

# **Bestrijdingsscenario's voor de ziekte van Aujeszky**

## **Epidemiologische en Economische aspecten van de bestrijding zonder routinevaccinatie**

Aline A. de Koeijer<sup>1</sup>, Don Klinkenberg<sup>2</sup>, Helmut W. Saatkamp<sup>3</sup> en Mart C.M. de Jong<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Infectieziekten, Quantitatieve Veterinaire Epidemiology, Animal Sciences Group, Wageningen UR

<sup>2</sup> Hoofdafdeling Landbouwhuisdieren, Veterinaire Faculteit, Universiteit van Utrecht

<sup>3</sup> Leerstoelgroep Bedrijfseconomie, Maatschappijwetenschappen, Wageningen UR

## **Bestrijdingsscenario's voor de ziekte van Aujeszky**

### **Epidemiologische en Economische aspecten van de bestrijding zonder routinevaccinatie**

Aline A. de Koeijer, Don Klinkenberg, Helmut W. Saatkamp en Mart C.M. de Jong

Rapport van een onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Productschappen Vee, Vlees en Eieren.

Rapportnummer: ASG05/1

## Samenvatting

### Inleiding

Jarenlang is in Nederland gevaccineerd tegen de ziekte van Aujeszky. Dit had onder andere als doel om het virus in Nederland te doen uitsterven. Sinds enkele jaren is het virus niet meer gedetecteerd in onze veestapel. Daarmee lijkt de tijd aangebroken om te overwegen om een stap verder te zetten en een officiële vrij status, artikel 10 status, aan te vragen, waarbij Nederland vrij is van de infectie en minimaal één jaar niet vaccineert.

Voordat dit kan worden ingevoerd, moeten de gevolgen bekend zijn, de bestrijdingsplannen voor een potentiële herintroductie van de infectie klaar zijn, de risico's ingeschat zijn en het economische plaatje bepaald worden. De studie beschreven in dit rapport is onderdeel van het besluitvormingsproces ten aanzien van de toekomstige gewenste status voor de ziekte van Aujeszky in Nederland. Het doel is om nu te analyseren hoe effectief de bestrijding van eventuele herintroducties van het virus zal zijn, en wat de te verwachten kosten zijn van dergelijke uitbraken. Op basis daarvan kan een afweging gemaakt worden van de voor- en nadelen van een status 10 voor Nederland. Uitgangspunt van de sector en de overheid is dat bij de bestrijding geen gebruik zal worden gemaakt van het volledig ruimen van bedrijven. Daardoor worden isoleren en vaccineren de belangrijkste bestrijdingsmaatregelen wanneer er toch een uitbraak plaats vindt.

In het eerste deel van dit rapport wordt met behulp van een simulatiemodel geanalyseerd hoe in een epidemie het Aujeszky's virus in Nederland kan spreiden. Daarbij worden epidemieën in een gebied met veel varkenshouderijen en in een gebied met weinig varkenshouderijen apart bekeken. Er wordt berekend hoe snel een uitbraak wordt gedetecteerd, gegeven een bepaald bewakingsstelsel. Verder wordt er geanalyseerd hoe goed bepaalde bestrijdingsscenario's de epidemie kunnen beëindigen. Belangrijke aspecten in deze analyse zijn de totale tijdsduur tot het weer vrij verklaren, het aantal besmette bedrijven gedurende de hele epidemie en het aantal bedrijven dat wordt gevaccineerd gedurende de bestrijding.

Om te beoordelen of een artikel 10 status voor Nederland economisch gunstig is, wordt vervolgens een economische analyse van een aantal belangrijke aspecten voor de primaire varkenssector uitgevoerd: een inschatting van de jaarlijkse besparingen en de economische effecten van een aantal bestrijdingsstrategieën. Op basis van deze berekeningen is een inschatting gemaakt of de voordelen van overgang naar Artikel 10 zullen opwegen tegen de extra risico's.

## Resultaten

### *Monitoring*

Verschillende mogelijke bewakingsscenario's zijn geanalyseerd. Het blijkt dat dagelijkse klinische observatie door de boer de beste resultaten geeft. Ruim 50% van de gesimuleerde epidemieën wordt gedetecteerd voordat er 8 bedrijven besmet zijn. Dit wordt gevolgd door maandelijkse klinische inspecties door een dierenarts; maandelijkse (of tweewekelijkse) bemonstering voegt nauwelijks iets toe aan de klinische observatie door de boer en draagt weinig bij aan de tijdige ontdekking van een uitbraak.

### *Bestrijding*

Bij de analyse van de bestrijdingsscenario's is het beste monitoringsprogramma gekozen om de ontwikkeling van de epidemie te bepalen bij aanvang van de bestrijding. Het basisbestrijdingsscenario bestaat uit vaccinatie van het besmette bedrijf en vaccinatie op alle bedrijven in een straal van 5 km aangevuld met beperking van varkenstransporten in de regio. In gebieden met een hoge dichtheid van varkensbedrijven verloopt de bestrijding onvoldoende effectief. Het basisscenario kan de verspreiding van het virus niet effectief stoppen, in veel simulaties wordt de epidemie pas effectief geremd wanneer een gebied met lagere dichtheid wordt bereikt. Vaccinatie in een ruimer gebied, een straal van 10 km, bleek wel effectief en is aan te raden in gebieden met een hoge dichtheid aan varkensbedrijven. Een nog verder strekkende maatregel, vaccinatie van een volledig gebied met hoge dichtheid is zeer effectief en snel in het bestrijden van de epidemie, maar zal ook tot hoge kosten leiden omdat daarbij erg veel bedrijven worden gevaccineerd. De conclusie dat vaccineren in een straal van 5 km rondom het geïnfecteerde bedrijf niet altijd volstaat om de epidemie te stoppen is wellicht onverwacht, omdat bestrijding voor klassieke varkenspest ook in gebieden met hoge dichtheid aan varkensbedrijven effectief is met een straal van 1 km voor preventief ruimen. Het verschil wordt veroorzaakt door de vertraging die vaccinatie heeft ten opzichte van ruimen, voor wat betreft het wegnemen van de virusverspreiding. Een bedrijf dat wordt gevaccineerd is pas na 1 week redelijk en na twee weken goed beschermd. In die 1 a 2 weken kan de infectie nog steeds van het gevaccineerde bedrijf verspreiden. Bovendien kan een bedrijf dat al besmet is voordat het vaccin effectief wordt, nog enige tijd infectieus blijven.

De duur van de totale epidemie van de ziekte van Aujeszky kan nogal uiteenlopen. De minimale duur van de epidemie blijkt 5 weken te zijn totdat het gebied weer vrij verklaard kan worden. In dergelijke gevallen was er slechts 1 bedrijf besmet. In een gebied met lage dichtheid blijkt dat 50% van de gesimuleerde epidemieën binnen 13 weken beëindigd is. Enkele simulaties duren echter iets langer dan een half jaar.

Bij vaccinatie in een straal van 10 km blijkt dat in gebieden met een hoge dichtheid aan varkensbedrijven de epidemie in 50% van de gesimuleerde epidemieën

binnen 13 weken wordt beëindigd en bijna alle epidemieën zijn binnen 20 weken beëindigd.

Indien het vaccin sneller werkt dan tot nu toe aangenomen is en al vijf dagen eerder effectief is, dan zou vaccineren in een straal van 5 km ook in een gebied met hoge dichtheid aan varkensbedrijven afdoende zijn. In dat geval zal het aantal infecties en vaccinaties met ca. 50% gereduceerd worden en zal de epidemie ca. 6 weken eerder worden beëindigd.

Samenvattend geeft het model aan dat de bestrijding van een epidemie in een gebied met een lage dichtheid aan varkensbedrijven goed te beheersen is door vaccinatie in een straal van 5 km rondom geïnfecteerde bedrijven. In een gebied met hoge dichtheid aan varkensbedrijven zal moeten worden gekozen voor vaccineren binnen een straal van 10 km of het hele gebied. Vergelijking van die twee scenario's geeft aan dat er ca. 3.000 bedrijven minder gevaccineerd worden bij vaccinatie in een straal van 10 km, maar de duur van de epidemie wordt dan wel enkele weken langer.

### *Economische afwegingen*

Voor een alomvattende economische onderbouwing van de besluitvorming over de overgang van de ZvA Artikel 9- naar de Artikel 10-status is een complexe studie vereist. Binnen de beschikbare tijdspanne was dit niet mogelijk. De basis van de berekeningen waren invoergegevens, afkomstig van epidemiologische simulaties van verschillende bestrijdingsstrategieën tegen de ZvA in een Artikel 10-situatie. Deze gegevens werden met behulp van economische simulatiemodellen verder verwerkt, teneinde de economische effecten van de diverse bestrijdingsscenario's te berekenen.

Ten eerste is berekend hoe hoog de mogelijke besparingen zullen zijn als gevolg van de overgang. Deze zijn berekend op ca. 16 mEuro per jaar. De posten die hierin werden meegenomen waren: (1) kosten voor ontheffingsbedrijven, (2) vaccinatiekosten en (3) certificeringskosten. M.n. het wegvallen van de vaccinatiekosten bleek van belang te zijn: ca. 80% van de totale besparing waren hiervan afkomstig.

De meest voor de hand liggende bestrijdingsstrategie vanuit economisch oogpunt voor dichtbevolkte varkensregio's bleek een strategie met een vaccinatiestraal van 10 km te zijn (HDA-10). De gemiddelde schade van een ZvA uitbraak onder dergelijke omstandigheden werd berekend op 8.7 mEuro ingeval er geen gemiddeld biggenoverschot van 8 biggen/bedrijf/week verondersteld werd, en 10.9 mEuro bij een gemiddeld biggenoverschot van 15.

De jaarlijkse extra schade als gevolg van ZvA uitbraken kon in dit onderzoek niet berekend worden. Hiervoor ontbraken gegevens omtrent de schade in geval van uitbraken in een Artikel 9-situatie, alsmede de kans op een dergelijke introductie van de ZvA. Toch lijkt het aannemelijk, dat deze kans (veel) kleiner is dan één keer per jaar. Derhalve kan worden aangenomen dat de te verwachten gemiddelde extra schade als gevolg van ZvA uitbraken beneden de 10.9 mEuro per jaar ligt.

Het blijkt dat de berekende besparingen zeer waarschijnlijk hoger zullen zijn dan de te verwachten gemiddelde jaarlijkse extra schade als gevolg van uitbraken van de ZvA. Dit betekent dat een overgang vanuit economisch oogpunt voordelig zou kunnen zijn voor de primaire Nederlandse varkenshouderijsector.

Onder de genoemde randvoorwaarden kan dus worden geconcludeerd dat het vanuit economisch oogpunt voor de primaire Nederlandse varkenshouderijsector voordelig zal zijn om over te gaan naar een artikel 10 status, vooropgesteld dat de frequentie van herintroductie van het virus lager is dan eens per jaar. Voor een volledige afweging voor alle betrokkenen dient natuurlijk ook rekening te worden gehouden met de schade voor de verwerkende industrie, als gevolg van de standstil, distributieproblemen en mogelijke exportbeperkingen. Hiervoor is aanvullend onderzoek noodzakelijk.

## **Randvoorwaarden bij het onderzoek**

Dit rapport beschrijft de methoden en resultaten van een onderzoek naar de monitorings en beheersingsplannen voor de ziekte van Aujeszky wanneer Nederland status 10 heeft, en dus officieel vrij is van de infectie zonder nog te vaccineren.

De effectiviteit van een aantal verschillende monitoringsprogramma's en bestrijdingsprogramma's wordt geanalyseerd, en afgewogen in een kosten-effectiviteits analyse. Binnen een kleine werkgroep waarin epidemiologen, economen virologen en varkenshouders overlegd hebben met PVE, is regelmatig besproken hoe de noodzakelijke keuzes in de studie uitgewerkt kunnen worden. Er is een epidemiologisch model ontwikkeld dat de transmissie en ontwikkeling van kliniek bij dieren met een Aujeszky-virus infectie simuleert. Dit model wordt op basis van literatuur onderzoek en bestaand experimentele gegevens uitgewerkt.

De werkgroep heeft ervoor gekozen om vier verschillende monitoringsprogramma's te analyseren: dagelijkse klinische observatie door de boer, maandelijkse klinische inspectie door veterinaire, en verder een maandelijks en een twee-wekelijks test programma met bloed en keelwab onderzoek.

De effectiviteit van het monitoringsprogramma wordt in eerste instantie afgemeten aan de duur van de hoog-risico periode (tijd tussen insleep en detectie van de infectie in Nederland) en het aantal besmette bedrijven aan het eind van de hoog-risico periode. Op basis daarvan wordt een monitoringsprogramma gekozen, waarmee het bestrijdingsplan verder wordt geanalyseerd.

Voor de bestrijding is de eerste inzet dat er geen bedrijven geruimd zullen worden (met ruimen bedoelen we in dit geval het doden en vernietigen van alle varkens op het bedrijf). De bestrijding zal op vaccinatie worden gebaseerd, niet alleen als preventieve maatregel in de omgeving van besmette bedrijven, maar ook op besmette bedrijven wordt geïsoleerd en gevaccineerd en dus niet geruimd. Dit uitgangspunt zorgt ervoor dat de bestrijding lang duurt in vergelijking met stamping-out (bestrijding door ruimen van besmette en verdachte bedrijven). De besmette bedrijven blijven namelijk ook na vaccinatie nog enkele weken infectieus en de vatbaarheid van de dieren op bedrijven in de omgeving neemt maar geleidelijk af in de loop van enkele weken. Om deze reden kunnen vier weken lang op de betreffende bedrijven geen varkens aan- en afgevoerd worden.

Voor de modelanalyse is een globaal bestrijdingsprogramma voldoende, en niet alle details van het bestrijdingsprogramma hoeven te worden ingevuld. Hier volgt een kort overzicht van het gebruikte basis bestrijdingsplan. Zodra de diagnose definitief is volgt een 72 uur standstil voor varkensvervoer. In die periode worden contacten getraceerd en in de nabije omgeving gezocht naar eventuele andere besmette bedrijven. Na 3 dagen zou er een goed beeld moeten zijn van de status van de epidemie.

Rondom elk besmet bedrijf wordt een beschermings- en toezichts gebied ingesteld, waarin maatregelen worden genomen om de uitbraak te bestrijden met behulp van

vaccinatie. In eerste instantie is gekozen voor een beschermings- en toezichtsgebied met een straal van 5 km rondom het besmette bedrijf. Gedurende de uitvoering van de studie bleek dat het bovenstaande bestrijdingsprogramma niet altijd volstaat om de epidemie te remmen in zeer varkensdichte gebieden. Daarom is voor bestrijding in een hoog-dichtheidsgebied dus ook een 10 km zone en vaccinatie van het hele hogedichtheidsgebied geanalyseerd.

In het beschermings- en toezichtsgebied geldt een transportverbod voor varkens met uitzondering van afvoer naar slacht. Vervolgens worden alle varkens in dat gebied voor de voet weg gevaccineerd, te beginnen met het besmette bedrijf zelf. Na maximaal twee weken volgt een herhaling van de vaccinatie. Biggen die in de tussenliggende periode zijn geboren, worden maar een keer gevaccineerd. Twee weken na de tweede vaccinatie vindt een serologische monitoring van alle dieren plaats. Alle dieren die gE positief reageren (reactie op wild virus) moeten zo snel mogelijk worden afgevoerd naar het slachthuis. Twee weken na afvoer van het laatste gE positieve dier wordt het bedrijf opnieuw gescreend. Wanneer de positieve dieren zijn afgevoerd kan het vrij verklaard worden. Bedrijven die alle dieren naar de slacht afvoeren zijn 1 week na de laatste afvoer weer vrij. Bedrijven binnen het beschermings- en toezichtsgebied die weer vrij verklaard zijn, mogen weer dieren aan- en afvoeren van en naar andere vrije bedrijven binnen het gebied, maar niet buiten het gebied. Preventief gevaccineerde bedrijven worden klinisch en serologisch gecontroleerd op aanwezigheid van het virus. Wanneer dit wordt aangetoond, worden dezelfde maatregelen in een uitbreiding van het beschermings- en toezichtsgebied rond dat besmette bedrijf doorgevoerd. Het gebied kan weer vrijverklaard worden met een eindscreening, waarna alle beperkende maatregelen weer worden opgeheven.

Wat betreft de berekening van de kosten is gekozen voor een analyse van de directe kosten van een uitbraak voor de primaire varkenssector. Een van de belangrijkste kostenposten is de belemmering van afzet van biggen in het beschermings- en toezichtsgebied. Indirecte kosten en kosten voor andere delen in de varkensvleesproductie keten worden niet uitgebreid uitgewerkt, aangezien gevaccineerde producten voor de ziekte van Aujeszky binnen de EU en OIE vrij verhandelbaar zijn. Uitgangspunt in de analyse is dat er geen belemmeringen zijn in afzet van vlees en vleesproducten van tegen ziekte van Aujeszky gevaccineerde varkens. Daardoor zullen de indirecte kosten dus beperkt blijven.

# Hoofdstuk 1. Modelmatige simulaties van epidemieën in een artikel-10-situatie voor de ziekte van Aujeszky.

Don Klinkenberg

Gezondheidszorg Landbouwhuisdieren, Faculteit der Diergeneeskunde, Universiteit van Utrecht

## 1.1 Inleiding

De Nederlandse varkenshouderij is er in het afgelopen decennium in geslaagd de Ziekte van Aujeszky (ZvA) via vaccinatie uit te roeien. Dit schept de mogelijkheid om te stoppen met vaccineren en daarmee de hoogst mogelijke gezondheidsstatus op Aujeszky-gebied te verkrijgen: de artikel-10-status (artikel 10: vrij van ZvA, door EU erkend bestrijdingsprogramma, gedurende minimaal 1 jaar geen vaccinatie). In vergelijking met de huidige status (artikel 9: de EU erkent officieel het bestrijdingsprogramma voor Ziekte van Aujeszky) heeft de nieuwe status als voordeel dat vaste kosten voor vaccinatie en certificering verdwijnen en dat handelsmogelijkheden maximaal worden. Nadelen zijn er te verwachten vanwege de noodzaak tot (intensiever) monitoren en de gevolgen van epidemieën in een ongevaccineerde populatie.

De hier beschreven studie heeft tot doel een indruk te verschaffen van de te verwachten gevolgen van virusintroductie in een ongevaccineerde varkenspopulatie in Nederland. Hiertoe zijn simulaties gedaan met modellen die het verloop van ZvA-epidemieën beschrijven. Er is gekeken naar het verwachte aantal besmette bedrijven aan het eind van de zogeheten hoog-risico-periode (HRP: de tijd tussen virusintroductie en start van de bestrijding) en naar het verloop van de epidemie met enkele bestrijdingsprogramma's; voor al deze bestrijdingsprogramma's geldt, dat deze zijn gebaseerd op het gebruik van vaccinatie en het achterwege laten van ruimen van besmette dieren of bedrijven. Bij dit laatste onderdeel — de bestrijdingsprogramma's — is zowel een epidemiologische als een economische analyse gedaan, waarbij de economische analyse zowel de directe bestrijdingskosten als de indirecte economische gevolgen (prijseffecten) betreft. Voor de economische analyse is gebruik gemaakt van de output van de epidemiologische simulaties.

