaccinaties zijn er ook andere manieren om preventieve maatregelen specifiek te richten op een bepaalde ziekteverwekker zoals het opsporen en verwijderen van besmette dieren. Monitoring is daarbij een belangrijke eerste stap. Het succesvol elimineren van infecties zoals tuberculose en brucella-abortus uit de rundveestapel laat zien dat zo'n gerichte aanpak kan werken. Meer over het belang van monitoring van infecties in verschillende dierpopulaties in hoofdstuk 12.

Op het gebied van ziekteverwekkers in wilde dieren is nog zeer veel onbekend. Geschat wordt dat er nog vele tienduizenden onbekende virussen en andere ziekteverwekkers voorkomen bij in het wild levende dieren, waaronder potentiële zoönosen. Er is onderzoek nodig om meer te weten te komen over de microbiële diversiteit in wilde dieren. Per land zouden de belangrijkste opkomende infecties bij mens en dier in kaart gebracht moeten worden, waarbij ook duidelijk aangegeven wordt waar zich de belangrijkste hotspots bevinden.

Evolutie van ziekteverwekkers in wisselwerking met hun gastheer of gastheren, hun microbioom en omgevingsfactoren, is een ander thema dat nadere aandacht verdient. Hoe verwerft een ziekteverwekker de eigenschappen waardoor deze ziekteverschijnselen kan veroorzaken bij de mens, besmettelijk wordt voor de mens of tussen mensen overgedragen kan worden? Deze vraag kan nog maar zeer ten dele en voor een beperkt aantal ziekteverwekkers beantwoord worden. Overigens is het wetenschappelijk onderzoek naar dit soort kwesties op zich niet zonder risico. De veiligheid in laboratoria is dan ook een belangrijk punt van aandacht (zie ook hoofdstuk 9).

Onderzoek zou zich ook moeten richten op potentiële bedreigingen in de toekomst. Veranderende praktijken, zoals de toename van viskwekerij en insectenkweek, kunnen theoretisch leiden tot de opkomst van nieuwe zoönosen en groei van vectorenpopulaties. Dat vraagt niet alleen om zorgvuldige monitoring, maar ook om het doordenken van mogelijke risico's door deskundigen met voldoende kennis van de onderliggende biologische mechanismen.

Algemene gezondheid van mens en dier

De gevolgen van zoönosen en andere infectieziekten voor mens en dier worden mede bepaald door de algehele gezondheidstoestand van het individu en de groep. Zo bleek tijdens de COVID-19 pandemie dat mensen met overgewicht en andere gezondheidsproblemen een verhoogd risico liepen op een ernstig beloop van de infectie. Het is ook bekend dat (chronische) stress zowel bij dieren als bij mensen de vatbaarheid voor infecties vergroot. Aandacht voor dierenwelzijn en de algehele gezondheid van dieren is dan ook een belangrijk element in elke strategie om zoönosen te voorkomen.

Op het terrein van de volksgezondheid zou geïnvesteerd moeten worden in het versterken van gerichte preventie. In de afgelopen decennia zijn in Nederland de curatieve zorg en de langdurige zorg sterk gegroeid, terwijl investeringen in publieke gezondheid zijn achtergebleven of zelfs achteruit zijn gegaan. Dat heeft bijgedragen aan de kwetsbaarheid van Nederland voor infecties.

De gezondheid van mensen wordt overigens in belangrijke mate bepaald door hun sociaaleconomische status. Door betere toegang tot preventie en zorg en gerichte communicatie met kwetsbare groepen (community engagement, zie ook hoofdstuk 11) is deze relatie tussen armoede en slechte gezondheid tot op zekere hoogte te doorbreken, maar ongelijkheid blijft een risicofactor.

Contacten tussen soorten en populatiegrootte

Contacten tussen soorten, populatiegrootte en bereik van de betrokken diersoorten (en de mens) vormen belangrijke aanknopingspunten voor preventieve maatregelen. Wanneer de landbouwsector langs de lijnen van One Health qua bedrijfsdichtheid en aantallen dieren per bedrijf zo ingericht wordt dat zich geen grote uitbraken meer kunnen voordoen, is al veel bereikt.

Ook zouden bedrijven zo verdeeld moeten worden over Nederland dat zoönotische ziekteverwekkers minder kans krijgen over te springen van wilde naar gehouden dieren of endemisch in gehouden dieren voorkomende ziekteverwekkers minder kans krijgen een hoge prevalentie te krijgen of zich te ontwikkelen tot ziekmakende varianten binnen bedrijven, en vervolgens naar mensen.

Pluimveehouderij zou ontmoedigd moeten worden in gebieden vol watervogels en varkenshouderijen in de buurt van de leefgebieden van wilde zwijnen (27,230). Ook zou een grote dichtheid van bedrijven met dezelfde diersoort (zoals pluimveehouderij op de Veluwe) vermeden moeten worden, om snelle verspreiding van uitbraken tegen te gaan. Een grotere afstand is gewenst tussen bebouwing en veehouderijen (o.a. RLI(231)).

Zulke veranderingen vereisen wel een andere manier van kijken, waarbij het thema zoönosepreventie zwaarder meeweegt dan tot dusver in beslissingen rond ruimtelijke ordening en het verlenen van vergunningen. Overigens kan ook met de juiste maatregelen op het bedrijf worden gewerkt aan het vermijden van ongewenst contact tussen diersoorten. Nieuwe vormen van pluimveestallen die dierenwelzijn combineren met bio-veiligheid, zoals Kipster (232) en Rondeel (233), zijn hiervan een voorbeeld.

De gezelschapsdieren verdienen extra aandacht vanuit het oogpunt van zoönosepreventie, vanwege het intieme contact met mensen. Wanneer een ziekteverwekker zich (mede) via gezelschapsdieren zou verspreiden, is dat een extra groot probleem, ook waar het gaat om de maatschappelijke acceptatie van eventuele preventieve maatregelen. Voor verdere aanbevelingen ten aanzien van gezelschapsdieren zie hoofdstuk 2.

Onderzocht zou moeten worden wat de meest effectieve (en liefst diervriendelijke) methoden zijn om populaties ongewenste knaagdieren zoals muizen en ratten terug te dringen. Ook milieuvriendelijke en effectieve bestrijding van vectoren zoals muggen en teken verdient nader onderzoek (zie ook hoofdstuk 4, kadertekst). Wanneer bekend is dat in een bepaald gebied veel besmette vectoren (bijvoorbeeld teken) aanwezig zijn, zijn dringende waarschuwingen aan recreanten nodig. Dat geldt zeker bij ernstige infecties zoals TBEV en CCHF. Nieuwe recreatiegebieden zouden bij voorkeur gepland moeten worden in omgevingen waar vectoren en overdracht van ziekteverwekkers het best onder controle kunnen worden gehouden.

Veranderende omgevingen

De populaties, het bereik en het onderlinge contact van mensen en diverse soorten dieren worden mede bepaald door grotere veranderingen: migratie van mens en dier, veranderingen in het beschikbare voedsel en water, veranderingen in leefomgeving. De effecten van zulke grote veranderingen zijn slechts ten dele te voorspellen of te sturen. Ook waar menselijk handelen één van de *drivers* is van het zoönoserisico, betreft het complexe processen waarbij zoönosepreventie slechts een van de afwegingen in het beleid zal zijn. Wel is het van belang om de effecten op verschillende populaties dieren te monitoren, zeker waar het gaat om potentiële dragers van zoönosen. Bij geplande veranderingen, bijvoorbeeld het omvormen van landbouwgrond tot natuurgebied of het inrichten van overstromgebieden naast de grote rivieren, is het wel mogelijk en nodig om van tevoren aandacht te besteden aan de ecologie en de impact op het zoönoserisico(234).

Menselijke gemeenschappen

Het onderlinge contact tussen mens en dier wordt mede bepaald door gewoonten en culturele normen. Zowel binnen Nederland als in andere landen zou onderzoek moeten plaatsvinden naar gedragsrisico's en veerkracht in gemeenschappen, gevolgd door gericht ontworpen programma's om risico's te verminderen. Onderdeel van zo'n programma is ook de identificatie van kwetsbare doelgroepen voor selectieve preventie, en aandacht voor gezondheidsvaardigheden, beeldvorming, en hoe je kwetsbare of gesloten groepen bereikt(223).

Lokale gemeenschappen beschikken vaak over veel ervaringskennis die van pas kan komen bij de preventie en de aanpak van zoönotische uitbraken, met name ook vanuit wilde dieren. Hun inbreng is dus onmisbaar bij een transdisciplinaire aanpak van lokale zoönoserisico's. Om de kans van slagen van zo'n benadering te vergroten is het van belang om de lokale bevolking van meet af aan te betrekken bij preventie, zodat zij zich gewaardeerd weten en hun kennis beschikbaar stellen voor het formuleren van preventieve strategieën. Meer over *community engagement* in hoofdstuk 11.

In de gehele keten van veehouderij tot en met slacht en vleesverwerking kan overdracht van zoönotische ziekteverwekkers plaatsvinden. De arbeidsomstandigheden en leefomstandigheden van medewerkers en veehouderijen en vleesverwerkingsbedrijven dragen soms bij aan de overdracht van ziekteverwekkers.

Alleen al om die reden verdient het aanbeveling om kritisch te kijken naar de arbeidsomstandigheden, woon-werkvervoer en huisvesting van (tijdelijk) personeel in deze sectoren. (o.a. Bosman(235); Graham(226); Middleton(236)).

Veranderend landgebruik

Veranderingen in landgebruik zijn wereldwijd een van de belangrijkste drijvende krachten achter het ontstaan van zoönosen, met name doordat ecologische evenwichten worden verstoord en de kans toeneemt op contacten tussen mensen en wilde dieren (meer hierover en over de rol van Nederlandse bedrijven daarin in hoofdstuk 5 en 6). Ook binnen Nederland bestaat het risico dat door veranderd landgebruik het contact tussen wilde dieren en mensen toeneemt, al dan niet via een vector. Een ander risico bij afnemende biodiversiteit is een relatieve toename in de populaties van soorten die intensiever in contact staan met mensen, zoals stadsvogels en knaagdieren. Theoretisch zouden programma's als Natura 2000, die gericht zijn op het vergroten en ondersteunen van de biodiversiteit in ons land dus ook kunnen bijdragen aan een reductie van het zoönoserisico. Datzelfde geldt voor programma's die gericht zijn op het verhogen van de biodiversiteit van landbouwgrond(24). Het verdient echter aanbeveling om de impact van zulke programma's op het zoönoserisico zorgvuldig te monitoren, aangezien het gaat om niet-lineaire verbanden. Bij het ontstaan van nieuwe aquatische ecosystemen (zoals bijvoorbeeld bij ontpolderen en verwilderen) is aandacht voor biodiversiteit ook van belang om te voorkomen dat de populaties van vectoren (o.a. muggen, knutten) explosief gaan groeien(165).

Veranderingen in Nederlandse veehouderij

De Nederlandse veehouderij is sterk in beweging (zie ook hoofdstuk 1 en 5). Om verschillende redenen wordt gepleit voor een reductie van de veestapel, met name vanwege de uitstoot van ammoniak, het belang van dierenwelzijn, en risico's voor de volksgezondheid, zoals antibioticaresistentie. Deze argumenten en afwegingen vallen buiten de reikwijdte van dit rapport. Vanuit het oogpunt van het zoönoserisico zou de reductie van de bedrijfs- en dierdichtheid echter zeker kunnen bijdragen aan de beheersbaarheid van dierziekten. Populatiegrootte en -dichtheid dragen immers bij aan de overdracht en amplificatie van infectieziekten(84–86,231).

Wanneer de populaties van bepaalde soorten (bijvoorbeeld varkens, vleeskuikens) door regelgeving en andere maatregelen worden teruggedrongen, is het essentieel om ook kritisch te kijken naar de populaties die gaan groeien doordat veehouders zich gaan toeleggen op andere diersoorten. Bij een toename van een dergelijke productie is het van belang om tevoren het infectierisico goed in te schatten, zodat van meet af aan voldoende maatregelen genomen kunnen worden op het gebied van interne en externe bioveiligheid. Ook voor de planning van de dichtheid van bedrijven is een dergelijke inschatting nodig voor de preventie van zoönosen en dierziekten. Snelgroeiende sectoren kunnen immers specifieke problemen opleveren, zoals bijvoorbeeld bleek bij melkgeiten (Q-koorts, zie Roest et al.(93)).

Ook is het uiteraard van belang om te kijken wat de wereldwijde impact is van het terugdringen van bepaalde soorten landbouwhuisdieren binnen Nederland. Als de afname in Nederland gepaard gaat met een toename van de betreffende dierpopulatie in landen waar het zoönoserisico groter is, dan kan het netto effect op wereldschaal negatief zijn.

Handel in en transport van landbouwhuisdieren

Handel in en transport van dieren kan bijdragen aan de verspreiding van zoönosen. Voor de landbouwhuisdieren geldt dat handel en transport vooral binnen de Europese Unie plaatsvinden. Op grond van bestaande afspraken en regelgeving is het moeilijk om diertransport binnen de EU in te perken, maar het zou wel wenselijk zijn. Voor het welzijn van de dieren, maar ook vanwege het infectierisico is het veel beter om landbouwhuisdieren dicht bij het bedrijf waar zij opgroeien te slachten en het vlees en karkassen te transporteren(237,238). Buiten Europa bestaan nog veel markten waar levende dieren van verschillende soorten en soort groepen met elkaar in contact komen. Deze markten vormen een belangrijke factor in de overdracht van (zoönotische) ziektekiemen, waarbij ook vaak grenzen van diersoorten overschreden worden. Het terugdringen ervan is dus van groot belang in het kader van zoönosepreventie(3).

Legale en illegale handel in wilde dieren

De legale handel in wilde dieren is mondiaal, zodat hier de mogelijkheid bestaat dat (ten dele nog onbekende) ziektekiemen worden geïmporteerd naar Nederland en/of doorgevoerd naar andere landen. Dat risico is met name binnen Nederland hoog, aangezien Schiphol een relatief grote rol speelt bij de import van (exotische)

dieren van buiten de EU (zie ook Hoofdstuk 6). Maatregelen zouden zich kunnen richten op het verminderen van het aantal verhandelde dieren met een hoog opkomende-infectieziekerisico, vooral zoogdieren en vogels(234). Ook is het van belang om verhandelde wilde vogels en zoogdieren op soort te identificeren (ziekteverwekkers zijn immers vaak soortspecifiek) en verhandelde wilde vogels en zoogdieren te controleren op ziekteverwekkers(143,239). Van oorsprong wilde dieren worden in Nederland of in het buitenland gefokt en verhandeld. Het is vanuit het oogpunt van dierenwelzijn en vanuit zoönosepreventie van belang dat er meer aandacht is voor het welzijn en de sanitaire voorzieningen in deze gehele keten (165), zie ook hoofdstuk 6).

Illegale handel in wilde dieren dient veel strenger aangepakt te worden - om uiteenlopende redenen (biodiversiteit, dierenwelzijn, veiligheid van mensen), maar zeker ook vanwege het zoönoserisico. Vanwege de slechte omstandigheden waaronder dieren worden getransporteerd en de stress die dat met zich meebrengt, is het risico op infecties nog groter dan bij legale diertransporten. Wanneer illegaal verhandelde wilde dieren worden gevonden, is uitgebreid diergeneeskundig onderzoek en controle op mogelijke ziekteverwekkers dan ook van groot belang.

Overigens is er nog onvoldoende bekend over de legale en illegale handel in wilde dieren en de bijbehorende risico's op het gebied van infecties in het algemeen en zoönosen in het bijzonder. Ook is internationale dierenhandel bij uitstek een manier waarop een nog onbekende zoönose (Disease X) zich snel over de wereld kan verplaatsen en overal ter wereld uitbraken kunnen ontstaan. Nederland zou het initiatief moeten nemen voor een nieuw internationaal partnerschap voor gezondheid en handel om zoönotische ziekerisico's in de internationale handel in wilde dieren te identificeren, bijvoorbeeld in de CITES conventie ter bescherming van bedreigde soorten en de OIE(165).

Nader onderzoek zou zich moeten richten op het zorgvuldig in kaart brengen van aantallen, aard en exacte herkomst van de diverse diersoorten en het systematisch bemonsteren van (steekproeven van) geïmporteerde dieren. De bestaande regels ten aanzien van landen buiten de EU van waaruit dieren geïmporteed mogen worden, zouden regelmatig kritisch herzien moeten worden op grond van actuele data over infecties en zoönosen in deze landen.

Veranderende landbouw wereldwijd

Nederland staat internationaal goed bekend op het gebied van gezondheidsmonitoring en innovatieve veehouderij en zou hier op verschillende manieren een voorbeeldfunctie kunnen vervullen op het gebied van zoönosepreventie. Het Nederlandse beleid rond de preventie van antimicrobiële resistentie (AMR), zowel binnen de landbouw als in de humane geneeskunde, wordt in het buitenland al vaak als gunstig voorbeeld vermeld(240,241). Vernieuwingen zoals diervriendelijke stallen voor leghennen (zie boven) lenen zich voor bredere toepassing.

Nederland kan ook rechtstreeks of indirect invloed uitoefenen op gewoonten, regelgeving en maatregelen in andere landen. Zo zou binnen Europa gewerkt kunnen worden aan het verminderen van veetransporten en deze vervangen door het transport van vlees en karkassen. Europese subsidies voor commercials die vleesconsumptie moeten bevorderen, dienen op termijn te worden afgeschaft en vervangen door subsidies die de ontwikkeling van goede alternatieven voor dierlijke producten stimuleren. Wanneer de prijs en de waardering van de consument voor deze alternatieven vergelijkbaar wordt met de oorspronkelijke dierlijke producten, zal een transitie naar niet-dierlijke producten veel gemakkelijker plaatsvinden (vergelijkbaar met de energietransitie van fossiel naar duurzaam).

Nederland kan invloed aanwenden om de regels van WTO en OIE voor de handel in levende dieren zodanig aan te passen dat er meer aandacht komt voor gezondheidsbelang, in plaats van uitsluitend handelsbelang(242,243). Ook bij andere hierboven beschreven maatregelen, die op zich binnen de grenzen van ons land doorgevoerd kunnen worden, is het van groot belang om ook buitenlandse (handels)partners mee te nemen. Het zoönoserisico is immers een internationaal probleem, dat ook om een internationale aanpak vraagt. Het terugdringen van de veeteelt en de export van voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong zal alleen bijdragen aan een wereldwijde reductie van het zoönoserisico als ook andere landen meedoen.

Volgens het LNV-visiedocument 'Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden. Nederland als koploper in kringlooplandbouw' zou Nederland niet langer subsidies moeten verstrekken voor de export van industriële lineaire landbouwsystemen die in de regel een veel te groot beroep doen op grondstoffen en waarbij vaak landbouwgrond nodig is ten koste van natuurgebieden(24).

In plaats daarvan zou Nederland in de zich ontwikkelende landen kennis en middelen kunnen leveren waarmee men met lokale landbouwsystemen het maximale kan halen uit de beperkt beschikbare hulpbronnen door die kringlopen duurzaam te intensiveren. Ook subsidies voor Nederlandse bedrijfsactiviteiten die rechtstreeks of indirect bijdragen aan ontbossing in andere landen zouden zo snel mogelijk moeten worden gestaakt (zie ook hoofdstuk 7). Gezien de moeilijk voorspelbare relatie tussen landgebruik en diversiteit enerzijds en zoönoserisico anderzijds is bij zulke maatregelen monitoring van zoönoserisico's aan te raden.

Het grote plaatje: consumptiepatronen en klimaatmaatregelen

Vanuit een breder perspectief hangt het opkomen van zoönosen zoals hiv/aids, influenza, ebola, Zika, SARS, MERS en COVID-19 samen met een wereldwijd gedrags- en consumptiepatroon dat uit balans is. Mensen in met name westerse landen consumeren meer dan duurzaam geproduceerd kan worden. Dit leidt wereldwijd tot ontbossing en erosie, verlies aan biodiversiteit, intensivering van contacten tussen mens en dier en tussen mensen uit verschillende delen van de wereld. Klimaatverandering is een andere sturende factor achter de toegenomen risico's, bijvoorbeeld vanwege de grotere verspreiding van vectoren.

Naast alle noodzakelijke maatregelen om lokaal zoönosen onder controle te krijgen, betekent preventie van zoönosen ook dat we bereid zijn om dat bredere perspectief onder ogen te zien. Klimaatmaatregelen en het terugdringen van de consumptie van dierlijke producten kunnen dus bijdragen aan het terugdringen van het zoönoserisico. Klimaatmaatregelen zijn hoe dan ook nodig. Een duurzamer omgang met hulpbronnen, waaronder ook levende dieren, is eveneens vanuit veel verschillende perspectieven aan de orde, niet in de laatste plaats vanuit het oogpunt van dierenwelzijn. Wetenschappelijk onderzoek kan het effect van deze noodzakelijke keuzes op het zoönoserisico verder onderbouwen.

13. Monitoring en surveillance van zoönosen

Hoewel in Nederland een aantal zaken al goed geregeld is, met name aan de veterinaire kant, valt er op het gebied van surveillance en monitoring van zoönosen nog het nodige te verbeteren. De ingezette One Health benadering dient verder te worden versterkt, met aandacht voor metingen in het milieu en het versterken van de interactie tussen veterinaire en humane gezondheidszorg. Dat laatste is van groot belang in de vroege fase van een uitbraak, als er sprake is van actieve besmetting van mens en dier. Informatie over isolaten, diagnostische informatie, DNA/RNA sequenties, locaties en andere relevante variabelen moet beschikbaar zijn, zowel voor de dierenarts als voor de zorgverleners en de keten in de publieke gezondheidszorg.

De veterinaire informatiestromen ten behoeve van syndroomsurveillance en het meten van risicofactoren zoals productiedaling kunnen verder worden verbeterd door organisaties binnen de Zoönosenstructuur, toegang te geven tot diagnostische data van veterinaire laboratoria. Ook de infecties bij gezelschapsdieren en de populaties en besmettingsgraad van wilde dieren en vectoren worden nog onvoldoende systematisch gemonitord.

De belangrijkste conclusie is echter dat de signalering van ernstige infecties bij de mens beter georganiseerd dient te worden. Een *real-time web based* rapportagesysteem zou voortdurend alle gevallen van onbegrepen ernstige infecties, zoals luchtweginfecties (SARI) en encefalitis per regio zichtbaar moeten maken, zowel in de eerste als in de tweede lijn. Vanwege antibioticaresistentie is het nu al gebruikelijk om acuut opgenomen patiënten te vragen of zij beroepshalve frequent in aanraking komen met bepaalde diersoorten. Het antwoord op die vraag zou ook geregistreerd moeten worden bij alle mensen met luchtweginfecties en andere syndromen die kunnen passen bij een zoönose. Het inrichten en inregelen van een dergelijk systeem zal enige tijd vragen, maar daarna beschikt Nederland over een systeem waarmee uitbraken van zoönosen en andere infecties beter en sneller onder controle gebracht kunnen worden.

Aanbevelingen

(Vanwege het relatief grote aantal aanbevelingen zijn deze voor dit hoofdstuk gerubriceerd)

Humaan-veterinaire samenwerking en capaciteit

- Versterk en borg de capaciteit (menskracht, laboratoriumcapaciteit) van de essentiële organisaties in de keten van monitoring, surveillance en respons, zowel aan de veterinaire kant als aan de humane kant.
- Verricht regelmatig en systematisch een gelijktijdige bemonstering van vectoren en gastheren op dezelfde locaties.

Beschikbaarheid data en monsters

- Versterk de (continue) informatie-uitwisseling tussen veterinaire en humane gezondheidszorg op het gebied van zoönosen, inclusief uitwisseling van isolaten en sequenties en zorg dat alle resultaten van microbiologische laboratoria die de diagnostiek verzorgen in de veterinaire sector en de eerste-, tweede- en derdelijns geneeskunde toegankelijk zijn voor nationale surveillance doeleinden.
- Zorg dat de melding van aangifteplichtige ziekten bij dier en mens geborgd blijft ook wanneer microbiologische laboratoria in het buitenland gevestigd zijn.
- **Geef opdracht voor een project dat een sluitend geautomatiseerd rapportagesysteem opzet voor ziekenhuisopnamen op grond van diagnoses/klachten die kunnen samenhangen met zoönosen, zoals ernstige luchtweginfecties (Severe Acute Respiratory Infections, SARI) en hersenontsteking (encefalitis)**
- **Organiseer in de komende jaren gerichte infectiesurveillance bij mensen, met meer en uitgebreidere microbiologische diagnostiek, om te beginnen in (alle) ziekenhuizen, steekproefsgewijs en op indicatie, en later in de eerste lijn. Financier deze diagnostiek uit landelijke publieke middelen, niet via de Zorgverzekeringswet.**
- Versterk in de komende jaren het surveillanceprogramma in de eerste lijn door uitbreiding van het aantal NIVEL-peilstations en het aantal syndromen dat gerapporteerd wordt, bij voorkeur geautomatiseerd en dagelijks. Streef ernaar dat op termijn alle huisartspraktijken geautomatiseerd rapporteren over syndromen die mogelijk wijzen op een zoönose.

- Onderzoek de mogelijkheden voor een geïntegreerd informatieplatform met gestandaardiseerde data voor de surveillance van zoonosen in de diverse compartimenten van de humane gezondheidszorg. Dit zou later kunnen worden uitgebreid naar de veterinaire gezondheidszorg.

Screening van milieu, wilde en gehouden dieren

- Screen alle gezelschapsdieren die van buiten en sommige landen binnen de EU worden geïmporteerd op relevante zoonotische ziekteverwekkers en karakteriseer potentieel bedreigende ziektekiemen met DNA/RNA sequencing.
- Monitor steekproefsgewijs hoe vaak zoonotische ziekteverwekkers (zoals SARS-CoV-2 en influenza) voorkomen bij (zwerf)katten, honden, paarden en andere veelvoorkomende gezelschapsdieren.
- Ontwikkel een brede methodiek om metingen in het milieu in te zetten voor zoonosemonitoring. Onderzoek daartoe de bruikbaarheid van metingen in geaggregeerde monsterstromen zoals rioolwater, mest, tankmelk, eieren, stof-monsters, etc.

13. Monitoring en surveillance van zoönosen

Monitoring en surveillance zijn een onmisbare schakel in het zoönosenbeleid. Zorgvuldige monitoring van milieu, dieren en mensen ondersteunt de preventie en helpt om een eventuele uitbraak in een vroeg stadium op te sporen, zodat deze in de kiem gesmoord kan worden.

Gezien het belang van een samenhangende structuur van monitoring en surveillance bij mens, dier en vector worden deze hier in hun onderlinge samenhang besproken. Hoewel in Nederland al veel bereikt is, zou nog winst te boeken zijn, onder meer door de introductie van real-time, web-based rapportage in de gehele keten.

De technologische mogelijkheden voor monitoring en surveillance zijn ongekend. Een specifieke bekende ziekteverwekker kan snel worden vastgesteld met passende diagnostische technieken. en testen mits deze voldoende beschikbaar zijn in voldoende aantal humane laboratoria. Zelfs een tot nu toe onbekende ziekteverwekker kan zo nodig met geavanceerde moleculair epidemiologische technieken in relatief korte tijd worden geïdentificeerd. In toenemende mate kunnen ook ziektekiemen in het milieu (in de lucht, rioolwater, etc) worden aangetoond. Ook de mogelijkheden voor *real time* informatie-uitwisseling zijn in principe overal in ons land aanwezig; bijna iedereen heeft een mobiele telefoon, laptop en/of terminal binnen handbereik.

De grote uitdaging is dus niet primair technologisch, maar organisatorisch: het opzetten van werkbare en effectieve structuren die ook blijven functioneren als de urgentie in de komende jaren is weggeëbd. Daarbij is het ook van belang dat de beschikbare capaciteit zo nodig snel kan worden opgeschaald. Deze organisatorische uitdagingen zijn aanzienlijk, aangezien gegevens over zeer uiteenlopende organismen bijeengebracht moeten worden en op waarde gewogen. De uitdagingen voor One Health surveillance zijn beschreven door Stärk et al.(244) en voor de mens-wild interface door Kelly et al.(245).

In dit hoofdstuk worden de verschillende uitdagingen beschreven voor de monitoring van de gezondheid en eventuele risicofactoren bij dieren, vervolgens bij vectoren en ten slotte bij de mens. Vervolgens komen de knelpunten in deze structuur aan de orde en worden aanbevelingen gedaan voor verbeteringen.

Monitoring van dierpopulaties

Monitoren voor zoönotische aandoeningen gaat verder dan vroegdetectie van de besmetting. Om vast te stellen óf een bepaalde ziekteverwekker voorkomt in een populatie dieren, moet ook worden vastgesteld wat de normaalwaarden¹⁴ zijn voor een populatie waarin geen zoönotische aandoening maar wel andere endemische aandoeningen circuleren. Niet elke zoönotische infectie leidt tot ziekteverschijnselen in dierpopulaties. In dat geval zouden ook ogenschijnlijk gezonde dieren moeten worden onderzocht.