Het rapport is opgedeeld in twee delen, de epidemiologie en de economie. Het epidemiologische deel bestaat uit twee fases: de virusverspreiding tijdens de HRP (van introductie tot de eerste detectie) en de virusverspreiding tijdens de bestrijding (van de eerste detectie totdat het virus is verdwenen). Beide epidemiologische fases vragen een eigen benadering en zijn apart gemodelleerd. Bovendien is er nog onderscheid gemaakt in twee bedrijfsdichtheden: LDA (lage dichtheids areaal, dus varkensarm gebied: 0,5 bedrijf/km<sup>2</sup>) en HDA (hoge dichtheids areaal, dus varkensdicht gebied: 2,1 bedrijf/km<sup>2</sup>). De economische studie onderscheidt twee

typen kosten: directe kosten als gevolg van de bestrijding en indirecte kosten die het gevolg zijn van marktverstoringen. Beide typen kosten zijn in aparte modellen berekend op basis van de gesimuleerde epidemieën.

## 1.2 De epidemiologie

Een epidemie van een infectieziekte als de Ziekte van Aujeszky in een varkenspopulatie kent twee duidelijk verschillende fases. Tijdens de eerste fase — hoog-risico-periode (HRP) — kan het virus relatief eenvoudig spreiden tussen ongevaccineerde varkens en varkensbedrijven. Men is zich nog niet bewust van het aanwezige virus en zal naast de gebruikelijke hygiënemaatregelen geen extra maatregelen treffen ter voorkoming van virusverspreiding. Het aantal besmette bedrijven zal dan ook toenemen en deze toename zal steeds sneller plaatsvinden. De hoog-risico-periode houdt op zodra één besmet bedrijf ontdekt is en de bestrijding begint. Tijdens de tweede fase — de bestrijdingsfase — wordt alles eraan gedaan om de virusverspreiding te stoppen: het aantal besmette bedrijven moet dan afnemen.

### 1.2.1 De Hoog Risico Periode

In de HRP is snelle detectie na introductie erg belangrijk, want de eindsituatie van de HRP bepaalt het beginpunt van de bestrijding. Om snelle detectie te bevorderen worden diagnostische testen ingezet en worden er monitoringsprogramma's ontworpen. In deze studie is gekeken naar de te verwachten situatie aan het eind van de HRP door een model te maken van virusverspreiding binnen en tussen varkensbedrijven, in combinatie met de ontwikkeling van klinische symptomen op de bedrijven. Klinische symptomen zijn erg belangrijk tijdens de HRP, omdat detectie op basis van kliniek de meest waarschijnlijke route is. Een studie naar de effectiviteit van bewakings- en monitoringsprogramma's voor Klassieke Varkenspest (KVP) heeft uitgewezen dat programma's die direct reageren op de ontwikkeling van klinische symptomen op een bedrijf — via melding door de varkenshouder — het meest effectief én het goedkoopst zijn. Monitoring door regelmatige inspecties en bemonsteringen dient dan voornamelijk om de gezondheidsstatus te waarborgen en zeker te zijn dat minder virulente virusstammen (die minder klinische symptomen veroorzaken) niet worden gemist.

De vraagstelling bij het HRP-model is

*Wat is het verwachte aantal besmette bedrijven aan het einde van de HRP van de Ziekte van Aujeszky, in een artikel-10-situatie?*

Deze vraag wordt beantwoord door het geven van verdelingen van aantallen besmette bedrijven, om een indruk te krijgen van de variatie die verwacht kan worden. De volgende bewakingsprogramma's zijn geëvalueerd:

1. *Detectie op basis van dag-tot-dag klinische observatie.* Dit programma zal worden aangeduid met *dagelijkse kliniek*. In dit programma wordt gesimuleerd dat de varkenshouder elke dag in de stallen komt en al dan niet bewust kijkt of er ziekteverschijnselen zijn. Op zeugenbedrijven wordt onmiddellijk alarm geslagen als één zeug verwerpt, wat leidt tot insturen van monsters (zie a. en b. hieronder) op dag 1 en eventueel diagnose op dag 2. Ook wordt alarm geslagen bij 15 dieren met ernstige verschijnselen, wat in 80% van de gevallen leidt tot onmiddellijk bemonsteren (zie a. en b. hieronder) op dag 1 en eventueel diagnose op dag 2. Later insturen kan ook zolang er nog geen diagnose is: weer 80% insturen op dag 4 (evt. diagnose: dag 5) en nog eens 90% op dag 7 (evt diagnose: dag 8). Op vleesvarkensbedrijven vindt klinische diagnose plaats via aspecifieke symptomen. Bij 40 zieke dieren wordt eerst antibioticum gegeven en nog drie dagen gewacht alvorens 50% zal insturen voor Aujeszky (zie a. en b. hieronder) op dag 4 met eventuele diagnose op dag 5. Indien er niet op dag 4 wordt ingestuurd, zal 90% op dag 7 alsnog insturen (evt. diagnose: dag 8). Het is niet uit te sluiten dat er bedrijven gemist zullen worden op deze manier en daar houdt het model dan ook rekening mee.
2. *Detectie op basis van maandelijks klinische inspectie.* Dit programma zal worden aangeduid met *maandelijks kliniek*. In dit programma wordt gesimuleerd dat een veterinarier elke maand het bedrijf bezoekt met als doel om Aujeszky te ontdekken. Op zeugenbedrijven wordt aangenomen dat in 80% van de gevallen monsters worden ingestuurd indien er acht zieke biggen zijn (zie a. en b. hieronder). Op vleesvarkensbedrijven worden in 50% van de gevallen monsters ingestuurd indien er twintig zieke varkens zijn (zie a. en b. hieronder).
3. *Detectie op basis van maandelijks bemonstering.* Dit programma wordt aangeduid met *maandelijks bemonstering*. In dit programma wordt gesimuleerd dat er elke maand willekeurig 12 monsters op het bedrijf worden genomen (zie a en b hieronder).
4. *Detectie op basis van tweewekelijkse bemonstering van vleesvarkensbedrijven.* Dit programma wordt aangeduid met *tweewekelijkse bemonstering*. In dit programma wordt gesimuleerd dat er elke twee weken willekeurig 12 monsters op elk vleesvarkensbedrijf worden genomen (zie a en b hieronder). Dit programma is alleen geëvalueerd in combinatie met de programma's 1 en 2 om te zien of het nog iets zou toevoegen.
  - a. *Bloedmonsters voor serologie.* Als in de programma's 1 en 2 hierboven sprake is van monsternamen, dan worden 5 bloedmonsters afgenomen voor serologie en in de programma's 3 en 4, 12 monsters. Er wordt uitgegaan van perfecte selectie van dieren voor de juiste

diagnose, dus als er seropositieve dieren aanwezig zijn, dan worden deze bemonsterd. In de praktijk zullen dit de dieren zijn die al weer hersteld zijn van ziekteverschijnselen.

- b. *Serologiemonsters plus keelwabs voor antigeendetectie met PCR.* Als in de programma's 1 en 2 hierboven sprake is van monsternamen, dan worden 5 bloedmonsters afgenomen voor serologie en 5 keelwabs voor antigeendetectie met PCR; in de programma's 3 en 4 worden 12 monsters genomen. Er wordt uitgegaan van gerichte en perfecte selectie van dieren voor de juiste diagnose, dus er is zekere detectie want klinisch zieke dieren zijn altijd viruspositief.

Voor de bewakingsprogramma's zijn verschillende aannames gedaan, waaronder de kans dat boeren reageren als bepaalde aantallen dieren ziek worden (programma's 1 en 2). Deze aannames zijn niet gebaseerd op werkelijke data, maar geschat n.a.v. discussies met experts. Het meeste hiervan was al gedaan voor de evaluatie van bewakingprogramma's voor Klassieke Varkenspest (KVP), in opdracht van de VWA. Tijdens die studie is hier ook een gevoeligheidsanalyse voor gedaan, waaruit bleek dat een verdubbeling van het aantal dieren (bijv. 80 i.p.v. 40 zieke dieren op vleesvarkensbedrijven in programma 1) leidde tot ongeveer anderhalf keer zoveel besmette bedrijven aan het eind van de HRP. Verandering van het percentage boeren dat instuurt had (van 80% naar 100%) had veel minder effect. We hebben geprobeerd realistisch, maar vooral niet te optimistisch te zijn.

#### *Het model*

Het model voor de virusverspreiding tijdens de HRP is gelijk aan het model dat gebruikt is voor Klassieke Varkenspest (Klinkenberg et al, 2005). In de Appendix A worden de modelstructuur en de keuze van parameterwaarden toegelicht; hier volgt alleen een korte beschrijving van de principes met enkele parameterwaarden om een idee te krijgen van het model.

Voor beide bedrijfsdichtheden (HDA en LDA) zijn in totaal 100 simulaties tot in detail uitgevoerd: van elk dier op elke dag op elk bedrijf is bijgehouden of het vatbaar, infectieus, danwel hersteld is, en ook de aanwezigheid van klinische symptomen en in welke mate, is gesimuleerd. Dit geeft 100 HRP's als uitkomst. Deze 100 HRP's zijn telkens opnieuw gebruikt om de verschillende (combinaties van) bewakingsprogramma's te evalueren. Zo zijn voor alle (combinaties van) bewakingsprogramma's 100 resultaten verkregen — het aantal geïnfecteerde bedrijven — waarvan enkele percentielen zullen worden getoond om de effectiviteit te beoordelen.

Voor de simulaties van de virusverspreiding zijn twee bedrijfstypen onderscheiden, t.w. zeugenbedrijven en vleesvarkensbedrijven (in die laatste groep zitten ook de gesloten bedrijven), die van elkaar verschillen wat betreft de contacttypen tussen bedrijven en de ontwikkeling van klinische symptomen op de bedrijven, maar niet wat betreft de virusverspreiding op het bedrijf. De helft van de simulaties begint met een geïnfecteerd zeugenbedrijf, de helft met een geïnfecteerd

vleesvarkensbedrijf. Er is geen expliciete ruimtelijke structuur meegenomen, wat betekent dat de resultaten iets aan de hoge kant zullen zijn: vooral als het aantal geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP hoog is, zullen locale effecten (bijv. contacten met reeds geïnfecteerde bedrijven) in de werkelijkheid een rol spelen. Voor het gebruik van de resultaten bij het simuleren van de bestrijdingsprogramma's is hiervoor gecorrigeerd.

Resultaten worden gegeven aan de hand van percentielen, waardoor een indicatie van de variatie in de uitkomsten wordt verkregen. Elke combinatie van bewakingsprogramma's wordt op alle 100 gesimuleerde HRP's getest, waardoor in feite 100 resultaten worden verkregen, dus 100 keer een aantal geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP. Als deze 100 uitkomsten worden geordend van laag naar hoog, dan is de 5<sup>e</sup> uitkomst het 5<sup>e</sup> percentiel, het gemiddelde van de 50<sup>e</sup> en 51<sup>e</sup> uitkomst het 50<sup>e</sup> percentiel en de 96<sup>e</sup> uitkomst (5<sup>e</sup> van boven) het 95<sup>e</sup> percentiel. Als we spreken over het 5<sup>e</sup> percentiel, dan betekent dat 5% van de uitkomsten lager was (en dus 95% hoger), etc.

### *Resultaten*

De effectiviteit van (combinaties van) bewakingsprogramma's wordt afgelezen aan de hand van de verdeling van het aantal geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP. De Figuren 1.1a (LDA) en 1.1b (HDA) laten twee van dergelijke verdelingen zien voor de combinatie van alle drie de programma's met serologie+PCR-bemonstering, zowel in histogramvorm als met een curve van de cumulatieve verdeling. Met horizontale lijnen is aangegeven waar zich de 5<sup>e</sup>, 50<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentielen<sup>1</sup> bevinden. Voor alle programmacombinaties zijn de percentielen in de Tabellen 1.1 en 1.2 weergegeven.

De resultaten laten zien dat het volledige programma met dagelijkse kliniek, maandelijkse kliniek, maandelijkse bemonstering en het nemen van keelwabs in een HDA (123b) een 50<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentiel van respectievelijk 5 en 20 geïnfecteerde bedrijven geeft; in een LDA zijn deze percentielen respectievelijk 3 en 7. Het blijkt dat het programma op basis van dagelijkse klinische observatie (1) verreweg de beste resultaten geeft en dat de maandelijkse programma's (kliniek (2) of bemonstering (3 en 4)) hier nauwelijks iets aan toevoegen. De maandelijkse klinische inspectie (2) heeft nog wel enig effect op de 75<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentielen en in HDA-gebieden kan tweewekelijkse bemonstering op vleesvarkensbedrijven (4) ook nog wel iets toevoegen. Het is echter de vraag of dat enig voordeel oplevert, omdat de kosten van dergelijke programma's erg hoog zijn zoals al bleek uit een dergelijke analyse voor KVP-programma's (Klinkenberg et al, 2005). Het nemen van keelwabs naast bloedmonsters (b in vergelijking met a) heeft wel een positief effect.

**Kort samengevat is monitoring door de dagelijkse observatie door de boer het meest effectief, gevolgd door maandelijkse klinische inspecties;**

---

<sup>1</sup> Percentielen zijn getallen die een verdeling karakteriseren: het 5<sup>e</sup> percentiel is die waarde waarbij 5% van de verdeling lager ligt (en dus 95% hoger), het 50<sup>e</sup> percentiel is die waarde waarbij 50% van de verdeling lager ligt (en dus ook 50% hoger). Het 50<sup>e</sup> percentiel wordt ook wel *mediaan* genoemd.

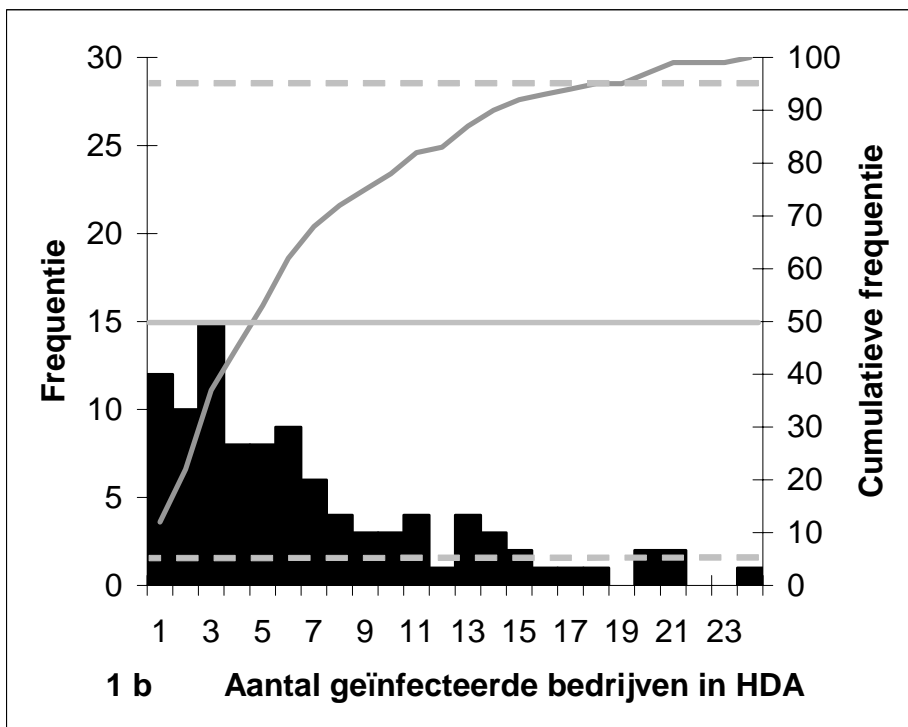
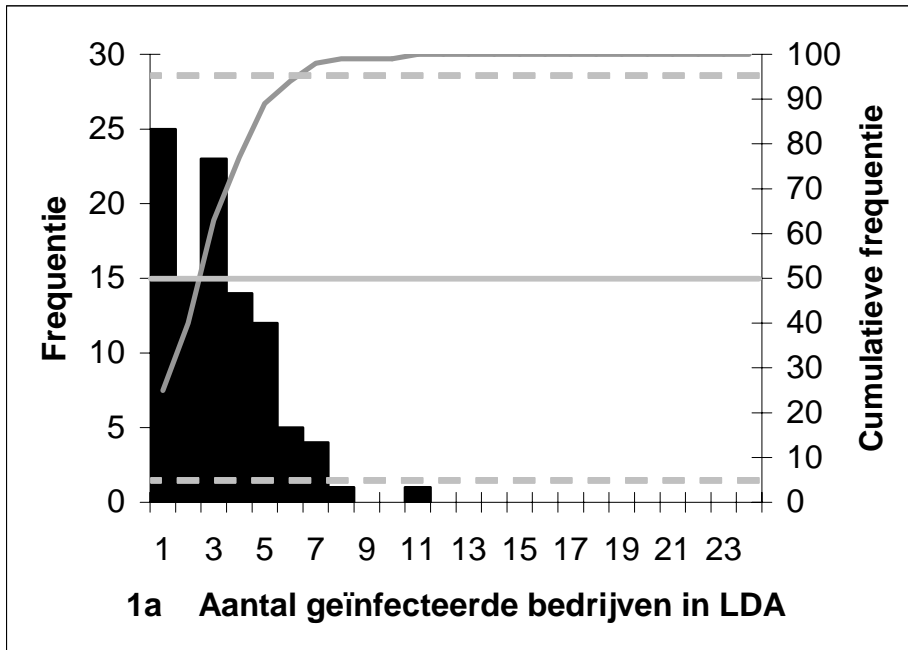
**maandelijke (of tweewekelijkse) bemonstering voegt nauwelijks iets toe ter verbetering van de bovenstaande methoden.**

De resultaten van programma 123b — dagelijkse en maandelijkse kliniek, maandelijkse monsternamen en bemonstering met keelwabs én bloed — zijn gebruikt als uitgangspunt voor het tweede deel van de epidemiologische studie: de effectiviteit van bestrijdingsscenario's.

Tabel 1.1: de aantallen geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP in een LDA, met de verschillende bewakingprogramma's per percentiel.

Bewakingsprogramma's	Percentielen van het aantal geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP				
	5 <sup>e</sup>	25 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>	75 <sup>e</sup>	95 <sup>e</sup>
1a. Dg. kliniek + sero	1	3	4	6	14
1b. Dg. kliniek + sero + PCR	1	2	3	5	10
2a. Mnd kliniek + sero	1	6	17	27	44
2b. Mnd kliniek + sero + PCR	1	6	17	26	44
3a. Mnd monster sero	17	29	58	89	180
3b. Mnd monster + sero + PCR	2	8	21.5	37	66
12a. Dg klin/ mnd klin + sero	1	2	4	6	9
123a. Dg klin/ mnd klin/ mnd monster + sero	1	2	4	6	9
124a. Dg klin/ mnd klin/ 2wk monster + sero	1	2	4	6	9
12b. Dg klin/ mnd klin + sero + PCR	1	1	3	4	7
123b. Dg klin/ mnd klin/ mnd monster + sero + PCR	1	1	3	4	7
124b. Dg klin/ mnd klin/ 2wk vlv-monster + sero + PCR	1	1	3	4	7

Figuur 1.1: Verdelingen van het aantal geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP. De zwarte balken geven de frequentie aan, (linker Y-as); de grijze curves geven de cumulatieve frequentie aan (rechter Y-as). De horizontale geven het 5<sup>e</sup>, 50<sup>e</sup> en 95<sup>e</sup> percentiel aan in de cumulatieve curve (grijs). Gemiddeld worden er in een gebied met lage dichtheid ruim 3 bedrijven besmet en in een gebied met hoge dichtheid bijna 7 voordat de epidemie wordt opgemerkt. .



Tabel 1.2: de aantallen geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP in een HDA, met de verschillende bewakingprogramma's per percentiel.

Bewakingsprogramma's	Percentielen van het aantal geïnfecteerde bedrijven aan het eind van de HRP				
	5 <sup>e</sup>	25 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>	75 <sup>e</sup>	95 <sup>e</sup>
1a. Dg. kliniek + sero	3	5	7.5	11	16
1b. Dg. kliniek + sero + PCR	1	3	6	11	21
2a. Mnd kliniek + sero	2	12	26	49	101
2b. Mnd kliniek + sero + PCR	2	12	26	49	101
3a. Mnd monster sero	24	55	167	341	818
3b. Mnd monster + sero + PCR	5	24	49.5	85	189
12a. Dg klin/ mnd klin + sero	2	4	7	9	15
123a. Dg klin/ mnd klin/ mnd monster + sero	2	4	7	9	15
124a. Dg klin/ mnd klin/ 2wk monster + sero	2	4	7	9	15
12b. Dg klin/ mnd klin + sero + PCR	1	3	5.5	10	20
123b. Dg klin/ mnd klin/ mnd monster + sero + PCR	1	3	5	10	20
124b. Dg klin/ mnd klin/ 2wk vlv-monster + sero + PCR	1	3	5	8	15

### 1.2.2 De bestrijding

Het doel van bestrijding is om het virus dat de Ziekte van Aujeszky veroorzaakt met zo min mogelijk nadelige effecten weer kwijt te raken. Nadelige effecten van bestrijding zijn welzijnsproblemen, onzekerheden voor varkenshouders en natuurlijk kosten. Kosten kunnen op verschillende manieren meewegen. Er zijn kosten voor individuele boeren, voor de sector en voor de hele maatschappij; er zijn kosten die een direct gevolg zijn van bestrijding en kosten die een indirect gevolg zijn van bijvoorbeeld de bestrijding door vervoersbeperkingen. Over het algemeen zullen korte epidemieën met weinig geïnfecteerde bedrijven minder nadelig zijn dan lange epidemieën met veel geïnfecteerde bedrijven, maar sommige maatregelen (bijvoorbeeld een hele regio vaccineren) zijn dermate ingrijpend of ongewenst dat een

andere afweging mogelijk beter is. Daarom is het dan ook belangrijk om de kosten, risico's en effecten goed te kunnen overzien.

Een belangrijke keuze wat betreft de bestrijding van Aujeszky is het gebruik van vaccinatie en het niet (preventief) ruimen: dit kan leiden tot langere epidemieën, maar heeft als voordeel dat er geen grote hoeveelheden (gezonde) dieren worden vernietigd. Om enig zicht te krijgen op wat er in het geval van Aujeszky te verwachten is bij het gebruik van vaccinatie, zijn er simulaties uitgevoerd van enkele bestrijdingsalternatieven. Deze simulaties hadden voornamelijk als doel om als input te dienen voor een economische evaluatie, maar zullen hier ook op epidemiologische eigenschappen beoordeeld worden.

Omdat het epidemiologische bestrijdingsmodel voornamelijk diende als basis voor de economische analyse, afgezien van de vraag of de bestrijdingsprogramma's effectief zijn, is er geen specifieke vraagstelling voor het epidemiologische deel. Om een indruk te krijgen van het verloop van de bestrijding met de verschillende scenario's (inclusief enkele alternatieven), zullen enkele resultaten worden getoond: de duur van epidemieën, de aantallen geïnfecteerde bedrijven die ontdekt worden en de aantallen bedrijven die gevaccineerd worden. Ook zal het verschil tussen de strategieën in het licht van deze resultaten worden besproken.

### *Het model*

Het model voor de virusverspreiding tijdens de bestrijding is gebaseerd op het HRP-model, met uitbreidingen op het gebied van ruimtelijke spreiding om vaccinatiestralen goed te kunnen vergelijken en wat inperkingen voornamelijk op het gebied van binnen-bedrijfstransmissie. De inperkingen zijn mogelijk omdat tijdens de bestrijding de precieze dag-tot-dag situatie minder van belang is: virusverspreiding tussen bedrijven gaat minder snel door vaccinatie, vervoersbeperkingen en betere hygiëne, terwijl detectie efficiënter gaat door hogere alertheid, traceren en meer testen. Hierdoor zijn verschillen tussen bedrijven minder groot en minder belangrijk en kan er beter gesimuleerd worden op weekbasis. In de Appendix wordt het model in detail besproken; hier wordt een korte beschrijving gegeven.

Het model gaat uit van een willekeurige verdeling van varkensbedrijven over de ruimte. Een LDA-gebied is in principe onbegrensd; een HDA-gebied is beperkt tot een cirkel met 50 km diameter en is omgeven door LDA-gebied. De benadering om het gebied onbegrensd te maken is modeltechnisch het eenvoudigst, maar komt op het eerste gezicht wellicht onrealistisch over. Dit valt echter mee zolang het gebruikte bestrijdingsprogramma effectief is: het gebied waarin de infectie zich verspreid blijft dan immers beperkt tot wél-realistische afstanden.

Hoewel het HDA-gebied wel begrensd is, bevat het wel meer bedrijven dan de werkelijke HDA-gebieden in Nederland (ruim 4.000). Het is hierdoor mogelijk dat het aantal gevaccineerde bedrijven aan de hoge kant is bij sommige simulaties. Aan de andere kant is er maar één HDA meegenomen en is er niet vanuit gegaan dat de infectie naar een ander HDA kan springen (van Brabant naar de Veluwe, bijvoorbeeld). Dit zou weer een onderschatting kunnen opleveren van het aantal besmette of

gevaccineerde bedrijven, waardoor de overschatting door het te grote HDA weer enigszins teniet wordt gedaan.

Evenals in het HRP-model worden twee typen bedrijven onderscheiden, zeugen- en vleesvarkensbedrijven. Het enige waarin deze bedrijven (in termen van dit epidemiologische model) van elkaar verschillen is dat er transport van biggen plaatsvindt van zeugen- naar vleesvarkensbedrijven en dit kan infectieus transport zijn. Omdat er dus eigenlijk alleen een verschil is tussen bedrijven die wel of niet biggen verkopen, is een gesloten bedrijf *in dit model* te beschouwen als een vleesvarkensbedrijf: verkoopt geen vleesbiggen aan andere bedrijven. De gebruikte verhouding tussen de bedrijfstypen is 25% zeugenbedrijf, 75% vleesvarkensbedrijf (en dus ook gesloten bedrijf). Deze verhouding is echter van weinig invloed. Transport zorgt maar voor een beperkt deel van de virustransmissie tussen bedrijven (16% in HDA, 34% in LDA) en tijdens de bestrijding is dit nog eens extra beperkt of betreft dit gevaccineerde dieren. Voor *economische* berekeningen maakt de ware verhouding wel veel uit. Daar wordt de verdeling tussen bedrijfstypes zuiverder berekend: er wordt gewerkt met netto biggenproductie per gemiddeld bedrijf (en variatie hieromheen; zie voor meer detail hoofdstuk 2, Economische aspecten met betrekking tot besluitvorming Ziekte van Aujeszky overgang van Artikel 9 naar Artikel 10 status).

Voor elke simulatie wordt een willekeurig bedrijf genomen als bedrijf waar de HRP begint en vervolgens wordt de HRP (volgens één van de 100 simulaties uit het HRP-model) 'nagespeeld' om een realistische beginsituatie te verkrijgen voor de bestrijding: nieuwe infecties (bedrijven) worden volgens bepaalde regels over de ruimte verdeeld en de infectieweek van die nieuwe infecties wordt bijgehouden. De HRP-simulatie bepaalt ook welk bedrijf als eerste gedetecteerd is (het *index*-bedrijf), dus waar de tracersing en vaccinatie begint.

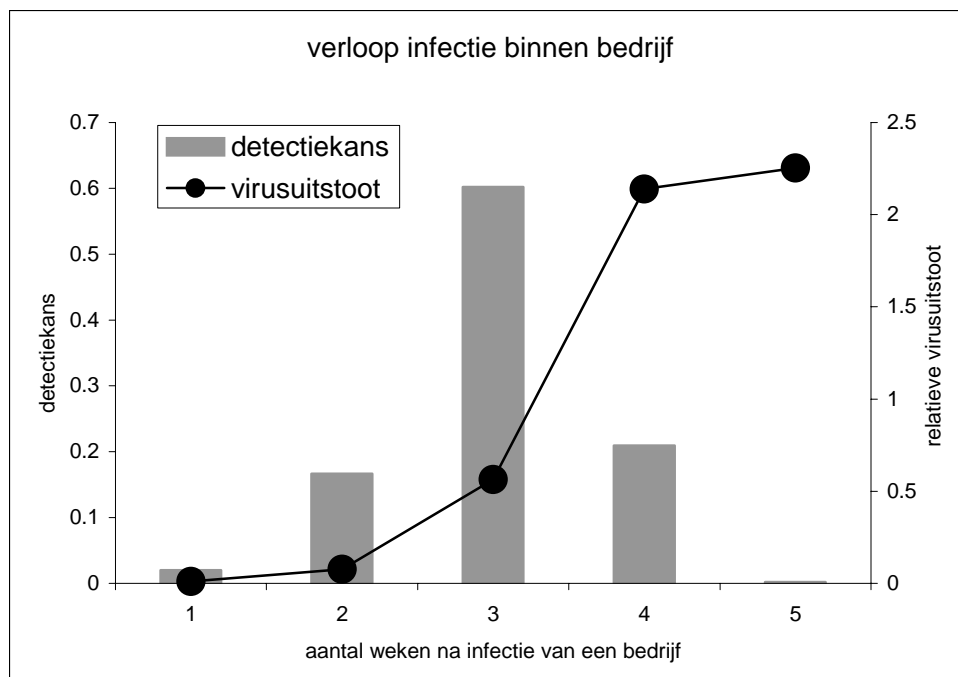
Vervolgens begint de simulatie van week tot week. Voor elk geïnfecteerde bedrijf wordt bepaald welke nieuwe bedrijven via welk contacttype deze infecteert, afhankelijk van week na infectie, week na vaccinatie en bedrijfstype. Er wordt bepaald welke bedrijven ontdekt worden door klinische symptomen, al dan niet na bedrijfsbezoek, door tracersing en testen en door serologisch screenen; volgend op deze detecties wordt verder getraceerd en worden evt. bedrijven gevaccineerd. Er wordt bepaald welke bedrijven de laatste gE-positieve dieren afvoeren en dus Aujeszky-vrij worden. Al deze stappen worden uitgebreid in de Appendix beschreven; van belang is dat er een chronologische beschrijving komt van de aantallen geïnfecteerde, gevaccineerde en gedetecteerde bedrijven en hoe deze over de ruimte verdeeld zijn. Deze beschrijvingen worden gebruikt om enkele epidemiologische resultaten te bekijken en om de economische berekeningen mee te doen.

Om een idee te krijgen van de snelheid van verspreiden en de afstanden waarover dit plaatsvindt, zijn de Figuren 1.2 en 1.3 ingevoegd. In Figuur 1.2 staat een kansverdeling van het aantal weken na infectie dat een ongevaccineerd bedrijf gedetecteerd wordt op basis van kliniek (staafdiagram; linker Y-as): zo wordt ongeveer 60% van de bedrijven gedetecteerd in de derde week na infectie. Ook in Figuur 1.2 staat het verloop van de virusuitstoot van een ongevaccineerd bedrijf per

week na infectie (lijngrafiek, rechter Y-as). De virusuitstoot in Figuur 2 is een relatieve maat en moet vermenigvuldigd worden met de *basic reproduction ratio*  $R_b$  die geldt voor dat gebied; de  $R_b$  is het gemiddeld aantal secundaire besmettingen dat één infectieus bedrijf veroorzaakt in een vatbare ongevaccineerde omgeving gedurende de volledige infectieuze periode. In LDA-gebieden is deze 3,2 en in HDA-gebieden 6,8.

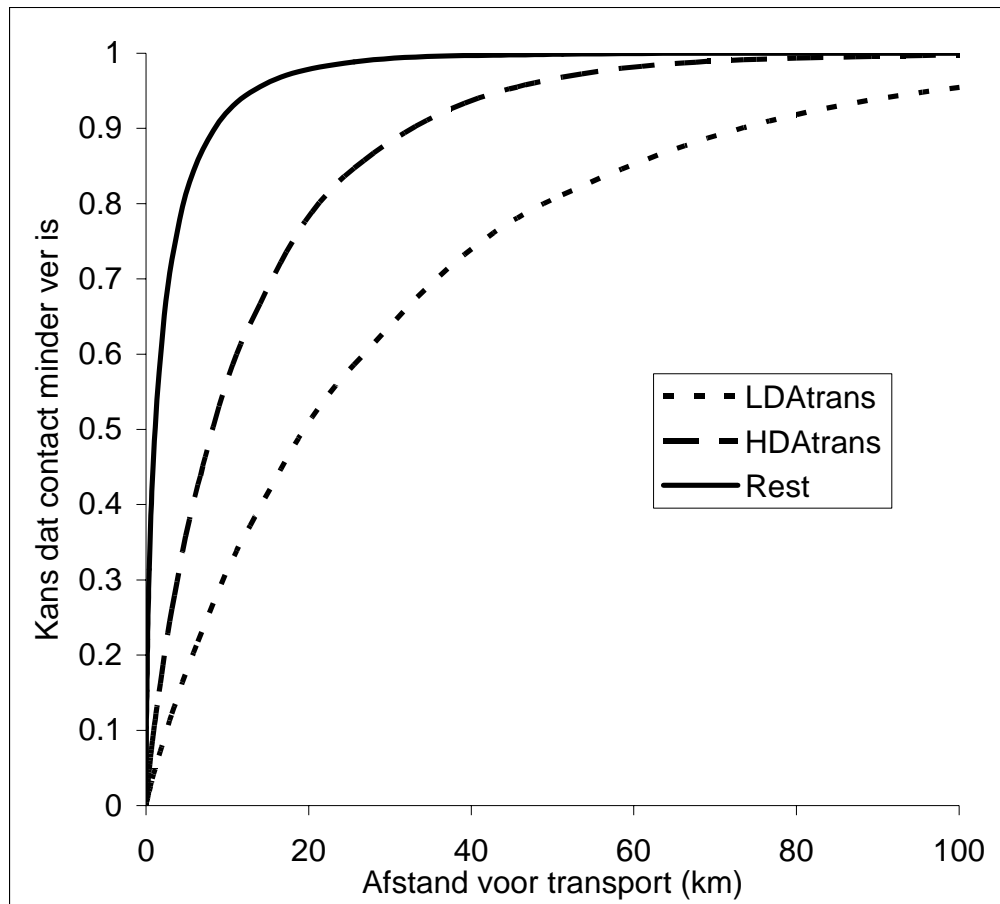
**Figuur 1.2 laat zien dat een infectieus bedrijf in de eerste twee weken na infectie nog vrijwel geen andere bedrijven zal besmetten, terwijl in de vierde en vijfde week de virusuitstoot erg hoog is en daardoor een heel groot risico vormen voor andere bedrijven.**

Figuur 1.2. Infectieverloop op een ongevaccineerd bedrijf. De balken geven de kansverdeling (linker Y-as) voor het moment na infectie (per week) waarop een bedrijf gedetecteerd wordt (op basis van klinische symptomen). De bolletjes geven de relatieve virusuitstoot (rechter Y-as) aan per week na infectie. Het blijkt dat de meeste besmette bedrijven na 3 weken worden gedetecteerd. Op dat moment is de infectieusiteit nog beperkt. Als het bedrijf op dat moment wordt geruimd, is de infectieusiteit zeer effectief gecoupeerd. Wanneer het bedrijf echter wordt gevaccineerd aan het einde van week 3, dan komt de hoge infectieusiteit uit de weken 4 en 5 toch nog in de omgeving vrij. Daardoor kunnen ook na het vaccineren nog veel andere bedrijven in de omgeving besmet worden.



Figuur 1.3 geeft een verdeling van de transmissie tussen bedrijven over afstanden. Er zijn drie verdelingen: voor transportcontacten in een LDA, voor transportcontacten in een HDA en voor overige contacten (aerogeen en buurtcontacten). Te zien is dat de aerogene en buurtcontacten vooral zo'n 1 kilometer rond een besmet bedrijf plaatsvinden en dat transportcontacten veelal op verder dan 10 km afstand gemaakt worden. In LDA-gebieden zijn transportcontacten bovendien vaak verder weg dan in HDA-gebieden: contactbedrijven liggen tenslotte vaak op grotere afstand.

Figuur 1.3. Kansverdelingen van de afstand waarop contacten plaatsvinden. Drie contacttypen zijn onderscheiden: transportcontacten in een LDA, transportcontacten in een HDA, restcontacten (waaronder aerogeen en personen). De curve geeft de kans is dat een contact minder ver is dan de gegeven afstand. In een gebied met lage dichtheid (LDA) is de kans dus ongeveer 50% dat een transportcontact minder dan 20 km ver gaat. In een gebied met hoge dichtheid gaat 50% van de transporten over minder dan 10 km. De restcontacten waarbij virus kan verspreiden vinden met name over zeer korte afstand plaats.