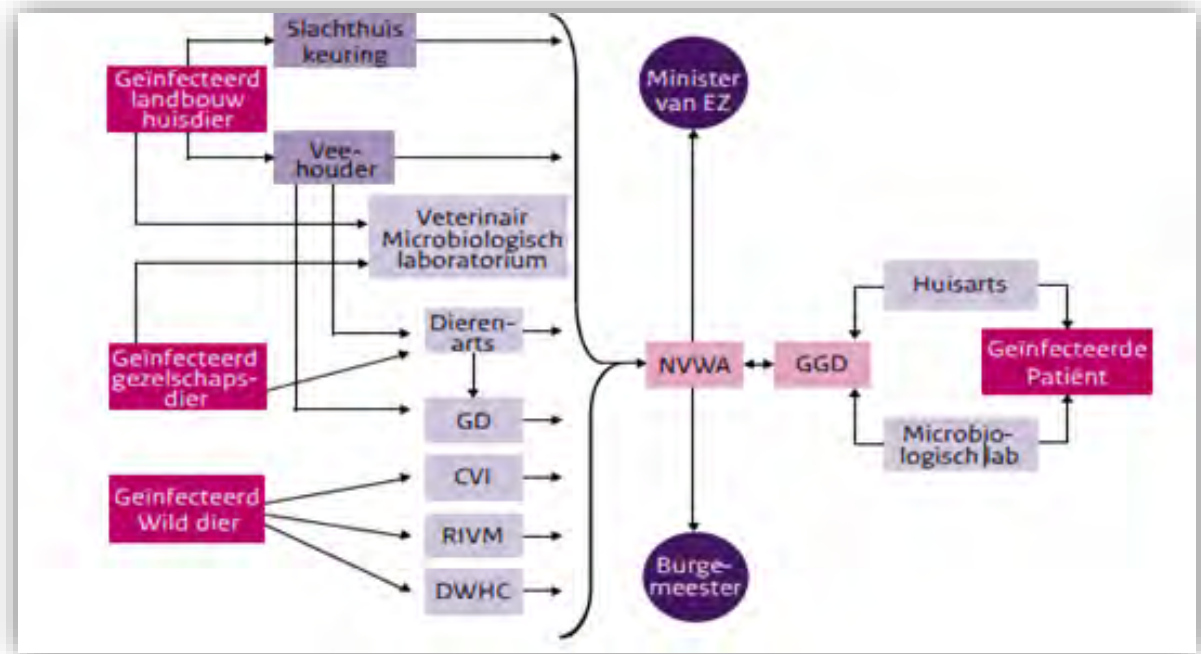
Monitoring gebeurt op dit moment in Nederland door o.a. de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD), het Dutch Wildlife Health Centre (DWHC), het Veterinair Microbiologisch Diagnostisch Centrum van de Utrechtse faculteit Diergeneeskunde (VMDC), Wageningen University & Research (WUR), Wageningen Bioveterinary research (WBVR) in Lelystad, NVWA, RIVM, Centrum Monitoring Vectoren (CMV) en Erasmus Medisch Centrum in Rotterdam.

Zoönosen kunnen ook opkomen door veranderingen in dier- of vectorpopulaties. Monitoring begint voor de wilde diersoorten dan ook met het vaststellen van hun verspreiding, de omvang van hun populaties en de seizoenschommelingen daarvan. Diverse organisaties houden zich hiermee bezig, waaronder Sovon Vogelonderzoek Nederland, RIVM, zoogdierenverenigingen en de Koninklijke Nederlandse Jagersvereniging, het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), het NIOZ (maritiem onderzoek), Staatsbosbeheer en Rijkswaterstaat.

Als bijvoorbeeld de populaties toenemen van knaagdieren, vleermuizen, vogels en andere soorten die zich ook in de steden ophouden, heeft dat consequenties voor het risico op specifieke zoönosen die deze verschillende soorten bij zich dragen. Datzelfde geldt voor zoönosen die via vectoren worden overgedragen, waarbij naast de vector ook de overige gastheren in het plaatje moeten worden betrokken.

¹⁴ De normale toestand als er geen sprake is van een uitbraak. Ten dele zijn dit meetbare parameters, zoals melkproductie, het aantal dieren met koorts in een bepaalde tijdsperiode, ten dele de perceptie van specialisten die contact hebben met de veehouders en dierenartsen in het veld.

Ook in de veehouderij is het van belang zicht te houden op veranderingen in de bedrijfsvoering die het ontstaan of verspreiden van zoönosen kunnen faciliteren. Daarnaast kan het voor specifieke ziekteverwekkers nuttig zijn om met enige regelmaat schijnbaar gezonde dieren te onderzoeken op specifieke ziekteverschijnselen, immunoreacties of de ziekteverwekkers. Ook verdient het aanbeveling om breder te kijken naar besmettingen met nog onbekende ziekteverwekkers, via microbiom-onderzoek en metagenomics analyse.



Figuur 13.1 Schema voor de melding van besmettelijke dierziekten (uit: Vademecum Zoönosen(246)).

Monitoring van dierziekten

Diagnostiek van infectieziekten bij landbouwhuisdieren en gezelschapsdieren begint bij de eigenaren. Zij moeten immers herkennen dat er iets aan de hand is en de dierenarts inschakelen. Het is dan ook van groot belang dat iedereen die beroepshalve met dieren werkt of die zelf gezelschapsdieren heeft, de nodige basiskennis heeft over dierziekten en zoönosen. Met andere woorden: ‘zoönosegeletterdheid’ (zie ook hoofdstuk 11) is de basis voor effectieve monitoring. De dierenarts is een belangrijke volgende schakel; het blijft daarom belangrijk om in het curriculum van de opleiding en in nascholingsactiviteiten voldoende aandacht te besteden aan zoönosen. Een punt van zorg is de afhankelijke positie van de dierenarts, die niet graag een veehouder als klant verliest. Dit kan leiden tot vertragingen bij het melden van dierziekten/zoönosen(35), er geldt een wettelijke meldplicht voor aangifteplichtige en bestrijdingsplichtige dierziekten en zoönosen voor veehouders, dierenartsen en onderzoeksinstituten.

Voor de landbouwhuisdieren is vervolgens de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD) belangrijk voor snelle diagnostiek en het signaleren van problemen. Mede dankzij de GD zijn verscheidene ernstige dierziekten (waaronder de zoönose rundertuberculose) uit de Nederlandse veestapel verdwenen. Vermoedens betreffende aangifteplichtige- of bestrijdingsplichtige dierziekten en zoönosen moeten door veehouders/eigenaars of hun dierenartsen direct worden doorgegeven aan het NVWA Incident- en Crisiscentre (NVIC) van NVWA dat 24 uur per dag paraat staat. De NVWA onderzoekt de verdenking op het bedrijf en neemt officiële monsters die vervolgens worden onderzocht door het Nationale Referentie Laboratorium Wageningen (Bioveterinary Research) in Lelystad. GD is daarin faciliterend en doet voor sommige van dergelijke aandoeningen (bijv. vogelgriepserologie surveillance) de eerste diagnostische screening.

Monitoring van infectieziekten bij wilde dieren gebeurt in Nederland wel systematisch, maar zou op grotere schaal moeten plaatsvinden. Het Dutch Wildlife Health Centre (DWHC) biedt de mogelijkheid om dode wilde dieren (met name vogels en zoogdieren) te melden (onder meer via de website www.dwhc.nl) en onderzoekt een selectie van deze dieren. Bij dit doodsoorzakenonderzoek kunnen infecties worden opgespoord. Ook geeft het DWHC publieksvoorlichting over onder andere zoönosen.

Wageningen Bioveterinary Research (WBVR) coördineert het monitoringsprogramma Wilde Zwijnen in Nederland waarin geschoten wilde zwijnen worden getest op de aanwezigheid van bepaalde aangifteplichtige dierziekten.

Daarnaast is het Centrum Zoönosen en Omgevingsmicrobiologie van het RIVM verantwoordelijk voor het monitoren van de populaties carnivoren (o.a. vossen, wasbeerhonden) en van ratten, muizen en andere 'plaagdieren' en de infecties die ze bij zich dragen. Deze monitoring vindt echter niet over de gehele breedte plaats, maar richt zich op min of meer projectmatige basis op specifieke ziekteverwekkers zoals *Leptospira* in ratten in steden (momenteel), of Hantavirussen in woelmuizen. Het Centrum beschikt niet over voldoende capaciteit om gedurende langere tijd systematisch bepaalde ziekteverwekkers in bepaalde diersoorten te monitoren. De werkwijze van het Centrum zou wellicht ook nog efficiënter kunnen, door bijvoorbeeld dode dieren in te vriezen en een gerichte set bepalingen (assays) te gebruiken in plaats van (zoals nu) het DWHC een volledig postmortem onderzoek verricht op 'verse' overleden dieren.

Zoönosen bij gezelschapsdieren worden momenteel niet systematisch onderzocht. Wanneer het dier zelf ziek is, kan wel via de telefonische helpdesk van de VDMC diagnostiek worden aangevraagd. Voor exotische gezelschapsdieren of bijvoorbeeld exotische dieren in dierentuinen is DWHC verantwoordelijk. Ook voor deze dieren vindt geen systematische screening op zoönotische ziektekiemen plaats.

Monitoring vectoren: muggen knutten en teken

Het Centrum Monitoring Vectoren (CMV) van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) voert sinds 2009 in heel Nederland meerjarige monitoring uit naar vectoren, bloedzuigende geleedpotigen die ziekteverwekkers kunnen overbrengen (zie ook hoofdstuk 4). Voor de monitoring van inheemse en exotische steekmuggen voert de NVWA ieder jaar verspreid over Nederland surveys uit met muggenvallen en larvenonderzoek. De resultaten worden gebruikt om verspreidingskaarten van de Nederlandse muggensoorten te maken. Deze helpen inzicht te krijgen in eventuele risico's op de verspreiding van ziekten door bepaalde soorten muggen. Ook wordt naar sommige exotische muggen actief gezocht. Dat geldt bijvoorbeeld voor de Aziatische tijgermug (*Aedes albopictus*), die diverse aandoeningen kan overbrengen. Deze is voor het eerst aangetroffen in 2005 op bedrijven die zogeheten "lucky bamboo" planten (*Dracaena sanderiana*) importeren uit China (247). De NVWA monitort deze bedrijven continu op de aanwezigheid van tijgermuggen.

Sinds 2009 worden exotische steekmuggen aangetroffen bij handelaren in gebruikte autobanden. In 2010 zijn op verschillende bedrijven de Amerikaanse rots-poelmug (*Aedes atropalpus*), de Aziatische tijgermug (*Aedes albopictus*) en de gelekoortsmug (*Aedes aegypti*) gevonden. Sinds 2010 monitort de NVWA daarom meerdere bedrijven continu op de aanwezigheid van exotische steekmuggen.

Om de insleep van exotische muggen te monitoren heeft de NVWA daarnaast muggenvallen geplaatst op zogenaamde hoogrisico locaties, zoals luchthavens, in veilinghallen en in de haven van Rotterdam. Vondsten worden gepubliceerd op de website van het CMV(248). Het CMV is ook betrokken bij het Europese Mosquito Alert initiatief dat zich met name richt op de vroegsignalering van invasieve exoten en de surveillance gericht op knutten en op teken (*Dermacentor* & passief *Hyalomma*). CMV en RIVM nemen deel aan het Europese Vectornet(249), waarbij RIVM in Europa kartrekker is.

Burgers kunnen een actieve rol spelen bij het monitoren van vectoren. Zo heeft Wageningen University het *citizen science* project Muggenradar(250). Burgers kunnen muggen opsturen en daarbij benoemen wat de locatie is waar deze gevonden zijn. Ook biedt het CMV de mogelijkheid om mogelijke tijgermuggen en reuzentekken te melden via hun site. Aan de hand van enkele instructies wordt ingeschat hoe waarschijnlijk het is dat er sprake is van een tijgermug en kan er vervolgens een foto worden ingestuurd. Deze wordt beoordeeld en van feedback voorzien. Zo komen uit het hele land voortdurend signalen binnen over muggen en kan snel onderzocht worden in hoeverre zij drager zijn van diverse infectieziekten. Deze analyses op de aanwezigheid van ziekteverwekkers worden door het RIVM uitgevoerd.

Ook in het OneHealth PACT programma wordt middels *citizen science* informatie verzameld over voorkomen van specifieke muggen. Dat gebeurt door gebruik te maken van mosquito-alert, een muggenherkennings-app die in zeven talen is uitgevoerd, waarbij burgers foto's maken die middels herkennings-software worden getypeerd. De data analyse wordt gedaan als onderdeel van het integrale surveillance plan voor het project.

Monitoring vectoren: teken

Ook bij teken is actieve monitoring van groot belang. Sinds 1994 groeit het aantal meldingen van de ziekte van Lyme in Nederland. Schapentekenen (*Ixodes ricinus*) zijn de vector voor deze infectie met de bacterie *Borrelia burgdorferi*. Schapentekenen en de *Hyalomma* teken die ook soms in ons land worden aangetroffen kunnen ook andere, ernstiger infecties bij zich dragen (zie hoofdstuk 4).

Het CMV voert monitoring uit op diverse locaties in Nederland om de aanwezigheid van teken in kaart te brengen. Tekenen worden gevangen door een speciaal doek over de grond te slepen. De NVWA bemonstert ook locaties waar weinig of geen teken worden gevangen. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) onderzoekt teken op de aanwezigheid van ziekteverwekkers en nam samen met de universiteit van Wageningen het initiatief voor een *citizen science* project, de Tekenradar(81). Burgers die gebeten zijn door een teek, kunnen deze insturen. Deze informatie draagt bij aan de monitoring van tekenpopulaties en de mate waarin zij besmet zijn met *Borrelia* en andere ziekteverwekkers.

Naast muggen, teken en knutten kunnen ook andere geleedpotigen verantwoordelijk zijn voor de overdracht van infecties, zoals bijvoorbeeld zandvliegen (vector van leishmaniasis), kriebelmuggen (in met name Afrika een vector van onchocerciasis) en dazen (mechanische overdracht van tularemie). Momenteel vindt geen actieve surveillance plaats van deze geleedpotigen. Incidenteel zijn er waarnemingen ingestuurd van een prikkende mijt, een *Dermacentor* teek en Japanse bosmuggen (*Aedes japonicus*), die in de omgeving van Lelystad een stabiele populatie hebben gevormd.

Vroegdetectie van zoönosen bij mensen

Het signaleren van een infectieziekte begint bij het zieke individu en diens omgeving. Met name wanneer mensen beroepshalve of in hun vrije tijd in aanraking komen met dieren of natuur (vectoren), is het van belang dat zij voldoende zoönosegeletterdheid hebben om verschijnselen te herkennen, zoals bijvoorbeeld de roemruchte rode ring rond een tekenbeet die kenmerkend is voor ziekte van Lyme. De huisarts is vervolgens degene die kan signaleren dat er sprake is van een (zoönotische) infectie. Met name in regio's met veel natuurgebieden en gebieden met een hoge concentratie aan veehouderijbedrijven is het van groot belang dat de huisarts voldoende kennis heeft van zoönosen en alert is op de ziekteverschijnselen. Huisartsen zijn als het goed is altijd alert op de mogelijkheid dat iemand in het buitenland besmet is geraakt met een (zoönotische) infectie.

De Zorgregistraties Eerste Lijn van het Nivel rapporteren wekelijks over de symptomen en aandoeningen van mensen die de 350 aangesloten huisartsenpraktijken bezoeken(251). De rapportage vindt plaats op basis van de diagnosecode (ICPC), zo nodig aangevuld met opmerkingen van de huisarts. Speciaal voor de detectie van luchtweginfecties (met name de jaarlijkse griep epidemie) heeft het Nivel 40 huisartsenpraktijken aangewezen als peilstations. Deze registreren het aantal nieuwe patiënten met een influenza-achtig ziektebeeld (IAZ). Steekproefsgewijs wordt bij een deel van deze IAZ-patiënten en bij andere patiënten met acute luchtweginfecties een keel- en neuswat afgenomen, die in het RIVM wordt onderzocht op virussen. Met slechts 40 van de bijna 5000 huisartspraktijken als peilstations is deze structuur niet fijnmazig genoeg om een opkomende zoönose bijtijds op het spoor te komen. De aanpak van het Nivel, die goed aansluit bij de werkwijze in de eerste lijn, biedt wel mogelijkheden; het aantal peilstations zou echter drastisch moeten worden verhoogd. Ook zou moeten worden onderzocht in hoeverre het aantal steekproeven (keel- en neuswatten) per peilstations omhoog moet en of real-time rapportage in de gehele Zorgregistratie Eerste Lijn uitvoerbaar is.

In de praktijk wordt nu meestal pas actie ondernomen in de tweede lijn, dus als in het ziekenhuis een zoönose wordt vastgesteld. Voor die acties (zie ook hoofdstuk 13) is sinds het begin van deze eeuw een structuur opgetuigd waarbij de verschillende verantwoordelijkheden helder geformuleerd zijn. Sinds 2008 geldt de Wet Publieke Gezondheid die de overheid (via de Landelijke Coördinatie Infectieziektebestrijding (LCI) van het RIVM) centrale doorzettingsvermogen geeft bij de aanpak van (groep A) infectieziekten(252). Eerder waren de gemeenten primair verantwoordelijk. De gemeenten blijven verantwoordelijk voor de financiering van de GGD-en en voor de overige infectieziekten (anders dan groep A).

Op papier ziet de structuur er slagvaardig uit. De specialisten infectieziekten van de 25 GGD-en, georganiseerd in zeven regio's, rapporteren eventuele gevallen van meldingsplichtige ziekten.

Ook als zich een ziektebeeld met onbekende oorzaak voordoet waarbij het vermoeden bestaat dat deze aandoening gevaar oplevert voor de volksgezondheid, wordt deze onverwijld gemeld. Gelijktijdig vinden lokale maatregelen plaats en wordt landelijk bekeken welke aanvullende acties gewenst zijn.

Dit systeem geldt uiteraard ook voor ziekten van zoönotische oorsprong. Tot de hoogste categorie (groep A) van meldingsplichtige ziekten behoren COVID-19, MERS-CoV, SARS en virale hemorrhagische koorts, ziekten die in elk geval bij Nederlandse reizigers zijn vastgesteld. Wanneer het klinisch beeld aanleiding geeft tot een vermoeden dat de patiënt met een van deze ziekten besmet is, moet onmiddellijk melding plaatsvinden en diagnostiek worden aangevraagd. ErasmusMC en RIVM beschikken over diagnostische tests voor een groot aantal zoönosen, maar herkenning door de behandelend arts is een cruciale eerste stap. Helaas is de intramurale zorg nog niet altijd voldoende betrokken bij de zoönosenstructuur en de aanpak van zoönosen.

Wanneer een mens besmet lijkt te zijn met een dierlijk influenzavirus, dient dat binnen 24 uur gemeld te worden. Bewezen infecties met westnijlvirus en enkele andere zoönosen moeten binnen een werkdag worden gemeld. Wanneer melding plaatsvindt, vindt zowel op lokaal niveau als landelijk verificatie plaats, waarbij de GGD, respectievelijk het RIVM, nadere informatie opvraagt bij het microbiologisch laboratorium (veelal private organisaties). In werkelijkheid functioneert het systeem volgens herhaaldelijke noodsignalen minder ideaal, zoals nader uiteengezet wordt onder 'Knelpunten' verderop in dit hoofdstuk.

Andere vormen van monitoring

Naast de hier genoemde officiële kanalen zijn in beginsel nog andere mogelijkheden om zoönosen te monitoren en een beginnende uitbraak te detecteren. Op het niveau van huisartspraktijken en/of ziekenhuizen kan geautomatiseerd worden gemeten of er sprake is van een stijgende frequentie van bepaalde diagnosecategorieën in een bepaald gebied, bijvoorbeeld longontsteking, hersenontsteking, nierproblemen of andere verschijnselen die kunnen wijzen op een infectieziekte.

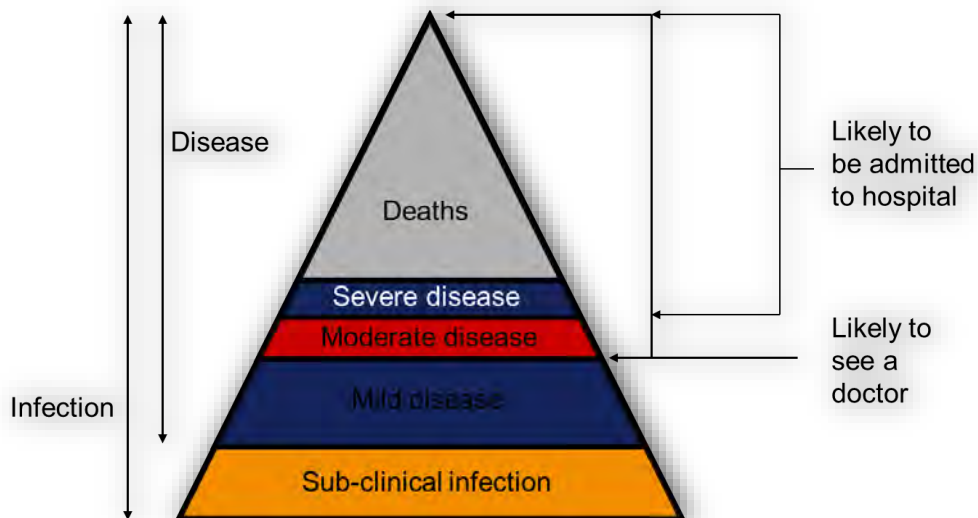
Ook buiten de gezondheidszorg kunnen data worden verzameld waaruit met een Big Data benadering kan bereikt worden dat er mogelijk een infectie rondgaat. Een bekend voorbeeld zijn de zoekdata in Google waarmee de jaarlijkse griep epidemie een tijdlang kon worden gemonitord. Ook data van ziekteverzuim en specifieke consumptiepatronen kunnen een teken zijn dat zich een bijzondere infectie voordoet. De kosteneffectiviteit van een Big Data benadering wordt momenteel door RIVM en ErasmusMC onderzocht.

Naar analogie van projecten als Muggenradar en Tekenradar zouden burgers actief betrokken kunnen worden bij een structuur die zulke data verzamelt, waarbij specifiek gekeken kan worden naar gemeenschappen met een verhoogd zoönoserisico (beroepsmatig contact met dieren, frequent wandelen in gebieden waar veel teken voorkomen, et cetera).

Input voor de zoönosenstructuur

De bestaande zoönosenstructuur richt zich op de integratie van signalen uit de verschillende bovenstaande gegevensstromen, met name de formele gegevens uit de veterinaire en humane gezondheidszorg. Gezondheidsgegevens over mensen worden aangeleverd vanuit de GGD-en en het RIVM. Gegevens vanuit de veehouderij (inclusief paarden) worden ingebracht door NVWA, RIVM, WBVR, Faculteit Diergeneeskunde en GD. De gegevens vanuit wilde dieren komen van het DWHC en die van vectoren van het Centrum Monitoring Vectoren (CMV, van de NVWA). Gezelschapsdieren worden door de Faculteit Diergeneeskunde (VMDC) gevolgd in de Monitoring Gezelschapsdieren. Ook gegevens van referentielaboratoria en van onderzoeksprojecten worden gedeeld met de zoönosenstructuur.

Een overzicht van de in Nederland voorkomende zoönosen en de ontwikkeling hiervan worden jaarlijks door het RIVM en NVWA gepubliceerd in de 'Staat van Zoönosen'. Samen met de veehouderijsectoren heeft de GD een monitoringssystematiek ingericht, de Veekijker, om dierziekten, waaronder zoönosen, in de veehouderij snel te ontdekken. Zo kunnen indien nodig snel de benodigde bestrijdingsmaatregelen genomen worden.



Figuur 13.2: Bron: Prof. S. O'Brien

Nooit 100% waterdicht

Bij het signaleren van ziektegevallen (met andere woorden mensen die geneeskundige hulp zoeken, of dieren waarvoor deze wordt gezocht) wordt slechts het topje van de ijsberg gezien. Veel infecties verlopen immers subklinisch (nauwelijks tot geen ziekteverschijnselen) of mild. Een menselijke patiënt zal met deze verschijnselen niet snel de dokter raadplegen en ook de eigenaar van een landbouwhuisdier of gezelschapsdier gaat pas naar de dierenarts als de verschijnselen ernstiger zijn. Het monitoren van ziekten bij wilde dieren is nog lastiger; zij worden vaak pas gesignaleerd door (verhoogde) sterfte.

Knelpunten in de monitoring bij dieren en vectoren

Hoewel zoals gezegd de monitoring van dierziekten en zoönosen bij dieren en vectoren in het algemeen goed georganiseerd is in Nederland, zijn er nog wel enkele knelpunten:

- Zoönosen die in gehouden of wilde dieren niet tot ziekteverschijnselen of sterfte leiden kunnen makkelijker gemist worden. Er bestaat nog geen specifieke surveillance voor ziekteverwekkers die zich makkelijk aanpassen aan een andere gastheer, zoals RNA-virussen (o.a. influenza-, corona- paramyxovirussen en pneumovirussen). Dit zijn ziekteverwekkers met een verhoogd risico op overgang van dier naar mens.
- Er is niet voldoende zicht op infecties bij dieren in het wild en bij gehouden exotische of wilde dieren. Voor het vaststellen van zulke infecties is het systeem aangewezen op contacten met VMDC of DWHC of bevindingen uit onderzoeksprojecten, zoals het Zoonoses in the Night project (vleermuizen) of de monitoring van carnivoren en knaagdieren door het RIVM.
- Er is evenmin voldoende zicht op de populaties van wilde dieren. Een sterke toename van bepaalde soorten, bijvoorbeeld bij extra voedselaanbod, kan een voorbode zijn van een zoönotische uitbraak.
- De veterinaire surveillance informatie is nu nog goed (landbouwhuisdieren) tot redelijk (gezelschapsdieren) gecentraliseerd bij respectievelijk GD en VMDC. Voor aangifteplichtige ziekten zijn de NVWA en WBVR cruciaal. Dierenartsenpraktijken worden echter steeds vaker overgenomen door grote ketens, waardoor er minder behoefte is aan 2^e lijnszorg van GD en meer diagnostiek naar andere commerciële labs gaat.
- Vertrouwen is een belangrijke basis voor communicatie en *community engagement*. Omgekeerd is gebrek aan communicatie fnuikend voor het opbouwen van vertrouwen.
- Surveillance van steekmuggen is momenteel sterk gericht op invasieve exoten, zoals de tijgermug. Er is minder aandacht voor systematische, landelijke monitoring van populaties inheemse soorten welke een mogelijke bijdrage zouden kunnen leveren aan de overdracht van zoönosen, zoals de huissteekmug *Culex pipiens* (vector van westnijlvirus en Usutu virus) en *Aedes vexans* (mogelijke vector van riftdalkoorts virus). Het ontbreken van meerjarige data bemoeilijkt het om uitspraken te doen over langetermijn effecten van bijvoorbeeld klimaatverandering op vectorpopulaties. De komende twee jaar wordt dit gedaan in het kader van het OneHealth PACT onderzoek, maar er is (nog) geen structurele surveillance van alle relevante inheemse steekmuggen.

- Momenteel is de bemonstering van vectoren met name gericht op het vaststellen van de aan- of afwezigheid van steekmuggen/teken. Incidenteel worden vectoren gecheckt op de aanwezigheid van pathogenen. Er is nog geen reguliere surveillance waaruit een snel signaal komt.

Knelpunten in monitoring en surveillance van zoönosen bij mensen

Er zijn diverse knelpunten in de gehele keten van patiënt tot landelijke monitoring. Dat begint zoals gezegd met de zoönosegeletterdheid van individuen en de kennis van de huisarts op het gebied van zoönosen. Huisartsen zouden beter toegerust kunnen zijn voor hun rol in de aanpak van zoönosen. Bij klachten die wijzen op een infectie wordt slechts zelden gerichte microbiologische diagnostiek ingezet, ook al vanwege de kosten voor de patiënt (eigen bijdrage) of zorgverzekeraar. De doorlooptijd van de diagnostiek is vervolgens te lang. Daarom worden bij aanwijzingen van een bacteriële infectie vaak antibiotica gegeven voordat de testuitslag bekend is.

Bij een vermoeden op een virale infectie hanteert de huisarts een afwachtend beleid zonder sputum te verzamelen voor diagnostiek. In het kader van monitoring zou frequentere en snellere microbiologische diagnostiek laagdrempelig aangeboden moeten worden, bijvoorbeeld door bij elke vijfde of tiende patiënt een neus- en keelwat af te nemen en deze in te sturen naar een microbiologisch laboratorium. Ook dient de hierboven beschreven surveillance vanuit het Nivel uitgebreid te worden. Financiering van deze extra diagnostiek dient plaats te vinden via de publieke gezondheidszorg, vergelijkbaar met de vergoeding die de huisarts nu al krijgt voor activiteiten op het gebied van vaccinaties en bevolkingsonderzoeken. Financiering vanuit de Zorgverzekeringswet (via de zorgverzekeraars dus) is in dit geval niet logisch, aangezien het primair gaat om het volksgezondheidsbelang.

Ook in het ziekenhuis vindt meestal alleen microbiologische diagnostiek plaats wanneer dit praktische consequenties heeft voor de behandeling. Dat betekent dat ook hier virale infecties meestal buiten het zicht blijven. Betere surveillance van ernstige luchtweginfecties (*Severe Acute Respiratory tract Infections, SARI*) en encefalitis, met bijbehorende snelle microbiologische diagnostiek, zou hier gewenst zijn. Op zijn minst zouden alle zorgaanbieders geautomatiseerd en geanonimiseerd real time gevallen van ernstige luchtweginfecties of encefalitis moeten rapporteren. Voor ziekenhuizen en andere zorginstellingen moet dat op relatief korte termijn te realiseren zijn.

De slagkracht van de infectiedeskundigen binnen de GGD is sterk afhankelijk van de beschikbare personele, materiële en ICT-middelen. Helaas is de financiering van de GGD-en belegd bij de gemeenten, waardoor soms een spanningsveld ontstaat tussen krapte op de lokale gemeentebegroting en de belangen van de regionale/landelijke volksgezondheid. Veel GGD-en hebben maar zeer beperkte capaciteit aan artsen en verpleegkundigen die deskundig zijn op het gebied van infecties. Zoals gebleken is tijdens de COVID-19 pandemie, kunnen hierdoor problemen ontstaan.