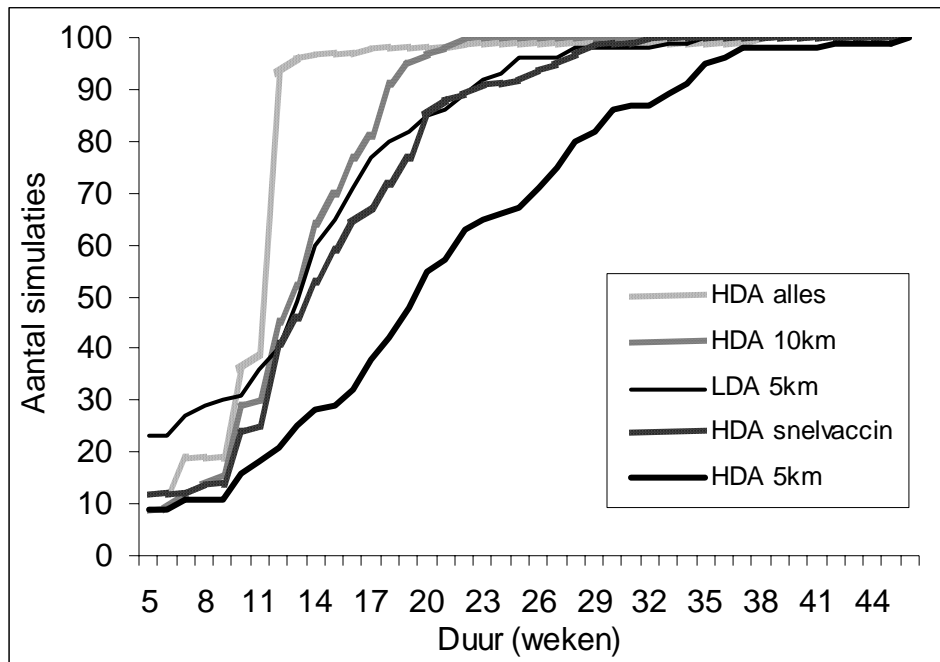
*Er zijn in totaal 5 bestrijdingsscenario's gemodelleerd. Het basisscenario, met vaccinatie in een straal van 5 km rondom geïnfecteerde bedrijven, is toegepast in LDA- en HDA-gebieden. Verder zijn er in HDA-gebieden nog drie scenario's bekeken: vaccinatie in een straal van 10 km, vaccinatie in het gehele HDA (tot de rand met LDA) en vaccinatie met een sneller werkend vaccin waarbij wordt aangenomen dat het vaccin eerder voldoende reductie geeft in de virusproductie (binnen 5 dagen i.p.v. 10 dagen).*

### Resultaten

De bestrijdingsscenario's worden epidemiologisch op drie manieren met elkaar vergeleken. Eerst zal de duur van de epidemie vergeleken worden, vervolgens het aantal besmette bedrijven dat in totaal wordt aangetroffen en tenslotte het totaal aantal bedrijven dat gevaccineerd wordt tijdens de bestrijding. Deze getallen geven

een indicatie van de effectiviteit van de scenario's, maar de economische analyse bepaalt uiteindelijk de werkelijke effectiviteit.

Figuur 1.4. Cumulatieve verdeling van de duur van de epidemie met de vijf bestrijdingsscenario's. Op de Y-as staat het aantal simulaties (N=100) ofwel de kans dat de totale epidemie inclusief bestrijding minder lang duurt dan het aantal aangegeven weken op de X-as.



Tabel 1.3. Verdelingen van de duur in weken van de epidemie met de vijf bestrijdingsscenario's per percentiel.

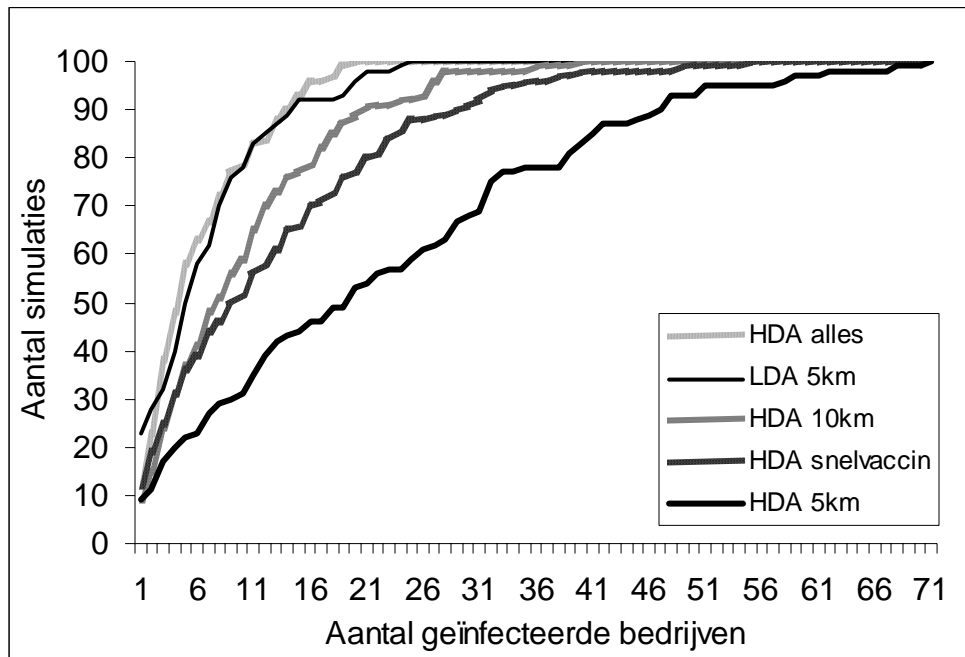
Scenario	5 <sup>e</sup>	25 <sup>e</sup>	<b>50<sup>e</sup></b>	75 <sup>e</sup>	95 <sup>e</sup>
LDA 5	5	7	<b>14</b>	17	25
HDA 5	5	13	<b>20</b>	28	36
HDA 10	5	10	<b>13</b>	16	20
HDA alles	5	10	<b>12</b>	12	13
HDA snel	5	11	<b>14</b>	19	28

Figuur 1.4 en Tabel 1.3 geven de verdelingen van de duur van de epidemie voor de vijf scenario's. Figuur 1.4 geeft de cumulatieve verdelingen voor de duur van de epidemie met alle vijf scenario's; Tabel 1.3 geeft enkele percentielen van deze verdelingen. De minimale duur van de epidemie blijkt 5 weken te zijn: in week 1 worden één of enkele bedrijven gedetecteerd en vier weken later volgt een eindscreening die in die gevallen negatief is. Verder blijkt dat het vergroten van de

vaccinatiecirkel in het HDA de duur fors kan bekorten: vooral de hogere percentielen (de “worst cases”) worden sterk gereduceerd.

Figuur 1.5 en Tabel 1.4 geven de verdelingen van het aantal geïnfecteerde bedrijven tijdens de epidemieën met de vijf scenario's. Ook hier blijkt de grote invloed van de vaccinatiestraal op het verloop van de epidemie in een HDA. Het blijkt dat een vaccinatiestraal van 5 km in een HDA in feite niet voldoende is: de epidemie stopt uiteindelijk wel, maar dat komt voornamelijk doordat de randen van het HDA worden bereikt. Net als een bedrijf gedetecteerd wordt — en er wordt een vaccinatiestraal omheen getrokken — wordt er een bedrijf buiten die cirkel geïnfecteerd dat weer zo'n drie weken later wordt gedetecteerd (Figuur 1.2) en zo gaat het door totdat het LDA bereikt wordt, waar de infectie onder controle komt. Als er in een straal van 10 km gevaccineerd wordt of als het HDA direct in zijn geheel wordt gevaccineerd, dan komt de epidemie wel onder controle. Dat is te zien aan zowel de duur als het aantal besmettingen.

Figuur 1.5. Cumulatieve verdeling van het aantal geïnfecteerde bedrijven tijdens de epidemie met de vijf bestrijdingsscenario's. Op de Y-as staat het aantal simulaties (N= 100) ofwel de kans dat er minder bedrijven besmet worden dan aangegeven op de X-as.



Het aantal gevaccineerde bedrijven (Figuur 1.6, Tabel 1.5) laat ook goed zien dat het basisscenario (5 km) in het HDA niet effectief is: het totaal aantal gevaccineerde bedrijven is vaak nauwelijks kleiner dan wanneer er in 10 km wordt gevaccineerd. Er moeten namelijk veel meer vaccinatiecirkels worden getrokken tijdens de bestrijding. Vaccinatie van het volledige HDA is zeer effectief, maar leidt wel tot veel meer gevaccineerde bedrijven, namelijk zo'n 4.000. Dit aantal is wellicht aan de hoge kant voor een reëel HDA in Nederland, maar kan zeer wel bereikt

worden als Zuid-Oost Brabant én de Veluwe worden besmet. Het model geeft goed aan dat deze maatregel zeer effectief is, maar wellicht een iets te zware maatregel.

Tabel 1.4. Verdelingen van het aantal geïnfecteerde bedrijven tijdens de epidemie met de vijf bestrijdingsscenario's per percentiel.

	5 <sup>e</sup>	25 <sup>e</sup>	<b>50<sup>e</sup></b>	75 <sup>e</sup>	95 <sup>e</sup>
LDA 5 km	1	2	<b>5.5</b>	9	20
HDA 5 km	1	7	<b>20</b>	33	58
HDA 10 km	1	4	<b>8</b>	14	27
HDA alles	1	3	<b>5</b>	9	16
HDA sneller vaccin 5 km	1	3	<b>9.5</b>	19	35

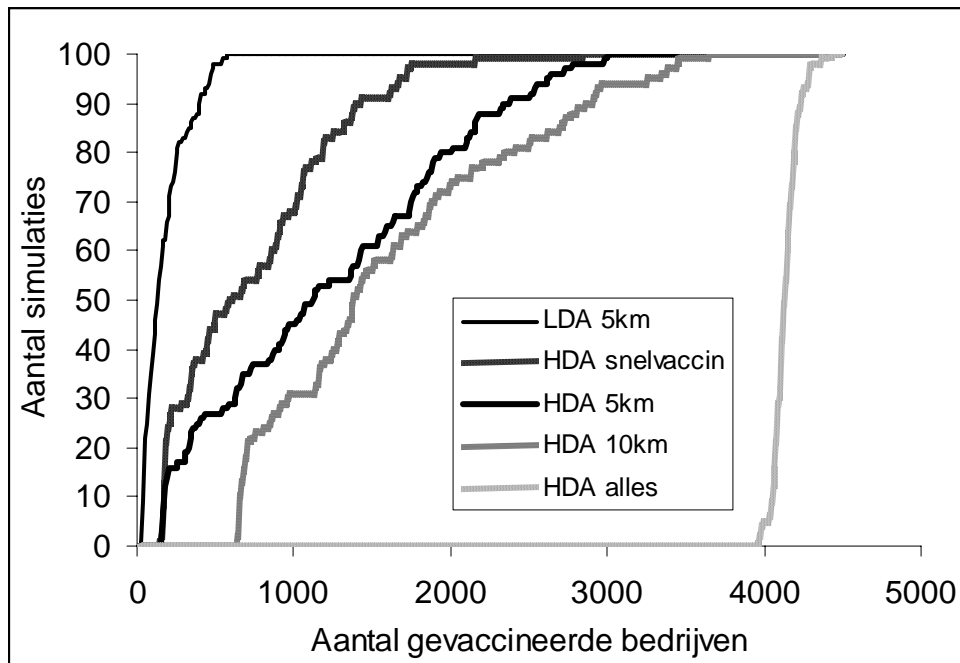
Alles bij elkaar genomen geven de resultaten van de bestrijding aan dat de epidemie in een LDA goed onder controle te brengen is middels vaccinatie in een straal van 5 km rondom geïnfecteerde bedrijven. In een HDA is dat niet het geval en zal er meer gedaan moeten worden, bijvoorbeeld vaccineren binnen 10 km of vaccineren van het gehele HDA. Bij vergelijking van die twee scenario's resulteert een straal van 10 km in zo'n 3.000 minder gevaccineerde bedrijven, maar dan kan de epidemie met enige pech wel 7 weken langer duren, met 11 meer geïnfecteerde bedrijven: economische analyses moeten laten zien wat gunstiger is. Als wordt aangenomen dat het vaccin al vijf dagen eerder werkt, dan zou 5 km vaccineren wel afdoende zijn: het aantal infecties en vaccinaties zal met 50% gereduceerd worden en de epidemie duurt zo'n 6 weken korter. Voorlopig is hier echter nog geen duidelijkheid over en is het verstandig het zekere voor het onzekere te nemen.

Tabel 1.5. Verdelingen van het aantal gevaccineerde bedrijven tijdens de epidemie met de vijf bestrijdingsscenario's per percentiel.

	5 <sup>e</sup>	25 <sup>e</sup>	<b>50<sup>e</sup></b>	75 <sup>e</sup>	95 <sup>e</sup>
LDA 5 km	35	55	<b>134.5</b>	238	470
HDA 5 km	155	378	<b>1117</b>	1856	2633
HDA 10 km	644	834	<b>1373</b>	2121	3333
HDA alles *	3990	4076	<b>4124</b>	4175	4274
HDA sneller vaccin 5 km	153	197	<b>594</b>	1055	1716

\* Bij vaccinatie van het volledige HDA is het aantal bedrijven wellicht aan de hoge kant, doordat het HDA in het model groter is dan in werkelijkheid. Let wel dat er in de praktijk twee HDA's zijn (ZO-Brabant en de Veluwe), terwijl dat niet in het model zit, dus dat kan het aantal in de praktijk weer doen stijgen (zie tekst voor verdere uitleg)

Figuur 1.6. Cumulatieve verdeling van het aantal gevaccineerde bedrijven tijdens de epidemie met de vijf bestrijdingsscenario's. Op de Y-as staat het aantal simulaties (van de 100) met minder dan het aantal gevaccineerde bedrijven op de X-as.



### 1.3 Conclusies

Verschillende mogelijke bewakingsscenario's zijn geanalyseerd. Het blijkt dat dagelijkse klinische observatie door de boer de beste resultaten geeft. Dit wordt gevolgd door maandelijkse klinische inspecties door een dierenarts. Maandelijkse (of tweewekelijkse) bemonstering voegt nauwelijks iets toe aan de klinische observatie door de boer en draagt weinig bij aan de tijdige ontdekking van een uitbraak.

Bij de analyse van de bestrijdingsscenario's is het beste monitoringsprogramma gekozen om de ontwikkeling van de epidemie te bepalen bij aanvang van de bestrijding. Een basisbestrijdingsscenario bestaat uit vaccinatie van het besmette bedrijf en vaccinatie op alle bedrijven in een straal van 5 km aangevuld met beperking van varkenstransporten in de regio. In gebieden met een hoge dichtheid van varkensbedrijven verloopt de bestrijding moeizaam. Het basisscenario kan de verspreiding van het virus niet effectief stoppen, in veel simulaties wordt de epidemie pas effectief geremd wanneer een gebied met lagere dichtheid wordt bereikt. Vaccinatie in een ruimer gebied, een straal van 10 km, bleek wel effectief, en is dus aan te raden in gebieden met een hoge dichtheid aan varkenshouderijen. Een nog verder strekkende maatregel, vaccinatie van een volledig gebied met hoge dichtheid is zeer effectief en snel in het bestrijden van de epidemie, maar zal ook tot hoge kosten leiden omdat daarbij erg veel bedrijven worden gevaccineerd. De conclusie dat vaccineren in een 5 km zone niet altijd volstaat om de epidemie te stoppen is

wellicht onverwacht, omdat bestrijding voor klassieke varkenspest ook in varkensdichte gebieden effectief is met een 1 km zone voor preventief ruimen. Het verschil wordt veroorzaakt door de vertraging die vaccinatie heeft ten opzichte van ruimen. Een bedrijf dat wordt gevaccineerd is pas na 1 week redelijk en na twee weken goed beschermd. In die 1 a 2 weken kan de infectie nog steeds van het gevaccineerde bedrijf verspreiden. Bovendien kan een bedrijf dat al besmet is voordat het vaccin effectief wordt, nog enige tijd infectieus blijven.

De duur van de totale epidemie van de ziekte van Aujeszky kan nogal uiteenlopen. De minimale duur van de epidemie blijkt 5 weken te zijn totdat het gebied weer vrij verklaard kan worden. In dergelijke gevallen was er slechts 1 bedrijf besmet. In een gebied met lage dichtheid blijkt dat 50% van de gesimuleerde epidemieën binnen 13 weken beëindigd is. Enkele simulaties duren echter iets langer dan een half jaar.

Bij vaccinatie in een straal van 10 km blijkt dat in gebieden met een hoge dichtheid de epidemie in 50% van de gesimuleerde epidemieën binnen 13 weken wordt beëindigd en bijna alle epidemieën zijn binnen 20 weken beëindigd.

Indien het vaccin sneller werkt dan tot nu toe aangenomen is en al vijf dagen eerder effectief is, dan zou vaccineren in een straal van 5 km ook in een gebied met hoge dichtheid aan varkensbedrijven afdoende zijn. In dat geval zal het aantal infecties en vaccinaties met ca. 50% gereduceerd worden en zal de epidemie ca. 6 weken eerder worden beëindigd.

Samenvattend geeft het model aan dat de bestrijding van een epidemie in een gebied met lage dichtheid goed te beheersen is door vaccinatie in een straal van 5 km rondom geïnfecteerde bedrijven. In een gebied met hoge dichtheid zal moeten worden gekozen voor vaccineren binnen een straal van 10 km of het hele gebied. Vergelijking van die twee scenario's geeft aan dat er ca 3000 bedrijven minder gevaccineerd worden bij vaccinatie in een straal van 10 km, maar de duur van de epidemie wordt dan wel enkele weken langer.



## **Hoofstuk 2. Economische aspecten met betrekking tot besluitvorming Ziekte van Aujeszky overgang van Artikel 9 naar Artikel 10 status.**

H.W. Saatkamp, C. van Erve en M.C.M. Mourits  
Leerstoelgroep Bedrijfseconomie, Wageningen Universiteit

### **2.1 Inleiding**

Gedurende de afgelopen jaren is de bestrijding van de Ziekte van Aujeszky (ZvA) in Nederland voortvarend ter hand genomen. Dit heeft geresulteerd in een zo goed als volledige uitroeiing van deze ziekte (status begin 2005).

In Nederland bestaat een vaccinatieplicht (preventieve vaccinatie) met betrekking tot de ZvA, en eventuele bestijding gebeurt op basis van een door de EU goedgekeurd bestrijdingsplan (Artikel 9-status). Als gevolg hiervan komt de ziekte in Nederland niet meer voor.

Op deze vaccinatieplicht zijn uitzonderingen mogelijk: een klein aantal (zeugen-)bedrijven heeft een ontheffing. Dit maakt het voor die laatste bedrijven mogelijk dieren (m.n. biggen) te exporteren naar landen met de hogere Artikel 10 status: vrij van de ZvA zonder preventieve vaccinatie en een door de EU goedgekeurd bestrijdingsplan. Doel van dit bestrijdingsplan is vrij te zijn en te blijven van de ZvA.

Momenteel vindt er op diverse plaatsen een discussie plaats over de vraag of de gehele Nederlandse varkenshouderij over zou moeten gaan naar de Artikel 10 status. Dit heeft een aantal evidente voordelen: (1) de huidige kosten voor vaccinatie en ontheffingen alsmede certificeringssystematiek komen te vervallen, (2) betere aansluiting bij de status van een aantal belangrijke exportlanden voor Nederlandse dieren en producten, en (3) de praktische voordelen van een uniforme status voor de gehele Nederlandse varkenshouderij. Bovendien zou het Nederlands imago als land met een zeer degelijke dierziektebestrijding kunnen versterken.

Er zijn echter ook nadelen, waarvan de belangrijkste is het risico op en de gevolgen van een grote verspreiding van de ZvA in geval van her-introductie in de Nederlandse varkensstapel. Hierop zijn een aantal factoren van invloed, die op voorhand moeilijk met zekerheid zijn vast te stellen.

Een beslissing omtrent overgang van de huidige Artikel 9 naar de Artikel 10 status is complex en heeft heel wat aspecten die in een ideale situatie allemaal in kaart gebracht zouden moeten worden, zoals: de veranderingen in 'standaardkosten' zoals vaccinatie, ontheffingen en (gewijzigde) bewaking, de directe schade en de gevolgschade als gevolg van nieuwe uitbraken van ZvA in beide situaties, de veranderingen van kansen op herintroductie van de ziekte, veranderingen ook in de status van derde landen, etc.

Er is in de aanloop naar dit onderzoek echter gekozen voor een analyse die zich richt op de primaire sector. Er wordt daardoor geen volledig afgewogen oordeel

voor de volledige productieketen gegeven. Dit deel van het onderzoek geeft een globaal overzicht van de belangrijkste economische voor- en nadelen voor de primaire Nederlandse varkenshouderijsector, d.w.z. de bedrijven met varkens.

Van belang is, inzicht te verkrijgen in de economische voordelen van een overgang, i.c. de besparingen die een overgang naar de Artikel 10-status voor de primaire sector op kan leveren. Tevens is het van groot belang een beeld te hebben van de mogelijke negatieve gevolgen van een overgang, i.c. die van een herintroductie van ZvA. De epidemiologische studie heeft zich toegespitst op de vraag wat de epidemiologische gevolgen zijn van uitbraken van de ZvA (als gevolg van herintroductie) bij toepassing van verschillende bestrijdingsstrategieën. De economische studie haakt hier op in, door de economische gevolgen hiervan te berekenen, waarbij de volgende twee vragen centraal staan:

1. Wat is de directe schade voor de Nederlandse varkenshouderij als gevolg van uitbraken van de ZvA in verschillende bestrijdingsscenario's in de Artikel 10 status?
2. Wat is de gevolgschade hiervan met betrekking tot de afzet van biggen?

In onderhavig rapport wordt de gebruikte methodiek en de verkregen resultaten beschreven. In de discussie zal verder worden ingegaan op de globale aspecten voor de Nederlandse varkenshouderijsector, alsmede op de conclusies die uit het onderzoek getrokken kunnen worden.

## **2.2 Materiaal en methode**

### *Algemene uitgangspunten en aannames*

Hieronder volgen een aantal algemene uitgangspunten en aannames met betrekking tot deze studie. Tevens wordt er een verantwoording voor de afbakening gegeven.

Deze studie heeft met name betrekking op de effecten van een overgang van de Artikel 9- naar de Artikel 10-status ZvA voor de primaire sector, dit wil zeggen: de varkensbedrijven. Eventuele effecten voor andere, gerelateerde sectoren zoals aanleverende bedrijven (bijv. de veevoerindustrie), verwerkende bedrijven (bijv. de slachterijen) of dienstverlenende instellingen (bijv. diergezondheidszorg) zijn slechts beperkt benoemd. Belangrijkste reden hiervoor was dat de bestrijding van de ZvA zich alleen richt op de primaire sector, en dat op basis van de huidige EU-regelgeving en OIE-richtlijnen verondersteld mag worden dat er in geval van de ZvA geen handelsbeperkende maatregelen zullen volgen tegen varkensvleesproducten afkomstig uit Nederland.

De studie bouwt voort op de resultaten van de epidemiologische studie. Deze studie ging uit van gestandaardiseerde varkensbedrijven en liet eventuele regionale en ruimtelijke aspecten (uitgezonderd de twee categorieën dichtheden) buiten beschouwing. Bijgevolg zijn deze aspecten in de economische studie ook niet

expliciet meegenomen; wel is zoveel mogelijk rekening gehouden met verschillen tussen bedrijfstypen en – grootte.

Bij de bestrijding van uitbraken van de ZvA wordt uitgegaan van (1) het niet ruimen (doden en vernietigen) van dieren op (besmette) bedrijven, (2) het gebruik van vaccinatie als belangrijke maatregel bij de bestrijding, (3) een vervoersverbod tussen bedrijven binnen het vaccinatiegebied en bedrijven daarbuiten, (4) vervoersmogelijkheden binnen het vaccinatiegebied, m.n. voor de distributie van biggen binnen het gebied, (5) verruimde welzijnsmaatregelen voor de opleg van biggen zodat er tijdelijk meer plaatsingsmogelijkheden binnen het ZvA-gebied aanwezig zullen zijn.

Verder is in overleg met deskundigen ervan uitgegaan, dat producten (i.c. vlees) afkomstig van (gevaccineerde) dieren uit het vaccinatiegebied niet aan handels- of transportbeperkingen onderhevig zullen zijn, met andere woorden: hierdoor zal geen economische schade optreden in geval van uitbraken van de ZvA. Binnen de EU is er geen beperkende regelgeving op dit gebied. Ook voor export naar landen buiten de EU lijkt deze aanname plausibel, maar alleen de praktijk kan aantonen of dat inderdaad waar is.

De zeugen worden met tussenpozen van 2 weken gevaccineerd. Na ca. 4 weken zijn de biggen die dan uit deze dieren geboren worden voldoende beschermd door maternale antilichamen, waardoor deze biggen niet meer gevaccineerd hoeven te worden. Economisch kunnen deze dieren als 'niet-gevaccineerd' beschouwd worden en als zodanig vermarkt worden.

De epidemiologische bestrijdingsscenario's m.b.t de ZvA die in het onderzoek betrokken waren, zijn:

- HDA-5: het basisscenario met een vaccinatiestraal van 5 km rond het besmette bedrijf voor dichtbevolkte varkensregio's (HDA: High Density Area);
- HDA-10: idem, maar dan met een straal van 10 km;
- HDA-alles: het gehele besmette gebied wordt meteen gevaccineerd;
- HDA-snel: idem als HDA-5, maar dan met een vaccin dat binnen 5 in plaats van 10 dagen bescherming biedt;
- LDA-5: idem als HDA-5, maar dan voor een dunbevolkt varkensgebied (LDA: Low Density Area).

### *Berekening van besparing voor de Nederlandse varkenshouderijsector*

De belangrijkste besparingen voor de Nederlandse varkenshouderijsector zijn de volgende:

- geen kosten meer voor bedrijven die ontheffing van de vaccinatieplicht hebben, in verband met export naar artikel 10 status gebieden;
- geen vaccinatiekosten meer;
- het vervallen van de certificeringskosten wegens het niet meer noodzakelijk zijn van een specifiek op de ZvA gerichte bedrijfscertificering.

Hierbij moet wel worden opgemerkt, dat een eventueel nieuw in te voeren bewakingssysteem extra kosten met zich mee kan brengen; dit aspect is echter

buiten beschouwing gelaten en nader onderzoek kan in een later stadium aantonen welk bewakingssysteem de optimale keuze is.

De belangrijkste kenmerken en informatie met betrekking tot bovenvermelde kosten is verkregen via de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD). Middels een spreadsheetmodel in Excel is één en ander doorgerekend op hun totale besparingseffect. In Tabel 2.1. worden de belangrijkste uitgangspunten en invoergegevens weergegeven. Er is uitgegaan van 10.000 varkensbedrijven in Nederland. 250 Bedrijven hebben een ontheffing m.b.t. vaccinatie tegen de ZvA, waarbij is aangenomen dat op deze bedrijven gemiddeld 400 zeugen aanwezig zijn. Om de totale kosten voor de Nederlandse varkenshouderijsector m.b.t. certificering te kunnen inschatten is uitgegaan van een 'gemiddeld' varkensbedrijf met 90 zeugenplaatsen en 600 vleesvarkensplaatsen. Gemiddeld is hier niet een bedrijf dat veel voorkomt, maar een bedrijf met een verdeling aan zeugen en vleesvarkens, gebaseerd op het nationale totaal aan dieren, gedeeld door het aantal bedrijven.

Voor de certificering is uitgegaan van de tarieven die door de GD gehanteerd worden.

Van de bedrijven met ontheffing blijkt, dat ca. 120 bedrijven een exportpakket hebben, dat bestaat uit: Euro 643,75 abonnementskosten plus een vast bedrag van Euro 2.000 per 4 maanden; voor deze bedrijven zijn de ontheffingskosten dus vast. 35 Bedrijven hebben een exportpakket met naast de abonnementskosten een vast bedrag van Euro 1.500 per 4 maanden; de overige bedrijven hebben variabele bemonsteringskosten, afhankelijk van het aantal monsters en de doorlooptijd. Bij de berekeningen is uitgegaan van bedrijven die wekelijks exporteren en derhalve 26 keer per jaar 150 bloedmonster moeten laten nemen en onderzoeken. Voor deze bedrijven is de goedkoopste optie genomen uit de twee keuzes: een vast exportpakket of variabele bemonsteringskosten.

Voor de berekening van de vaccinatiekosten is er van uitgegaan dat zeugen 3 maal per jaar en vleesvarkens 1 maal worden gevaccineerd. De kosten per dosis vaccin zijn gesteld op Euro 0,65 (incl. dierenartskosten, excl. BTW). Opgemerkt dient te worden, dat de vaccinkosten tussen dierenartsen en tussen bedrijven sterk kunnen verschillen.

#### *Directe schade-model: berekening van de directe schade als gevolg van een ZvA-uitbraak*

Onder de directe schade wordt verstaan: schade in de vorm van kosten en verliezen die direct verband houden met de ZvA epidemie en de bestrijding hiervan. Er is een onderscheid gemaakt in twee categorieën: schade voor het gebied en schade voor de primaire bedrijven.

#### Schade voor het gebied

In deze categorie zijn de volgende posten opgenomen, die moeilijk consequent aan individuele bedrijven toe te rekenen zijn:

- Schade als gevolg van uitval van geïnfecteerde dieren;

- Schade als gevolg van de 72-ur standstil voor geheel Nederland<sup>2</sup>;
- Schade als gevolg van versneld afvoeren van alle geïnfecteerde dieren naar het slachthuis (omdat het epidemiologisch model alleen aantallen geïnfecteerde dieren berekent, kon dit niet specifiek naar afzonderlijke bedrijven worden herleid);
- Bemonstering van contactbedrijven;
- Leegstandsschade omdat lege plaatsen tijdelijk niet opgevuld kunnen worden.

### Schade voor primaire bedrijven

In deze categorie is een onderscheid gemaakt tussen vier typen bedrijven: geïnfecteerde en niet geïnfecteerde (gevaccineerde) zeugen- respectievelijk vleesvarkensbedrijven. Voor elk van deze bedrijven zijn de volgende posten opgenomen:

- Bedrijfsgerelateerde kosten: bedrijfsbezoeken door eigen dierenarts en specialisten, kosten voor bemonstering en voor eindscreening;
- Diergerelateerde kosten: vaccinatielasten en schade die verband houdt met de vervoersverboden.

Het Directe Schade model (DS-model) gebruikt de uitkomsten van de epidemiologische simulaties als startpunt voor de economische berekeningen. De volgende variabelen worden als input gebruikt:

- Het aantal weken dat de epidemie duurt (dit komt overeen met de laatste week waarop nog een geïnfecteerd bedrijf in de simulatie gedetecteerd wordt);
- Het aantal gevaccineerde bedrijven per week (zeugen- en vleesvarkensbedrijven);
- Het aantal gedetecteerde bedrijven per week (zeugen- en vleesvarkensbedrijven);
- Het aantal gE-positieve dieren op zeugen- en vleesvarkensbedrijven.

Omdat in de economische analyses steeds is voortgebouwd op de resultaten van de epidemiologische simulaties, dienden bedrijfstypes en – groottes zoveel mogelijk overeenkomstig te zijn (zie hiervoor ook: Appendices A en B). Derhalve is steeds uitgegaan van een bedrijf met 1.000 dieren. Wel kon op basis van de opsplitsing in zeugen- en vleesvarkensbedrijven een onderscheid gemaakt worden in bedrijfstype. Er is uitgegaan van een zeugenbedrijf met 222 zeugen en 778 andere dieren, een vleesvarkensbedrijf bestaat standaard uit 1.000 vleesvarkens. Verder is uitgegaan van een verhouding zeugenbedrijf : vleesvarkensbedrijf van 1 : 3.

---

<sup>2</sup> De extra kosten voor de slachthuizen per dag van standstil is berekend op 14 Euro/varken extra kosten bij gemiddeld 3554 slachtingen per slachthuis per dag. Dat is op het volgende gebaseerd: Ook al is er een standstil, de vaste kosten gaan door, bv kosten personeel en huisvesting. Andere kosten, zoals schoonmaakkosten, inspectie kosten vallen weg. Er is aangenomen dat 75% van de slachtkosten varken vaste kosten zijn. Verder is het zo dat na een korte standstil de gemiste slachtingen (voor een groot deel) zullen worden ingehaald (dus wel extra kosten door uitzendkrachten / overwerk). Alleen de slachtinkosten zijn meegenomen, dus niet eventueel misgelopen opbrengsten. Bij deze analyse is geen rekening gehouden met de dagen waarop de standstil valt (in het weekend wordt er niet geslacht, dus zal het effect minder zijn).

Tabel 2.1. Uitgangsgegevens voor berekening besparingen voor de Nederlandse varkenshouderijsector (Bron: GD).

Variabele	Eenheid	Waarde
<b><u>Typen bedrijven</u></b>		
Totaal aantal bedrijven	Aantal	10.000
Aantal zeugen totaal	Aantal aanwezig	900.000
Aantal biggen pzpj	Aantal	22,75
Bedrijven met ontheffing	Aantal	250
Aantal zeugen	Aantal aanwezig	400
Aantal biggen pzpj	Aantal	22,75
Bedrijven die vaccineren	Aantal	9.750
Gemiddeld Nederlands varkensbedrijf		
Aantal zeugenplaatsen	Aantal	90
Aantal vleesvarkensplaatsen	Aantal	600
Aantal bemonsteringen/jr	Aantal	3
Aantal bloedmonsters zeugen	Aantal	8
Aantal bloedmonsters vleesvarkens	Aantal	12
<b><u>Certificering ZvA-vrij alle UBNs (incl. bloedmonstering)</u></b>		
<b>Kosten</b>		
Basisbedrag	Per bedrijf	€12,5
Tarief VE1-399	Per VE	€0,4
Tarief VE400-999	Per VE	€0,16
Tarief VE=>1000	Per VE	€0,05
Bemonstering	Per monster	€1,86
<b><u>Ontheffingsbedrijven</u></b>		
<b>Gegevens</b>		
Elke week export, derhalve:		
Aantal monsternames/jr	Aantal	26
Aantal monsters/monstername	Aantal	150
<b>Kosten</b>		
PVV-retributie eenmalig	Bedrag	€137
PVV-retributie jaarlijks	Bedrag/jr	€90
Monsternamekosten		
Variabel: Abonnement	Per bedrijf/jr	€643,75
Kosten monstername	Per monster	€2,06
Vast: Abonnement	Per bedrijf/jr	€643,75
Kosten monstername	Totaal/4 mnd	€2.000
<b><u>Vaccinatie-bedrijven</u></b>		
<b>Gegevens</b>		
Vaccinatie zeugen	Per jaar	3
Vaccinatie vleesvarkens	Per dier	1
<b>Kosten</b>		
Vaccin (incl. dierenarts, excl. BTW)	Per dosis	€0,65

Het DS-model 'volgt' de epidemiologische simulatie. Dit betekent, dat de grootte van het ZvA-gebied bepaald wordt door het aantal gevaccineerde bedrijven. Omdat geen rekening gehouden is met de mogelijkheid van gedeeltelijk vrijgeven van het gebied, groeit dit gebied dus door, totdat de ZvA-epidemie ten einde is. In het DS-model wordt uitgegaan van een 'economisch' einde van de epidemie, 4 weken na de laatste detectie van een gE-positief bedrijf; tot die tijd blijven de transportrestricties van kracht en daarmee ook de maatregelen die tot economische schade leiden. In Tabel 2.2. staan de belangrijkste financieel-economische inputparameters.

Tabel 2.2. Gebruikte financieel-economische input parameters in het DS-model (Euro).