Nieuwe infecties zijn niet altijd opgenomen in de Wet Publieke Gezondheid. Het is daarom goed dat er wekelijks signaleringsoverleg plaatsvindt (253). Soms is er een ongebruikelijke toename van een bijzonder ziektebeeld en moet de overweging worden gemaakt of er een dierlijke oorsprong aan ten grondslag ligt. De overlegstructuur die gemakkelijke uitwisseling van signalen mogelijk maakt, vergroot de kans dat die signalen bijtijds worden opgepikt.

Knelpunten in de samenwerking

Versnippering van ICT-systemen is een belangrijk probleem bij de uitwisseling van gegevens. Doordat huisartsen, ziekenhuizen, andere zorginstellingen, GGD-en, RIVM en andere organisaties met verschillende automatiseringssystemen werken, is het moeilijk om overzicht te krijgen in een regio, laat staan landelijk.

Ook de diagnostiek van infecties bij mensen is versplinterd, waardoor het moeilijk is om binnen een regio of landelijk voldoende overzicht te krijgen. Organisatorische en juridische barrières, onder meer op het gebied van privacywetgeving, bemoeilijken de uitwisseling van gegevens nog verder. Dit blijkt niet alleen tot problemen te leiden in de organisatie van de publieke zorg, maar ook in de acute zorg voor patiënten met infecties, zoals recent gebleken is tijdens de COVID-19 pandemie. Er wordt momenteel gewerkt aan oplossingen om dit laatste probleem aan te pakken (254).

Parallel hieraan zou onderzocht moeten worden welke mogelijkheden er zijn om landelijk geautomatiseerde *real time web-based monitoring* te organiseren waarmee in elke regio een aantal relevante variabelen gemonitord kan worden.

Wanneer blijkt dat er sprake is van een uitbraak, moeten vervolgens ook op individueel niveau gegevens beschikbaar komen. Met een dergelijk systeem zou bijvoorbeeld de Q-koorts uitbraak bij mensen al enkele jaren eerder kunnen zijn ontdekt(255), zeker in combinatie met de signalen die al uit de veterinaire surveillance naar voren waren gekomen.

De uitdaging is om (ook voor mensen) een systeem op te zetten dat sensitief genoeg is om een beginnende zoönose bijtijds te herkennen en niet te vaak leidt tot vals alarm. Er bestaat bovendien een spanningsveld tussen de behoefte aan fijnmazige *real time* uitwisseling van gegevens en de privacy van individuen. Op dit moment is het systeem voor monitoring en surveillance nog niet optimaal. Er bestaat bijvoorbeeld nog geen *real-time web based* rapportagesysteem, noch in de eerste lijn noch in de tweede lijn. Het inrichten van zo'n systeem wordt dringend aanbevolen. Daarbij dient aandacht besteed te worden aan privacy en het voorkómen van administratieve lastenverzwaring.

Technische oplossingen voor het privacyprobleem, zoals federatieve dataverwerking (een aanpak waarbij geen data gedeeld hoeven te worden, maar het onderzoekende algoritme als het ware langs de verschillende datasystemen 'reist'), verdienen nader onderzoek. Uitwisselbaarheid of harmonisatie van data tussen de verschillende instituten moet programmatisch worden ondersteund. De mogelijkheden voor een geïntegreerd informatieplatform met gestandaardiseerde data moeten worden onderzocht. Daarbij dient ook kritisch gekeken te worden naar de beperkingen (praktisch, ethisch, juridisch en maatschappelijk) van zulke oplossingen. Mogelijk dat voortgebouwd kan worden op het werk van VWS met de gegevensuitwisseling bij spoed (254).

Een betere afstemming en geautomatiseerde uitwisseling van gegevens tussen veterinaire en humane circuits kan eveneens de slagvaardigheid bevorderen. Er dient meer en tijdiger informatie uitgewisseld te worden tussen public health sector, gezondheidszorg, veterinaire zorg en monitoring van wilde dieren en vectoren, met name sequentiedata. Het is van belang dat relevante diagnostische data, zoals sequentieanalyses en andere typeringsdata met de relevante metadata, gemakkelijker geautomatiseerd toegankelijk moeten zijn voor veterinaire en humane zorgprofessionals. Nu blijkt het vaak nog lastig te zijn om vast te stellen of een infectie bij mens en dier inderdaad afkomstig is van dezelfde ziekteverwekker en het spoor van besmettingen te volgen naar de bron. Een volgende gewenste stap is de internationale uitwisseling van geanonimiseerde geaggregeerde data, sequenties en monsters, om uitbraakmanagement op Europees niveau en wereldniveau te vergemakkelijken.

14. Respons op een uitbraak van een zoönose

Om een beginnende zoönotische uitbraak zo snel mogelijk onder controle te krijgen, zijn drie dingen cruciaal: betrouwbare actuele informatie, voldoende materialen voor diagnostiek en persoonlijke bescherming en voldoende personele capaciteit. In de huidige situatie in Nederland zijn deze drie randvoorwaarden nog onvoldoende gegarandeerd. Voor het verkrijgen van actuele informatie is het cruciaal dat verschillende instanties gedetailleerde gegevens kunnen delen, zeker bij een beginnende uitbraak. De huidige (interpretatie van) privacywetgeving zoals de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) vormt een belangrijke barrière. De beperkte mogelijkheden tot opschalen van openbare gezondheidszorg en (intensieve) ziekenhuiszorg vormen eveneens een belangrijk knelpunt.

Aanbevelingen:

- **Ontwikkel op grond van bestaande draaiboeken en richtlijnen een omvattend nationaal plan voor paraatheid en respons (Pandemic Preparedness & Response Plan), gebruikmakend van de lessen uit diverse uitbraken en pandemieën het verleden (waaronder COVID-19) en houd daarbij ook rekening met de mogelijkheid dat landbouwhuisdieren, gezelschapsdieren of wilde dieren en eventueel vectoren een rol (blijven) spelen bij de vermeerdering en verspreiding van de ziekteverwekker.**
- Identificeer eventuele zwaktes in de respons aan de veterinaire kant en ontwikkel beleid om bij een actieve verspreiding vanuit dierlijke gastheren snel, adequaat en met zo veel mogelijk aandacht voor dierenwelzijn in te grijpen.
- Organiseer schaalbaarheid, zowel op het gebied van materialen als personeel, bijvoorbeeld door het versterken van de GGD-en en de inzet van andere organisaties.
- Organiseer de snelle uitwisseling van gegevens, ook uit bron- en contractonderzoek, binnen en tussen de veterinaire en humane sectoren (en in eerste-, tweede- en derdelijns zorg). Zoek daarbij naar een aanpak die dataveiligheid en privacy zo goed mogelijk garandeert en past binnen de wettelijke kaders.
- Verricht wetenschappelijk onderzoek naar de effecten van niet-farmaceutische interventies in het intermenselijk contact en in de contacten met dieren. Het betreft primair maatregelen zoals afstand houden, hygiëne-adviezen, gebruik van mondkapjes en andere beschermingsmiddelen (PPE). Ook kan gedacht worden aan algemenere maatregelen zoals transportverboden voor dieren, quarantaine, avondklok, sluiting van scholen, winkels, horeca, etc. Een betere onderbouwing is nodig van deze eerste opties voor een interventie. Datzelfde geldt voor adviezen ten aanzien van vectoren.
- Versterk de coördinatie van de medische sector, zowel internationaal als nationaal en verbeter de afstemming van casusdefinities, preventieve maatregelen en (evaluatie van) behandeling.
- Versterk ook de landelijke en regionale coördinatie van de verdeling van patiënten over ziekenhuisbedden, optimaal gebruik makend van landelijke en internationale IC capaciteit, voortbouwend op wat is gerealiseerd in het kader van COVID-19.
- Bouw voort op eerdere inspanningen op het gebied van community engagement (Hoofdstuk 11) in eenduidige communicatie en samenwerking met stakeholders voor het creëren van draagvlak voor respons-maatregelen en het voorkomen van stigmatisering.
- Investeer in wetenschappelijk onderzoek dat als basis kan dienen voor nuttige toepassingen zoals diagnostiek, vaccins en medische behandelingen voor (zoönotische) infectieziekten met een hoge kans op uitbraken.

14. Respons op een uitbraak van een zoönose

In de vroege fase van een uitbraak veroorzaakt door een zoönotische ziekteverwekker is het van groot belang om over voldoende informatie te beschikken en daar gericht op te reageren om de uitbraak in de kiem te smoren. Net als bij surveillance en monitoring vraagt dit om een soepele samenwerking tussen veterinaire en humane gezondheidssystemen en heldere communicatie met de betrokken groepen burgers. Bestaande structuren bieden een goede uitgangssituatie, die echter nog wel voor verbetering vatbaar is.

Dit hoofdstuk beschrijft wat er dient te gebeuren nadat uit surveillance en monitoring signalen komen van een uitbraak bij mensen van een (zoönotische) infectie. Zo'n uitbraak kan tot stand komen door een groot aantal besmettingen van dier op mens (al dan niet met tussenkomst van een vector), of door besmetting van mens op mens. Een uitbraak van een zoönose die beperkt blijft tot overdracht van dier op mens kan zeker een flinke impact hebben (zie bijvoorbeeld de Q-koorts), maar een infectie die van mens op mens wordt overgedragen kan uitgroeien tot een grotere uitbraak of pandemie. Dan moet de aanpak erop gericht zijn om dit proces in de kiem te smoren. In een vroeg stadium kan het echter nog onduidelijk zijn of een (onbekende) zoönose ook tussen mensen overgedragen wordt. Mede daarom is gedetailleerde informatievoorziening over mens, dier en milieu (One Health) van groot belang.

Dat begint met adequaat (en dus snel en volledig) onderzoek naar de verspreiding. Uit SARS-CoV-2 infecties bij de nertsen bleek dat het op dit moment voor de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) nog niet mogelijk is om alle contacten die geassocieerd zijn met uitbraken *real time* te traceren. Dit kwam bijvoorbeeld omdat de mens zelf ook actief het virus kon vermenigvuldigen en verspreiden en informatie-uitwisseling tussen GGD en NVWA gehinderd werd door privacy regels. Ook was het onduidelijk welke andere diersoorten in contact met de bedrijven de infectie konden verspreiden. Met een basisdraaiboek is vooraf grotendeels duidelijk wat er moet gebeuren en kan ook de financiering (en daarmee de capaciteit) worden gewaarborgd. Bovendien is het dan ook mogelijk om vollediger te zijn en ook minder voor de hand liggende besmettingsroutes direct te onderzoeken. Dat kan later in het proces van grote waarde zijn, als bijvoorbeeld blijkt (zoals bij de nertsen) dat de infectie niet stopt na een eerste interventie. Een draaiboek biedt ook de mogelijkheid om duidelijke afspraken te maken met alle betrokken partijen en juridische zaken zoals privacy goed te regelen.

De omgang met een pandemie van zoönotische origine die Nederland van buiten bereikt, zoals de huidige COVID-19 pandemie, valt grotendeels buiten het bestek van dit advies. Uiteraard is het van ongekend belang om de wereldwijde lessen uit deze pandemie zorgvuldig te analyseren en toe te passen. *Pandemic preparedness*, zowel in termen van draaiboeken en organisaties als in termen van fysieke voorbereidingen, zal hopelijk ook in de komende jaren en decennia hoog op de maatschappelijke agenda blijven staan. Ook is het van belang om, nu bijna iedereen doordrongen is van het belang van infectieziektenbestrijding, actief in te zetten op *community engagement* en het bevorderen van 'zoönosegeletterdheid' (zie ook hoofdstuk 11). Conform de opdracht aan de expertgroep richt dit hoofdstuk zich echter voornamelijk op de omgang met individuele besmettingen en een initiële uitbraak van een zoönose.

Paraatheid: eenheid in draaiboeken

Nederland beschikt nog niet over een overkoepelend nationaal plan voor paraatheid en respons (Pandemic Preparedness & Response Plan). Het uitbraakmanagement had vooral binnen de veiligheidsregio's georganiseerd moeten worden, terwijl op nationaal niveau de Nationaal Coördinator Terrorisme en Veiligheid de regie zou voeren. De praktijk tijdens de COVID-19 pandemie laat zien dat er behoefte is aan nationaal beleid en regie en dat de voorbereidingen, bijvoorbeeld op het gebied van beschermingsmiddelen, tekortschoten.

Een nationaal plan voor paraatheid en respons kan ten dele terugvallen op bestaande draaiboeken en richtlijnen van onder meer de Landelijke Coördinatie Infectieziekten (LCI) van het RIVM. Een inventarisatie van de bestaande draaiboeken en richtlijnen die door publieke en private partijen lokaal, regionaal of landelijk zijn uitgewerkt, is een belangrijke eerste stap, ook om eventuele tegenstrijdigheden bijtijds op te sporen en op te lossen. Het plan dient zich te richten op de volle breedte van uitbraakmanagement, van wetgeving en financiering tot het opzetten van systemen voor vroegdetectie en het beheer van voorraden beschermingsmiddelen.

Vanuit zoönoseperspectief kan nog worden toegevoegd dat COVID-19 zeker niet de enige pandemie is waar lessen uit te leren zijn.

We hebben immers wereldwijd in de afgelopen decennia al heel wat grotere en kleinere uitbraken gehad. Lange tijd was de veronderstelling dat influenza de volgende ernstige pandemie zou worden, waarbij de Spaanse griep van 1918 en de Mexicaanse griep van 2009 als ergste en mildste scenario's werden gehanteerd. Vanuit die gedachte zijn er door VWS, LCI en Centrum Infectieziektebestrijding (CIb) en diverse andere partijen draaiboeken ontwikkeld voor een influenzapandemie. Aangezien influenzavirussen voortdurend aanwezig (enzoötisch) zijn in wilde vogels, pluimvee, varkens en diverse soorten gezelschapsdieren en bovendien zeer frequent nieuwe zoönosen veroorzaken, verdient dit virus nog steeds veel aandacht. Het is echter ook goed mogelijk dat een volgende ernstige zoönotische uitbraak veroorzaakt wordt door een ander (RNA-) virus, zoals de hendra-, nipah- of coronavirussen, of een nog volslagen onbekende Disease X. Door zoveel mogelijk beschikbare kennis te verzamelen, kunnen scenario's worden ontwikkeld die helpen om zo goed mogelijk voorbereid te zijn op een volgende uitbraak.

Onzekerheden verminderen

Het begin van een uitbraak is een belangrijke fase om een dreigende grotere uitbraak of pandemie de kop in te drukken. Dat geldt bij de introductie van een besmetting uit het buitenland, zoals we hebben meegemaakt met SARS-CoV-2 en ook in het (minder waarschijnlijke) geval dat een ernstige zoönotische uitbraak met besmetting van mens op mens in Nederland zou ontstaan. Omdat dit laatste wel van belang is voor dit rapport, wordt dit scenario hier kort geschetst.

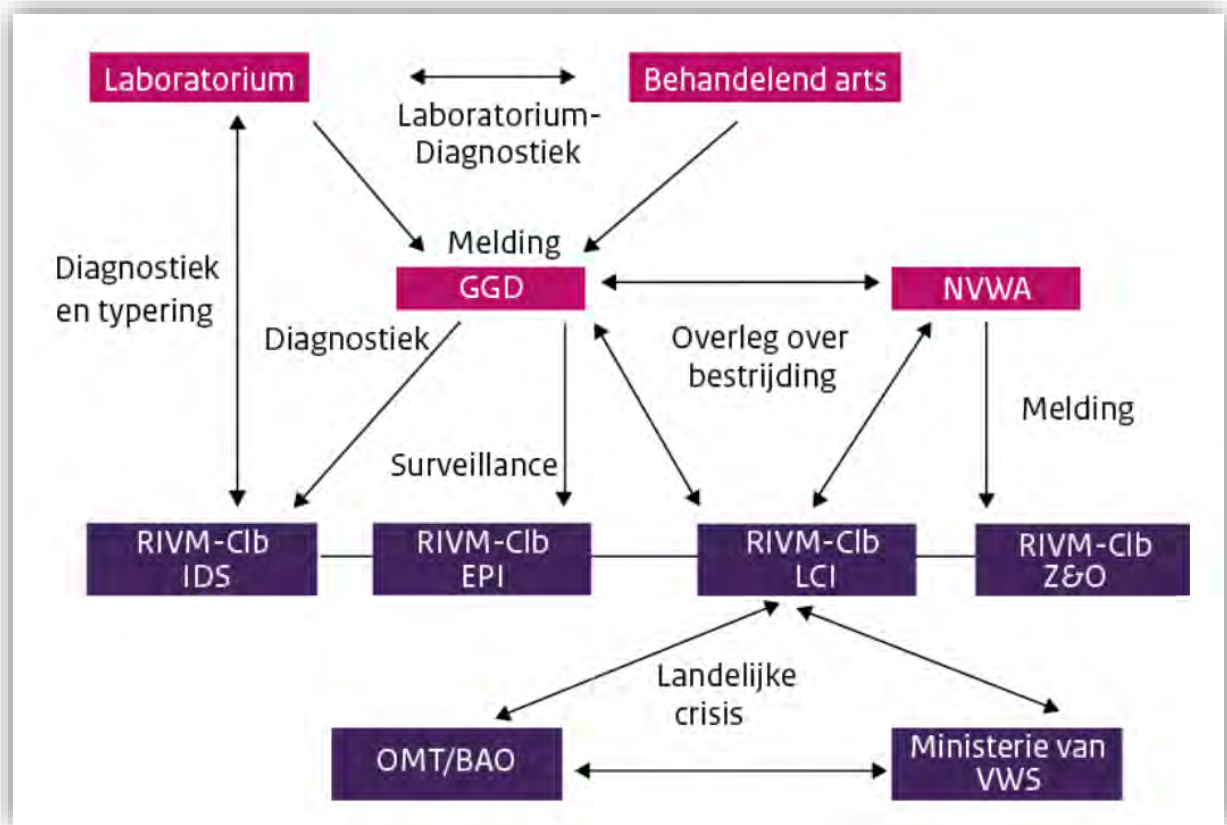
Een zoönose begint meestal als dierziekte. Soms kan een onbekende dierziekte die ineens om zich heen grijpt al voor onzekerheid zorgen. De uitbraak van het Schmallenberg virus bij koeien, schapen en andere herkauwers is hiervan een voorbeeld. Extra alertheid is dan geboden, waarbij de *community* die rechtstreeks met de zieke dieren te maken heeft van meet af aan een belangrijke rol moet hebben. Vertrouwen kan al in het begin van een uitbraak gewonnen of verloren worden. Tot deze community behoren ook de huisartsen en zorgverleners in de regio. Ook zij moeten op de hoogte zijn van de mogelijkheid dat zich een nieuwe nog onbekende infectieziekte aandient. Het Schmallenberg virus bleek uiteindelijk geen direct probleem voor de volksgezondheid te vormen, maar het verdient aanbeveling om in de draaiboeken rekening te houden met de mogelijkheid dat een opkomende dierziekte zich ontwikkelt tot een opkomende zoönose. Het belang van informatievoorziening geldt uiteraard twee kanten op. Als zich een epidemie bij mensen voordoet, moeten ook dierenartsen op de hoogte zijn, met name bij infecties die van mens op dier kunnen overgaan.

Bij besmetting van een of meer individuele mensen met een infectieziekte die afkomstig is van dieren, zal dit via de GGD worden gerapporteerd aan het RIVM. Het 'Vademecum Zoönosen' (246)(2021, zie kadertekst) beschrijft stapsgewijs wat nodig is, zowel aan de kant van de volksgezondheid als de eventuele maatregelen bij dieren, waaronder (zo nodig) ruiming. Het is van belang om de directe omgeving van de besmette persoon te betrekken en open te communiceren over de zekerheden en onzekerheden. In de zorg voor het individu dat besmet is, dient het beloop zorgvuldig gedocumenteerd te worden en ervaringen gedeeld. GGD en RIVM zijn hierbij van cruciaal belang. Ook worden materialen (o.a. bloed, sputum, biopten) bewaard voor evaluatie.

Wanneer sprake is van besmetting met een zeer gevaarlijke ziekteverwekker, of de uitbraak groter wordt, worden de maatregelen verder opgeschaald. Als blijkt dat er besmetting van mens op mens plaatsvindt, is dit ook een belangrijke factor om grootschaliger maatregelen te nemen.

Vademecum Zoönosen

De bestaande Nederlandse structuren die verantwoordelijk zijn voor de surveillance/monitoring en uitbraakmanagement bij zoönosen staan beschreven in het 'Vademecum Zoönosen - Een praktische gids over de melding, signalering en bestrijding van zoönosen in de humane en veterinaire gezondheidszorg' (2021). Deze uitgave, die tot stand is gekomen in samenwerking met RIVM en NVWA, toont de huidige basis voor een respons op een zoönotische uitbraak (zie onderstaande figuur). Op papier ziet het er allemaal helder uit, maar zoals gedurende de COVID-19 pandemie is gebleken is de praktijk vaak weerbarstiger.



Figuur 14.1: Melding van infectieziekten in de humane gezondheidszorg (246)

De lokale/regionale aanpak per GGD biedt 'in vreedstijd' het voordeel dat de lijnen kort zijn, mits de GGD voldoende slagkracht en ICT-capaciteit heeft om die taken aan te kunnen. Doordat de financiering van de GGD-en via de gemeenten verloopt, kan een spanningsveld ontstaan tussen lokale afwegingen in de gemeentebegroting en de (regionale of landelijke) volksgezondheid.

Informatieverzameling, communicatie, maatregelen

Bij de eerste tekenen van een zoonose is het essentieel dat er snel gereageerd wordt. In het vroege stadium van een uitbraak is het immers nog mogelijk om deze in de kiem te smoren en verergering te vermijden. Verschillende trajecten moeten gelijktijdig in gang worden gezet: het verzamelen van gedetailleerde informatie, heldere communicatie (tweerichtingsverkeer) en het nemen van maatregelen om verdere verspreiding tegen te gaan.

Deze drie sporen versterken elkaar. Elke keer als er meer duidelijkheid komt over de ziekteverwekker, de mogelijkheden van overdracht van mens op mens en de routes waarlangs dit gebeurt, wordt hierover gecommuniceerd en kunnen de maatregelen verfijnd en aangescherpt worden. 'Het nemen van maatregelen' betekent bij voorkeur een gezamenlijke geïnformeerde inspanning en niet alleen een top-down aangelegenheid - ook al is zeker in de beginfase soms enige top-down doorzettingsmacht nodig om bijtijds effect te sorteren.

Maatregelen bij gehouden dieren

Wanneer gehouden dieren een actieve bron van infectie vormen, moeten er maatregelen genomen worden om verspreiding te voorkomen. Afhankelijk van de diersoort en de ziekteverwekker zijn daarbij verschillende maatregelen denkbaar: transportverbod, verscherpte hygiënemaatregelen, ophokplicht, etc. Wanneer de ernst en impact van een dierziekte dit rechtvaardigen, kan in uiterste instantie worden overgegaan tot ruiming van (gezonde) gehouden dieren. Vanuit het oogpunt van preventie (bij de mens) is dit een zeer effectieve maatregel, maar hij is ook ingrijpend en aangrijpend en ethisch omstreden. Bij deze moeilijke afweging spelen vaak economische argumenten een rol (risico voor de rest van de veestapel bij een dierziekte; eerdere toestemming voor hervatten van de internationale handel), maar bij een zoonose staat als het goed is de

volksgezondheid centraal, zoals het geval was bij de nertsen in de COVID-19 pandemie. Zodra de infectie was aangetoond, is direct onderzoek gestart om het risico van infecties van nertsen op direct en indirect blootgestelde mensen vast te stellen(26,96). Op grond van deze risico-analyse heeft het Outbreak Management Team (OMT) geadviseerd besmette bedrijven te ruimen om te voorkomen dat zich een reservoir met SARS-CoV-2 in de nertsenhouderij zou gaan vormen.

Bij belangrijke dierziekten, zoals varkenspest en mond-en-klauwzeer, is het ruimen van besmette bedrijven een verplichting die volgt uit de EU regelgeving en de verdragen met de Internationale organisatie voor diergezondheid OIE. Dat geldt ook voor vogelgriep veroorzaakt door de subtypes H5 en H7. In het verleden bleek het in Nederland niet mogelijk uitbraken van klassieke varkenspest (1997)(112) (256) en hoogpathogene H7N7 vogelgriep (2003)(91) snel te stoppen door het ruimen van besmette bedrijven. Door de hoge dichtheid van bedrijven was bij ruiming van een besmet bedrijf de infectie vaak al overgebracht naar een nabijgelegen bedrijf. Daarom was bij varkenspest en vogelgriep preventief ruimen van bedrijven in de omgeving noodzakelijk om de verspreiding te stoppen, terwijl bij mond-en-klauwzeer vaccinatie werd ingezet, waarna vanwege regelgeving uiteindelijk alle gevaccineerde dieren toch zijn geruimd. Ook meer recent, bij de uitbraken van SARS-CoV-2 in nertsen, bleek het ruimen van alleen besmette bedrijven onvoldoende om de verspreiding van het virus tussen nertsbedrijven in zuidoost Nederland te stoppen(96).

Preventief ruimen is een noodmaatregel die ethisch omstreden is en bovendien niet altijd effectief. Bij een grote uitbraak zoals indertijd de vogelgriep legt preventief ruimen zo'n groot beslag op de bestrijdingscapaciteit, dat het moeilijk was om bedrijven tijdig te ruimen en zo de infectiebron weg te nemen. Er is sinds 2003 veel geïnvesteerd in het ontwikkelen van een effectieve dierziekte crisisorganisatie, de bestrijdingscapaciteit en de effectiviteit van het ruimen van besmette bedrijven is verbeterd. De bestrijding van hoogpathogene vogelgriep in de afgelopen jaren is dan ook succesvol geweest. Hoewel Nederland sinds 2014 regelmatig geconfronteerd is met introducties van dit influenzavirus in pluimveebedrijven vanuit wilde watervogels, leidt dit maar zelden tot verspreiding naar andere pluimveebedrijven(257). Dit is gedeeltelijk terug te voeren op de verbeterde detectie en bestrijdingscapaciteit, al spelen ook andere factoren een rol. Genoemde uitbraken kwamen vooral voor in gebieden met relatief weinig pluimveebedrijven, waardoor het bestrijdingsapparaat minder onder druk kwam te staan door het preventief ruimen van bedrijven in de buurt zoals in 2003.

Er vindt overigens al geruime tijd discussie plaats over het preventief ruimen van dieren op bedrijven waar de ziekte niet is vastgesteld. De noodzaak tot preventief ruimen van veehouderijen is vaak een teken dat de dichtheid van bedrijven in een regio te hoog is vanuit het perspectief van dierziekten- en zoönosepreventie. Beter is het dan ook om voordat zich een uitbraak van een dierziekte of zoönose voordoet, te werken aan een dusdanige reductie van het aantal bedrijven per vierkante kilometer dat uitgebreide verspreiding van de infectie voorkomen kan worden zonder bedrijven preventief te ruimen.

Bij gezelschapsdieren heeft zich gelukkig nog nooit de situatie voorgedaan dat drastische maatregelen nodig waren om een zoönose te beperken. Gezien de bevinding dat honden en katten in gezinnen met COVID-19 besmet kunnen zijn met SARS-CoV-2, is het verstandig om dit scenario wel grondig door te denken en daar draaiboeken voor te ontwikkelen. Het is zeker niet ondenkbaar dat gezelschapsdieren bij toekomstige uitbraken met bekende of onbekende ('Disease X') ziekteverwekkers een substantiële rol spelen in de epidemiologie.

Diagnostiek en afstemming

Om de bovengenoemde onzekerheden zo snel mogelijk te reduceren, is het verzamelen van gerichte en gedetailleerde informatie van vitaal belang. De diagnostiek dient gericht te zijn op het in kaart brengen van het klinische beeld en de ziekteverwekker, zodat zo snel mogelijk helder gedefinieerd kan worden wie ziek is en wie niet (casusdefinitie). COVID-19 heeft laten zien dat de hedendaagse technologie daarbij zeer behulpzaam kan zijn. Een snelle beschikbaarheid van de sequentie (DNA- of RNA- volgorde) van de ziekteverwekker is van vitaal belang voor diagnostiek, basaal inzicht in het moleculaire gedrag van de ziekteverwekker en de ontwikkeling van therapieën en vaccins. Bij SARS-CoV-2 was deze sequentie binnen twee weken na de eerste officiële melding internationaal bekend.

Voor inzicht in het opkomen van de zoönose en de overstap van dier naar mens is het van groot belang om ook materiaal van besmette dieren te onderzoeken en bewaren. Dit vraagt om goede afstemming tussen de (humane) gezondheidszorg en de veterinaire sector in de bestaande zoönosestructuur.

Wanneer nog steeds actieve besmetting van mensen door dieren plaatsvindt, is dit uiteraard nog belangrijker. Wanneer het gaat om een reeds bekende ziekteverwekker, kan de beschikbare kennis direct worden ingezet bij de verdere aanpak. Patiënten kunnen beter worden behandeld en preventieve maatregelen effectiever ingezet. Bij een ziekteverwekker die nog niet eerder bij mensen een infectie heeft veroorzaakt, is het des te belangrijker om het klinische beeld van alle patiënten zorgvuldig volgens gestandaardiseerde vragenlijsten vast te leggen en extra materiaal (o.a. bloed, sputum, swabs) te verzamelen voor onderzoek.

Bron en contactonderzoek

Net zo belangrijk als deze biologische informatie is de beschikbaarheid van praktische en sociale informatie uit gedegen bron- en contactonderzoek. Alle mensen en dieren die met het besmette individu in contact zijn geweest, moeten worden benaderd en onderzocht. Dit vraagt om samenhangend onderzoek door zowel de veterinaire autoriteiten (NVWA) als de humane openbare gezondheidszorg (GGD). Bij sommige ziekteverwekkers is ook onderzoek van de leefomgeving (bijv. stof, zwembadwater) en/of vectoren van belang. Hoe vollediger deze informatie, des te groter is de kans dat de uitbraak volledig tot staan kan worden gebracht door de isolatie van de bron en alle geïnfecteerde individuen en quarantaine van de contacten. Als de uitbraak zich onverhoopt toch uitbreidt, is al deze informatie van belang om te begrijpen hoe de ziekteverwekker wordt overgedragen en de maatregelen daarop af te stemmen. Welke stappen precies noodzakelijk zijn, wordt ad hoc vastgesteld in het overleg tussen RIVM en de betrokken GGD-en.

De bovengenoemde gegevens over mensen en dieren zijn niet alleen nodig voor de optimale zorg en andere maatregelen in individuele gevallen, maar moeten ook beschikbaar zijn in het kader van uitbraakmanagement. Toegang tot deze data is echter vaak beperkt door (de interpretatie van) privacywetgeving, met name de AVG (zie ook hoofdstuk 14). Het is van groot belang dat er technische en/of juridische oplossingen worden gevonden om dit probleem te ondervangen op een manier die optimale privacy combineert met de noodzakelijke, snelle beschikbaarheid van relevante data.

Communicatie

Voor de effectieve aanpak van een uitbraak is communicatie langs verschillende lijnen nodig. Organisatiestructuur en ondersteunende ICT moeten soepele communicatie mogelijk maken tussen professionals die betrokken zijn bij de veterinaire en humane zorg, openbare gezondheidszorg en openbaar bestuur. Communicatie in deze context betekent het uitwisselen van feitelijke gegevens (zie boven) en het coördineren van de respons.

Van een andere aard maar van even groot belang is de communicatie met de diverse betrokken *communities*: de gemeenschappen waarin eerste ziektegevallen zich hebben voorgedaan, de mensen die in contact staan met de betrokken dieren, verschillende professionele groepen die een verhoogd risico lopen, patiëntengroepen, kwetsbare groepen in de samenleving (zie ook H11). In hoofdstuk 11 wordt nader ingegaan op de vraag, hoe gelijkwaardig engagement kan worden opgebouwd, waarin ervaringskennis en wetenschappelijke kennis worden gedeeld en afwegingen gezamenlijk worden gemaakt. Zoals daarop beschreven wordt, kost zo'n proces altijd tijd. Een crisis is geen ideale start voor *community engagement*, dus idealiter is dit proces al in gang gezet. Maar ook al is dat niet zo, dan nog biedt transparante, feitelijke en wederkerige communicatie de beste garantie dat er voldoende maatschappelijk draagvlak bestaat voor alle maatregelen. Het betekent ook dat de bestuurders beter op de hoogte zijn van de impact van die maatregelen.

Snel opschalen diagnostiek en zorg

Zonder effectieve maatregelen kan een uitbraak zich exponentieel uitbreiden: in versneld tempo meer besmettingen, in een groter gebied, met meer mogelijke nieuwe besmettingen. Om deze groei af te remmen en de uitbraak te stoppen moeten alle voorzieningen even snel mee kunnen groeien. Voorraden PPE, diagnostische capaciteit, ziekenhuisbedden - zelfs zoiets triviaals als een tekort aan wattenstaafjes kan effectieve uitbraakmanagement in de weg staan. In het kader van *pandemic preparedness* dient zeker uitbreider nagedacht worden over schaalbaarheid en hoe dit duurzaam te organiseren.

Onze samenlevingen zijn zeer effectief in het ontwikkelen van technologische en andere oplossingen, zoals blijkt uit de supersnelle ontwikkeling van PCR-diagnostiek en vaccins tijdens de COVID-19 pandemie. Het verdient aanbeveling om het wetenschappelijke onderzoek waar deze ontwikkelingen uit zijn voortgekomen verder te versterken en ook op zoek te gaan naar het vullen van gebleken kennishiaten, bijvoorbeeld ook op het terrein van de sociale wetenschappen.

15. Maatschappelijke en juridische aspecten

Om de samenleving goed te beschermen tegen zoönotische uitbraken is het van belang dat een maatschappelijk debat plaatsvindt over manieren om de belangrijkste waarden in tijden van crisis tegen elkaar af te wegen. Dat kan betekenen dat bestaande gewoonten of zelfs wetten worden aangepast in een zorgvuldig democratisch proces. Dat kan bijvoorbeeld gelden voor publiek-private samenwerking, de rol van de dierenarts, de financiering van de openbare gezondheidszorg en onderzoek en de rol van de huisarts daarin, afspraken op het gebied van marktwerking en de manier waarop de privacy van het individu bewaakt wordt.

Aanbevelingen:

- **Onderzoek (mede aan de hand van evaluaties van de COVID-19 pandemie) welke praktische beperkingen in de surveillance en uitbraakmanagement ontstaan door privacywetgeving (AVG e.a.) en ontwikkel breed gedragen oplossingen, voortbouwend op de oplossingen die in de pandemie ontwikkeld zijn.**
- **Inventariseer de belangrijkste juridische knelpunten in de gegevensuitwisseling tussen veterinaire en humane gezondheidszorg (Wet Dieren, Wet Publieke Gezondheid, AVG) en werk in de komende jaren toe naar een verdere harmonisatie tussen de genoemde wetten. Overweeg op termijn de invoering van een overkoepelende 'One Health' wet.**
- Onderzoek waar de huidige financiering van diergeneeskunde en (openbare) gezondheidszorg inclusief de eerstelijnszorg een barrière vormt voor paraatheid, surveillance, een effectieve respons en onderzoek en zoek oplossingen die maatschappelijk aanvaardbaar zijn.
- Versterk de rol van de (eerstelijns) dierenarts bij de preventie en detectie van zoönosen door de bijbehorende taken explicieter onderdeel te laten uitmaken van het veterinaire kwaliteitssysteem.
- Versterk de rol van de huisarts in de openbare gezondheidszorg door financiële en andere barrières weg te nemen.
- Verbeter vanuit een One Health benadering de communicatie tussen huisarts en dierenarts en neem eventuele barrières weg.
- Vergroot de publieke financiering voor innovatief onderzoek zonder verplichte matching van middelen of personele inzet door private partijen.

15. Maatschappelijke en juridische aspecten

Om de risico's op toekomstige zoönotische uitbraken te verkleinen zijn in de voorgaande hoofdstukken mogelijke initiatieven en maatregelen beschreven. Sommige daarvan kunnen (bij beschikbare middelen) direct worden ingezet, bij andere zal eerst een afweging gemaakt moeten worden op grond van ethische, juridische en sociale implicaties. Een kritische kijk op gewoonten, regels en wetten op het gebied van privacy, marktwerking en publiek-private samenwerking.

Een (dreigende) pandemie betekent op verschillende manieren een uitdaging voor onze samenleving en de onderliggende waarden, wetten en gewoonten. De vanzelfsprekende voorrang die we gewend zijn te geven aan individuele vrijheid en zelfbeschikking, privacy, ondernemerschap en andere belangrijke westerse waarden kan ter discussie komen te staan. In 2019 had niemand kunnen voorzien dat we ooit collectief zouden streven naar anderhalve meter afstand, elkaar geen hand meer zouden geven en de wettelijke plicht accepteren om in gesloten ruimten een mondkapje te dragen. Tegelijkertijd blijkt ook dat dit soort maatregelen op weerstand stuiten. En dat is alleszins begrijpelijk; het gaat immers zoals gezegd om belangrijke waarden in onze samenleving.

Wetenschappelijk onderzoek zal nooit het definitieve antwoord bieden op vragen rond normen en waarden¹⁵. Soms zijn er wel enkele kennisvragen die eerst beantwoord moeten worden om een inschatting te maken van de aard en omvang van een probleem. In uiterste instantie gaat het bij ethische, juridische en sociale implicaties om een debat over waarden, gevolgd door een weging. Dat debat en die weging bevinden zich buiten de scope van dit advies. Wel kunnen hier de belangrijkste dilemma's expliciet worden gemaakt. Ook is duidelijk dat het aanbeveling verdient om het debat over deze dilemma's in alle rust te voeren en niet pas tijdens een (volgende) ernstige uitbraak of pandemie.¹⁶

In dit hoofdstuk komen enkele zaken aan de orde die op gespannen voet kunnen staan met effectieve preventie, vroegdetectie en uitbraakmanagement van een zoönose. Sommige worden al zijdelings benoemd in andere hoofdstukken. Het gaat om de volgende onderwerpen: privacy, ondernemerschap, verhouding tussen publiek en privaat en de positie van de dierenarts en de rol van de huisarts in openbare gezondheid. Verwante thema's, zoals vertrouwen en maatschappelijke tegenstellingen zijn in het vorige hoofdstuk besproken.

Privacy

In een samenleving die in toenemende mate gedigitaliseerd is, is bescherming van persoonsgegevens van groot belang om de persoonlijke levenssfeer van mensen te beschermen. Niet alle gegevens over een individu wegen daarbij even zwaar, maar medische gegevens en data over locatie (waar we ons bevinden in de tijd) gelden als bijzonder privacygevoelig. Binnen de Europese Unie geldt sinds mei 2016 de *General Data Protection Regulation (GDPR)*, in Nederland bekend als de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG).

De AVG geldt als een vrij strikte regeling, die met name aan het delen van zorggegevens belangrijke beperkingen oplegt. In gesprekken met diverse deskundigen bleek dat de AVG vaak als struikelblok wordt gezien bij het wetenschappelijk onderzoek en het organiseren van adequate surveillance, monitoring en uitbraakmanagement. Beheerders van datasystemen zijn sinds de introductie van de AVG extra voorzichtig als het gaat om het delen van data die te herleiden zijn tot individuen. Dat is begrijpelijk en tot op grote hoogte prijzenswaardig, maar het belang van privacy is niet absoluut. Er kunnen andere waarden en belangen gediend zijn met toegang tot persoonsgegevens, bijvoorbeeld het recht op gezondheid en het recht op leven in de context van een potentieel dodelijke infectieziekte. Om artikel 4 van de AVG te citeren: 'De verwerking van persoonsgegevens moet ten dienste van de mens staan. Het recht op bescherming van persoonsgegevens heeft geen absolute gelding, maar moet worden beschouwd in relatie tot de functie ervan in de samenleving en moet conform het evenredigheidsbeginsel tegen andere grondrechten worden afgewogen.'

¹⁵ Zoals Amerikaanse jurist prof. Eric Freyfogle schrijft (Our Oldest Task: Making sense of our place in nature; University of Chicago Press, Chicago, 2017, p. 9): 'There is the ... tendency to turn to science and scientists to pass authoritative judgment on allegations of grave problems when this kind of assessment requires the use of normative standards—standards of goodness and morality—which science as such does not possess and cannot generate.'

¹⁶ Zoals ook blijkt uit de evaluatie van de International Health Regulations (IHR, zie hoofdstuk 15) hebben veel landen net als Nederland tijdens de COVID-19 pandemie ad hoc noodwetgeving moeten invoeren.

In de praktijk gebeurt dit ook. Er worden afwegingen gemaakt en er zijn essentiële data gedeeld. Tijdens de coronapandemie bleek het maken van alle afwegingen echter kostbare tijd te kosten. Het verdient daarom aanbeveling om, ook in het kader van paraatheid (*pandemic preparedness*) een zo nauwkeurig mogelijke inventarisatie te maken welke data die onder AVG bescherming vallen nodig zijn voor effectieve monitoring, surveillance en uitbraakmanagement. Vervolgens kan voor deze data worden gezocht naar juridische en technische mogelijkheden om deze te gebruiken. Vaak zal het genoeg zijn om hierover zorgvuldige afspraken te maken, in sommige gevallen is wellicht een wetswijziging nodig, bijvoorbeeld een aanvulling op de Wet Publieke Gezondheid. Uiteraard blijft het daarbij van groot belang om de persoonlijke levenssfeer optimaal te respecteren en daar ook de nodige voorzieningen voor te treffen in termen van ICT en organisatie.

Dierenwet en zoönosen

De Wet Dieren die dit jaar in werking is getreden, biedt een integraal kader voor de regels over gehouden dieren en daaraan verwante onderwerpen. De wet is op verschillende manieren relevant voor zoönosepreventie. Zo wordt de zorgplicht voor dieren erin vastgelegd, wat aanknopingspunten biedt voor een strikter beleid rond het houden van exotische dieren in situaties waarin de eigenaar onvoldoende kennis heeft over het gedrag en de behoeften van het dier om aan deze zorgplicht te voldoen. Ook het veterinaire gedeelte van de zoönosenstructuur wordt geregeld vanuit de Wet Dieren, zoals de Wet Publieke Gezondheid het humane gedeelte regelt. Uit gesprekken met professionals die in de praktijk met beide wetten moeten werken, bleek dat deze wetten in hun huidige vorm optimale gegevensuitwisseling tussen veterinaire en humane gezondheidszorg in de weg staan.

Vanuit een One Health perspectief is het dus wenselijk dat beide wetten beter op elkaar worden afgestemd. Op termijn kan zelfs overwogen worden om een speciale One Health wet in te stellen die het gemakkelijker maakt om de gezondheid van mens, dier en milieu in hun onderlinge samenhang te bevorderen.

Ondernemerschap en marktwerking

In de afgelopen decennia zijn ondernemerschap en marktwerking centrale begrippen geweest in het beleid van de Nederlandse overheid. Marktwerking was beter dan de overheid in staat om bijvoorbeeld de opkomende markt van mobiele telefonie te bedienen. Bij marktwerking ligt het initiatief bij de ondernemer: iemand die een eigen visie volgt, kijkt welke kansen de markt biedt en die risico's durft te nemen. Anno 2021 is echter ook gebleken dat marktmechanismen niet altijd tot de beste oplossingen leiden. De markt is goed in het creëren van efficiëntie, maar is bijvoorbeeld op het gebied van gezondheid niet het beste instrument voor het organiseren van veiligheid, kwaliteit, toegang tot zorg en preventie.

Het terugdringen van de kans op zoönotische uitbraken is allereerst een taak voor de overheid, die het recht op leven en gezondheid van haar burgers dient te beschermen. Er zijn belangrijke taken weggelegd voor markt en ondernemer, van het ontwikkelen van effectieve testsystemen tot en met geneesmiddelen en vaccins. Maar soms is regelgeving nodig die interfereert met de markt, zoals we dat bijvoorbeeld in Nederland al gewend zijn om toegang tot zorg en zorgkwaliteit te garanderen. De balans tussen overheid, markt en maatschappij is bij uitstek een politiek thema; het is echter wel een thema met grote relevantie voor de preventie van zoönotische uitbraken, vandaar dat het hier expliciet benoemd wordt.

Publiek en privaat

Enigszins in het verlengde van de centrale positie van ondernemers en de markt is in de afgelopen jaren ook een automatisme ontstaan waarbij 'publiek private samenwerking' altijd als beter gezien wordt dan publieke inspanningen alleen. Ook hier geldt dat een bruikbaar concept te breed lijkt te worden toegepast.

Wetenschappelijk onderzoek bijvoorbeeld wordt soms teveel in het keurslijf van marktpartijen gedwongen, waardoor de bron van werkelijke innovatie kan opdrogen. Marktpartijen zijn immers meer geïnteresseerd in toepasbare kennis en producten dan in de fundamentele inzichten die eraan ten grondslag liggen. En net zoals publieke gezondheid geen markt is, zo is het ook niet vanzelfsprekend het terrein voor private initiatieven. In elk geval berust de primaire verantwoordelijkheid voor publieke gezondheid bij de overheid.

De basisstructuur die nodig is voor de preventie, vroegdetectie en het management van een zoönotische uitbraak zou dus idealiter geheel onder verantwoordelijkheid van de overheid moeten vallen. In de praktijk is dit nu in Nederland niet het geval. De diergeneeskunde en de microbiologische diagnostiek bij dier en mens zijn grotendeels in handen van commerciële partijen. Ook heeft Nederland gekozen voor een marktmodel in de gezondheidszorg, waarbij ziekenhuizen en andere zorgaanbieders private partijen zijn. Kortom, er bestaat grote verwevenheid tussen publieke en private partijen, met mogelijke consequenties voor de prioritering en de

slagkracht van het systeem als geheel. Deze situatie zal niet snel veranderen, maar het is wel van belang om de knelpunten die deze verwevenheid oplevert (zie de voorafgaande hoofdstukken en de voorbeelden hierna) te inventariseren en daar vanuit de overheid maatregelen voor te treffen in de vorm van bindende afspraken, regels en wellicht zelfs wetgeving.

Dierenartsen en hun rol bij zoönosen

Ook in de diergeneeskunde is het marktdenken sterk aanwezig. De eerstelijnszorg voor landbouwhuisdieren is gebaseerd op marktwerking, waarbij de beloningsstructuur niet is ingericht op het maatschappelijke belang. Het is immers de veehouder die de dierenarts betaalt. De meeste dierenartsen zullen desondanks het maatschappelijk belang dienen, maar dit is wel een punt van aandacht. Er bestaat weliswaar een kwaliteitssysteem ('De geborgde dierenarts'), maar verschillen van mening in de beroepsgroep rond de eigen verantwoordelijkheid van de professional beperken de effectiviteit van het systeem en maken het te vrijblijvend. Zo bestaat er bijvoorbeeld geen verplichte nascholing voor dierenartsen. Periodieke nascholing op het gebied van zoönosen zou door alle dierenartsen gevolgd moeten worden.

Daar komt bij dat door schaalvergroting en ketenvorming de aanvragen voor aanvullende diagnostiek minder vanzelfsprekend bij de Gezondheidsdienst voor Dieren terecht komen - men gaat het zelf doen of sluit lucratieve contracten af met andere laboratoria. Dit mondt gemakkelijk uit in een systeem waar het zicht op de diergezondheid verslechtert en daarmee ook het zicht op zoönosen. Het ontstaan van deze situatie is mede het gevolg van de terugtrekkende overheid, die in de jaren '90 van de vorige eeuw steeds meer aan de markt heeft overgelaten. Daardoor kunnen nieuwe risico's voor de volksgezondheid ontstaan, vooral wanneer er nog geen wettelijk kader bestaat zoals in de afgelopen jaren bij antibioticaresistentie, Q-koorts en varkensinfluenza.

Momenteel zijn er peilpraktijken voor pluimvee en is er een Online Monitor Varken waarin alle informatie van de maandelijkse bedrijfsbezoeken door dierenartsen centraal wordt vastgelegd. Er moet echter wel voldoende aandacht en financiering blijven om deze gegevensuitwisseling ook in de toekomst mogelijk te maken.

Het is belangrijk dat de overheid haar visie op de diergeneeskunde herzielt, mede vanuit het besef dat er een nauwe relatie bestaat tussen diergezondheid en volksgezondheid. De maatschappelijke rol van de dierenarts dient dan ook versterkt te worden. Een evaluatie van de Wet Uitoefening Diergeneeskunde biedt hiervoor concrete aanknopingspunten.

Huisartsen, zoönosen en publieke gezondheid

De eerstelijnszorg neemt binnen de Nederlandse gezondheidszorg een centrale plaats in. Doordat mensen laagdrempelig en zonder kosten toegang hebben, vervullen huisartsenpraktijken een belangrijke rol bij de preventie en het signaleren van (volks)gezondheidsproblemen. Dat geldt uiteraard ook op het gebied van zoönosen en andere infecties, zowel in het voorkomen van ziekte, aan het begin van een uitbraak als bij eventuele late of chronische gevolgen van een infectie. In de terminologie van dit rapport zou de huisarts ook kunnen bijdragen aan een systeem van vroegtijdige detectie (*early warning* systeem) en aan zoönosegeletterdheid. Er bestaan in het huidige systeem echter enkele barrières die het moeilijk maken om deze signaalfunctie daadwerkelijk in te zetten voor effectievere surveillance- en uitbraakmanagement:

- **Financiering:** huisartsen worden vrijwel niet betaald voor hun bijdragen aan de publieke gezondheid (met uitzondering van een bijdrage aan de griepvaccinatie en het bevolkingsonderzoek baarmoederhalskanker). Gegeven de hoge werkdruk in de eerste lijn hebben zij weinig ruimte om (gratis) meer te doen. Voor microbiologische diagnostiek en ander laboratoriumonderzoek moet de patiënt (uit eigen risico) of de zorgverzekeraar betalen, zodat ook daar een financiële drempel ligt.
- **Automatisering:** hoewel er de afgelopen jaren al wel vooruitgang is geboekt, verloopt de data-uitwisseling tussen de diverse systemen in de eerste lijn, de tweede lijn en de GGD-en vaak moeizaam en stroef.
- **Kennis:** als huisartsen de ogen en oren van de maatschappij moeten zijn, moeten zij wel weten waar ze naar moeten kijken en luisteren. Goede nascholing op het gebied van zoönosen (inclusief zoönosen uit het buitenland) zou liefst kosteloos aangeboden moeten worden aan huisartsen.
- **Overzicht:** door de organisatie van de huisartsenzorg (groepspraktijken, gecentraliseerde avond- en weekenddiensten), heeft de individuele huisarts niet altijd overzicht over patronen van klachten in haar of zijn patiëntenpopulatie, bijvoorbeeld een toename van het aantal mensen met luchtwegklachten. Daar zouden oplossingen voor gevonden moeten worden, bijvoorbeeld via het huisartsinformatiesysteem.

- One Health: een betere samenwerking tussen huisartsen en (veterinaire) diergeneeskundige praktijken kan bijdragen aan algemene en actuele kennis over zoönosen in de omgeving van de praktijk. Dit punt geldt met name in gebieden met veel veehouderijen.

Niet elke huisarts zal evenveel interesse hebben voor (zoönotische) infectieziekten. Ook zal niet elke huisarts even vaak geconfronteerd worden met zoönosen. Het is echter wel van groot belang om huisartsen te betrekken bij de inspanningen die nodig zijn om beter voorbereid te zijn op een zoönotische uitbraak. Wanneer het onderwerp duidelijker op de agenda staat en er ook financiering beschikbaar is, zijn huisartsen uitstekend in staat om oplossingen te organiseren, samen met lokale collega's en hun praktijkondersteuners.

16. Internationale afstemming

De preventie, vroegdetectie en aanpak van zoönosen is niet alleen een landelijke, maar vooral ook een internationale aangelegenheid. Ook hier staat de One Health benadering centraal, door de tripartite samenwerking tussen de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) en de Wereldorganisatie voor diergezondheid (OIE), waarbij ook het VN-Milieuprogramma (UNEP) zich heeft aangesloten. Ook in Europees verband, bijvoorbeeld in de 'Farm to Fork Strategy' van de Europese Unie, is een dergelijke brede benadering leidend.

De evaluatie van de COVID-19 pandemie door de International Health Regulations (IHR) van de WHO en door de Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response (IPPR) leverde waardevolle en bruikbare conclusies op, ook voor Nederland. Zo is het van groot belang dat landen zich beter voorbereiden op een mogelijke uitbraak en ook de wetgeving dienaangaande op orde hebben, zodat noodwetgeving niet nodig is. Nederland dient in een internationale context initiatieven te nemen die het wereldwijde zoönoserisico terugdringen. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan maatregelen op het gebied van internationale handel in dieren (reductie van veetransporten en van de handel in exotische dieren), het terugdringen van markten met levende dieren en het bevorderen van diagnostisch en wetenschappelijk onderzoek in veilige laboratoria.

Aanbevelingen

- **Maak preventie en paraatheid op het gebied van zoönosen een speerpunt van de internationale samenwerking waarin Nederland het voortouw neemt op die terreinen waar ons land specifieke kennis en expertise heeft, om internationaal het zoönoserisico te reduceren;**
- **Zorg dat Nederland tijdig inspeelt op internationale ontwikkelingen samenhangend met de recente WHO International Health Regulations (IHR) evaluatie van de COVID-19 pandemie, het recente rapport van de Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response (IPPR) en de totstandkoming van een internationale "Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness".**
- **Besteed in internationale afspraken (IHR, Pandemic Prevention and Preparedness verdrag) aandacht aan het belang van snelle uitwisseling van monsters en sequenties op een manier die recht doet aan de geest van het Nagoya verdrag, maar ook voorkomt dat de volksgezondheid van een land lijdt onder politieke of economische afwegingen.**

16. Internationale afstemming

Infectieziekten trekken zich niets van landsgrenzen aan, dus de preventie van een zoönotische uitbraak vraagt om internationale afstemming. Datzelfde geldt nog sterker wanneer zo'n uitbraak begonnen lijkt te zijn of zelfs al bewezen is. Voor Nederland is een samenhangende internationale aanpak extra belangrijk vanwege onze positie als export- en doorvoerland. Ons land heeft veel kennis en expertise, zodat we op onze beurt onze buitenlandse partners iets te bieden hebben.

In dit rapport ligt een relatief sterke nadruk op de mogelijkheid dat een zoönotische uitbraak bij mensen zou ontstaan binnen de grenzen van Nederland. Dat is nodig, want voor de preventie, detectie en aanpak van zo'n uitbraak is Nederland primair verantwoordelijk. Het is echter ook belangrijk om in het oog te houden dat het overgrote deel van alle mensen en dieren buiten Nederland leeft. De kans dat de volgende zoönotische pandemie buiten Nederland ontstaat, is daardoor aanzienlijk groter dan de kans dat dit binnen onze landsgrenzen gebeurt.

Zoals ook gebleken is tijdens de COVID-19 pandemie, is ons land om verschillende redenen kwetsbaar voor een epidemie of pandemie. We hebben een open samenleving in een dichtbevolkt land, reizen relatief veel en zijn een knooppunt voor de internationale handel. Nederland heeft dus belang bij sterke gecoördineerde internationale inspanningen voor de preventie van nieuwe infecties. En aangezien de kans groot is dat de volgende opkomende infectie een zoönose is, geldt dit ook voor de internationale preventie, vroegdetectie en (vroege) aanpak van zoönosen.

One Health

Preventie en vroege detectie van zoönosen en andere infectieziekten staan al jaren hoog op de agenda van internationale organisaties. Voor de zoönosen wordt daarbij ook internationaal uitgegaan van de One Health benadering (zie hoofdstuk 10). Naast de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) ondersteunen de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) en de Wereldorganisatie voor diergezondheid (OIE) deze aanpak. Gezamenlijk richten zij zich als Tripartite op de vroegtijdige herkenning van risico's op het gebied van dierziekte en zoönose, onder meer binnen het GLEWS+ (Global Early Warning System) netwerk(258).

De primaire doelstelling van de FAO is te zorgen dat iedere wereldburger toegang heeft tot voldoende voedsel van hoge kwaliteit (*food security*) om een actief en gezond leven te kunnen leiden. De organisatie wil bijdragen aan het realiseren van de duurzame ontwikkelingsdoelen (Sustainable Development Goals, SDG's) van de Verenigde Naties en richt zich mede daarom ook op verantwoordelijke productie in de veehouderij, met aandacht voor gezondheid en welzijn van dieren. De preventie en monitoring van infectieziekten, waaronder zoönosen, is een belangrijk element in de FAO-strategie.

De OIE, Office International des Epizooties, werd al in 1924 opgericht voor de bestrijding van dierziekten, met name infectieziekten. Ook deze organisatie richt zich op duurzaamheid en One Health. In het kader van zoönosebestrijding speelt zij een rol bij het vaststellen van internationale richtlijnen op het gebied van surveillance, transport en handel. Ook ontwikkelt en beheert de OIE standaarden voor diagnostiek en vaccinontwikkeling.

De WHO werkt wereldwijd aan gezondheidsbevordering en een optimale voorbereiding op crises in de openbare gezondheid. De WHO International Health Regulations (IHR) biedt een overkoepelend wettelijk kader dat de rechten en plichten van landen definieert bij het omgaan met ingrijpende gebeurtenis op het gebied van de volksgezondheid zoals infectieziekten en noodsituaties die landsgrenzen (kunnen) overschrijden. De IHR is als instrument van internationaal recht juridisch bindend voor alle 194 landen die het ondertekend hebben, inclusief Nederland. Het is op 15 juni 2007 in werking getreden.

Binnen WHO, FAO en OIE bestaat veel expertise en zij werken nauw samen met overheden en wetenschappers uit de gehele wereld. Zij bouwen capaciteiten in landen, dragen bij aan internationale afspraken en creëren een draagvlak voor internationale actie. Bovendien vormen deze organisaties een wijdvertakt netwerk dat een cruciale rol speelt bij het verzamelen van informatie en het delen van nieuwe inzichten in landen met zeer uiteenlopende belangen en politieke systemen. Onlangs heeft ook het VN-Milieuprogramma (UNEP) zich aangesloten bij het Tripartite mechanisme van de drie eerdergenoemde organisaties dat erop gericht is om vanuit een One Health benadering te werken aan de gezondheid van ecosystemen, dieren en mensen.

Duurzaamheid staat ook voorop in de 'Farm to Fork Strategy' van de Europese Unie, onderdeel van de European Green Deal(259). Het streven is om de gehele landbouwsector, met name ook de veehouderij, duurzamer en milieuvriendelijker te maken. De balans tussen dierenwelzijn, diergezondheid en volksgezondheid is daarbij een belangrijk thema, onder meer op het gebied van antibioticaresistentie. Op Europees niveau is de bestrijding van humane infectieziekten een belangrijke taak van het European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Voor de risicoanalyse op het gebied van zoönosen werkt het ECDC nauw samen met de European Food Safety Authority (EFSA), ook voor niet-alimentaire zoönosen.