Kostensoort	Waarde	Bron
<b>Kosten per bedrijf</b>		
Kosten bedrijfsbezoek (eigen dierenarts) (€/bezoek/bedrijf)	70	Klinkenberg et al. (2003)
Kosten bedrijfsbezoek specialisten, obv kliniek verdacht bedrijf (€/bezoek)	1500	Klinkenberg et al. (2003)
Kosten bemonstering bedrijven (detecteerd, omgeving obv kliniek, contact)		
Serologie, bloedmonsters (#10)	1.65	PVE (2000)
Virologie, keelwabs (#10)	61.95	GD (2004)
Eindscreening		
Serologie, bloedmonster (# x monsters)	1.65	PVE (2000)
<b>Kosten per dier</b>		
Vaccinatie kosten (€/dier)		
Vaccin/ dier	0.73	GD (2004)
Arbeid	0.68	Eigen aanname
Hygiene	0.23	Eigen aanname
Kosten vervoersverbod (€/dag)		
Zeug incl. big (€/dag):	0.15	Tomassen et al. (2002)
Aantal dagen:	28	Eigen aanname
Vleesvarken (€/dag):	0.02	Tomassen et al. (2002)
Aantal dagen:	28	Eigen aanname
Kosten versnelde afvoer		
Zeug	56.27	Meuwissen et al. (2000)
Zeug / opfokzeug / big / beer (ruimen en ontsmetten)	40	GD (2004)
Vleesvarken	6.35	Meuwissen et al. (2000)
Vleesvarken (ruimen en ontsmetten)	14	GD (2004)
<b>Kosten per uitbraak</b>		
Kosten serologie/monster voor contactbedrijven en ZvA-vrij verklaring	1.65	PVE (2000)
Opbrengstprijzen:		
Zeug	138	KWIN-Veehouderij (2004)
Overige dieren zeugenbedrijf	120	KWIN-Veehouderij (2004)
Vleesvarkens	113.4	KWIN-Veehouderij (2004)
Schade standstill slachthuizen:		
Schade/dag	49,750	Eigen aanname
Aantal dagen standstill	3	Eigen aanname
Kosten uitval geïnfecteerde dieren		
Zeug (€/dier):	327.1	Eigen aanname
Vleesvarken (€/dier):	65.4	Eigen aanname
Schade als gevolg van leegstand:		
Zeugenbedrijf:		
Kosten leegstand (€/dag/plaats)	1.02	Meuwissen et al. (2004)
Lege dierplaatsen door afvoer/dood gE+ dieren (€/per uitbraak):	97	Meuwissen et al. (2004)
Misgelopen biggen (verwerp./afvoer infecteerde dieren) (€/per uitbraak)	223	Meuwissen et al. (2004)
Vleesvarkensbedrijf:		
Kosten leegstand (€/dag/plaats)	0.18	Meuwissen et al. (2004)
Lege dierplaatsen door afvoer gE+ dieren (€/per uitbraak):	0	Meuwissen et al. (2004)

### *Model schade biggenproblematiek*

Onder de schade als gevolg van biggenproblematiek wordt verstaan: schade in de vorm van prijsdalingen, die weer het gevolg zijn van afzetproblemen van gevaccineerde en/of niet-gevaccineerde biggen. Deze afzetproblemen kunnen in twee gebieden ontstaan:

- In het ZvA-gebied: als gevolg van het verbod op biggentransporten vanuit dit gebied naar elders (Nederland en het buitenland) kan er een overschot aan biggen in dit gebied ontstaan. Omdat het bestrijdingsscenario er van uitgaat, dat dieren niet geruimd zullen worden noch dat er een opkoopregeling ingesteld zal worden, móeten deze biggen dus ergens in dit gebied geplaatst worden. Een verschil tussen 'regulier' aanbod en beschikbare biggenplaatsen kan dan aanleiding geven tot lagere biggenprijzen, geboden door veehouders die toch nog ergens plaatsen beschikbaar hebben;
- Op de exportmarkt: indien na het opheffen van de transportbeperkende maatregelen biggen uit het ZvA-gebied weer geëxporteerd mogen worden, bestaat voor korte termijn de mogelijkheid dat er een over-aanbod aan gevaccineerde biggen ontstaat, met wederom prijsdalingen tot gevolg.

Om bovengenoemde effecten economisch door te rekenen, is een rekenmodel gemaakt (BP-model). De gesimuleerde ZvA-epidemie is wederom input voor dit model. Gedurende de ZvA-periode wordt de biggenproductie gesimuleerd: zowel de productie van gevaccineerde als die van niet-gevaccineerde biggen (NB: er wordt van uitgegaan dat zeugen en hun biggen, na twee vaccinaties niet meer gevaccineerd worden, zodat deze biggen later als niet-gevaccineerd op markt mogen worden gebracht).

In het model is rekening gehouden met de mogelijkheid tot verruiming van het aantal biggenplaatsen door middel van een verruiming van de oppervlakenorm:

- Structureel-tijdelijke verruiming: in de berekeningen is ervan uitgegaan dat de dierwelzijnsmaatregelen worden verruimd, hetgeen resulteert in een 25% extra biggenplaatsen gedurende de tijd van de ZvA-epidemie;
- Incidenteel-tijdelijke verruiming van biggenplaatsen: in het model wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat binnen het gebied 25% 'extra plaatsen' (noodvoorziening) worden gecreëerd, hetgeen wil zeggen dat op plaatsen waar tot voor de ZvA-epidemie geen varkens werden gehouden, nu varkens kunnen worden gestald (bijvoorbeeld in oude varkensschuren, stalruimte voor andere dieren, etc).

Simulatie van de biggenproductie en van het aantal beschikbare biggenplaatsen resulteert in een berekening per week van het aantal overschotbiggen, al dan niet gevaccineerd. Voor de berekening van de economische effecten van deze overschotproblematiek is ervan uitgegaan, dat deze biggen hoe dan ook een plaats zullen vinden, mogelijk tegen een veel lagere opbrengstprijz voor de producent. Er wordt daarbij gedacht aan noodvoorzieningen, die met tijdelijke loonheffing voor vergunningen kunnen worden geplaatst om welzijnsproblemen op te lossen. Vermenigvuldiging van het aantal biggen met de betreffende schade resulteert dan in de economische schade.

Als gevolg van afzetproblemen is in samenspraak met deskundigen een inschatting gemaakt van de reductie in opbrengstprijis voor de producent. Deze staan vermeld in Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Gehanteerde waarden voor berekening van economische schade als gevolg van de biggenafzetproblematiek.

Variabele	Waarde
Basisprijs (Euro)	40
Reductie opbrengstprijis biggen in ZvA-gebied	50%
Reductie opbrengstprijis gevaccineerde biggen plaatsbaar	25%
Reductie opbrengstprijis gevaccineerde biggen moeilijk plaatsbaar	50%
Reductie opbrengstprijis niet-gevaccineerde biggen moeilijk plaatsbaar	25%

Bij de berekeningen is uitgegaan van een standaard biggenprijs van 40 Euro. De schade wordt hiervan afgeleid door een percentage reductie in deze prijs te berekenen. Indien er een biggenoverschot binnen het ZvA-gebied ontstaat, zullen deze dieren moeilijk afgezet kunnen worden. Voor deze biggen is ervan uitgegaan, dat afzet toch gebeurt, zij het tegen een reductie van de normale opbrengstprijis van 50%.

Indien, na opheffen van de transportbeperkingen na het einde van de ZvA-periode, gevaccineerde biggen geëxporteerd mogen worden (zie verderop), dan wordt van een prijsreductie van 25% uitgegaan. Indien echter de normale exportmarkt te weinig plaatsingsmogelijkheden heeft, is uitgegaan van een plaatsing met een prijsreductie van 50%.

Voor moeilijk plaatsbare niet-gevaccineerde biggen gedurende de gehele ZvA-periode is uitgegaan van een prijsreductie van 25%; het betreft hier biggen, afkomstig van de rest van Nederland gedurende de week export-standstill aan het begin van de ZvA-periode.

Met betrekking tot de reacties van landen waar Nederlandse biggen naar toe worden geëxporteerd, is van het volgende uitgegaan:

- Alle landen sluiten hun grenzen voor Nederlandse biggen gedurende de eerste week van de ZvA-epidemie;
- Gedurende de ZvA-periode zijn de grenzen open voor niet-gevaccineerde biggen afkomstig van buiten het ZvA-gebied voor alle landen onder normale exportvoorwaarden;
- Duitsland en Frankrijk (landen met een artikel 10 status) blijven gesloten voor gevaccineerde biggen, ook nadat de ZvA-epidemie voorbij is (naar deze landen wordt ca. 52,5% van alle Nederlandse biggen geëxporteerd);
- Gevaccineerde biggen kunnen na afloop van de ZvA-periode wel probleemloos naar Spanje, Italië en overige landen (b.v. Oost Europa) geëxporteerd worden.

Op basis van het 'normale' exportpatroon in 2003 is berekend hoeveel gevaccineerde biggen in potentie kunnen worden afgezet in de laatstgenoemde landen. Indien dit contingent overschreden wordt, zal er zich dus extra schade voordoen.

Het model rekent niet met afzonderlijke varkensbedrijven, maar met de totale biggenproductie en vleesvarkensplaatsen in het ZvA-gebied. Het biggenoverschot/week voor het ZvA-gebied kan dan simpel worden berekend door beide van elkaar af te trekken. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor een biggenoverschot/gemiddeld bedrijf/week van 8 respectievelijk 15; het eerste is het Nederlandse gemiddelde, het laatste heeft betrekking op een gemiddelde overschotsituatie in een gebied met hoge dichtheid aan varkensbedrijven. Een biggenoverschot/gemiddeld bedrijf/week van 8 betekent, dat per bedrijf dat zich in het vaccinatiegebied bevindt er sprake is van een gemiddeld biggenoverschot van 8 dieren; voor deze biggen is er geen afmestplaats op het bedrijf aanwezig, en deze dieren moeten dus elders worden afgemest. Elders betekent binnen het model: buiten het gebied. Deze cijfers zijn berekend op basis van een analyse van de I&R-dataset varkens.

## 2.3 Resultaten

### *Besparingen voor de Nederlandse varkenshouderijsector*

In Tabel 2.4. staan de belangrijkste resultaten vermeld met betrekking tot de besparingen voor de Nederlandse varkenshouderijsector. Hierbij worden apart de bedrijven geanalyseerd die een ontheffing hebben van de vaccinatieplicht voor ZvA in verband met export naar landen met een artikel 10 status (ontheffingsbedrijven).

Het totaal aan besparingen is berekend op bijna mEuro 17. Hierbij moeten een paar kanttekeningen gemaakt worden. Doordat de GD diverse vormen van tariefstelling heeft voor de ontheffingsbedrijven, kunnen individuele varkensbedrijven een tariefstelling 'op maat' krijgen; dit zal het totaal aan gezamenlijke kosten enigszins kunnen drukken, zodat de berekende mEuro 1,6 iets aan de hoge kant kan zijn.

Hetzelfde, zij het in mindere mate, kan het geval zijn bij de certificeringskosten: vrij grote bedrijven hebben lagere kosten per Vee-eenheid (VE).

Tenslotte: bij deze berekening is geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat specifieke monitoring m.b.t. ZvA ingevoerd zal gaan worden. Indien dit het geval zou zijn, dienen deze kosten afgetrokken te worden van de berekende besparingen. Op het moment van uitvoering van deze studie was hier echter nog geen duidelijkheid over.

Nadere beschouwing leert, dat het grootste aandeel in de reductie het wegvallen van de vaccinatiekosten is: ca. mEuro 13 (80%); dit komt met name voor rekening van de vleesvarkens.

De besparingen door het wegvallen van de noodzaak tot ontheffing is berekend op ca. mEuro 1,6 (10%). Het overbodig worden van een specifieke ZvA-

certificering draagt ca. Euro 1,8 mln (10%) bij aan de totale besparingen. Zoals reeds gesteld, m.b.t. beide laatst genoemde posten bestaat wat onzekerheid doordat individuele tariefstelling en bedrijfsspecifieke omstandigheden deze bedragen wat lager kunnen doen uitvallen.

Op basis van deze berekeningen mag worden geconcludeerd dat een overgang van Artikel 9- naar Artikel 10-status voor de primaire varkenshouderijsector een besparing per jaar op kan leveren van rond de Euro 16 mln, indien er van wordt uitgegaan dat er geen extra kosten zullen ontstaan als gevolg van een andere wijze van ZvA-monitoring.

Tabel 2.4. Overzicht van besparing voor de Nederlandse varkenshouderijbedrijven en sector bij overgang naar de Artikel 10-status.

<b>Variabele</b>	<b>Deelbedrag</b>	<b>Totaal</b>
<b><u>Kosten voor ontheffingsbedrijven</u></b>		
Per bedrijf		
Bemonstering	€6.643,75	
PVV-retributie (excl. eenmalig)	€90	
Totaal	€6.733,75	
Totaal voor alle ontheffingsbedrijven		
Bemonstering	€1.660.938	
PVV-retributie (excl. eenmalig)	€22.500	
Totaal		€1.683.438
<b><u>Kosten voor vaccinatie</u></b>		
Vaccinatie zeugen	€1.560.000	
Vaccinatie vleesvarkens	€11.830.000	
Vaccinatie totaal		€13.390.000
<b><u>Certificering ZvA</u></b>		
Certificering/gemiddeld bedrijf	€72,50	
Bemonstering/gemiddeld bedrijf	€111,60	
Certificering totaal/gemiddeld bedrijf	€184,10	
Certificering totaal		€1.841.000
<b><u>Totaal voor Nederlandse varkenshouderijsector</u></b>		<b>€16.914.4378</b>

### *Directe schade als gevolg van één ZvA-uitbraak*

Voor de vijf verschillende scenario's is de directe schade als gevolg van één uitbraak van de ZvA berekend. In Tabel 2.5 staan de resultaten weergegeven voor scenario HDA-5.

Tabel 2.5 De directe schade als gevolg van één uitbraak van de ZvA bij scenario HDA-5 (bedragen in miljoen Euro).

Percentiel	Schade Gebied	Schade Primaire bedrijven	Schade Totaal
5	2,5	0,4	2,9
50	4,4	4,2	8,6
95	6,0	6,8	12,7

De resultaten zijn voor 3 percentielen weergegeven: 5, 50 en 95; deze percentielen kunnen worden verder benoemd als best case, gemiddeld en worst case. (NB: het 50 percentiel komt bij een niet-symmetrische verdeling niet geheel overeen met het gemiddelde; er mag van worden uitgegaan dat er sprake is van een zekere overschatting van de gemiddelde schade). Uit deze Tabel valt af te leiden dat in 5% van de gesimuleerde epidemieën (5 percentiel) de schade voor het gebied gelijk of kleiner is dan 2,4 mEuro, de schade voor de primaire bedrijven is gelijk of kleiner dan 0,4 mEuro en de totale schade is gelijk of kleiner dan 2,9 mEuro.

De gemiddelde schade komt uit op 8,5 mEuro, onderverdeeld in 4,3 en 4,2 mEuro voor respectievelijk schade gebied en schade primaire bedrijven. In het slechtste geval (95 percentiel) is de totale schade 12,7 mEuro, met respectievelijk 6,0 en 6,7 mEuro voor schade gebied en schade primaire bedrijven. Samenvattend laat de Tabel 2.5 zien, dat de totale schade gemiddeld zal uitkomen op 8,5 mEuro, met een range van 2,9 tot 12,7 mEuro.

Voor het scenario HDA-10 staan de resultaten vermeld in Tabel 2.6. Bij dit scenario komt de gemiddelde schade uit op 8,0 mEuro, met een range van 7,3 tot 9,0 mEuro.

Tabel 2.6. De directe schade als gevolg van één uitbraak van de ZvA bij scenario HDA-10 (bedragen in miljoen Euro).

Percentiel	Schade Gebied	Schade Primaire bedrijven	Schade Totaal
5	2,5	1,9	4,3
50	3,2	4,9	8,1
95	3,3	8,3	11,6

De resultaten voor het scenario HDA-alles staan vermeld in Tabel 2.7.

Tabel 2.7. De directe schade als gevolg van één uitbraak van de ZvA bij scenario HDA-alles (bedragen in miljoen Euro).

Percentiel	Schade Gebied	Schade Primaire bedrijven	Schade Totaal
5	2,3	11,7	14,0
50	2,5	11,6	14,1
95	2,4	11,8	14,2

De gemiddelde schade bij HDA-alles is berekend op 14 mEuro, met een range van 0,2 mEuro. Voor het scenario HDA-5-snel is berekend, dat de gemiddelde schade uitkomt op 6,8 mEuro, met een range van 4,8 mEuro (zie Tabel 2.8)

Tabel 2.8. De directe schade als gevolg van één uitbraak van de ZvA bij scenario HDA-5-snel (bedragen in miljoen Euro).

Percentiel	Schade Gebied	Schade Primaire bedrijven	Schade Totaal
5	2,3	0,5	2,8
50	3,4	3,4	6,8
95	4,1	3,5	7,6

Voor het dunbevolkte varkensgebied is één scenario doorgerekend, LDA-5. De resultaten komen neer op een gemiddelde schade van 3,2 mEuro, met een range van 1,4 mEuro en staan vermeld in Tabel 2.9. In vergelijking met de gebiedsschade is de schade voor de primaire bedrijven gering van omvang.

Tabel 2.9. De directe schade als gevolg van één uitbraak van de ZvA bij scenario LDA-5 (bedragen in miljoen Euro).

Percentiel	Schade Gebied	Schade Primaire bedrijven	Schade Totaal
5	2,5	0,1	2,6
50	3,0	0,2	3,3
95	3,5	0,5	4,0

In Tabel 2.10 is een samenvattend overzicht van de 50-percentiel berekeningen met betrekking tot de directe schade gegeven.

Tabel 2.10. De gemiddeld te verwachten directe schade als gevolg van één uitbraak van de ZvA bij verschillende bestrijdingsscenario's (bedragen in miljoen Euro).

Strategie	Schade Gebied	Schade Primaire bedrijven	Schade Totaal
HDA-5	4,4	4,2	8,6
HDA-10	3,2	4,9	8,1
HDA-alles	2,5	11,6	14,1
HDA-5-snel	3,4	3,4	6,8
LDA-5	3,0	0,2	3,3

Bij vergelijking van de HDA-scenario's ten opzichte van het basisscenario HDA-5 vallen de volgende punten op:

- HDA-10 heeft gemiddeld een vergelijkbare directe schade, echter de range is 7,3 mEuro in plaats van 9,8 mEuro; bij gunstige uitbraakverlopen komt de schade bij HDA-5 lager uit, echter in ongunstige gevallen is de schade juist hoger;
- HDA-alles leidt tot een beduidend hogere schade (14,1 versus 8,5 mEuro), hetgeen vooral voor rekening van de primaire bedrijven komt; de range is echter bijzonder klein (0,2 versus 9,8 mEuro), hetgeen logisch is omdat meteen het gehele gebied wordt gevaccineerd;
- HDA-5-snel resulteert in een verlaging van de gemiddelde schade tot 6,8 mEuro en de range wordt ook beduidend kleiner (4,8 versus 9,8 mEuro).

*Schade als gevolg van biggenoverschot in de epidemie-gebieden bij één ZvA-uitbraak*

#### Beschrijving van het mechanisme

Indien een gebied getroffen wordt door de ZvA zal dit voor enige tijd 'op slot' gaan: er mogen geen biggen naar of uit getransporteerd worden. Wel kunnen, na enige tijd, binnen het gebied biggen getransporteerd worden, van bedrijven met een biggenoverschot naar biggen met plaatsingsmogelijkheden. Natuurlijk is dit alleen van toepassing voor bedrijven die ZvA-vrij zijn.

Voor het betreffende gebied moet eerst een veronderstelling worden gemaakt over het totale biggenoverschot binnen dit gebied, d.w.z. het aantal biggen waarvoor onder normale omstandigheden geen plaatsen beschikbaar zijn. Met behulp van de gegevens uit I&R-varkens zijn hiervoor berekeningen gemaakt. Hieruit kwam naar

voren dat voor Nederland als geheel het biggenoverschot ca. 8 biggen/bedrijf/week is (indien zeugen- en vleesvarkensplaatsen omgerekend werden naar een 'gemiddelde bedrijfssituatie'). Voor meer dichtbevolkte gebieden lieten deze berekeningen een overschot zien van 15 biggen/bedrijf/week, terwijl dit aantal in de meest extreme situatie op 22 uitkwam.

In Figuur 2.1. is weergegeven hoe de evolutie van vraag naar en aanbod van biggen verlopen kan. Deze weergave heeft betrekking op een bijzonder dicht bevolkt HDA met een gemiddeld biggenoverschot per gemiddeld bedrijf per week van 22 biggen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de beschreven situatie een relatief grote epidemie betreft, met een (ontoereikend) bestrijdingsscenario HDA-5. Door te kiezen voor een extreem lang durende en grote epidemie, kunnen de onderliggende mechanismen goed beschreven worden.