Internationale samenwerking

Dit rapport geeft een brede analyse van zoönosen en de verschillende routes waarlangs een zoönotische uitbraak tot stand kan komen. Het is daarmee niet alleen relevant binnen Nederland, maar ook internationaal. Internationale samenwerking is nodig voor een stevige aanpak van de illegale handel in wilde dieren, het terugdringen van markten met levende dieren en een restrictiever beleid in de legale dierenhandel. Goede internationale afspraken en een systeem van wederzijdse inspecties moeten ook bijdragen aan een verhoging van de veiligheid van laboratoria waar onderzoek gedaan wordt naar (zoönotische) ziekteverwekkers. Dit is één van de IHR 'kerncapaciteiten' (zie hierna).

Een van de belangrijkste thema's die in een post-COVID wereld internationaal aan de orde gesteld moeten worden, is het verbeteren van de informatievoorziening (eveneens een IHR kerncapaciteit), zowel in termen van tijdigheid en de beschikbaarheid van data als in de doelgroepgerichte interpretatie van die data. Dat begint uiteraard binnen de grenzen van elk land. Zoals in dit rapport op verschillende plaatsen wordt benadrukt, is het zorgvuldig registreren en toegankelijk maken van veterinaire en humane gegevens over infectieziekten van vitaal belang voor adequate preventie, vroegdetectie en uitbraakmanagement. Vervolgens moet er een organisatiestructuur zijn die deze gegevens kan wegen en gerichte actie kan ondernemen.

Naast deze formele (overheids)structuren is een bredere *community-based* benadering nodig die werkt aan 'zoönose geletterdheid', toegesneden op de specifieke gevaren en mogelijkheden van uiteenlopende groepen mensen. Als voortdurend, buiten de context van een uitbraak, gewerkt wordt aan een vertrouwensbasis, is het gemakkelijker om gezamenlijk actie te ondernemen wanneer zich een uitbraak of epidemie voordoet. Zoonosis literacy' zou ook in een internationale context een belangrijk concept moeten zijn, waar in diverse *communities* actief aan gewerkt wordt. Maatregelen zoals het terugdringen van de consumptie van dierlijke producten hebben vooral zin wanneer zij in een internationale context door grotere groepen omarmd worden.

Evaluatie International Health Regulations

De COVID-19 pandemie was aanleiding voor de WHO voor een kritische evaluatie van de internationale afspraken op het gebied van gezondheid, de International Health Regulations (IHR)(260). Met deze afspraken, die in 2007 formeel door 194 landen werden aangenomen, verplichtten de lidstaten zich om maatregelen te nemen tegen grensoverschrijdende aandoeningen zoals infectieziekten. Eerdere evaluaties (*reviews*) richtten zich onder meer op de H1N1 influenzapandemie in 2009 en de Ebola-uitbraak in West Afrika in 2014 en 2015.

De IHR *Review*, die in het voorjaar van 2021 werd gepubliceerd, levert opbouwende, maar fundamentele kritiek op de mate waarin lidstaten voorbereid waren op een pandemie. De meeste landen bleken niet in staat om snel en adequaat in te spelen op de nieuwe dreiging, terwijl de bindende IHR-afspraken juist bedoeld zijn om te zorgen dat landen wel goed voorbereid zijn. Volgens evaluatie zou er dan ook een beter mechanisme moeten zijn om te evalueren in hoeverre landen zich aan de IHR houden.

De evaluatie benadrukt verder het belang van de vroegtijdige signalering van een uitbraak en een snelle adequate respons. Samenwerking, coördinatie en onderling vertrouwen zijn daarbij sleutelwoorden. Vanuit het voorzorgbeginsel zou het mogelijk moeten zijn om reisbeperkingen op te leggen in een vroeger stadium dan tot dusver gebruikelijk. Verder stelt de IHR *Review* dat voorspelbare en duurzame financiering van de (openbare) gezondheidszorg van cruciaal belang is, zowel op nationaal niveau als internationaal. Dat komt overeen met de aanbevelingen in het voorliggende rapport.

Enkele andere aanbevelingen uit de evaluatie die aansluiten bij de constatering in dit rapport van de expertgroep zijn onder meer:

- De wettelijke kaders die nodig zijn om gezondheidsrisico's en -crises te hanteren zouden 'in vredetijd' geanalyseerd en opgelost moeten worden. Tijdens de COVID-19 pandemie moesten veel landen (waaronder Nederland) terugvallen op noodwetten en noodmaatregelen.

- De IHR definieert diverse kerncapaciteiten (*core capacities*) die landen op orde moeten hebben om goed voorbereid te zijn en in staat te zijn om in tijden van crisis snel mee te bewegen (*resilience*). Het is hoog tijd voor een kritische blik op deze kerncapaciteiten, gevolgd door gerichte actie om eventuele tekortkomingen aan te pakken.
- Wetenschappelijk onderzoek vanuit een One Health benadering is een essentiële voorwaarde voor een betere voorbereiding op een (volgende) pandemie.

Evaluatie IPPR

De Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response (IPPR), opgericht vanuit de WHO, komt tot vergelijkbare conclusies als de IHR Review. Ook zij constateert dat de meeste landen onvoldoende hebben geïnvesteerd in paraatheid en dat de (financiering van de) respons traag op gang kwam. De IPPR benadrukt het belang van 'open data' en een open wetenschappelijke samenwerking. Het grote succesverhaal van de COVID-19 pandemie, de ongekend snelle beschikbaarheid van het virale genoom als basis voor de snelle ontwikkeling van diagnostische testen en vaccins, is hiervan een duidelijk voorbeeld. Net als de IHR bepleit de IPPR de formalisering van regelmatige intercollegiale toetsing als middel om landen verantwoording te laten afleggen en van elkaar te leren.

Verder stelt de IPPR voor dat de WHO een nieuw wereldwijd surveillancesysteem opzet, gebaseerd op volledige transparantie door alle partijen, met gebruikmaking van de modernste digitale hulpmiddelen. De Wereldgezondheidsvergadering (World Health Assembly, WHA) zou de WHO de uitdrukkelijke bevoegdheid moeten geven om informatie over uitbraken met pandemisch potentieel onmiddellijk te publiceren zonder voorafgaande toestemming van de nationale regeringen. Ook zou de organisatie de bevoegdheid moeten krijgen om ziekteverwekkers met pandemisch potentieel op locatie te onderzoeken. Dat betekent dat internationale deskundigen bij een uitbraak op zeer korte termijn toegang zouden moeten krijgen tot alle relevante locaties en beschikking krijgen over relevante monsters en gegevens.

International Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness

Er wordt momenteel in WHO verband hard gewerkt aan een verdrag waarin landen zich verplichten tot meer inspanningen op het gebied van preventie en paraatheid rond pandemieën, een "International Treaty on Pandemic Prevention and Preparedness". De EU heeft op 20 mei 2021 besloten om dit WHO initiatief te ondersteunen⁽²⁶¹⁾.

Een internationaal verdrag inzake pandemieën, aangenomen onder de WHO, zou vanuit een One Health benadering bijdragen aan de mondiale, nationale en regionale preventie en paraatheid. Dit verdrag zal zeker van belang zijn voor Nederland en onze aanpak van zoonosen en verdient daarom de aandacht van betrokken overheden en organisaties.

Een punt van aandacht daarbij is de status van het Nagoya Protocol waar het gaat om ziekteverwekkers. Het Nagoya Protocol is een aanvulling op het Verdrag inzake Biologische Diversiteit (CBD) en is bedoeld voor een betere omgang met zogeheten genetische rijkdommen: genetische eigenschappen van planten, schimmels en andere soorten die gebruikt kunnen worden voor waardevolle (commerciële) toepassingen. Landen die beschikken over zulke genetische rijkdommen, hebben volgens het protocol onder meer het recht om een redelijke vergoeding te vragen voor het gebruik van deze rijkdommen. Hoewel de verspreiding van ziekteverwekkers zelden aan landsgrenzen gebonden is, wordt het Nagoya protocol ook van toepassing geacht voor ziekteverwekkers. Dit kan een slagvaardige aanpak van een uitbraak of pandemie in de weg staan. Momenteel zijn discussies gaande of ook virale genoomsequenties onder het Nagoya protocol vallen. Echter, als bijvoorbeeld China zich in 2019 beroepen had op dit protocol, had het vermoedelijk langer geduurd voordat de genetische code van SARS-CoV2 gedeeld was met de rest van de wereld, waardoor de ontwikkeling van tests en vaccins aanzienlijk was vertraagd. Of ziekteverwekkers en hun erfelijke informatie onder het Nagoya protocol zouden moeten vallen behoeft dan ook verder onderzoek en discussie.

Nieuwe afspraken na COVID-19

De evaluatie van de COVID-19 pandemie, die met deze belangrijke internationale rapporten is begonnen, zal in de komende jaren nog verder gaan, zowel binnen Nederland als internationaal.

Dat zal een schat aan informatie opleveren die gebruikt dient te worden voor een betere voorbereiding op die verschillende niveaus. De verschillende nationale evaluaties kunnen een licht werpen op het beloop van deze pandemie, met belangrijke lessen voor alle betrokken overheden op verschillende niveaus.

Welke systemen, wetten en voorbereidingen zijn effectief gebleken? Wat zijn de succesverhalen, wat kan geleerd worden van Azië gedurende de eerste maanden van de COVID-pandemie? Waarom waren een aantal landen op papier goed voorbereid, maar verliep de response niet goed? Waar ontstonden problemen? Wat kan er beter in termen van informatievoorziening, bevoorrading, diagnostiek, laboratoriumresearch, klinisch onderzoek, etc.?

Op grond van de antwoorden op deze vragen zal een herziening plaatsvinden van de internationale afspraken rond infectieziektebestrijding en zoonosen. Dit biedt ook de gelegenheid om specifiek aandacht te vragen voor de in dit rapport genoemde knelpunten en aandachtspunten rond zoonosen.

Referenties

1. Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrel C, Morse SS, Rondinini C, Di Marco M, et al. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nat Commun*. 2017;8(1):1–10. Beschikbaar via: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>
2. Bosman A, Mulder YM, De Leeuw JRJ, Meijer A, Du Ry van Beest Holle M, Kamst RA, et al. Vogelpest Epidemie 2003: gevolgen voor de volksgezondheid [Internet]. 2004. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/publicaties/vogelpest-epidemie-2003-gevolgen-voor-volksgezondheid>
3. WHO. Reducing public health risks associated with the sale of live wild animals of mammalian species in traditional food markets. 2021.
4. Daszak P, Cunningham AA, Hyatt AD. Emerging infectious diseases of wildlife - Threats to biodiversity and human health [Internet]. Vol. 287, *Science*. American Association for the Advancement of Science; 2000. p. 443–9. Beschikbaar via: <https://science.sciencemag.org/content/287/5452/443>
5. Van der Giessen JWB, Van de Giessen AW, Braks MAH. Emerging zoonoses : Early warning and surveillance in the Netherlands. *Emerging zoonoses Early warning and surveillance in the Netherlands*. 2010.
6. World Health Organization. Prioritizing diseases for research and development in emergency contexts [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.who.int/activities/prioritizing-diseases-for-research-and-development-in-emergency-contexts>
7. Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, et al. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 2008 Feb 21;451(7181):990–3.
8. Taylor LH, Latham SM, Woolhouse MEJ. Risk factors for human disease emergence. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2001;356(1411):983–9.
9. Wolfe ND, Dunavan CP, Diamond J. Origins of major human infectious diseases. *Nature*. 2007;447(7142):279–83.
10. Gortazar C, Reperant LA, Kuiken T, de la Fuente J, Boadella M, Martínez-Lopez B, et al. Crossing the Interspecies Barrier: Opening the Door to Zoonotic Pathogens. *PLoS Pathog*. 2014;10(6):e1004129. Beschikbaar via: www.plospathogens.org
11. RIVM. Spread of tick-borne encephalitis virus in the Netherlands [Internet]. RIVM. 2020. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/en/news/spread-of-tick-borne-encephalitis-virus-in-netherlands>
12. Geurts M, Van Bakel AM, Van Rossum CTM, De Boer E, Ocké MC. Food consumption in the Netherlands and its determinants - Background report to “What’s on our plate? Safe, healthy and sustainable diets in the Netherlands.” [Internet]. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven; 2017. Beschikbaar via: www.rivm.nl/en
13. Verhoog AD. Het Nederlandse agrocomplex. Wageningen; 2016.
14. Bar-On YM, Phillips R, Milo R. The biomass distribution on Earth. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;115(25):6506–11.
15. Baltussen WHM, De Bont CJAM, Van den Ham A, Van Horne PLM, Hoste R, Luesink HH. Gevolgen van het afschaffen van dierrechten. Wageningen; 2010.
16. Meester G, Berkhout P, Dries L. EU-beleid voor landbouw, voedsel en groen: van politiek naar praktijk. 4e herz. d. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2013. 397 p.
17. EU. Council directive 92/65 /EEC. 1992 p. 54–72.
18. Our World In Data [Internet]. Beschikbaar via: <https://ourworldindata.org/>
19. FAO. Food and Agriculture Organization of the united Nations [Internet]. FAO. Beschikbaar via: <http://www.fao.org/home/en>
20. Van der Peet G, Leenstra F, Vermeij I, Bondt N, Puister L, Van Os J. Feiten en cijfers over de Nederlandse veehouderijsectoren 2018 [Internet]. Wageningen; 2018. Beschikbaar via: <https://edepot.wur.nl/464128>
21. Van den Pol-van Dasselaar A. Weidegang in beweging. Wageningen; 2005.
22. Heederik DJJ, Bonten MJM, Van Geijlswijk IM, Mevius DJ, Wagenaar JA. Het gebruik van antibiotica bij landbouwhuisdieren in 2020: Trends, benchmarken bedrijven en dierenartsen [Internet]. Utrecht; 2021. Beschikbaar via: <http://www.autoriteitdiergeenmiddelen.nl/Userfiles/pdf/SDa-rapporten/sda-rapport-het-gebruik-van-antibiotica-bij-landbouwhuisdieren-in-2013--trends--benchmarken-bedrijven-en-dierenartsen--17-juni-2014--docx.pdf>
23. Ministerie van LNV. Wat is een korte keten? [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.platformkringlooplandbouw.nl/initiatieven-en-inspiratie/korte-ketens/vraag-en-antwoord/wat-is-een-korte-keten>
24. Ministerie van LNV. Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden [Internet]. 2018.

- Beschikbaar via: <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit/documenten/beleidsnota-s/2018/09/08/visie-landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden>
25. De Vries G, De Beer J, Bakker D, Van Soelingen D. Transmissie van *Mycobacterium bovis* tussen mens en dier [Internet]. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. 2015. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/transmissie-van-mycobacterium-bovis-tussen-mens-en-dier>
 26. Oreshkova N, Moelnaar RJ, Vreman S, Harders F, Munnink BBO, Van Der Honin RWH, et al. SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the. *Euro Surveill.* 2020;25 (23)(May):1–7. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2001005>
 27. Velkers FC, Manders TTM, Vernooij JCM, Stahl J, Slaterus R, Stegeman JA. Association of wild bird densities around poultry farms with the risk of highly pathogenic avian influenza virus subtype H5N8 outbreaks in the Netherlands, 2016. *Transbound Emerg Dis.* 2021;68(1):76–87.
 28. Spengler JR, Bente DA. Crimean–Congo Hemorrhagic Fever in Spain — New Arrival or Silent Resident? *N Engl J Med.* 2017 Jul 13;377(2):106–8. Beschikbaar via: [/pmc/articles/PMC5922251/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31111111/)
 29. Mora-Rillo M, Díaz-Menéndez M, Crespillo-Andujar C, Arribas JR. Autochthonous Crimean-Congo haemorrhagic fever in Spain: So much to learn. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2018 Mar 1;36(3):202–195. Beschikbaar via: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-autochthonous-crimean-congo-haemorrhagic-fever-in-S0213005X17301659>
 30. More S, Bicout D, Bøtner A, Butterworth A, Calistri P, De Koeijer A, et al. Vector-borne diseases. *EFSA J.* 2017;15(5).
 31. De Jong MCM, Stegeman A, Van Der Goot J, Koch G. Intra-and interspecies transmission of H7N7 highly pathogenic avian influenza virus during the avian influenza epidemic in the Netherlands in 2003. *OIE Rev Sci Tech.* 2009;28(1):333–40.
 32. Ewald C, Heer A, Havenith U. Factors associated with the occurrence of influenza A virus infections in fattening swine. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 1994;108(8):235–62.
 33. Maes D, Deluyker H, Verdonck M, Castryck F, Miry C, Vrijens B, et al. Herd factors associated with the seroprevalences of four major respiratory pathogens in slaughter pigs from farrow-to-finish pig herds. *Vet Res.* 2000;31(3):313–27.
 34. Bergevoet RHM, Benus M, Van der Valk O. Een tekort aan dierenartsen in Nederland?: Een eerste inventarisatie [Internet]. Wageningen; 2020. Beschikbaar via: <https://research.wur.nl/en/publications/da420a85-5e3a-455b-bc67-046a618c08c9>
 35. RDA. Zichtbaar Beter: De rol van de dierenarts voor het algemeen belang. Den Haag; 2009.
 36. Geijlswijk IM, Heederik DJJ, Mouton JW, Wagenaar JA, Jacobs JH, Taverne FJ, et al. Het gebruik van antibiotica bij landbouwhuisdieren in 2019 [Internet]. Utrecht; 2020. Beschikbaar via: <http://www.autoriteitdiergeneesmiddelen.nl/Userfiles/pdf/SDa-rapporten/sda-rapport-het-gebruik-van-antibiotica-bij-landbouwhuisdieren-in-2013--trends--benchmarken-bedrijven-en-dierenartsen--17-juni-2014--docx.pdf>
 37. FAO. Livestock in food security. *World Livestock 2011: Livestock in food security.* Rome; 2011.
 38. Jukema G, Ramaekers P. De Nederlandse agrarische sector in internationaal verband | Rapport | Rijksoverheid.nl. 2021;1:1–126. Beschikbaar via: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/01/22/de-nederlandse-agrarische-sector-in-internationaal-verband>
 39. Day MJ. The CALLISTO Project: A Summary. *J Comp Pathol.* 2016 Jul 1;155(1):S1–7.
 40. Dibevo. Nieuwe cijfers: meer dan 27 miljoen huisdieren in Nederland [Internet]. Beschikbaar via: <https://dibevo.nl/nieuws/nieuwe-cijfers-meer-dan-27-miljoen-huisdieren-in-nederland>
 41. RVO. Alle zoogdiersoorten die in Nederland worden gehouden.
 42. Stichting Aap. Alive and kicking - The exotic mammal trade in the Netherlands. Almere; 2019.
 43. Vlaanderen F, Cuperus T, Keur I, De Rosa M, Rozendaal H, Friesema I, et al. Staat van Zoönosen 2019. 2019.
 44. Schlottau K, Jenckel M, Van den Brand J, Fast C, Herden C, Höper D, et al. Variegated squirrel bornavirus 1 in squirrels, Germany and the Netherlands. *Emerg Infect Dis.* 2017;23(3):477–81.
 45. Hoffmann B, Tappe D, Höper D, Herden C, Boldt A, Mawrin C, et al. A Variegated Squirrel Bornavirus Associated with Fatal Human Encephalitis. *N Engl J Med.* 2015;373(2):154–62.
 46. Swanink C, Reimerink J, Gisolf J, de Vries A, Claassen M, Martens L, et al. Autochthonous human case of Seoul virus infection, the Netherlands. *Emerg Infect Dis.* 2018;24(12):2158–63.
 47. Maskalyk J. Monkeypox outbreak among pet owners. *Cmaj.* 2003;169(1):44–5.
 48. Parker S, Nuara A, Buller RML, Schultz DA. Human monkeypox: an emerging zoonotic disease. *Future Microbiol.* 2007;2(1).

49. Stephens PR, Altizer S, Smith KF, Alonso Aguirre A, Brown JH, Budischak SA, et al. The macroecology of infectious diseases: a new perspective on global-scale drivers of pathogen distributions and impacts. *Ecol Lett.* 2016;19(9):1159–71.
50. Mollentze N, Streicker DG. Viral zoonotic risk is homogenous among taxonomic orders of mammalian and avian reservoir hosts. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2020 Apr 28;117(17):9423–30. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3516613>
51. Olival KJ, Hosseini PR, Zambrana-Torrel C, Ross N, Bogich TL, Daszak P. Host and viral traits predict zoonotic spillover from mammals. *Nature.* 2017;546(7660):646–50. Beschikbaar via: <http://dx.doi.org/10.1038/nature22975>
52. Torgerson PR, Hagan JE, Costa F, Calcagno J, Kane M, Martinez-Silveira MS, et al. Global Burden of Leptospirosis: Estimated in Terms of Disability Adjusted Life Years. *PLoS Negl Trop Dis.* 2015;9(10):1–14.
53. Boey K, Shiokawa K, Rajeev S. *Leptospira* infection in rats: A literature review of global prevalence and distribution. *PLoS Negl Trop Dis.* 2019;13(8):1–24.
54. Kreuder Johnson C, Hitchens PL, Smiley Evans T, Goldstein T, Thomas K, Clements A, et al. Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity. *Sci Rep.* 2015 Oct 7;5. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26445169/>
55. Cui J, Li F, Shi ZL. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nat Rev Microbiol.* 2019 Mar 1;17(3):181–92. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30531947/>
56. Chua KB. Nipah virus: A recently emergent deadly paramyxovirus. *Science (80-).* 2000 May 26;288(5470):1432–5. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10827955/>
57. Li C, Chen H. H7N9 Influenza Virus in China. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2020 Mar 23;a038349. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32205415/>
58. RIVM. Lymeziekte Richtlijn [Internet]. Beschikbaar via: <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/lymeziekte>
59. Krijger IM, Ahmed AAA, Goris MGA, Cornelissen JBWJ, Groot Koerkamp PWG, Meerburg BG. Wild rodents and insectivores as carriers of pathogenic *Leptospira* and *Toxoplasma gondii* in The Netherlands. *Vet Med Sci.* 2020 Aug 1;6(3):623–30. Beschikbaar via: </pmc/articles/PMC7397885/>
60. Jahfari S, De Vries A, Rijks JM, Van Gucht S, Vennema H, Sprong H, et al. Tick-borne encephalitis virus in ticks and roe deer, the Netherlands [Internet]. Vol. 23, *Emerging Infectious Diseases*. Centers for Disease Control and Prevention (CDC); 2017. p. 1028–30. Beschikbaar via: </pmc/articles/PMC5443429/>
61. Rijks JM, Montizaan MGE, Bakker N, de Vries A, Van Gucht S, Swaan C, et al. Tick-borne encephalitis virus antibodies in roe deer, The Netherlands. *Emerg Infect Dis.* 2019 Feb 1;25(2):342–5. Beschikbaar via: </pmc/articles/PMC6346459/>
62. Fouchier RAM, Schneeberger PM, Rozendaal FW, Broekman JM, Kemink SAG, Munstert V, et al. Avian influenza A virus (H7N7) associated with human conjunctivitis and a fatal case of acute respiratory distress syndrome. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2004 Feb 3;101(5):1356–61. Beschikbaar via: </pmc/articles/PMC337057/>
63. Comstedt P, Jakobsson T, Bergström S. Global ecology and epidemiology of *Borrelia garinii* spirochetes. *Infect Ecol Epidemiol.* 2011;1(1):9545.
64. Sikkema RS, Schrama M, Van Den Berg T, Morren J, Munger E, Krol L, et al. Detection of west nile virus in a common whitethroat (*curruca communis*) and *Culex* mosquitoes in the Netherlands, 2020. *Eurosurveillance.* 2020 Oct 8;25(40):1–6. Beschikbaar via: <https://research.wur.nl/en/publications/detection-of-west-nile-virus-in-a-common-whitethroat-curreuca-comm>
65. RIVM. Eerste patiënt in Nederland met westnijlvirus [Internet]. 2020. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/nieuws/eerste-patient-in-nederland-met-westnijlvirus>
66. Sprong H, Tjisse-Klasen E, Langelaar M, De Bruin A, Fonville F, Gassner F, et al. Prevalence of *Coxiella burnetii* in Ticks After a Large Outbreak of Q Fever. *Zoonoses Public Health.* 2011;59(1):69–75. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2011.01421.x>
67. Reusken C, van den Wijngaard C, van Beek P, Beer M, Bouwstra R, Godeke GJ, et al. Lack of evidence for zoonotic transmission of Schmallenberg virus. *Emerg Infect Dis.* 2012 Nov;18(11):1746–54.
68. Arias-Goeta C, Moutailler S, Mousson L, Zouache K, Thiberge JM, Caro V, et al. Chikungunya virus adaptation to a mosquito vector correlates with only few point mutations in the viral envelope glycoprotein. *Infect Genet Evol.* 2014;24:116–26. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24681263/>
69. Karbowiak G, Biernat B. The role of particular tick developmental stages in the circulation of tick-borne pathogens affecting humans in Central Europe. 2. Tick-borne encephalitis virus [Internet]. Vol. 62, *Annals of parasitology*. *Ann Parasitol*; 2016. p. 3–9. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27262951/>

70. Elbers ARW, Koenraad CJM, Meiswinkel R. Mosquitoes and Culicoides biting midges: Vector range and the influence of climate change. *OIE Rev Sci Tech*. 2015;34(1):123–37.
71. Cianci D, Hartemink N, Ibáñez-Justicia A. Modelling the potential spatial distribution of mosquito species using three different techniques. *Int J Health Geogr*. 2015 Feb 27;14(1).
72. Hartemink NA, Davis SA, Reiter P, Hubálek Z, Heesterbeek JAP. Importance of bird-to-bird transmission for the establishment of West Nile virus. *Vector-Borne Zoonotic Dis*. 2007 Dec 1;7(4):575–84.
73. Mackay IM, Arden KE. Mayaro virus: a forest virus primed for a trip to the city? Vol. 18, *Microbes and Infection*. Elsevier Masson SAS; 2016. p. 724–34.
74. Fischer C, Pontier D, Filippi-Codaccioni O, Pons JB, Postigo-Hidalgo I, Duhayer J, et al. Venezuelan equine encephalitis complex alphavirus in bats, French Guiana. *Emerg Infect Dis*. 2021 Apr 1;27(4):1141–5. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.3201/eid2704.202676>
75. Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Madon MB, Dahl C, et al. *Mosquitos and Their Control*. 2nd ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2010. 577 p.
76. ECDC. Vector control with a focus on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes Literature review and analysis [Internet]. 2017. Beschikbaar via: www.ecdc.europa.eu
77. Takken W, Van den Berg H. Manual on prevention of establishment and control of mosquitoes of public health importance in the WHO European Region (with special reference to invasive mosquitos). WHO Regional Office for Europe. Copenhagen; 2019.
78. ECDC. West Nile virus infection - Annual Epidemiological Report for 2019. Stockholm; 2021.
79. Utarini A, Indriani C, Ahmad RA, Tantowijoyo W, Arguni E, Ansari MR, et al. Efficacy of Wolbachia-Infected Mosquito Deployments for the Control of Dengue. *N Engl J Med*. 2021 Jun 10;384(23):2177–86. Beschikbaar via: <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa2030243>
80. Braks M, Stroo A. Bestrijding van inheemse muggen in Nederland: mogelijkheden en uitdagingen. Bilthoven; 2016.
81. Tekenradar. Tekenradar: tekenactiviteit, melden tekenbeet, ziekte van Lyme onderzoek [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.tekenradar.nl/>
82. Wressnigg N, Pöllabauer E-M, Aichinger G, Portsmouth D, Löw-Baselli A, Fritsch S. Safety and immunogenicity of a novel multivalent OspA vaccine against Lyme borreliosis in healthy adults: a double-blind, randomised, dose-escalation phase 1/2 trial. *Lancet Infect Dis*. 2013;13(8):680–9. Beschikbaar via: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70110-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70110-5)
83. Woolhouse MEJ, Gowtage-Sequeria S. Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerg Infect Dis*. 2005;11(12):1842–7.
84. Liverani M, Waage J, Barnett T, Pfeiffer DU, Rushton J, Rudge JW, et al. Understanding and managing zoonotic risk in the new livestock industries. *Environ Health Perspect*. 2013;121(8):873–7.
85. Rohr JR, Barrett CB, Civitello DJ, Craft ME, Delius B, DeLeo GA, et al. Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nat Sustain*. 2019;2(6):445–56. Beschikbaar via: <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-019-0293-3>
86. Jones S, Conner W, Song B. Spatially Explicit Nonlinear Models for Explaining the Occurrence of Infectious Zoonotic Diseases. *ISRN Biomath*. 2012 Oct 23;2012:1–12.
87. Xu X, Subbarao K, Cox N, Guo Y. Genetic characterization of the pathogenic influenza A/Goose/Guangdong/1/96 (H5N1) virus: similarity of its hemagglutinin gene to those of H5N1 viruses from the 1997 outbreaks in Hong Kong. *Virology*. 1999;261(1):15–9.
88. Hemida MG, Elmoslemany A, Al-Hizab F, Alnaeem A, Almathen F, Faye B, et al. Dromedary Camels and the Transmission of Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV). *Transbound Emerg Dis*. 2017;64(2):344–53.
89. Michaelis, M, Doerr H, Cinatl JJ. Novel swine-origin influenza A virus in humans: another pandemic knocking at the door. *Med Microbiol Immunol*. 2009;198(3):175–83.
90. Kuiken T, Fouchier R, Rimmelzwaan G, Van Den Brand J, Van Riel D, Osterhaus A. Pigs, poultry, and pandemic influenza: How zoonotic pathogens threaten human health. *Adv Exp Med Biol*. 2011;719:59–66.
91. Stegeman A, Bouma A, Elbers ARW, De Jong MCM, Nodelijk G, De Klerk F, et al. Avian influenza A virus (H7N7) epidemic in the Netherlands in 2003: Course of the epidemic and effectiveness of control measures. *J Infect Dis*. 2004 Dec 15;190(12):2088–95. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15551206/>
92. Koopmans M, Wilbrink B, Conyn M, Natrop G, Van Der Nat H, Vennema H, et al. Transmission of H7N7 avian influenza A virus to human beings during a large outbreak in commercial poultry farms in the Netherlands. *Lancet*. 2004 Feb 21;363(9409):587–93. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14987882/>

93. Roest HIJ, Tilburg JJHC, Van Der Hoek W, Vellema P, Van Zijderveld FG, Klaassen CHW, et al. The Q fever epidemic in the Netherlands: History, onset, response and reflection. *Epidemiol Infect.* 2011;139(1):1–12.
94. Dame-Korevaar, A Fischer, EAJ van der Goot, J, Stegeman, A Mevius D. Transmission routes of ESBL/pAmpC producing bacteria in the broiler production pyramid, a literature review. *Prev Vet Med.* 2019;162:136–50.
95. Bouwstra R, Gonzales JL, de Wit S, Stahl J, Fouchier RAM, Elbers ARW. Risk for low pathogenicity avian influenza virus on poultry farms, The Netherlands, 2007–2013. *Emerg Infect Dis.* 2017;23(9):1510–6.
96. Oude Munnink BB, Sikkema RS, Nieuwenhuijse DF, Molenaar RJ, Munger E, Molenkamp R, et al. Transmission of SARS-CoV-2 on mink farms between humans and mink and back to humans. *Science* (80-). 2021;371(6525):172–7.
97. Henritzi D, Petric PP, Lewis NS, Graaf A, Pessia A, Starick E, et al. Surveillance of European Domestic Pig Populations Identifies an Emerging Reservoir of Potentially Zoonotic Swine Influenza A Viruses. *Cell Host Microbe.* 2020;28(4):614–27.
98. De Jong MCM, Stegeman A, Van Der Goot J, Koch G. Intra-and interspecies transmission of H7N7 highly pathogenic avian influenza virus during the avian influenza epidemic in the Netherlands in 2003. *OIE Rev Sci Tech.* 2009;28(1):333–40.
99. Nelson MI, Worobey M. Origins of the 1918 pandemic: Revisiting the swine “mixing vessel” hypothesis. *Am J Epidemiol.* 2018 Dec 1;187(12):2498–502. Beschikbaar via: [/pmc/articles/PMC6269246/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21392427/)
100. Van Nes A, De Jong MCM, Buijtel JAAM, Verheijden JHM. Implications derived from a mathematical model for eradication of pseudorabies virus. *Prev Vet Med.* 1998;33(1–4):39–58.
101. Hogerwerf L, van den Brom R, Roest HIJ, Bouma A, Vellema P, Pieterse M, et al. Reduction of coxiella burnetii prevalence by vaccination of goats and sheep, The Netherlands. *Emerg Infect Dis.* 2011;17(3):379–86. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21392427/>
102. Georgiev M, Afonso A, Neubauer H, Needham H, Thiéry R, Rodolakis A, et al. Q fever in humans and farm animals in four European countries, 1982 to 2010 [Internet]. Vol. 18, *Eurosurveillance*. European Centre for Disease Prevention and Control; 2013. p. 20407. Beschikbaar via: <https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/ese.18.08.20407-en>
103. Loeffen W, Kamp E, Stockhofe-Zurwieden, N van Nieuwstadt, AP Bongers J, Hunneman W, Elbers A, Baars J, et al. Survey of infectious agents involved in acute respiratory disease in finishing pigs. *Vet Rec.* 1999;145(5):123–9.
104. Mena I, Nelson MI, Quezada-Monroy F, Dutta J, Cortes-Fernández R, Lara-Puente JH, et al. Origins of the 2009 H1N1 influenza pandemic in swine in Mexico. *Elife.* 2016 Jun 28;5(JUN2016). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27350259/>
105. Boender GJ, Van Den Hengel R, Van Roermund HJW, Hagenaars TJ. The influence of between-farm distance and farm size on the spread of classical swine fever during the 1997-1998 epidemic in the Netherlands. *PLoS One.* 2014 Apr 18;9(4):95278. Beschikbaar via: www.plosone.org
106. Gonzales JL, Stegeman JA, Koch G, de Wit SJ, Elbers ARW. Rate of introduction of a low pathogenic avian influenza virus infection in different poultry production sectors in the Netherlands. *Influenza Other Respi Viruses.* 2013 Jan;7(1):6–10. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22376126/>
107. Meester M, Tobias TJ, Bouwknegt M, Kusters NE, Stegeman JA, van der Poel WHM. Infection dynamics and persistence of hepatitis E virus on pig farms – a review. *Porc Heal Manag.* 2021 Dec 1;7(1). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33546777/>
108. Postma M, Backhans A, Collineau L, Loesken S, Sjölund M, Belloc C, et al. The biosecurity status and its associations with production and management characteristics in farrow-to-finish pig herds. *Animal.* 2015 Sep 11;10(3):478–89. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26567800/>
109. Caekebeke N, Ringenier M, Jonquiere F, Tobias T, Postma M, van den Hoogen A, et al. Coaching Belgian and Dutch Broiler Farmers Aimed at Antimicrobial Stewardship and Disease Prevention. *Antibiotics.* 2021 May 17;10(5):590. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34067541/>
110. FAO. Gridded Livestock of the World (GLW) [Internet]. Beschikbaar via: <https://dataverse.harvard.edu/dataverse/glw>
111. CBS. Landbouwtelling [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/korte-onderzoeksbeschrijvingen/landbouwtelling>
112. Stegeman A, Elbers ARW, Smak J, De Jong MCM. Quantification of the transmission of classical swine fever virus between herds during the 1997-1998 epidemic in The Netherlands. *Prev Vet Med.* 1999 Dec 1;42(3–4):219–34. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10619157/>
113. Bouma A, Elbers A, Dekker A, De Koeijer A, Bartels C, Vellema P, et al. The foot-and-mouth disease epidemic in The Netherlands in 2001. *Prev Vet Med.* 2003;57(3):15–166.

114. Stegeman JA, Elbers ARW, Bouma A, De Jong MCM. Rate of inter-herd transmission of classical swine fever virus by different types of contact during the 1997-8 epidemic in The Netherlands. *Epidemiol Infect.* 2002;128(2):285–91. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12002547/>
115. Ssematimba A, Hagens TJ, de Wit JJ, Ruiterskamp F, Fabri TH, Stegeman JA, et al. Avian influenza transmission risks: Analysis of biosecurity measures and contact structure in Dutch poultry farming. *Prev Vet Med.* 2013;109(1–2):106–15. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22998848/>
116. Santman-Berends IMGA, Bartels CJM, van Schaik G, Stegeman JA, Vellema P. The increase in seroprevalence of bluetongue virus (BTV) serotype 8 infections and associated risk factors in Dutch dairy herds, in 2007. *Vet Microbiol.* 2010 May;142(3–4):268–75. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19945231/>
117. Nöremark M, Frössling J, Lewerin SS. A survey of visitors on Swedish livestock farms with reference to the spread of animal diseases. *BMC Vet Res.* 2013 Sep 16;9. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24040830/>
118. GD. Keurmerk Zoönosen [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.gddiergezondheid.nl/keurmerkzoonosen>
119. De Koeijer AA, Hagens TJ, Van Leuken JPG, Swart AN, Boender GJ. Spatial transmission risk during the 2007- 2010 Q fever epidemic in the Netherlands: Analysis of the farm-to-farm and farm-to-resident transmission. *PLoS One.* 2020;15(2). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32017771/>
120. Post PM, Hogerwerf L, Bokkers EAM, Baumann B, Fischer P, Rutledge-Jonker S, et al. Effects of Dutch livestock production on human health and the environment. *Sci Total Environ.* 2020 Oct 1;737:139702.
121. Van Berkum S, Roza P, Pronk A. Soja handel- en ketenrelaties. Sojaketens in Brazilië, Argentinië en Nederland [Internet]. Den Haag; 2006. Beschikbaar via: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/352665>
122. PBL. Dagelijkse kost - Hoe overheden, bedrijven en consumenten kunnen bijdragen aan een duurzaam voedselsysteem. Planbureau voor de Leefomgeving. Den Haag; 2019.
123. WHO. WHO 's work in health emergencies Strengthening preparedness for health emergencies : implementation. 2021.
124. Sharp PM, Hahn BH. The evolution of HIV-1 and the origin of AIDS [Internet]. Vol. 365, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* Royal Society; 2010. p. 2487–94. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20643738/>
125. Cohen MS, Hellmann N, Levy JA, Decock K, Lange J. The spread, treatment, and prevention of HIV-1: Evolution of a global pandemic [Internet]. Vol. 118, *Journal of Clinical Investigation.* J Clin Invest; 2008. p. 1244–54. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18382737/>
126. UNAIDS. Global HIV & AIDS statistics — Fact sheet [Internet]. 2021. Beschikbaar via: <https://www.unaids.org/en/resources/fact-sheet>
127. Zhong NS, Zheng BJ, Li YM, Poon LLM, Xie ZH, Chan KH, et al. Epidemiology and cause of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Guangdong, People's Republic of China, in February, 2003. *Lancet.* 2003 Oct 25;362(9393):1353–8. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14585636/>
128. Li W, Shi Z, Yu M, Ren W, Smith C, Epstein JH, et al. Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. *Science (80-).* 2005 Oct 28;310(5748):676–9. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16195424/>
129. Ali MA, Shehata MM, Gomaa MR, Kandeil A, El-Shesheny R, Kayed AS, et al. Systematic, active surveillance for Middle East respiratory syndrome coronavirus in camels in Egypt. *Emerg Microbes Infect.* 2017;6(1):e1-7. Beschikbaar via: <http://dx.doi.org/10.1038/emi.2016.130>
130. Sikkema RS, Farag EABA, Islam M, Atta M, Reusken CBEM, Al-Hajri MM, et al. Global status of middle east respiratory syndrome coronavirus in dromedary camels: A systematic review. *Epidemiol Infect.* 2019;147. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30869000/>
131. WHO. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) [Internet]. Beschikbaar via: https://www.who.int/health-topics/middle-east-respiratory-syndrome-coronavirus-mers#tab=tab_1
132. Coltart CEM, Lindsey B, Ghinai I, Johnson AM, Heymann DL. The Ebola outbreak, 2013–2016: Old lessons for new epidemics. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2017 May 26;372(1721). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28396469/>
133. Dawood FS, Iuliano AD, Reed C, Meltzer MI, Shay DK, Cheng PY, et al. Estimated global mortality associated with the first 12 months of 2009 pandemic influenza A H1N1 virus circulation: A modelling study. *Lancet Infect Dis.* 2012 Sep;12(9):687–95. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22738893/>
134. Latinne A, Hu B, Olival KJ, Zhu G, Zhang L, Li H, et al. Origin and cross-species transmission of bat coronaviruses in China. *Nat Commun.* 2020 Dec 1;11(1):1–15. Beschikbaar via:

- <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17687-3>
135. Van Den Berg T. The role of the legal and illegal trade of live birds and avian products in the spread of avian influenza. *OIE Rev Sci Tech*. 2009;28(1):93–111. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19618621/>
 136. UN Comtrade | International Trade Statistics Database [Internet]. Beschikbaar via: <https://comtrade.un.org/>
 137. Broad S, Mulliken T, Roe dillies. Regulation-for-Conservation.Pdf. 2009. p. 14 of 22.
 138. Robinson JE, Griffiths RA, St. John FAV, Roberts DL. Dynamics of the global trade in live reptiles: Shifting trends in production and consequences for sustainability. *Biol Conserv*. 2015 Apr 1;184:42–50.
 139. Karesh WB, Dobson A, Lloyd-Smith JO, Lubroth J, Dixon MA, Bennett M, et al. Ecology of zoonoses: Natural and unnatural histories [Internet]. Vol. 380, *The Lancet*. Elsevier B.V.; 2012. p. 1936–45. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23200502/>
 140. Karesh WB, Cook RA, Bennett EL, Newcomb J. Wildlife trade and global disease emergence [Internet]. Vol. 11, *Emerging Infectious Diseases*. Centers for Disease Control and Prevention (CDC); 2005. p. 1000–2. Beschikbaar via: </pmc/articles/PMC3371803/>
 141. van Uhm DP. Wildlife Trade Through the Ages. In 2016. p. 1–15.
 142. Tien Ming L, Sigouin A, Pinedo-Vasquez M, Nasi R. The harvest of wildlife for bushmeat and traditional medicine in East, South and Southeast Asia. 2014. 1–56 p.
 143. Smith KM, Machalaba CM, Jones H, Céaceres P, Popovic M, Olival KJ, et al. Wildlife hosts for oie-listed diseases: Considerations regarding global wildlife trade and host–pathogen relationships. *Vet Med Sci*. 2017 May 1;3(2):71–81. Beschikbaar via: </pmc/articles/PMC5488181/>
 144. Duffy R, St John FAV, Büscher B, Brockington D. Toward a new understanding of the links between poverty and illegal wildlife hunting [Internet]. Vol. 30, *Conservation Biology*. Blackwell Publishing Inc.; 2016. p. 14–22. Beschikbaar via: </pmc/articles/PMC5006885/>
 145. Rushton J, Viscarra R, Viscarra C, Basset F, Baptista R, Brown D. How Important is Bushmeat Consumption in South America: Now and in the Future? *Odi Wildl Policy Brief*. 2005;11(11):1–4.
 146. Reuter A, Kunen J, Robertson S. Averting a Crisis: Wildlife Trafficking in Latin America. 2018.
 147. Chaber AL, Allebone-Webb S, Lignereux Y, Cunningham AA, Marcus Rowcliffe J. The scale of illegal meat importation from Africa to Europe via Paris. *Conserv Lett*. 2010 Sep 1;3(5):317–21. Beschikbaar via: www.cites.org
 148. Fa JE, Albrechtsen L, Johnson PJ, Macdonald DW. Linkages between household wealth, bushmeat and other animal protein consumption are not invariant: Evidence from Rio Muni, Equatorial Guinea. *Anim Conserv*. 2009 Dec 1;12(6):599–610. Beschikbaar via: <https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-1795.2009.00289.x>
 149. Lambrechts D, Goga K. Money and Marginalisation: The Lost War Against Abalone Poaching in South Africa. *Politikon*. 2016 May 3;43(2):231–49. Beschikbaar via: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02589346.2016.1201728>
 150. Myers M, Wise C. The Political Economy of China-Latin America Relations in the New Mill [Internet]. Routledge; 2017. Beschikbaar via: <https://www.routledge.com/The-Political-Economy-of-China-Latin-America-Relations-in-the-New-Millennium/Myers-Wise/p/book/9781138666191>
 151. Smith KM, Zambrana-Torrel C, White A, Asmussen M, Machalaba C, Kennedy S, et al. Summarizing US Wildlife Trade with an Eye Toward Assessing the Risk of Infectious Disease Introduction. *Ecohealth*. 2017 Mar 1;14(1):29–39. Beschikbaar via: www.fws.gov/le/pdf/3177_1.pdf
 152. Chaber AL, Allebone-Webb S, Lignereux Y, Cunningham AA, Marcus Rowcliffe J. The scale of illegal meat importation from Africa to Europe via Paris. *Conserv Lett*. 2010 Sep 1;3(5):317–21. Beschikbaar via: www.cites.org
 153. Falk H, Dürr S, Hauser R, Wood K, Tenger B, Lörtscher M, et al. Illegal import of hushmeat and other meat products into Switzerland on commercial passenger flights. *OIE Rev Sci Tech*. 2013;32(3):727–39. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24761726/>
 154. Hitchens RT, Blakeslee AMH. Trends in illegal wildlife trade: Analyzing personal baggage seizure data in the Pacific Northwest. *PLoS One*. 2020 Jun 1;15(6):e0234197. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234197>
 155. Sejvar JJ, Chowdary Y, Schomogyi M, Stevens J, Patel J, Karem K, et al. Human monkeypox infection: A family cluster in the Midwestern United States. *J Infect Dis*. 2004 Nov 15;190(10):1833–40. Beschikbaar via: <https://academic.oup.com/jid/article/190/10/1833/2191730>
 156. van Uhm DP. The social construction of the value of wildlife: A green cultural criminological perspective. *Theor Criminol*. 2018 Aug 1;22(3):384–401. Beschikbaar via: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30245576>

157. Morrison-Lanjouw SM, Coutinho RA, Boahene K, Pool R. Exploring the characteristics of a local demand for African wild meat: A focus group study of long-term Ghanaian residents in the Netherlands. *PLoS One*. 2021 Feb 1;16(2 February):e0246868. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246868>
158. Mijn Passie, Mijn Vogels | Zangvogelsport Suriname | Korte Documentaire - YouTube [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.youtube.com/watch?v=UP14GNtxPug>
159. van Uhm D, Spapens T. Drie perspectieven op de illegale vogelhandel in Nederland. Vol. 60, *Tijdschrift voor Criminologie*. Boom Uitgevers Den Haag; 2018. 231–245 p.
160. Uhm D van. Wildlife and laundering. In: *Green Crimes and Dirty Money*. Routledge; 2018. p. 197–211. Beschikbaar via: <https://www.taylorfrancis.com/https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781351245746-11/wildlife-laundering-daan-van-uhm>
161. Grijp N van der. Wildlife crime in the Netherlands: In-depth Analysis for the ENVI Committee [Internet]. In-depth Analysis for the ENVI Committee. Amsterdam; 2016. Beschikbaar via: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2016/578957/IPOL_IDA\(2016\)578957_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2016/578957/IPOL_IDA(2016)578957_EN.pdf)
162. Van Roon A, Maas M, Toale D, Tafro N, Van Der Giessen J. Live exotic animals legally and illegally imported via the main Dutch airport and considerations for public health. *PLoS One*. 2019 Jul 1;14(7):e0220122. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220122>
163. NVWA [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.nvwa.nl/>
164. ICAO. Uniting aviation: a united nations specialized agency [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.icao.int/Pages/default.aspx>
165. IPBES. Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2020.
166. Universiteit Groningen. Groningen Growth and Development Centre [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.rug.nl/ggdc/>
167. O’Neill A. Netherlands: Degree of urbanization from 2000 to 2019 [Internet]. STATISTA. 2021. Beschikbaar via: <https://www.statista.com/statistics/276724/urbanization-in-the-netherlands/>
168. DeLong BJ. Estimates of World GDP, One Million B.C.-Present [1998]: My View as of 1998: The Honest Broker for the Week of May 24, 2014 [Internet]. Brad DeLong’s Grasping Reality. 2014. Beschikbaar via: https://delong.typepad.com/delong_long_form/2014/05/estimates-of-world-gdp-one-million-bc-present-1998-my-view-as-of-1998-the-honest-broker-for-the-week-of-may-24-2014.html
169. CBS. Ecosysteemkwaliteit [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatschappij/natuur-en-milieu/natuurlijk-kapitaal/themas/ecosysteemkwaliteit>
170. Dunn RR, Davies TJ, Harris NC, Gavin MC. Global drivers of human pathogen richness and prevalence. In: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Royal Society; 2010. p. 2587–95. Beschikbaar via: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2010.0340>
171. Jones BA, Grace D, Kock R, Alonso S, Rushton J, Said MY, et al. Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013;110(21):8399–404.
172. Keesing F, Ostfeld RS. Impacts of biodiversity and biodiversity loss on zoonotic diseases. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2021;118(17):1–8.
173. Randolph SE, Dobson ADM. Pangloss revisited: A critique of the dilution effect and the biodiversity-buffers-disease paradigm. *Parasitology*. 2012 Jun;139(7):847–63. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22336330/>
174. Civitello DJ, Cohen J, Fatima H, Halstead NT, Liriano J, McMahon TA, et al. Biodiversity inhibits parasites: Broad evidence for the dilution effect. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Jul 14;112(28):8667–71. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26069208/>
175. Allan BF, Keesing F, Ostfeld RS. Effect of forest fragmentation on lyme disease risk. *Conserv Biol*. 2003 Feb;17(1):267–72. Beschikbaar via: <https://experts.illinois.edu/en/publications/effect-of-forest-fragmentation-on-lyme-disease-risk>
176. Hofmeester TR. *The Wild Life of Tick-borne Pathogens*. Wageningen Universiteit; 2016.
177. Hofmeester TR. 12. The role of host diversity in *Borrelia burgdorferi* s.l. dynamics. In: *Ecology and Control of Vector-borne diseases*. 2016. p. 173–86.
178. Huang ZYX, Xu C, van Langevelde F, Ma Y, Langendoen T, Mundkur T, et al. Contrasting effects of host species and phylogenetic diversity on the occurrence of HPAI H5N1 in European wild birds. *J Anim Ecol*. 2019 Jul 1;88(7):1044–53. Beschikbaar via: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2656.12997>
179. Ostfeld RS. Biodiversity loss and the rise of zoonotic pathogens. *Clin Microbiol Infect*. 2009 Jan

- 1;15(SUPPL. 1):40–3. Beschikbaar via: <http://www.mp2-pwrc.usgs.gov/bbs>
180. Suzán G, García-Peña GE, Castro-Arellano I, Rico O, Rubio A V., Tolsá MJ, et al. Metacommunity and phylogenetic structure determine wildlife and zoonotic infectious disease patterns in time and space. *Ecol Evol.* 2015 Feb 1;5(4):865–73. Beschikbaar via: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.1404>
181. Roberts MG, Heesterbeek JAP. Characterizing reservoirs of infection and the maintenance of pathogens in ecosystems. *J R Soc Interface.* 2020 Jan 1;17(162). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31937232/>
182. Gibb R, Redding DW, Chin KQ, Donnelly CA, Blackburn TM, Newbold T, et al. Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature.* 2020 Aug 20;584(7821):398–402. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32759999/>
183. Keesing F, Ostfeld RS. Impacts of biodiversity and biodiversity loss on zoonotic diseases [Internet]. Vol. 118, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. National Academy of Sciences; 2021. Beschikbaar via: <https://www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.2023540118/-/DCSupplemental>.
184. Takumi K, Sprong H, Hofmeester TR. Impact of vertebrate communities on Ixodes ricinus-borne disease risk in forest areas. *Parasites and Vectors.* 2019 Sep 6;12(1):434. Beschikbaar via: <https://research.wur.nl/en/publications/impact-of-vertebrate-communities-on-ixodes-ricinus-borne-disease->
185. Hofmeester TR, Jansen PA, Wijnen HJ, Coipan EC, Fonville M, Prins HHT, et al. Cascading effects of predator activity on tick-borne disease risk. *Proc R Soc B Biol Sci.* 2017 Jul 26;284(1859). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2841859/>
186. Riordan P, Delahay RJ, Cheeseman C, Johnson PJ, Macdonald DW. Culling-induced changes in badger (*Meles meles*) behaviour, social organisation and the epidemiology of bovine tuberculosis. *PLoS One.* 2011 Dec 14;6(12):28904. Beschikbaar via: www.plosone.org
187. Zoogdierenvereniging. Notitie zoogdierverseniging - inzake exotische zoogdieren in Nederland. 2020.
188. Hulme PE. Invasive species challenge the global response to emerging diseases. *Trends Parasitol.* 2014 Jun 1;30(6):267–70. Beschikbaar via: <https://europepmc.org/article/med/24862566>
189. Telfer S, Bown K. The effects of invasion on parasite dynamics and communities. *Funct Ecol.* 2012 Dec 1;26(6):1288–99. Beschikbaar via: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2435.2012.02049.x>
190. Beltrán-Beck B, García FJ, Gortázar C. Raccoons in Europe: Disease hazards due to the establishment of an invasive species. *Eur J Wildl Res.* 2012 Feb;58(1):5–15.
191. Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrel C, Morse SS, Rondinini C, Di Marco M, et al. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nat Commun.* 2017 Dec 1;8(1):1–10. Beschikbaar via: www.nature.com/naturecommunications
192. Faust CL, McCallum HI, Bloomfield LSP, Gottdenker NL, Gillespie TR, Torney CJ, et al. Pathogen spillover during land conversion. *Ecol Lett.* 2018 Apr 1;21(4):471–83. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29466832/>
193. Plowright RK, Reaser JK, Locke H, Woodley SJ, Patz JA, Becker DJ, et al. Land use-induced spillover: a call to action to safeguard environmental, animal, and human health. *Lancet Planet Heal.* 2021;5(4):e237–45. Beschikbaar via: [http://dx.doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00031-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00031-0)
194. Wilkinson DA, Marshall JC, French NP, Hayman DTS. Habitat fragmentation, biodiversity loss and the risk of novel infectious disease emergence. *J R Soc Interface.* 2018 Dec 1;15(149). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30518565/>
195. Yin H, Prishchepov A V., Kuemmerle T, Bleyhl B, Buchner J, Radeloff VC. Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series. *Remote Sens Environ.* 2018 Jun 1;210:12–24.
196. Murray KA, Daszak P. Human ecology in pathogenic landscapes: Two hypotheses on how land use change drives viral emergence. *Curr Opin Virol.* 2013;3(1):79–83. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23415415/>
197. Bradley CA, Altizer S. Urbanization and the ecology of wildlife diseases. *Trends Ecol Evol.* 2007 Feb;22(2):95–102. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17113678/>
198. Neiderud CJ. How urbanization affects the epidemiology of emerging infectious diseases. *African J Disabil.* 2015;5(1):27060. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27060/>
199. Hassell JM, Begon M, Ward MJ, Fèvre EM. Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the Wildlife–Livestock–Human Interface. *Trends Ecol Evol.* 2017 Jan 1;32(1):55–67. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28029378/>

200. Han BA, Schmidt JP, Bowden SE, Drake JM. Rodent reservoirs of future zoonotic diseases. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Jun 2;112(22):7039–44. Beschikbaar via: [/pmc/articles/PMC4460448/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2604448/)
201. Diallo M, Sall A, Moncayo A, Ba Y, Fernandez Z, Ortiz D, et al. Potential role of sylvatic and domestic African mosquito species in dengue emergence — UC Davis. *Am J Trop Med Hyg*. 2005 Jan;73(2):445–9. Beschikbaar via: <https://ucdavis.pure.elsevier.com/en/publications/potential-role-of-sylvatic-and-domestic-african-mosquito-species->
202. DeVore JL, Shine R, Ducatez S. Urbanization and translocation disrupt the relationship between host density and parasite abundance. *J Anim Ecol*. 2020 Apr 1;89(4):1122–33. Beschikbaar via: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2656.13175>
203. Werner CS, Nunn CL. Effect of urban habitat use on parasitism in mammals: a meta-analysis. *Proc R Soc B Biol Sci*. 2020 May 27;287(1927). Beschikbaar via: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2020.0397>
204. Murray MH, Sánchez CA, Becker DJ, Byers KA, Worsley-Tonks KEL, Craft ME. City sicker? A meta-analysis of wildlife health and urbanization. *Front Ecol Environ*. 2019 Dec 1;17(10):575–83. Beschikbaar via: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fee.2126>
205. Blom E. Rewilding Europe [Internet]. ARK Natuurontwikkeling. Beschikbaar via: <https://www.ark.eu/gebieden/buitenland/rewilding-europe>
206. Rewilding Europe. Tag: The Netherlands [Internet]. Rewilding Europe. Beschikbaar via: <https://rewildingeuropa.com/tag/the-netherlands/>
207. Kuijpers K. Nederland bouwt mee aan een sojaroute die de Amazone nog verder vernielt. *Trouw*. 2018 Apr 25; Beschikbaar via: <https://www.trouw.nl/nieuws/nederland-bouwt-mee-aan-een-sojaroute-die-de-amazone-nog-verder-vernielt~b5dc16b7/>
208. Li R, Richmond P, Roehner BM. Effect of population density on epidemics. *Phys A Stat Mech its Appl*. 2018;510:713–24.
209. Bhadra A, Mukherjee A, Sarkar K. Impact of population density on Covid-19 infected and mortality rate in India. *Model Earth Syst Environ*. 2021 Mar 1;7(1):623–9. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00984-7>
210. Carozzi F, Provenzano S, Roth S. Urban Density and COVID-19 |. *IZA - Inst Labor Econ*. 2020 Jul; Beschikbaar via: <https://www.iza.org/publications/dp/13440/urban-density-and-covid-19>
211. KNMI. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.knmi.nl/home>
212. KNMI. KNMI-klimaatscenario's [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/knmi-klimaatscenario-s>
213. Altizer S, Ostfeld RS, Johnson PTJ, Kutz S, Harvell CD. Climate change and infectious diseases: From evidence to a predictive framework. *Science (80-)*. 2013 Aug 2;341(6145):514–9. Beschikbaar via: <https://science.sciencemag.org/content/341/6145/514>
214. Uiterwijk M, Ibáñez A, Nvwa J, Van De Vossenbergh B, Jacobs F, Overgaauw P, et al. Imported Hyalomma Ticks in The Netherlands. 2018 Mar 3; Beschikbaar via: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-267264/v1>
215. Shocket MS, Verwillow AB, Numazu MG, Slamani H, Cohen JM, El Moustaid F, et al. Transmission of west nile and five other temperate mosquito-borne viruses peaks at temperatures between 23°C and 26°C. *Elife*. 2020 Sep 1;9:1–67.
216. Altizer S, Bartel R, Han BA. Animal migration and infectious disease risk. *Science (80-)*. 2011 Jan 21;331(6015):296–302. Beschikbaar via: <https://science.sciencemag.org/content/331/6015/296>
217. WHO. Quality and biosafety. 2020; Beschikbaar via: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/laboratory-services/quality-and-biosafety>
218. Byers KB. Laboratory acquired infections. In: *Medical Laboratory Sciences*. Dana Farber Cancer Institute; 2017.
219. NCOH. Solutions to Global One Health Challenges [Internet]. Beschikbaar via: <https://ncoh.nl/>
220. UU. Nieuwe brede bacheloropleiding: Zorg, Gezondheid & Samenleving [Internet]. 2021. Beschikbaar via: <https://students.uu.nl/nieuws/nieuwe-brede-bacheloropleiding-zorg-gezondheid-samenleving>
221. One Health EJP. The One Health European Joint Programme (OHEJP) [Internet]. One Health EJP. Beschikbaar via: <https://onehealth.ejp.eu/about/>
222. ECDC. Health literacy [Internet]. ECDC. Beschikbaar via: <https://www.ecdc.europa.eu/en/health-communication/facts/health-literacy>
223. De Vries D, Kinsman J, Cremers L, Rios M, Takács J, Ciotti M, et al. Community engagement for public health events caused by communicable disease threats in the EU/EEA. ECDC. Stockholm; 2020.
224. Nationaal Programma Open Science. Citizen Science [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.openscience.nl/en/themes/citizen-science>