Figuur 2.1. Evolutie van vraag naar en aanbod van biggen in een HDA met een gemiddeld biggenoverschot per bedrijf per week van 22 biggen (scenario: een extreem traag bestreden epidemie, HDA-5, duur epidemie 20 weken).

Op de horizontale as staan de weken weergegeven, op de verticale as het aantal dieren. De vraag naar (ofwel het aantal plaatsingsmogelijkheden voor) biggen stijgt in het begin vrij sterk als gevolg van de uitbreiding van de epidemie; in het begin van de ZvA-epidemie is de bestrijding nog niet dusdanig effectief, dat het gebied al geheel ingekapseld kan worden. De 'tanden' in de grafiek zijn een gevolg van eenmalige uitbreidingen van de biggenoplegmogelijkheden op nieuwe bedrijven die worden ingesloten als gevolg van uitbreiding van het gebied. Na ca. 10 weken stabiliseert de vraag tot iets boven de 60.000 biggen per week, omdat (de ZvA zich

in) het gebied zich niet meer verder uitbreit; de omvang van de (gesimuleerde) epidemie heeft haar maximum bereikt. Na opheffing van alle bestrijdingsmaatregelen rond week 20 valt de vraag wederom naar het 'normale' niveau (ca. 50.000 biggen/week), omdat dan tevens de extra plaatsingsmogelijkheden (verruiming welzijnsregels en bouwen van noodvoorzieningen) komen te vervallen.

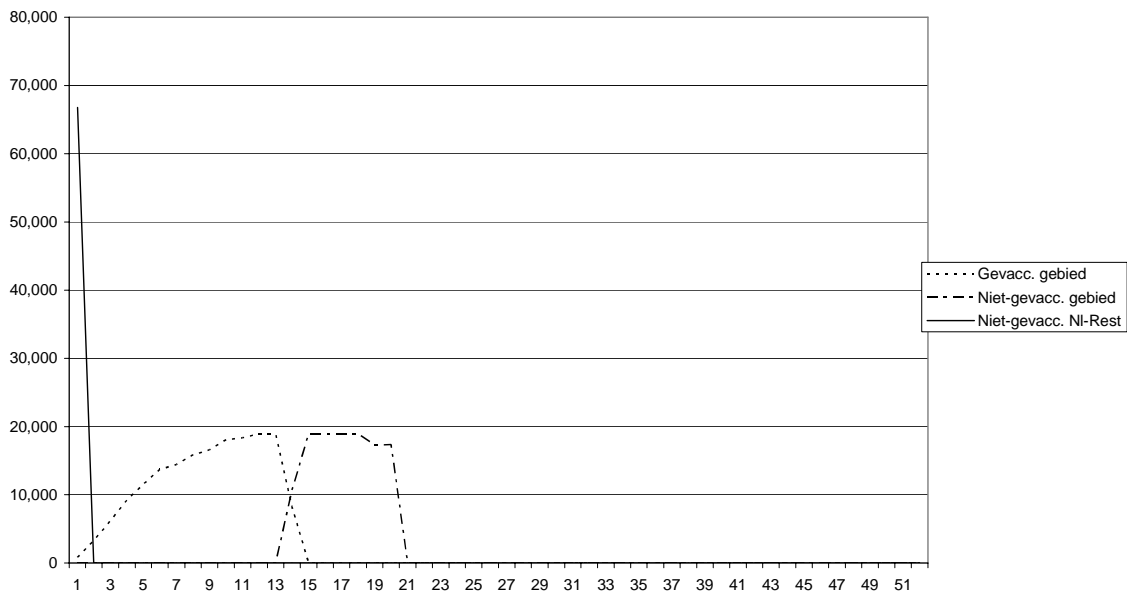
Het aanbod van gevaccineerde biggen neemt in het begin sterker toe dan de vraag (plaatsingsmogelijkheden) en bereikt een maximum van ca. 80.000 biggen/week rond week 11. Dit moment valt samen met het stabiliseren van de ZvA-epidemie: het ZvA-gebied breidt zich niet meer uit. Daarna neemt het aanbod snel af tot ca. 20.000 biggen/week rond week 19 en 0 bij week 24. Dit komt doordat er na week 11 niet meer wordt gevaccineerd en er dus geen nieuwe gevaccineerde bedrijven c.q. dieren bijkomen. De nieuw geboren biggen afkomstig van de laatst gevaccineerde bedrijven 4 weken na de start van de vaccinaties worden eveneens niet meer gevaccineerd, en kunnen verhandeld worden als zijnde niet-gevaccineerd. Gedurende de 10 weken die daaropvolgend komen er steeds minder gevaccineerde biggen beschikbaar en groeit de beschikbaarheid van niet-gevaccineerde biggen uit bedrijven die al eerder gevaccineerd waren.

Ondanks de verruimde plaatsingsmogelijkheden is er toch sprake van een overschot aan gevaccineerde biggen, die rond 12 weken een maximum bereikt van ca. 20,000 biggen; daarna is er sprake van een sterke afname en na 15 weken is er geen overschot van gevaccineerde biggen meer.

Na 14 weken komen de eerste niet-gevaccineerde biggen beschikbaar. Deze zijn afkomstig van de eerst gevaccineerde bedrijven, waarvan de dieren na 4 weken niet meer gevaccineerd worden. Duidelijk zichtbaar is de sterke stijging van niet-gevaccineerde biggen, met een top op week 24 van 80.000 biggen/week. Er is sprake van een 'overgang' van gevaccineerde biggen naar niet-gevaccineerde biggen. Dit geldt ook voor het overschot aan biggen: rond week 15 bereikt dit haar eerste maximum met rond 20.000 biggen per week. Als in het gebied de transportbeperkingen weer worden opgeheven (vanaf week 21) vindt een tweede stijging plaats tot ca. 30.000 biggen/week. Dit is het gevolg van het opheffen van de verruiming van de plaatsingsmogelijkheden.

Figuur 2.2 toont de evolutie van de overschotbiggen: dieren die ook bij verruimde plaatsingsmogelijkheden (noodvoorzieningen) moeilijk geplaatst kunnen worden.

### Overschotbiggen



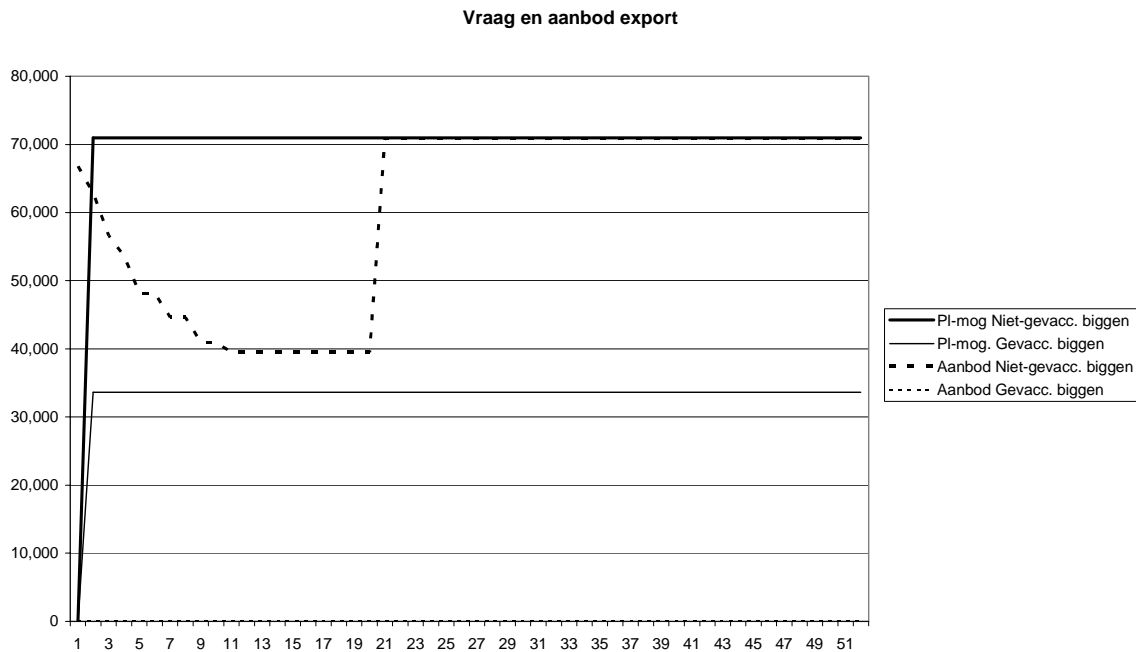
Figuur 2.2. Evolutie van het overschot in aantal biggen: niet-gevaccineerde biggen in de rest van Nederland en gevaccineerde en niet-gevaccineerde biggen in een HDA met een gemiddeld biggenoverschot per bedrijf per week van 22 biggen (scenario: een extreem traag bestreden epidemie, HDA-5, duur epidemie 20 weken).

Als gevolg van de één week durende grenssluiting is er een tijdelijk overschot van ca. 65.000 biggen in de rest van Nederland, d.w.z. buiten het tot dan toe geïnfecteerde ZvA-gebied. Van dit overschot is na één week geen sprake meer, omdat dan de grenzen voor de rest van Nederland weer open gaan. De evolutie van het overschot van gevaccineerde en niet-gevaccineerde biggen in het ZvA-gebied is reeds bij Figuur 2.1. beschreven.

Het zijn juist deze overschotbiggen die economisch voor behoorlijke schade zorgen: op één of andere manier zullen deze toch geplaatst moeten worden, terwijl het aantal plaatsingsmogelijkheden beperkt is. Hierdoor zullen deze biggen tegen een behoorlijk gereduceerde opbrengstprijis vermarkt dienen te worden binnen het gebied en door middel van noodvoorzieningen worden opgevangen.

Figuur 2.3 geeft inzicht in de evolutie van vraag en aanbod op de exportmarkt. Een week na het bekend worden van de ZvA-uitbraak komt het aantal plaatsingsmogelijkheden voor biggen weer terug op het normale niveau van boven 70.000 biggen/week. Daarbinnen zijn er plaatsingsmogelijkheden voor gevaccineerde biggen in landen die niet de Artikel 10-status hebben: ca. 33.000 biggen/week (nb: er zijn dus plaatsingsmogelijkheden voor in totaal 70.000 biggen/week, waaronder de mogelijkheid van maximaal 33.000 gevaccineerde biggen/week). Deze plaatsingsmogelijkheden bestaan sowieso, dus ook in een ZvA-vrije situatie; vandaar dat deze lijn vanaf week 2 recht-horizontaal loopt.

Het aanbod van niet-gevaccineerde biggen laat een daling zien van bijna 70.000 biggen/week in week 1 tot ca. 40.000 biggen/week in week 11. Vervolgens stabiliseert dit, om in week 21 weer te stijgen tot 70.000 biggen/week.



Figuur 2.3. De evolutie van vraag en aanbod van niet-gevaccineerde en gevaccineerde biggen voor de exportmarkt. (scenario: een extreem traag bestreden epidemie, HDA-5, duur epidemie 20 weken). Opmerking: in deze situatie worden er geen gevaccineerde biggen op de exportmarkt aangeboden.

Deze daling in het aanbod van niet-gevaccineerde biggen komt omdat in het voorbeeld van een HDA uitgegaan is, met een groot overschot aan biggen/bedrijf. Omdat deze biggen in eerste instantie gevaccineerd zullen worden en sowieso het gebied niet uit mogen, wordt beslag gelegd op een deel van het totale Nederlandse biggenaanbod op de exportmarkt. Dit deel moet in het ZvA-gebied afgezet worden, in eerste instantie als gevaccineerde biggen. Omdat de ZvA zich gedurende ca. 11 weken verder uitbreid, zal het aandeel van het totale Nederlandse exportaanbod aan (niet-gevaccineerde) biggen wat het gebied niet mag verlaten, ook groter worden. De ZvA-epidemie stabiliseert zich na ca. 11 weken, zodat dan ook de 'greep' uit het totale Nederlandse exportaanbod aan biggen vanuit het gebied zich stabiliseert. Omdat biggen die uit tweemaal gevaccineerd zeugen geboren worden als 'niet-gevaccineerd' aangemerkt mogen worden, vindt er na ca. 4 weken een stijging plaats van de productie van niet-gevaccineerde biggen (zie Figuur 2.1.). Op het einde van de ZvA-epidemie, i.c. als het gebied weer vrijgegeven wordt, zijn er weer hoofdzakelijk niet-gevaccineerde biggen in het gebied aanwezig, die dan ook weer op de exportmarkt mogen worden afgezet. Dit is de oorzaak van de snelle stijging van het aanbod niet-gevaccineerde biggen na week 21.

### Kwantitatieve resultaten

In Tabel 2.11. staan de resultaten voor de HDAs van schadeberekeningen als gevolg van de biggenproblematiek vermeld onder de aanname dat in het gebied de bedrijven gemiddeld een overschot van 8 biggen/week hebben (dit staat voor de gemiddelde situatie voor geheel Nederland, hoogstwaarschijnlijk dus een onderschatting voor het gemiddelde HDA-gebied).

In de eerste kolom staan de verschillende bestrijdingsstrategieën vermeld, gevolgd door de percentiel-punten van de ZvA-epidemie waarop de resultaten betrekking hebben. Vervolgens is voor het ZvA-gebied de schade weergegeven gerelateerd aan gevaccineerde en niet-gevaccineerde biggen (kolommen 3 en 4). In de kolommen 5 en 6 staat de schade vermeld als gevolg van mogelijk problemen bij de export van gevaccineerde dieren uit het gebied: plaatsbare en niet direct plaatsbare gevaccineerde biggen. De volgende twee kolommen hebben betrekking op mogelijke schade doordat niet-gevaccineerde biggen (zowel uit het ZvA-gebied na vrijgave als vanuit de rest van Nederland) in eerste instantie niet-plaatsbaar zijn. De laatste kolom geeft de totale schade weer.

Voor HDA-5 is voor drie ZvA-situatie's de schade berekend (best case: 5 percentiel; gemiddeld: 50 percentiel; worst case: 95 percentiel). In alle gevallen zijn er binnen het gebied geen plaatsingsmoeilijkheden die tot schade aanleiding geven. Blijkbaar zijn de verruimde plaatsingsmogelijkheden afdoende. Opvallend is, dat bij een gunstig verloop van de ZvA-epidemie (5 percentiel) er juist schade ontstaat als gevolg van het feit dat gevaccineerde biggen vrij komen voor export ; dit in tegenstelling tot situaties die epidemiologisch minder gunstig zijn. Hierdoor is ook de totale schade bij een gunstig epidemie-verloop hoger: 0,8 mEuro versus 0,7 mEuro. De verklaring hiervoor ligt in het feit, dat direct na het ontdekken van de ZvA alle dieren in het gebied gevaccineerd worden. Door het gunstige verloop van de epidemie zullen echter op het moment van vrijgave van het gebied (minder dan 14 weken na bekend worden van de ZvA-uitbraak) alleen nog maar gevaccineerde biggen aanwezig zijn. Deze dieren moeten echter elders worden afgezet, zeker als ook de extra plaatsingsmogelijkheden weer worden ingetrokken. Dit leidt tot een aanbod van gevaccineerde dieren voor buiten het gebied, die naar verwachting tegen een gereduceerde prijs moeten worden afgezet.

Indien de epidemie langer duurt, wordt echter het effect van het stoppen van vaccinatie van zeugen na 2 rondes (i.c. 4 weken) zichtbaar. Dan zijn er reeds niet-gevaccineerde biggen in het gebied aanwezig, die, bij een overschotsituatie in het gebied, elders kunnen worden afgezet zonder negatieve prijseffecten.

Tabel 2.11 Schade in miljoen Euro als gevolg van de biggenproblematiek voor HDAs met een biggenoverschot per gemiddeld bedrijf van 8 biggen/week.

Strategie	Percentiel	Gebied Niet-exporteerbaar		Gebied Export Gebig		Gebied plus NI-Rest Export N-GevBig Niet Plaatsbaar	Schade Totaal
		GevBig	N-GevBig	Geplaatst	Niet Plaatsbaar		
HDA-5	5	0	0	0,1	0	0,7	0,8
	50	0	0	0	0	0,7	0,7
	95	0	0	0	0	0,7	0,7
HDA-10	5	0	0	0,4	0	0,7	1,1
	50	0	0	0	0	0,7	0,7
	95	0	0	0	0	0,7	0,7
HDA-alles	5	0	0	2,6	0	0,7	3,3
	50	0	0	0,3	0	0,7	1,1
	95	0	0	0	0	0,7	0,7
HDA-5-snel	5	0	0	0,1	0	0,7	0,8
	50	0	0	0	0	0,7	0,7
	95	0	0	0	0	0,7	0,7

Het Hierboven beschreven effect is in versterkte mate terug te vinden, indien het aantal betrokken bedrijven toeneemt, of, met andere woorden, indien het bestrijdingsgebied groter wordt. Dit is het geval bij HDA-10, waarbij een 10 km vaccinatiestraal wordt gebruikt in plaats van 5 km; en bij HDA-alles, waarbij het gehele gebied in één keer wordt gevaccineerd. Bij een gunstig verondersteld verloop van de ZvA-epidemie (5 percentiel) is dit dus (achteraf gezien!) een overreactie. Hierdoor worden echter wel grote aantallen biggen gevaccineerd, die, als gevolg van het gunstige verloop van de ZvA-epidemie, na opheffing van het transport- en handelsverbod, buiten het gebied moeten worden afgezet; en dus tegen een lagere opbrengstprijis moeten worden verkocht. Hierdoor is de schade als gevolg van de biggenproblematiek juist bij een gunstig verloop van de ZvA-epidemie groter.

Tevens valt uit de Tabel af te leiden, dat HDA-10 en HDA-alles scenarios bij een gunstig verloop van de ZvA-epidemie tot grotere schade aanleiding geven; bij een gemiddeld tot ongunstig verloop van de ZvA-epidemie is er weinig verschil meer te constateren. Tenslotte valt op, dat het verschil in schade tussen HDA-5 en HDA-snel verwaarloosbaar klein is.

Tabel 2.11 had betrekking op een verondersteld biggenoverschot per gemiddeld bedrijf van 8 biggen/week, hetgeen de 'gemiddelde' Nederlandse situatie is. Er moet echter ook rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat ZvA uitbreekt in een gebied wat met betrekking tot het biggenoverschot afwijkt van deze gemiddelde situatie. In Tabel 2.12. staan de resultaten vermeld van gelijksoortige berekeningen, echter nu onder de aanname dat het biggenoverschot per gemiddeld bedrijf 15 biggen/week bedraagt; voor een aantal regio's in Nederland is dit niet een onrealistische situatie.