225. Den Broeder L, Devilee J, Van Oers H, Schuit AJ, Wagemakers A. Citizen Science for public health. *Health Promot Int.* 2018 Jun 1;33(3):505–14. Beschikbaar via: <https://academic.oup.com/heapro/article/33/3/505/2623361>
226. Graham JP, Leibler JH, Price LB, Otte JM, Pfeiffer DU, Tiensin T, et al. The animal-human interface and infectious disease in industrial food animal production: Rethinking biosecurity and biocontainment. *Public Health Rep.* 2008 May 1;123(3):282–99. Beschikbaar via: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/003335490812300309>
227. Refaey S, Azziz-Baumgartner E, Amin MM, Fahim M, Roguski K, Elaziz HAEA, et al. Increased number of human cases of influenza virus A(H5N1) infection, Egypt, 2014–15. *Emerg Infect Dis.* 2015 Dec 1;21(12):2171–3. Beschikbaar via: <http://dx.doi.org/10.3201/eid2112.150885>
228. WHO EMRO. WHO EMRO | Egypt: upsurge in H5N1 human and poultry cases but no change in transmission pattern o 15. 2015;(May):3–5.
229. Poetri ON, Van Boven M, Claassen I, Koch G, Wibawan IW, Stegeman A, et al. Silent spread of highly pathogenic Avian Influenza H5N1 virus amongst vaccinated commercial layers. *Res Vet Sci.* 2014 Dec 1;97(3):637–41.
230. Kjær LJ, Hjulsgaard CK, Larsen LE, Boklund AE, Halasa T, Ward MP, et al. Landscape effects and spatial patterns of avian influenza virus in Danish wild birds, 2006–2020. *Transbound Emerg Dis.* 2021 May 6;00:1–14. Beschikbaar via: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tbed.14040>
231. Rli. Duurzaam en gezond: samen naar een houdbaar voedselsysteem [Internet]. 2018. Beschikbaar via: Raad voor de leefomgeving en infrastructuur
232. KIPSTER [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.kipster.nl/>
233. Rondeel Eieren [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.rondeeieieren.nl/>
234. IPBES. Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) [Internet]. 2020 Oct. Beschikbaar via: <https://zenodo.org/record/4158500>
235. Bosman A, Meijer A, Koopmans M. Final analysis of Netherlands avian influenza outbreaks reveals much higher levels of transmission to humans than previously thought. *Euro Surveill.* 2005;10(1). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16556942/>
236. Middleton J, Reintjes R, Lopes H. Meat plants-a new front line in the covid-19 pandemic. *BMJ.* 2020;370:1–2.
237. Marcato F, Van den Brand H, Jansen CA, Rutten VPMG, Kemp B, Engel B, et al. Effects of pre-transport diet, transport duration and transport condition on immune cell subsets, haptoglobin, cortisol and bilirubin in young veal calves. *PLoS One.* 2021 Feb 1;16(2 February). Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33592073/>
238. Broom DM. Animal Welfare in the European Union [Internet]. Brussel; 2017. Beschikbaar via: <http://www.europarl.europa.eu/supporting-analyses%0ADISCLAIMER>
239. Smith KF, Behrens M, Schloegel LM, Marano N, Burgiel S, Daszak P. Reducing the risks of the wildlife trade [Internet]. Vol. 324, *Science*. Science; 2009. p. 594–5. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19407185/>
240. Mevius D, Heederik D. Reduction of antibiotic use in animals “let’s go Dutch.” *J fur Verbraucherschutz und Leb.* 2014 Mar 15;9(2):177–81. Beschikbaar via: <http://wvab.knmvd.nl/>
241. More SJ. European perspectives on efforts to reduce antimicrobial usage in food animal production. *Ir Vet J.* 2020 Jan 27;73(1):1–12. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.1186/s13620-019-0154-4>
242. Kouba V. Irreparable Global Spread of Pathogens and International Trade – Infection Monitoring. *Agric Trop Subtrop.* 2014;47(4):147–54. Beschikbaar via: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ2015000320>
243. Maye D, Dibden J, Higgins V, Potter C. Governing biosecurity in a neoliberal world: Comparative perspectives from Australia and the United Kingdom. *Environ Plan A.* 2012 Jan 1;44(1):150–68. Beschikbaar via: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a4426>
244. Stärk KDC, Arroyo Kuribreña M, Dauphin G, Vokaty S, Ward MP, Wieland B, et al. One Health surveillance - More than a buzz word? *Prev Vet Med.* 2015 Jun 1;120(1):124–30.
245. Kelly TR, Karesh WB, Johnson CK, Gilardi KVK, Anthony SJ, Goldstein T, et al. One Health proof of concept: Bringing a transdisciplinary approach to surveillance for zoonotic viruses at the human-wild animal interface. *Prev Vet Med.* 2017 Feb 1;137:112–8.
246. Jacobs P, Kessel R van, Rosa M de, Slegers - Fitz-James I, Verbart C. Vademecum zoönosen [Internet]. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. 2021. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/vademecum-zoonosen>
247. Scholte EJ, Dijkstra E, Blok H, De Vries A, Takken W, Hofhuis A, et al. Accidental importation of the

- mosquito *Aedes albopictus* into the Netherlands: A survey of mosquito distribution and the presence of dengue virus. *Med Vet Entomol.* 2008 Dec;22(4):352–8. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19120963/>
248. NVWA. Vondsten invasieve exotische muggen [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/muggen-knutten-en-teken/vondsten>
249. European network for medical and veterinary entomology (VectorNet) [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.ecdc.europa.eu/en/about-us/partnerships-and-networks/disease-and-laboratory-networks/vector-net>
250. Onderzoek Muggenradar [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Leerstoelgroepen/Plantenwetenschappen/Laboratorium-voor-Entomologie-1/Welkom-op-Muggenradar/Onderzoek-Muggenradar.htm>
251. Nivel. Over Nivel Zorgregistraties Eerste Lijn [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.nivel.nl/nl/nivel-zorgregistraties-eerste-lijn/over-nivel-zorgregistraties-eerste-lijn>
252. Staten-Generaal TK der. Wet publieke gezondheid; Memorie van Toelichting.
253. RIVM. Signaleringsoverleg Infectieziekten [Internet]. RIVM. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/surveillance-van-infectieziekten/signalering-infectieziekten/signaleringsoverleg>
254. Van Ark T. Kamerbrief over voortgang gegevensuitwisseling bij spoed. 2021.
255. Van Den Wijngaard CC, Dijkstra F, Van Pelt W, Van Asten L, Kretzschmar M, Schimmer B, et al. In search of hidden Q-fever outbreaks: Linking syndromic hospital clusters to infected goat farms. *Epidemiol Infect.* 2011;139(1):19–26.
256. Boender GJ, van Roermund HJW, de Jong MCM, Hagenaars TJ. Transmission risks and control of foot-and-mouth disease in The Netherlands: Spatial patterns. *Epidemics.* 2010 Mar;2(1):36–47. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21352775/>
257. Beerens N, Heutink R, Pritz-Verschuren S, Germeaad EA, Bergervoet SA, Harders F, et al. Genetic relationship between poultry and wild bird viruses during the highly pathogenic avian influenza H5N6 epidemic in the Netherlands, 2017–2018. *Transbound Emerg Dis.* 2019 May 1;66(3):1370–8. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30874364/>
258. GLEWS. The Global Early Warning System [Internet]. GLEWS. Beschikbaar via: <http://www.glews.net/>
259. EC. Farm to Fork Strategy - for a fair, healthy and environmentally-friendly food system [Internet]. Europese Commissie. 2020. Beschikbaar via: https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
260. WHO. Strengthening preparedness for health emergencies : implementation. 2021;(May):1–79.
261. Europese Raad. An international treaty on pandemic prevention and preparedness - Consilium [Internet]. 2021. Beschikbaar via: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/coronavirus/pandemic-treaty/>
262. CBS. StatLine [Internet]. Beschikbaar via: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/>
263. Skal. Veehouderij [Internet]. Skal. Beschikbaar via: <https://www.skal.nl/certificeren/veehouderij>
264. Hellebrekers L, Staman J, De Boer SJ, Foppen R, Kik M, Van Knapen F, et al. Advies toetsingskader positieflijst zoogdieren. Maarn; 2019.
265. WHO. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Internet]. Beschikbaar via: <https://covid19.who.int/>
266. Wang C, Horby PW, Hayden FG, Gao GF. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet.* 2020 Feb 15;395(10223):470–3. Beschikbaar via: <https://doi.org/10.1016/S0140-6736>
267. WHO. World Health Organization [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.who.int/>
268. AN A-G, T C, Z G, FG H, DH N, MD de J, et al. Update on Avian Influenza A (H5N1) Virus Infection in Humans. *N Engl J Med.* 2008 Jan 17;358(3):261–73. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18199865/>
269. Broekhuizen S, Spoelstra S, Thissen JBM, Canters KJ, Buys JC. Atlas van de Nederlandse zoogdieren [Internet]. 12th ed. Leiden: Naturalis Biodiversity Center & EIS Kenniscentrum Insecten en andere ongewervelden; 2016. Beschikbaar via: https://www.nederlandsesoorten.nl/linnaeus_ng/app/views/literature2/reference.php?id=4853
270. RIVM. Patiënt ziek door teken-encefalitisvirus [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/nieuws/patient-ziek-door-teken-encefalitisvirus>
271. Ling J, Verner-Carlsson J, Eriksson P, Plyusnina A, Löhmus M, Järhult JD, et al. Genetic analyses of Seoul hantavirus genome recovered from rats (*Rattus norvegicus*) in the Netherlands unveils diverse routes of spread into Europe. *J Med Virol.* 2019 May 1;91(5):724–30. Beschikbaar via: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jmv.25390>
272. de Vries A, Vennema H, Bekker DL, Maas M, Adema J, Opsteegh M, et al. Characterization of Puumala hantavirus in bank voles from two regions in the Netherlands where human cases occurred. *J Gen Virol.*

- 2016 Jul 1;97(7):1500–10. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27075118/>
273. RIVM. Hantavirusinfectie | LCI richtlijnen [Internet]. Beschikbaar via: <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/hantavirusinfectie>
274. RIVM. Leptospirose | LCI richtlijnen [Internet]. Beschikbaar via: <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/leptospirose>
275. RIVM. Tekenencefalitis | LCI richtlijnen [Internet]. Beschikbaar via: <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/tekenencefalitis>
276. Hustings F, Koffijberg K. Vogelatlas van Nederland : broedvogels, wintervogels en 40 jaar verandering [Internet]. 2nd ed. Nijmegen: Sovon; 2018. 640 p. Beschikbaar via: <https://www.worldcat.org/title/vogelatlas-van-nederland-broedvogels-wintervogels-en-40-jaar-verandering/oclc/1076557301>
277. Cadar D, Lühken R, van der Jeugd H, Garigliany M, Ziegler U, Keller M, et al. Widespread activity of multiple lineages of Usutu virus, Western Europe, 2016. *Eurosurveillance*. 2017 Jan 1;22(4):30452. Beschikbaar via: <https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.4.30452>
278. Oude Munnink BB, Nieuwenhuijse DF, Sikkema RS, Koopmans M. Validating whole genome nanopore sequencing, using USUTU virus as an example. *J Vis Exp*. 2020 Mar 1;2020(157):60906. Beschikbaar via: www.jove.comurl:<https://www.jove.com/video/60906>
279. RIVM. Drentse teek is een Hyalomma-teek [Internet]. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/nieuws/drentse-teek-is-hyalommateek>
280. Meuwissen H, Tilburg J, Van der Hoek W, Vellema P, Van Zijderveld F, Klaassen C, et al. A model to estimate the financial consequences of classical swine fever outbreaks: principles and outcomes. *Prev Vet Med*. 1999;139(1).
281. Elbers ARW, Stegeman A, Moser H, Ekker HM, Smak JA, Plumiers FH. The classical swine fever epidemic 1997-1998 in the Netherlands: Descriptive epidemiology. *Prev Vet Med*. 1999 Dec 1;42(3-4):157–84. Beschikbaar via: <https://europemc.org/article/MED/10619154>
282. Evaluatiecommissie Q-koorts. Van verwerping tot verheffing : Q-koortsbeleid in Nederland 2005-2010. [Internet]. Beschikbaar via: <https://library.wur.nl/WebQuery/edepot/156237>
283. Velthuis AGJ, Saatkamp HW, Mourits MCM, de Koeijer AA, Elbers ARW. Financial consequences of the Dutch bluetongue serotype 8 epidemics of 2006 and 2007. *Prev Vet Med*. 2010 Mar 1;93(4):294–304. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19962204/>
284. Beer M, Conraths FJ, Van Der Poel WHM. “Schmallenberg virus” - A novel orthobunyavirus emerging in Europe. *Epidemiol Infect*. 2013 Jan;141(1):1–8. Beschikbaar via: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23046921/>
285. Adlhoch C, Fusaro A, Gonzales JL, Kuiken T, Marangon S, Niqueux É, et al. Avian influenza overview December 2020 – February 2021. *EFSA J*. 2021 Mar 1;19(3). Beschikbaar via: [/pmc/articles/PMC7927793/](https://pmc/articles/PMC7927793/)

BIJLAGEN

Bijlage I.1 Opdrachtbrief



Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

> Retouradres Postbus 20350 2500 EJ Den Haag

Dhr. Bekedam

Ministerie van
Volksgezondheid, Welzijn en
Sport
Publieke Gezondheid
Bezoekadres
Parasusplein 5
2511 VZ Den Haag
T 070 340 79 11
F 070 340 78 34
www.vws.nl

Datum 22 april 2021
Betreff Opdrachtbrief expertgroep zoönosen

Kenmerk
2350441-1006440

Uw brief

Bijlage(n)

Geachte heer Bekedam,

De impact van COVID-19 is enorm en treft onze samenleving in volle breedte. Het kabinet wil vooruitblikken en breder bezien wat nodig is om infectieziektenuitbraken zoals deze in de toekomst zoveel mogelijk te voorkomen. Daar hoort een adequaat zoönosebeleid bij. Het kabinet zal in beeld brengen wat nodig is in de breedte van volksgezondheid, diergezondheid en omgeving om het risico op het ontstaan van zoönosen zoveel mogelijk te verkleinen.

*Correspondentie uitkomstbrief
richtten aan het verantwoordelijk
met vermelding van de
datum en het kenmerk van
deze brief.*

In opdracht van de ministeries van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) wordt een brede expertgroep ingericht die een risicoanalyse uitvoert op het ontstaan en de verspreiding van zoönosen, een weging maakt van deze risico's en aangeeft welke mogelijkheden er zijn om deze risico's te verkleinen. De tweede vraag aan de expertgroep is om deze analyse naast het huidige beleid te leggen en witte vlekken en verbeterpunten te identificeren. Het kabinet zal op basis van deze uitkomst bezien of en zo ja welke aanpassingen of aanscherpingen van beleid nodig zijn.

Middels deze brief ontvangt u als voorzitter de opdracht aan de expertgroep zoönosen. De opdracht inclusief de gestelde vragen treft u aan in de bijlage van deze brief.

We wensen u veel succes bij de uitvoering van de opdracht en zien uit naar het eindrapport van de expertgroep.

Hoogachtend,
de minister voor Medische Zorg en Sport,
namens deze,
de waarnemend directeur Publieke Gezondheid,

mW-dfs, F.L.H.M. L'Ortye

Pagina 1 van 4



Hoogachtend,

de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit,
namens deze,

Ministerie van
Volksgezondheid, Welzijn en
Sport
Publieke Gezondheid

Kenmerk
2350441-1006448

Hugo van Kasteel
Directeur Dierlijke Agroketens en Dierenwelzijn



Bijlage: Opdracht / Terms of reference expert group zoonoses

Opdracht / Terms of reference expert group zoonoses

In het licht van de opgave van het kabinet om breder te bezien wat nodig is om zoonosen in de toekomst zoveel mogelijk te voorkomen in zowel de nationale als internationale context en de motie-Duwehand (25295, nr. 452 en 25295 nr. 888) wordt aan een expertgroep gevraagd een risicoanalyse uit te voeren met betrekking tot het ontstaan en de verspreiding van zogenaamde 'emerging zoonosis', opkomende zoonosen en daarbij gebruik te maken van bestaande kennis en informatie. Een opkomende zoonose is volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), de Wereldorganisatie voor Diergezondheid (OIE) en de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO): a zoonosis that is newly recognized or newly evolved, or that has occurred previously but shows an increase in incidence or expansion in geographical, host or vector range.

Ministerie van
Volksgezondheid, Welzijn en
Sport
Publieke Gezondheid

Kenmerk
2350441-1/006448

Expertgroep

- De expertgroep zoonosen bestaat uit een voorzitter en experts uit ten minste de volgende (wetenschappelijke disciplines): volksgezondheid, diergezondheid, natuur en biodiversiteit, veehouderij en gedragswetenschappen, handhaving of toezicht en internationaal beleid.
- De voorzitter is verantwoordelijk voor:
 - communicatie met de opdrachtgever,
 - het opstellen van de agenda's, beleggen en het voorzitten van bijeenkomsten van de expertgroep,
 - het sturen op het halen van gestelde deadlines en
 - is eindverantwoordelijk voor de vorm en inhoud van de eindrapportage.
- De expertgroep zoonosen wordt ondersteund door een secretariaat. Het secretariaat heeft als taak om bijeenkomsten van de expertgroep te faciliteren en om het eindrapport op te stellen op basis van input uit de expertgroep.
- De expertgroep start 1 februari 2021 en levert uiterlijk 15 juni 2021 een eindrapportage op in de Nederlandse taal, inclusief een managementsamenvatting in de Engelse en Nederlandse taal, waarin de onderstaande vragen over het ontstaan en de verspreiding van zoonosen worden beantwoord.
- Er wordt op ten minste drie momenten een afstemmingsoverleg met de opdrachtgever gevoerd: bij de start (1 februari), halverwege (half april) en bij de oplevering van het rapport (15 juni).

Opdracht voor expertgroep

- Welke factoren beïnvloeden het ontstaan, de verspreiding en de ernst van zoonosen, zowel binnen Nederland als in de rest van de wereld en zowel met betrekking tot gehouden als wilde dieren?
- Maak een kwalitatieve weging van de bijdrage van deze factoren.
- Welke strategieën/instrumenten verkleinen de kans op het ontstaan, verspreiden of verminderen de ernst van zoonosen?
- Maak een kwalitatieve weging van de bijdrage van deze instrumenten aan het verkleinen van de kans op het ontstaan en verspreiden van zoonosen. De focus hierbij ligt op zoonosen, we verwachten van deze expertgroep geen gedetailleerde maatschappelijke en economische weging.
- Geef aan op welke manier deze instrumenten in Nederland en wereldwijd worden ingezet en welke mogelijke verbeterpunten er zijn.



- Voor de beantwoording van deze vragen kunt u de volgende onderwerpen aanhouden:
 1. belangrijkste bestaande en potentiële opkomende zoönosen, 2. ontstaan van zoönotische eigenschappen van ziektekiemen, 3. verspreiding zoönotische ziektekiemen binnen een diersoort, 4. spillover van zoönotische ziektekiemen naar andere diersoorten, 5. spillover van zoönotische ziektekiemen naar mensen en 6. mogelijke strategieën/instrumenten om bovengenoemde risico's van zoönosen in Nederland en wereldwijd te verkleinen.
- Bij de opdracht hoeft de werking van de gezamenlijke crisisstructuur van VWS en LNV (onderdeel van de zoönosestructuur) niet te worden betrokken. Deze wordt separaat beoordeeld in de evaluatie van de bestrijding van SARS-CoV-2 bij nertsen.
- In verband met de lopende evaluaties van de International Health Regulations van de Wereldgezondheidsorganisatie, waar zoönosen een element van zijn, is het zinvol dat de expertgroep de aanbevelingen van deze evaluaties meeneemt in de beantwoording van huidige opdracht.
- De scope van de expertgroep beperkt zich tot de zogenaamde "contact zoönosen" (zoönosen die zich verspreiden en kunnen worden overgedragen via direct of indirect contact met dieren). Alimentaire (voedseloverdraagbare) zoönosen zijn geen onderdeel van deze opdracht.
- De expertgroep kan bij het uitvoeren van deze opdracht diverse (overheid)organisaties die betrokken zijn bij dit onderwerp voor de beantwoording van bovenstaande vragen consulteren, evenals betrokken internationale organisaties, zoals de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), de Wereldorganisatie voor Diergezondheid (OIE) en de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO).

Ministerie van
Volksgezondheid, Welzijn en
Sport
Publieke Gezondheid

Kenmerk
2350441-1006448

Offerte

De voorzitter stelt samen met het secretariaat een offerte op met daarin ten minste de volgende onderwerpen:

- een plan van aanpak van de uit te voeren werkzaamheden;
- de cv's van de in te zetten deskundigen;
- een raming van het aantal uren van zowel secretariaat, voorzitter als experts met bijbehorende uurtarieven/dagtarieven op basis van een inschatting van het aantal bijeenkomsten, voorbereiding en het schrijven aan het rapport.

Bijlage 1.1 Overzicht veestapel

Tabel 1.1 Overzicht van de veestapel in Nederland, en veranderingen in de tijd(20,262).

Diersoort	Totale aantal dieren			Totale aantal bedrijven		
	1960	2000	2020	1960	2000	2020
Varkens	2.955.000	13.118.000	11.950.000	146.000	14.520	3.560
Kippen	42.410.000	104.014.700	101.863.100	199.000	3.860	1.770
Rundvee	3.507.000	4.068.710	3.837.990	200.000	45.800	24.020
Geiten	-	179.000	633.000	-	3.800	3.050
Schape	456.000	1.305.000	890.000	26.000	17.570	8.280
Eenden	1.544.000	958.000	819.000	4.000	110	50
Kalkoenen	-	1.544.000	585.000	-	120	30
Konijnen	-	392.200	335.000	-	200	40

Bijlage 1.2 Aantallen en groottes veehouderij

Tabel 1.2 Aantallen en groottes van biologische veehouderij in Nederland, 2017, met stalruimte per dier. Een dier is biologisch als het is gecertificeerd volgens de geldende regelgeving. Stichting Skal Biocontrole certificeert alle biologische productie in Nederland. Certificering is gebaseerd op Europese en Nederlandse wetgeving, en op Skal-reglementen(263).

Diersoort	Aantal biologische bedrijven, 2017 (% van totaal)	Totaal aantal biologisch gehouden dieren, 2017 (% van totaal)	Gemiddeld aantal dieren per biologische bedrijf, 2017	Stalruimte per dier (m ²)
Vleeskuiken	2	<0,5%	20.000	8,5
Leghen	237**	3.3000.000 (7%)	14.000	6
Vleesvarken	148 (3,4)	50.000 (0,8%)	340	0,77
Vleeskalf	0,2%***	onbekend	onbekend	0,29
Vleesrund	onbekend	onbekend	onbekend	0,12
Melkgeit	47 (13%)	45.000 (2%)	960	0,67
Melkkoe	490****	39.000	80	0,167

*50% (van totale vleeskuikenproductie) zijn trager groeiende kuikens met 15 dieren per m²(22).

**140 bedrijven met leghennenhouderij als hoofdtak; maximale groepsgrootte 6.000 leghennen

****0,2% van totale kalfsvleesproductie

***1,6% van totale melkproductie

Bijlage 2.1 Ernstige zoönosen genoemd in het Advies Toetsingskader Positieflijst

Tabel 3: Zoönotische ziekteverwekkers van EMZO klasse 4 waarvan bekend is dat zij soms voorkomen bij zoogdiersoorten die in Nederland als gezelschapsdier worden gehouden(264).

Categorie	Naam van ziekteverwekker
virus	Crimean-Congo hemorrhagic fever virus
virus	Rift Valley fever virus
virus	westnijlvirus
virus	Influenza A virus (avian) H5N1
virus	rabiës virus
virus	Eastern equine encephalitis virus
virus	SARS coronavirus
virus	Ebolavirus
virus	Hendravirus
virus	Marburgvirus
virus	MERS coronavirus
virus	Nipah virus
virus	Orthobunyavirus (Nairovirus)
bacterie	Campylobacter spp
bacterie	Chlamydia psittaci
bacterie	Coxiella burnetii
bacterie	Anaplasma phagocytophila
bacterie	Yersinia pestis
bacterie	Capnocytophaga canimorsus
bacterie	Francisella tularensis
bacterie	Leptospira interrogans
bacterie	Mycobacterium bovis (M. tuberculosis complex)
protozoon	Toxoplasma gondii

Deze klasse 4 ziekteverwekkers kunnen onder meer voorkomen bij de volgende exotische zoogdiersoorten:

- 31 soorten eekhoorns (bornavirus)
- dromedaris (MERS coronavirus)
- Gambiahamsterrat (monkeypoxvirus)
- zwartstaartprairiehond (monkeypoxvirus)
- veeltepelmuus (Lassa virus)
- Amerikaanse nerts (SARS coronavirus type 2)
- palmvleerhond (henipavirus, lyssavirus, mogelijk Ebolavirus)
- hamerkopvleerhond (mogelijk Ebolavirus)
- kalong (Nipah virus, Tioman virus)
- Nijlroezet (Marburg virus, lyssavirus, mogelijk Ebola virus).

Bijlage 3.1 Internationale uitbraken van zoönotische virusziekten

Geselecteerde ernstige internationale uitbraken van zoönotische virusziekten met wilde dieren als oorspronkelijk reservoir

HIV

De HIV pandemie, die nog steeds niet overwonnen is, heeft wereldwijd sinds het begin het leven gekost aan 37,2 miljoen mensen. Ongeveer 75,7 miljoen mensen zijn geïnfecteerd met HIV(126). De ziekte AIDS wordt veroorzaakt door twee verwante virussen, HIV-1 en HIV-2(124,125). HIV-1 en HIV-2 zijn waarschijnlijk overgesprongen door het jagen op en slachten van een besmette chimpansee of gorilla (HIV-1) of roetmangabey (HIV-2) in Centraal- of West-Afrika. De infectie breidde zich regionaal uit onder mensen, waarschijnlijk als gevolg van bevolkingsgroei en intensivering van onderlinge contacten door veranderingen in landgebruik en wegenbouw. Wereldwijde verspreiding werd vergemakkelijkt door toegenomen luchtvaart- en scheepsreizen, waardoor de uitbraak kon uitgroeien tot een pandemie.

SARS

SARS kwam in 2002 op in de provincie Guangdong, China, en is via Hong Kong wereldwijd verspreid. Besmetting is bevestigd in iets minder dan 8.000 gevallen, van wie ongeveer 10% overleed. Ziekte wordt veroorzaakt door het SARS-coronavirus. Dit virus is aangetroffen in verhandelde wilde dieren (civetkatten, wasbeerhonden, en fretten), die hoogstwaarschijnlijk tijdens de handel besmet zijn door andere wilde dieren. De echte reservoirgastheren zijn insectenetende vleermuizen (*Rhinolophus* spp. en anderen) die vaak in Zuid-China worden gegeten en op dat moment op grote schaal werden verhandeld op de markten voor levende dieren(128).

De opkomst van SARS is gerelateerd aan de sterke stijging van de welvaart in Guangdong waardoor er een sterke stijging was in de consumptie van wilde dieren. De eerste case clusters omvatten restauranteigenaren en chef-koks die wilde dieren kochten van grote markten voor levende dieren(127).

Ebola

Ook het ebolavirus is vermoedelijk afkomstig van een of meer vleermuissoorten. Het veroorzaakt bij de mens een zeer ernstige infectie, met een sterftekans van meer dan 40%. De grootste uitbraak vond plaats van 2014 tot 2016 in verscheidene West-Afrikaanse landen(132). Het begin van de uitbraak is onduidelijk, maar overdracht vond vermoedelijk plaats door het eten van een geïnfecteerd wild dier (b.v. gorilla, chimpansee, duiker of vlerhond). Omdat het niet lukte om de overdracht in het begin onder controle te krijgen, verspreidde het virus zich snel als gevolg van de hoge mobiliteit van de bevolking, de hoge bereikbaarheid van afgelegen plattelandsgemeenschappen, culturele gewoontes bij begrafenissen, en de dichtbevolkte stedelijke centra in de regio. Uiteindelijk waren er 28.646 gerapporteerde gevallen en 11.323 gerapporteerde doden.

COVID-19

COVID-19, veroorzaakt door SARS-CoV-2, is in november 2019 opgekomen in de provincie Hubei, China, en heeft zich sindsdien wereldwijd verspreid in een nog lopende pandemie. Daarbij zijn tot 31 maart 2021 meer dan 128 miljoen aan de WHO bevestigde gevallen, waarvan ongeveer 2,8 miljoen mensen zijn overleden(265). De bron van infectie voor de eerste menselijke gevallen van COVID-19 is nog steeds niet volledig bekend. Een eerste cluster van geïnfecteerde mensen kon grotendeels in relatie worden gebracht met een markt in Wuhan, waar zij vermoedelijk werden besmet door andere mensen of door wilde dieren die daar werden verhandeld. Hoogstwaarschijnlijk was het virus afkomstig uit een ander deel van China(266). Hoe het virus van dier op mens is overgedragen, is nog niet bekend. Naaste verwanten van SARS-CoV-2 zijn gevonden in hoefijzervleermuizen (*Rhinolophus* spp.) uit de provincie Yunnan(134).

Hoe moeilijk het voorspellen van de volgende zoönose wordt geïllustreerd door Fig 4 van de Nature publicatie van Olival et al 2017(51), waarin het zoönotisch potentieel van coronavirussen als laag wordt ingeschat.

Hoog-pathogene aviaire influenza

Hoog-pathogene aviaire influenza virus van de A/Goose/Guangdong/1996 (H5) lineage. werd eerst vastgesteld in de pluimveesector in China in 1996. Het heeft meerdere keren wilde watervogels besmet en heeft zich langzamerhand aan wilde watervogels aangepast, waardoor het meegedragen kon worden met wilde watervogels tijdens hun voorjaarsmigratie naar broedgebieden in noordelijk Eurazië, en daarna tijdens hun najaarsmigratie naar wintergebieden in geheel Eurazië, Afrika, en (1x) Noord-Amerika (Lycett et al. 2020; EFSA

2020). Het virus kon van wilde watervogels overgedragen worden aan pluimvee in die gebieden, en van pluimvee overgedragen worden aan mensen. Sinds 1997 zijn er 587 gerapporteerde HPAIV H5N1 infecties bij mensen, waarvan 346 zijn overleden(267). De meeste mensen zijn besmet door direct of indirect contact met geïnfecteerde pluimvee; overdracht van mens op mens komt alleen voor zeer dicht, onbeschermd contact (268).

Bijlage 3.2 Wilde zoogdiersoorten en bijbehorende zoönosen in Nederland

Er zijn in Nederland 107 voorkomende zoogdiersoorten waarvan 3 bij de laatste periode (1989-2012) zijn verdwenen(269). De meest soortenrijke ordes zijn de walvisachtigen, knaagdieren en vleermuizen, die samen 66% van alle Nederlandse zoogdiersoorten bevatten (Tabel 1). Binnen de ordes knaagdieren en vleermuizen zijn ook veel soorten, respectievelijk 11 en 7, met een wijde verspreiding in Nederland. Er zijn 3 soorten vleermuizen en 2 soorten vinpotigen die sterk in verspreiding zijn afgenomen of zelfs zijn verdwenen sinds de periode 1977-1988. Daarnaast staan er 19 zoogdiersoorten op de Nederlandse Rode Lijst aangemerkt als gevoelig tot ernstig bedreigd. Aan het andere extreem, zijn 3 knaagdiersoorten (Siberische grondeekhoorn, bever, grote bosmuis) en 3 vleermuissoorten (Brandt's vleermuis, ingekorven vleermuis, tweekleurige vleermuis) en een vinpotige (de grijze zeehond) sterk in verspreiding toegenomen, en zijn er 7 soorten bijgekomen: kleine dwergvleermuis, wilde kat, lynx, wolf, wasbeer, muntjak en goudjakhals.

Ziekteverwekkers

Zoönotische ziekteverwekkers bij wilde zoogdieren die in principe tot uitbraken kunnen leiden:

- *Borrelia burgdorferi*, oorzaak van Lymeziekte, komt voor in schapenteken (*Ixodes ricinus*) in Nederland, en wordt in toenemende frequentie in mensen vastgesteld. Door de drie ontwikkelingsstadia van de teek op verschillende vogel- en zoogdiergastheren, en de afhankelijkheid van deze ontwikkeling van milieu-omstandigheden (o.a. omgevingstemperatuur, neerslag, microklimaat) is de epidemiologie van Lymeziekte ingewikkeld. Door verandering in landgebruik is deze ziekte in de V.S. in de jaren 1970 opgekomen, heeft daar tot een epidemie geleid.
- *Leptospira interrogans* bij knaagdieren en spitsmuisachtigen. In Nederland recent vastgesteld bij bruine rat, grote bosmuis, huismuis, muskusrat, gewone spitsmuis(59). Komt zo nu en dan voor bij mensen in Nederland, en kan ernstige ziekte veroorzaken. Mensen worden vooral geïnfecteerd door contact met water dat door gastheerurine besmet is. Zoönotische uitbraken kunnen in principe optreden wanneer de gastheerpopulatie plotseling groeit en de prevalentie van *L. interrogans* infectie toeneemt, of wanneer er omstandigheden zijn, zoals hevige regenval of overstromingen, waardoor mensen frequenter in contact komen met besmet water.
- Teken-encefalitisvirus (Tick-borne encephalitis virus, TBEV) komt voor in schapenteken (*Ixodes ricinus*) in Nederland, en antistoffen tegen TBEV zijn vastgesteld in reeën in Utrecht, Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant, en Limburg(60,61), en heeft ook in Nederland tot ziekte bij een mens geleid(270).
- Hantavirusinfecties komen bij verschillende knaagdier- en spitsmuissoorten voor. Mensen raken vooral geïnfecteerd door contact met virusbevattende faeces en urine. Grote zoönotische uitbraken kunnen voorkomen bij plotselinge toename van de gastheerpopulatie door verschillende oorzaken, b.v. een overvloed aan voedsel door klimaatomstandigheden of een goed jaar van een voedselplant (zoals beuk), of mildere inters die de natuurlijke mortaliteit verlaagd.
- Seoul virus (an orthohantavirus) komt voor bij vrijlevende en gehouden bruine ratten in Europa, o.a. in Nederland(271), en heeft ook lokaal tot besmetting en ziekte bij een mens geleid(46).
- Puumala virus (een orthohantavirus) komt voor in het oosten en zuiden van Nederland bij de wijdverspreide rosse woelmuis(272). Hantavirusinfecties komen regelmatig voor bij mensen in Nederland; infecties met Puumala virus verlopen in het algemeen mild, met een Case Fatality Rate (CFR) van <0,1%(273).
- Dobrava-Belgrade virus (een hantavirus) komt in Zuid Europa voor en zou in principe naar Nederland kunnen verspreiden, omdat de geschikte gastheer, de grote bosmuis, in Nederland voorkomt. Deze infectie is pathogener voor mensen, met CFR 12%(273)

Humane risicogroepen voor bovenstaande ziekteverwekkers:

- hogere kans op hantavirusinfectie: mannen in de arbeidsleeftijd; roken; wonen in gebouwen met gaten waardoor ongedierte kan komen; zodra ongedierte of hun excreta zichtbaar zijn(273). En bij boswerkers.
- hogere kans op Lyme ziekte: kinderen (5-14 jaar), mensen die veelvuldig verblijven in de habitat van *Ixodes ricinus* tijdens het actieve seizoen (maart - november), b.v. bosarbeiders, jagers, kampeeders en recreanten in natuurgebieden(58).
- hogere kans op leptospirose: Risicogroepen zijn personen die in het kader van beroep of hobby veelvuldig met (wilde) dieren en/of oppervlaktewater of modder in aanraking komen; Andere

risicogroepen zijn vrijetijdstuinders, waterrecreanten, toeristen (avontuurlijke activiteiten op het water), en sporters (sporten met intensief contact met de omgeving)(274).

- hogere kans op TBEV infectie: Mensen die verblijven in gebieden waar de teek veel voorkomt en besmet is met het virus ; momenteel voornamelijk in de Sallandse heuvelrug en de Utrechtse heuvelrug (boswachters, houthakkers, kampeerders en wandelaars in natuurgebieden) in seizoen van actieve transmissie (maart-november)(275).

Bijlage 3.2, Tabel 1: In Nederland voorkomende zoogdiersoorten in periode 1989-2012 naar (sub)orde, verspreiding, en verspreidingstoename sinds periode 1970-1988(269)

Orde (suborde)	Aantal soorten	Aantal soorten op Rode Lijst als gevoelig, kwetsbaar, of (ernstig) bedreigd (aantal beschouwd)	Aantal soorten met verspreiding in >50% van atlasblokken	Aantal soorten met verspreidingsafname van >50% tussen 1970-1988 en 1989-2012/verdwenen	Aantal soorten met verspreidingstoename van >50% tussen 1970-1988 en 1989-2012/nieuw
Knaagdieren (Rodentia)	22	7 (15)	11	0/0	3/1
Haasachtigen (Lagomorpha)	2	0 (2)	2	0/0	0/0
Egelachtigen (Erinaceomorpha)	1	0 (0)	1	0/0	0/0
Mollen en spitsmuisachtigen (Soricomorpha)	7	1 (7)	4	0/0	0/0
Vleermuizen (Chiroptera)	22	5 (14)	7	2/1	3/1
Roofdieren (Carnivora) Landroofdieren (Fissipedia)	14	3 (7)	4	0/0	0/4
Roofdieren (Carnivora) Vinpotigen (Pinnipedia)	7	2 (2)	0	0/2	1/0
Evenhoevigen (Artiodactyla)	5	0 (4)	1	0/0	0/1
Walvisachtigen (Cetacea)	27	1 (1)	0	n.v.t.	n.v.t.

Bijlage 3.3 Wilde vogels en bijbehorende zoönosen in Nederland

Er zijn in Nederland 369 regelmatig voorkomende vogelsoorten(276). Deze behoren tot een aantal van 23 Ordes (vergelijk zoogdieren van Nederland: 9 Ordes). De meest soortenrijke ordes zijn de Zangvogels (Passeriformes), 111 soorten; Eendvogels (Anseriformes), 58 soorten; en Steltloperachtigen (Charadriiformes), 52 soorten.

Van alle broedvogels in Nederland, is de merel met naar schatting 875.000 broedparen (2015) de talrijkste (Tabel 1). Daarna komen huismus en spreeuw, waarmee de top drie dezelfde is als in 1998-2000. Alle schattingen van broedvogels in 2013-2015 bij elkaar opgeteld, is het totaal aantal broedparen in Nederland meer dan tien miljoen. Met de uitgevlogen jongen en niet-broedende vogels erbij (maar niet de trekkende vogels), zijn er in juni-juli ruwweg 40 tot 80 miljoen vogels in Nederland.

Van alle wintervogels in Nederland, is de top drie dezelfde als die van broedvogels (Tabel 2). Van de watervogels die in Nederland overwinteren, komen de kolgans, smient, brandgans, en grauwe gans bij de wilde eend in de top vijftien, maar hun verspreiding is geconcentreerd. Alle schattingen van alle soorten bij elkaar opgeteld, is het totaal aantal wintervogels in Nederland ongeveer 28 miljoen.

Er zijn sterke veranderingen opgetreden in de verspreiding van broedvogels tussen 1973-1977 en 2013-2015: 79 soorten zijn toegenomen, 48 zijn stabiel gebleven, en 76 zijn afgenomen. De soorten met de grootste toename in verspreiding (10 en 50%) zijn, in volgorde van minste naar meeste toename: middelste zaagbek, ooievaar, raaf, grauwe gans, aalscholver, taigaboomkruiper, slechtvalk, en middelste bonte specht. De soorten met de grootste afname in verspreiding (10 en 50%) zijn, in volgorde van minste naar meeste afname: keep, korhoen, grauwe gors, kuifleeuwerik, duinpieper, klapekster en ortolaan. Verschillen in de verspreiding zijn vaak, maar niet altijd maatgevend voor veranderingen in aantal. Tellingen laten zien dat meer broedvogels in aantal toenemen dan afnemen. Echter, hierbij dient wel vermeld te worden dat generalisten het meestal goed doen, terwijl specialisten van onder andere boerenland, heide en rietmoeras sterk afnamen in aantal.

Er zijn ook sterke veranderingen opgetreden in de verspreiding van wintervogels tussen 1973-1977 en 2013-2015: 105 soorten zijn toegenomen, 66 zijn stabiel gebleven, en 85 zijn afgenomen. De soorten met de grootste toename in verspreiding (10 en 50%) zijn, in volgorde van minste naar meeste toename: oehoe, zwarte ibis, geelpootmeeuw, zwarte rotgans, grote zilverreiger, en middelste bonte specht. De soorten met de grootste afname in verspreiding (10 en 50%) zijn, in volgorde van minste naar meeste afname: bonte kraai, korhoen, notenkraker, kuifleeuwerik, en grote trap. Positieve veranderingen in verspreiding van wintervogels waren vooral te zien bij watervogels, met name ganzen en zwanen. In tegenstelling daarmee nam de verspreiding af bij vogelsoorten die buiten de wetlands overwinteren. Veranderingen in soortenrijkdom van wintervogels waren vooral positief in Groningen, Friesland en Zuid-Holland, en negatief op de Veluwe en in het rivierengebied.

Het aantal exoten (van oorsprong uitheemse soorten die zich door toedoen van de mens in Nederland vestigden) groeide in de laatste 40 jaar en was in 2013-2015 in totaal 80 soorten, waarvan 34 soorten in tenminste 10 atlasblokken voorkwamen. Meer dan de helft van de exotische vogelsoorten waren watervogels, die vooral te vinden waren in verstedelijkte gebieden met open water. De kernregio van exotische vogelsoorten was de Randstad, van waaruit verspreiding naar de rest van Nederland plaatsvond.

Veranderingen in de soortensamenstelling van de gastheren en niet-gastheren kunnen wel van belang zijn bij de verspreiding van een pathogeen. Soorten verschillen vaak in hun *competence* om een ziekteverwekker te verspreiden doordat ze meer of minder *infectieus* zijn. Zo is voor Lyme en WNV aannemelijk gemaakt dat de soortensamenstelling zo kan veranderen dat de totale R0 boven de 1 komt zodat het lokale uitbraken kan starten. Een afname van de biodiversiteit ertoe leiden dat de populaties van andere soorten in omvang toenemen, waar bepaalde ziekteverwekkers van kunnen profiteren.

Ziekteverwekkers

Zoönotisch ziekteverwekkers bij wilde vogels die in principe tot uitbraken kunnen leiden:

- via pluimvee: hoog-pathogene aviaire influenza virus (HPAIV) van de A/Goose/Guangdong/1996 (H5N1) lineage. Dit virus, van oorsprong afkomstig uit pluimvee, wordt nu bijna jaarlijks met de najaarsmigratie van wilde watervogels naar Nederland meegebracht, met risico voor besmetting van

pluimvee, die op hun beurt weer mensen kunnen besmetten. Tot nu toe zijn geen autochtone humane gevallen in Nederland bekend.

- via pluimvee: laag-pathogene aviaire influenza virus van subtypen H5 en H7. Deze virussen komen normaal voor bij bepaalde soorten wilde watervogels (vooral grondeleendensoorten zoals wilde eend en wintertaling) en kunnen bij besmetting van grote commerciële pluimveebedrijven muteren tot HPAIV, sommige varianten waarvan ook mensen kunnen besmetten en ziek maken. Zo is HPAIV H7N7 in 2003 in pluimvee in Nederland ontstaan, nadat pluimvee waarschijnlijk met LPAIV H7N7 uit wilde vogels was besmet. Deze uitbraak heeft geleid tot het ruimen van 30 miljoen pluimvee en er zijn >1000 mensen besmet, waaronder een dierenarts die overleden is aan de infectie(2,62).
- Westnijlvirus breidt zich uit naar het noorden van Europa, wellicht in associatie met klimaatopwarming, en is voor het eerst in Nederland vastgesteld in een vrijlevende grasmus in september 2020(64) en in een mens in oktober 2020. Dat laatste gaat om een autochtone infectie(65) WNV infectie kan vooral bij oudere mensen leiden tot hersenontsteking. WNV is een via muggen (*Aedes* spp., *Culex* spp.) overgebracht virus. Zie verder deel 4. Vectoren.
- Usutu virus breidt zich uit naar het noorden van Europa, wellicht in associatie met klimaatopwarming, en wordt sinds 2016 elke zomer en herfst in Nederland vastgesteld in wilde vogels, voornamelijk merels, maar ook enkele andere wilde vogelsoorten(277,278). Bij wilde vogels kan infectie fataal zijn, en in associatie met deze virusinfectie is de merelstand in Nederland achteruitgegaan. Daarnaast wordt het virus gedetecteerd bij gehouden vogels die eraan doodgaan, vooral gehouden Laplanduilen. Usutu virus is zoonotisch, en kan bij mensen met immunosuppressie leiden tot hersenontsteking. In Nederland zijn geen autochtone gevallen van infectie bekend. Usutu virus is een via muggen (*Aedes* spp., *Culex* spp.) overgebracht virus. Zie verder deel 4. Vectoren.
- Krim-Congovirus (Crimean-Congo Haemorrhagic Fever Virus) wordt door teken overgebracht, vooral *Hyalomma marginatum*. Deze teek kan in principe door migrerende wilde vogels vanuit Zuid Europa en Afrika naar Noord Europa, o.a. Nederland, worden vervoerd. Tot nu toe is een enkele keer *Hyalomma* gevonden in Europa, o.a. in Nederland, maar geen CCHFV(279). Huidige klimaat in Nederland is ongeschikt voor *H. marginatum* om zich te vestigen, maar zou in toekomst wel kunnen door klimaatopwarming(5).

Bijlage 3.3, Tabel 2: Top vijftien van talrijkste broedvogels van Nederland, met minimum- en maximummarge, en rangnummers op lijst van meest verspreide soorten(276)

Broedvogelsoort	Aantal broedparen minimum	Aantal broedparen maximum	Rangnummer verspreiding NL
Merel	650.000	1.100.000	3
Huiszus	600.000	1.000.000	15
Spreeuw	450.000	1.000.000	14
Winterkoning	400.000	600.000	4
Koolmees	375.000	625.000	8
Vink	400.000	500.000	10
Tjiftjaf	350.000	550.000	7
Zwartkop	300.000	500.000	9
Houtduif	250.000	500.000	6
Pimpelmees	250.000	400.000	11
Roodborst	250.000	350.000	33
Wilde eend	200.000	300.000	1
Boerenzwaluw	210.000	280.000	17
Heggenmus	175.000	225.000	12
Fitis	150.000	250.000	18

Bijlage 3.3, Tabel 3: Top vijftien van talrijkste wintervogels van Nederland, met minimum- en maximummarges, en rangnummers op lijst van meest verspreide soorten(276)

Wintervogelsoort	Minimum aantal	Maximum aantal	Rangnummer verspreiding NL
Merel	2.000.000	3.000.000	3
Huismus	2.000.000	3.000.000	21
Spreeuw	1.000.000	3.000.000	6
Houtduif	1.000.000	2.000.000	11
Winterkoning	1.000.000	2.000.000	7
Koolmees	1.000.000	2.000.000	8
Vink	1.000.000	2.000.000	4
Pimpelmees	500.000	2.000.000	12
Kolgans	880.000	970.000	56
Smient	860.000	940.000	62
Brandgans	780.000	820.000	69
Roodborst	500.000	1.000.000	9
Wilde eend	600.000	800.000	5
Grauwe gans	510.000	580.000	29
Heggenmus	300.000	600.000	24

Bijlage 3.4 Zoönotische virussen bij wilde dieren

Zoönotisch virus	Familie	Algemene transmissie categorie	Overdraagbaar tussen mensen?*	Geografische verspreidings-categorie**
Alkhurma hemorrhagic fever virus	Flaviviridae	Wild & gedomesticeerd via vectoren	Nee	2
Andes virus	Bunyaviridae	Wild	Ja	2
Bhanja virus	Bunyaviridae	Wild & gedomesticeerd via vectoren	Nee	3
Borna disease virus	Bornaviridae	Wild, gedomesticeerd	Ja	3
Cache Valley virus	Bunyaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Colorado tick fever virus	Reoviridae	Wild & gedomesticeerd via vectoren	Nee	2
Crimean Congo hemorrhagic fever virus	Bunyaviridae	Wild, gedomesticeerd, & via vectoren	Ja	3
Dengue fever virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	3
Eastern equine encephalitis virus	Togaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Goarua virus	Bunyaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Hepatitis E virus	Hepeviridae	Wild, gedomesticeerd	Ja	3
Ilheus virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Influenza A virus	Orthomyxoviridae	Wild, gedomesticeerd	Ja	3
Influenza B virus	Orthomyxoviridae	Wild	Ja	3
Jamestown Canyon virus	Bunyaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Japanese encephalitis virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	3
Kairi virus	Bunyaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Kyasunur Forest disease virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Lassa virus	Arenaviridae	Wild	Ja	3
Lujo virus	Arenaviridae	Wild	Ja	2
Marburg virus	Filoviridae	Wild	Ja	2
Mayaro virus	Togaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Monkeypox virus	Poxviridae	Wild	Ja	3
Murray Valley encephalitis virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Nipah virus	Paramyxoviridae	Wild, gedomesticeerd	Ja	2
O'nyong nyong virus	Togaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Oropouche virus	Bunyaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Powassan virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Rift Valley fever virus	Bunyaviridae	Wild, gedomesticeerd, & via vectoren	Nee	2
Ross River virus	Togaviridae	Wild, gedomesticeerd, & via vectoren	Nee	2
Rotavirus A	Reoviridae	Wild, gedomesticeerd	Ja	3
SARS coronavirus	Coronaviridae	Wild	Ja	3
Sindbis virus	Togaviridae	Wild via vectoren	Nee	3
St. Louis encephalitis virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	2

Zoönotisch virus	Familie	Algemene transmissie categorie	Overdraagbaar tussen mensen?*	Geografische verspreidings-categorie**
Sudan ebola virus	Filoviridae	Onbekend	Ja	2
Tahyna virus	Bunyaviridae	Wild via vectoren	Nee	3
Tick borne encephalitis virus	Flaviviridae	Wild, wild via vectoren	Nee	2
Usutu virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Venezualan equine encephalitis virus	Togaviridae	Wild & gedomesticeerd via vectoren	Nee	2
Western equine encephalitis virus	Togaviridae	Wild via vectoren	Nee	2
Whitewater Arroyo virus	Arenaviridae	Wild	Ja	2
Yellow fever virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	3
Zaire ebola virus	Filoviridae	Wild, gedomesticeerd	Ja	2
Zika virus	Flaviviridae	Wild via vectoren	Nee	3

* De virale ziekteverwekkers in deze tabel komen voor bij wilde dieren en kunnen ofwel van mens op mens worden overgedragen, ofwel via vectoren op mensen worden overgedragen, en verspreiden zich mogelijk in meer dan één land (54).

** De capaciteit van zoönotische virussen om te verspreiden werd verder gekarakteriseerd door virussen te categoriseren op basis van het geografische verspreidingsgebied:

- In één land (16%; categorie 1);
- > 1 land in 1-3 door de Wereldgezondheidsorganisatie gedefinieerde (WHO)-regio's (55%; categorie 2); of
- ≥ 4 WHO-regio's (29%; categorie 3).

Bijlage 4.1 Ernstige via vectoren overgedragen zoönosen (wereldwijd)

Ziekte	Dier-mens overdracht?	Vector dier-mens	Mens-mens overdracht via vector	Vector mens-mens
Malaria	Ja (<i>P. knowlesi</i>)	Steekmuggen (<i>Anopheles</i>)	Ja	<i>Anopheles</i> mug
Gele koorts	Ja, apen	Steekmuggen (diverse soorten)	Ja	<i>Aedes</i> mug
Knokkelkoorts	Niet recent	-	Ja	<i>Aedes</i> mug
Chikungunya	Niet recent	-	Ja	<i>Aedes</i> mug
Zika	Niet recent	-	Ja	<i>Aedes</i> mug
Westnijlkoorts	Ja, vogels	Steekmuggen (m.n. <i>Culex</i>)	Nee	-
Riftdalkoorts	Ja, m.n. runderen, schapen en geiten	Steekmuggen (<i>Aedes</i> , <i>Culex</i>)	Nee	-
Japane encefalitis	Ja, varkens en watervogels	Steekmuggen (<i>Culex</i>)	Nee	-
Tekenencefalitis	Ja, m.n. (woel)muizen	Teken (<i>Ix. ricinus</i>)	Nee	-
Ziekte van Lyme	Ja, m.n. (woel)muizen	Teken (<i>Ix. ricinus</i>)	Nee	-
Crimean Congo hemorrhagische koorts	Ja, hazen, runderen, paarden, struisvogels	Teken, (<i>Hyalomma</i>)	Ja	-

Bijlage 5.1 Infectieziekte-uitbraken Nederlandse veehouderij

Geselecteerde infectieziekte-uitbraken in de Nederlandse veehouderij, 1997 tot 2021

Jaar	Ziekte	Besmette bedrijven	Geruimde dieren	Humane gevallen	Ref.
1997	Klassieke varkenspest	429 varkensbedrijven besmet	>11 miljoen varkens geruimd	Geen	Meuwissen et al (1999)(280) Elbers et al 1999(281)
2001	Mond- en klauwzeer	26 bedrijven besmet	Circa 260.000 runderen, schapen en varkens geruimd	Geen	Bouma et al 2003(113)
2003	Hoog-pathogene vogelgriep H7N7	255 pluimveebedrijven besmet	30 miljoen kippen en ander pluimvee geruimd	89 ziek; 1 overleden; > 1000 mensen besmet	Bosman 2004(2)
2005-2010	Q-koorts	30 geiten- en schapenhouderijen met abortusuitbraken	62.500 geiten en schapen geruimd	3523 humane gevallen tussen 2007 en 2009	Roest et al. (2011) (93) Evaluatie Q-koorts (2010) (282)
2006-2007	Blauwtong	ca. 600 rundveehouderijen en enkele duizenden schapenhouderijen en geitenhouderijen besmet	Geen	Geen	Velthuis et al (2010)(283) Santman-Berends et al. (2010)(116) Van Schaik et al. (2008)(116)
2011	Schmallenberg virus infectie	350 rundvee-, schapen-, en geitenhouderijen met congenitale malformaties	Geen	Geen	Beer et al. (2013)(284)
2016-2017	Hoog-pathogene vogelgriep H5	8 pluimveebedrijven besmet	717.000 kippen en ander pluimvee geruimd	Geen	Aldhoch (2020)(285)
2020-2021	Hoog-pathogene vogelgriep H5	Besmetting op 12 locaties met pluimvee	> 600.000 kippen en ander pluimvee geruimd	Geen	NVWA(163)
2020	COVID-19	69 nertsenbedrijven besmet	2,7 miljoen nertsen geruimd	Nerts-mens besmetting bij > 57 mensen	Oude Munnink (2021) (96)

Bijlage 6 Expertgroep zoönosen

Expertgroep zoönosen:

dhr. drs. H.J. (Henk) Bekedam (voorzitter)
dhr. prof. dr. J.A. (Arjan) Stegeman (vice-voorzitter)

dhr. dr. W.F. (Fred) de Boer
dhr. prof. dr. ing. R.A.M. (Ron) Fouchier
dhr. prof. dr. J.A.J.W. (Jan) Kluytmans
dhr. dr. C.J.M. (Sander) Koenraad
dhr. prof. dr. T. (Thijs) Kuiken
dhr. prof. dr. W.H.M. (Wim) van der Poel
mw. prof. dr. R. (Ria) Reis
mw. prof. dr. ir. G. (Gerdien) van Schaik
dhr. prof. dr. L.G. (Leo) Visser

Externe experts:

Zowel de voorzitter als de expertgroepleden hebben diverse externe experts geraadpleegd.

Mondeling geraadpleegde organisaties door de voorzitter: RIVM, NVWA, VWS, Nivel, verschillende Universiteiten, huisartsen, WHO en FAO.

Door de expertgroep bij hoofdstukken geconsulteerd en/of bijdragen geleverd: prof. dr. ir. Imke de Boer (WUR), dr. Els Broens (UU), drs. David van Gennep (Stichting AAP), prof. Dr. Hans van Oers, drs. Nedzib Tafro (NVWA), dr. Daan van Uhm (UU), prof. dr. Marcel Verweij (WUR).

Leesgroep:

prof. dr. Alex Friedrich (UMCG), prof. dr. Frans van Knapen, prof. dr. Marion Koopmans (ErasmusMC), drs. Henk-Jan Ormel (FAO), dr. ir. Marjon de Vos (UMCG).

Externe consultatie bijeenkomst:

21 externe experts vanuit verschillende disciplines (humaan, veterinair en omgeving) hebben deelgenomen aan een online consultatiebijeenkomst. Zij hebben een conceptsamenvatting en de conceptaanbevelingen ontvangen. De volgende 4 onderwerpen zijn aan bod gekomen: 1) Surveillance, respons en maatschappelijke juridische aspecten; 2) Handel, wilde dieren, gezelschapsdieren en vectoren; 3) Landbouwhuisdieren en veehouderij systemen; en 4) prioriteren van aanbevelingen. Er is feedback ontvangen die de aanbevelingen aanscherpen en concreter maken. Ook heeft de sessie geholpen in het prioriteren van de aanbevelingen. De experts hebben aangegeven niet met naam en toenaam in het rapport te willen worden genoemd in verband met het niet kunnen inzien van het rapport en het niet kunnen adviseren zonder de context te weten.

De geraadpleegde organisaties en experts hebben de expertgroep voorzien van relevante informatie, maar zijn niet betrokken geweest bij de totstandkoming van het rapport.