Tabel 2.12 Schade in miljoen Euro als gevolg van de biggenproblematiek voor HDAs met een biggenoverschot per gemiddeld bedrijf van 15 biggen/week.

Strategie	Percentiel	Gebied		Gebied		Gebied plus NI-Rest Export N-GevBig Niet Plaatsbaar	Schade Totaal
		Niet-exporteerbaar		Export GevBig			
		GevBig	N-GevBig	Geplaatst	Niet Plaatsbaar		
HDA-5	5	0,1	0	0,2	0	0,7	1,0
	50	2,0	1,5	0	0	0,7	4,2
	95	1,7	6,9	0	0	0,7	9,3
HDA-10	5	0,4	0	0,8	0	0,6	1,8
	50	2,3	0	0	0	0,6	2,9
	95	4,4	2,7	0	0	0,6	7,7
HDA-alles	5	2,7	0	2,7	4,4	0,1	9,8
	50	7,2	0	0,3	0,5	0,1	8,2
	95	8,0	0	0	0	0,1	8,1
HDA-5-snel	5	0,1	0	0,2	0	0,7	1,0
	50	2,0	0,1	0	0	0,7	2,8
	95	1,2	2,4	0	0	0,7	4,3

In vergelijking met een veel lager biggenoverschot (8 per bedrijf per week) zijn de resultaten duidelijk anders.

Bij het scenario HDA-5 en bij een gunstig verondersteld verloop van de ZvA-epidemie (5 percentiel) komt de totale schade iets hoger uit in vergelijking met de situatie van een gemiddeld biggenoverschot van 8 biggen/week: 1,0 mEuro in vergelijking met 0,8 mEuro (Tabel 2.11.); de afzetproblemen van gevaccineerde biggen zijn wat groter, wat echter deels gecompenseerd wordt door minder problemen met niet-gevaccineerde biggen uit de rest van Nederland. Tevens valt op, dat ook binnen het gebied nu afzetproblemen ontstaan: 97.680 Euro schade als gevolg van in eerste instantie niet-plaatsbare gevaccineerde biggen binnen het gebied.

Bij een verondersteld gemiddelde ZvA-epidemie met scenario HDA-5 (50 percentiel) valt duidelijk te zien dat er zich binnen het gebied grote afzetproblemen zullen voordoen: de schade die hiermee samenhangt, is berekend op 2 mEuro voor gevaccineerde biggen en 1,5 mEuro voor niet-gevaccineerde biggen. De totale schade loopt nu op tot 4,1 mEuro.

Bij een verondersteld ongunstig verloop van de ZvA-epidemie treed er een verschuiving op van kleinere schade als gevolg van gevaccineerde biggen naar een veel grotere schade als gevolg van niet-gevaccineerde biggen: 1,7 mEuro versus 6,9 mEuro; de totale schade loopt op tot 9,3 mEuro. Na vrijgave van het gebied zijn de afzetproblemen echter in alle gevallen voorbij: de export-schade voor niet-gevaccineerde biggen blijft nagenoeg hetzelfde.

Duidelijk valt dus te zien, dat indien de ZvA niet snel onder controle kan worden gebracht in een relatief klein vaccinatiegebied met een groot biggenoverschot, de schade als gevolg van de biggenproblematiek relatief groot kan

zijn en ook snel kan oplopen naarmate de tijd van handels- en transportbeperkingen langer duurt.

HDA-10 liet een gunstiger epidemiologisch verloop zien. Dit heeft een gunstig effect in de gemiddelde en ongunstige situaties (50 en 95 percentiel). Ofschoon ook hier sprake is van een grote biggenproblematiek binnen het ZvA-gebied, is deze van kortere duur, waardoor de totale schade kan worden beperkt: 2,9 en 7,7 mEuro voor de gemiddelde respectievelijk ongunstige situatie.

In vergelijking met HDA-5 is gemiddeld de schade bij HDA-10 lager: 2,9 versus 4,2 mEuro; ook de range is kleiner: 5,9 versus 8,3 mEuro. Alleen bij zeer gunstig verlopende ZvA-epidemieën laat HDA-5 minder schade zien.

Bij het scenario HDA-alles is het beeld duidelijk anders in vergelijking met HDA-5 en HDA-10, zeker bij een gunstig verloop van de ZvA-epidemie (5 percentiel). Omdat enerzijds het totale gebied relatief groot is en er dus een groot overschot aan gevaccineerde biggen ontstaat in de eerste weken en anderzijds het gebied snel weer kan worden vrijgegeven, ontstaat er een groot overschot aan niet-plaatsbare gevaccineerde biggen direct na vrijgave van het gebied. Dit resulteert in schadebedragen van 2,7 mEuro voor nog plaatsbare en 4,3 mEuro voor niet-plaatsbare gevaccineerde biggen. Een gunstig bijkomend effect is echter, dat, juist omdat het gebied zo groot is, er een vermindering van de problematiek voor biggen afkomstig van buiten gebied optreedt: de schade hierdoor is berekend op ca. 0,1 mEuro (in vergelijking met ruim 0,6 mEuro bij HDA-5 en HDA-10). Een wat langere duur van de ZvA-epidemie in scenario HDA-alles heeft economische gezien een gunstig bijeffect voor de biggenproblematiek. De verschuiving in productie van gevaccineerde naar niet-gevaccineerde biggen leidt aan het einde van de ZvA-uitbraak tot veel minder problemen op de exportmarkt en dus tot lagere tot geen schade. Bij een langere duur (50 en 95 percentiel) is duidelijk te zien, dat de schade gaat verschuiven van exportproblemen naar afzetproblemen binnen het gebied. Uiteindelijk resulteert dit in lagere totale schadebedragen: rond de 8 mEuro voor de gemiddelde en worst case scenario's versus 9,8 mEuro bij het best case scenario.

HDA-snel laat in vergelijking met HDA-5 bij een gemiddeld uitbraakniveau een lagere totale schade zien: 2,8 mEuro versus 4,2 mEuro. Ook de range is beduidend kleiner: 3,3 mEuro versus 8,3 mEuro.

Uit bovenbeschreven resultaten komen een paar inzichten naar voren, die voor de besluitvorming van groot belang zijn:

- Het biggenoverschot in het gebied waar zich een ZvA-epidemie voordoet is sterk bepalend voor de uiteindelijke schade als gevolg van afzetproblemen voor biggen;
- Bij relatief lage dichtheden en/of voldoende additionele plaatsingsmogelijkheden binnen het gebied, valt de schade mee en is de range tussen best en worst case epidemie-scenario's relatief klein; HDA-alles laat dan ietwat grotere schadebedragen zien in vergelijking met de overige bestrijdingsscenario's;
- Bij hogere dichtheden steken HDA-10 en HDA-snel gunstig af tegen de andere twee bestrijdingsscenario's; met name HDA-alles lijkt dan uit de boot te vallen. Hierbij moet echter wel worden opgemerkt, dat in een HDA-alles situatie het biggenoverschot eerder richting gemiddelde zal tenderen dan bij de andere

scenario's, omdat het totale ZvA-gebied zoveel groter is; met andere woorden: een biggenoverschot van gemiddeld 15 biggen/bedrijf/week is een optie in het model, maar zal in de praktijk waarschijnlijk niet voorkomen bij een HDA-alles bestrijdingsstrategie (bij bestrijdingsstrategieën HDA-5 en -10 is dit iets waarschijnlijker).

### Totale economische schade van één ZvA-epidemie

Teneinde een beeld te krijgen van de totale gemiddelde economische schade als gevolg van één ZvA-uitbraak moeten de resultaten van de beide voorgaande berekeningen worden samengevoegd: de directe schade en de schade als gevolg van de biggenproblematiek. In Tabel 2.13. is dit gedaan voor de gemiddelde ZvA-epidemie scenario's (50 percentielen). Hierbij is tevens een onderscheid gemaakt voor 2 situaties met betrekking tot biggenoverschot: 15 en 8 biggen/bedrijf/week.

Tabel 2.13 Overzicht van de totale gemiddelde schade bij één uitbraak van de ZvA bij verschillende bestrijdingsscenario's en biggenoverschotsituaties (bedragen in miljoen Euro).

Strategie	Biggenoverschot (#biggen/bedr/wk)	Directe schade Gebied	Directe schade Prim. Bedrijven	Schade Biggenprobl.	Schade Totaal
HDA-5	15	4,4	4,2	4,2	12,7
HDA-10	15	3,2	4,9	2,9	10,9
HDA-alles	15	2,5	11,6	8,2	22,3
HDA-5-snel	15	3,4	3,4	2,8	9,6
HDA-10	8	3,2	4,9	0,7	8,8
HDA-alles	8	2,5	11,6	1,1	15,2

In alle gevallen steekt HDA-alles duidelijk ongunstig af tegenover de andere scenario's. Zowel de directe schade voor de primaire bedrijven (als gevolg van de hoge totale vaccinatiekosten) als de schade als gevolg van de biggenproblematiek zijn hoger. De totale schade van 22,3 mEuro is bijna of zelfs meer dan het dubbele van dit bedrag voor de overige scenario's.

De gemiddelde totale schadebedragen voor de overige drie scenario's ontlopen elkaar niet veel: 12,7, 10,9 en 9,6 mEuro voor respectievelijk HDA-5, HDA-10 en HDA-snel. Indien een lager biggenoverschot voor HDA-10 wordt verondersteld (8 biggen/bedrijf/week), zal de totale schade dalen tot 8,9 mEuro.

## 2.4. Synthese van de resultaten en discussie

### *Keuzeproblematiek bij bestrijdingsscenario*

Een allesomvattende analyse van het besluitvormingsprobleem voor de primaire varkenshouderijsector m.b.t. de overgang van ZvA Artikel 9- naar Artikel 10- status zou de volgende componenten dienen te bevatten:

- De economische voordelen: (1) besparing op vaccinatie, ontheffingen en certificering en (2) relatieve voordelen die voortvloeien uit een verhoging van de ZvA-status zoals vergroting of in ieder geval handhaving van het marktaandeel;
- De economische nadelen: (1) het mogelijk invoeren van een andere bewakingssythematiek en (2) de extra schade als gevolg van uitbraken van de ZvA.

M.b.t dit laatste punt zijn de volgende aspecten van belang:

- De kans op een uitbraak van de ZvA en de gevolgen hiervan in een Artikel 10- situatie; indien beide vermenigvuldigd worden resulteert dit in de jaarlijks te verwachten schade als gevolg van de ZvA in de Artikel-10 situatie (NB: één en ander is natuurlijk mede-afhankelijk van het bestrijdingsscenario);
- Idem in een Artikel 9-situatie.

Indien deze bedragen van elkaar afgetrokken worden, wordt inzicht verkregen in de jaarlijkse extra schade die toe te schrijven is aan de overgang van de Artikel 9- naar Artikel 10-status.

In onderhavig onderzoek konden niet al deze aspecten meegenomen worden; het bleef beperkt tot een inschatting van de mogelijke besparingen en de economische effecten van bestrijdingsscenarios in de Artikel 10-situatie. In onderstaande zal op basis van de verkregen resultaten getracht worden een synthese te maken, gericht op toekomstige besluitvorming.

### *Keuze van bestrijdingsstrategie*

Uit de resultaten blijkt, dat voor een dichtbevolkt varkensgebied (HDA) de economische gevolgen van HDA-alles verreweg het grootste zijn, ook als een relatief laag biggenoverschot verondersteld wordt: 22 mEuro bij een overschot van 15 en 15 mEuro bij een overschot van 8 biggen/bedrijf/week. Deze strategie lijkt dus niet in aanmerking te komen. De overgebleven strategieën ontlopen elkaar niet zo veel m.b.t. de gemiddelde schade, maar de range tussen worst en best case scenario's is bij HDA-5 groter dan bij HDA-10 en HDA-snel. De effectiviteit van vaccinatie onder praktijkomstandigheden kan niet altijd precies worden ingeschat en dus kan deze ook niet economisch exact worden onderbouwd. Derhalve lijkt een keuze van HDA-10 het meest voor de hand te liggen, in ieder geval op economische gronden.

Voor dunbevolkte varkensgebieden (LDA) is de LDA-5 strategie toereikend, zoals de epidemiologische analyse aangetoont heeft. Verdere uitbreiding van de

vaccinatiecirkel heeft naar alle waarschijnlijkheid weinig epidemiologische toegevoegde waarde, terwijl reeds op voorhand gesteld kan worden dat dit economische tot hogere schade zal leiden.

### *Economische schade als gevolg van uitbraken van de ZvA*

De doorgerekende bestrijdingsstrategieën hadden allen betrekking om één ZvA uitbraak. Interessant is echter: wat is de verwachting van de hogere jaarlijkse schade als gevolg van ZvA uitbraken bij overgang van de Artikel 9- naar de Artikel 10-status. Naast de middels dit onderzoek verkregen informatie is hiervoor nodig: (1) een berekening van de schade van ZvA uitbraken in de huidige Artikel 9-status, (2) de kans op primaire uitbraken in de Artikel 9-status en (3) idem in de Artikel-10 status (indien deze kansen verschillen zullen zijn). Hierover is echter geen informatie beschikbaar.

Indien HDA-10 als bestrijdingsstrategie wordt gekozen, is de gemiddelde schade (50 percentiel) als gevolg van één uitbraak in de Artikel 10-situatie berekend op 8,7 mEuro bij een verondersteld biggenoverschot van 8 biggen/bedrijf/week; de totale schade in een best case scenario (5 percentiel) is 5,5 mEuro, die in het worst case scenario is 12,3 mEuro. Als van een overschot van 15 biggen/bedrijf/week wordt uitgegaan, zijn de bedragen: gemiddelde schade 10,9 mEuro, die in het best case scenario 6,1 mEuro en in het worst case scenario 19,4 mEuro.

In vrijwel alle gevallen ligt deze schade van één enkele epidemie beneden de 16 mEuro (voor het belang hiervan, zie later). Bij deze bedragen kunnen de volgende kanttekeningen gemaakt worden.

Ten eerste moeten deze bedragen vermenigvuldigd worden met de gemiddelde kans per jaar op een uitbraak van de ZvA. Over dit laatste aspect is geen redelijke objectieve informatie voorhanden. De Vos (2005) heeft de kans op insleep van Klassieke Varkenspest (KVP) voor Nederland berekend en komt tot een (naar alle waarschijnlijkheid te lage) inschatting van 0,04, d.w.z. gemiddeld ééns per 25 jaar. Omzetting van deze introductiekans naar de ZvA is niet mogelijk, onder andere omdat KVP in principe niet voorkomt in de EU (in tegenstelling tot de ZvA) en omdat andere transmissieroutes misschien belangrijker zijn. Wel lijkt het veilig, ervan uit te gaan dat de kans op introductie van de ZvA kleiner zal zijn dan 1/jaar, waarschijnlijk veel kleiner. Dit betekent dat de jaarlijkse schade zoals boven vermeld lager zal zijn dan de berekende bedragen.

Ten tweede dient rekening gehouden te worden met de mogelijkheid dat ook in de Artikel 9-situatie ZvA uit kan breken, met economische schade tot gevolg. Vanwege de preventieve vaccinatie zal deze schade waarschijnlijk aanmerkelijk lager uitvallen dan de schade in een Artikel 10-situatie.

Ten derde moet met het volgende rekening gehouden worden. Indien het aantal 'overschot' biggen in het vaccinatiegebied relatief groot is, kan er op de exportmarkt voor Nederlandse biggen een relatief tekort ontstaan. Dit zal het geval zijn indien het vaccinatiegebied relatief groot is (een snelle beginontwikkeling van de uitbraak) en/of indien het om een gebied gaat met vrij hoge dichtheden aan

zeugenbedrijven ten opzichte van vleesvarkensplaatsen. Dit relatieve tekort zou tot tijdelijke prijsstijgingen aanleiding kunnen leiden, hetgeen een tijdelijk voordeel zou betekenen voor zeugenhouders buiten het getroffen gebied. Op sectoraal niveau betekent dit dan dus een reductie van de schade als gevolg van de ZvA epidemie.

Ten vierde: in het model is ervan uitgegaan dat de verruiming van de plaatsingsmogelijkheden ophoudt zodra de ZvA-epidemie economisch voorbij is, d.w.z. na opheffing van de transportbeperkingen. Indien echter deze maatregelen geleidelijk zullen worden opgeheven, zal ook dit een reducerend effect hebben op de schade als gevolg van de biggenproblematiek.

Alle deze kanttekeningen hebben een reducerend effect op de schadebedragen die hierboven vermeld worden. Er mag derhalve van worden uitgegaan dat de gemiddelde jaarlijkse schade als gevolg van herintroductie van de ZvA (waarschijnlijk ruim) beneden de 10,9 mEuro zullen liggen. Nadrukkelijk moet worden gesteld dat dit niet met zekerheid te stellen is omdat er nog teveel onzekere factoren in het geding zijn.

#### *Overgang van Artikel 9- naar Artikel 10-status?*

Voor de primaire varkenssector komen op basis van bovenstaande (gefragmenteerde) berekeningen de volgende zaken naar voren:

- De verwachte besparing bij overgang is ca. 16 mEuro (de mogelijk veranderende kosten voor eventuele nieuwe vormen van monitoring zijn hierbij niet meegenomen. Op dit moment kost de monitoring in totaal ca. 400.000 Euro per jaar);
- De te verwachten schade als gevolg van herintroducties van de ZvA ligt rond de 10,9 mEuro per epidemie. De frekwentie waarmee het virus opnieuw in ons land binnen komt schatten we beduidend lager dan eens per jaar, op basis van de monitoringsresultaten in de recente jaren en ervaringen uit het buitenland. De te verwachten schade zal dus naar alle waarschijnlijkheid veel lager zijn dan 10,9 mEuro per jaar.

Op basis van deze gegevens lijkt een overgang van de Artikel 9- naar de Artikel 10-status economisch gezien voordelig. Indien onverhoopt een herintroductie van de ZvA plaats zou vinden, ligt voor dichtbevolkte gebieden de HDA-10 strategie het meest voor de hand, voor dunbevolkte gebieden is de LDA-5 strategie voldoende toereikend.

#### *Slotopmerkingen*

Onderhavige studie was een studie voor de primaire Nederlandse varkenshouderijsector. Dit betekent, dat effecten voor individuele bedrijven 'gemiddeld' zijn. Er dient echter terdege rekening gehouden te worden met het feit, dat tussen individuele bedrijven in een vaccinatie-gebied grote verschillen zullen ontstaan.

De gehanteerde afbakening (analyse voor de primaire varkenssector) laat de effecten voor andere schakels in de productieketen en andere dierssectoren buiten beschouwing. Het is realistisch aan te nemen, dat binnen de EU gevaccineerde

vleesvarkens en hun producten niet zullen vallen onder handelsbeperkingen; dat kan dus geen schade opleveren. Hoe derde landen (bijvoorbeeld landen uit het Verre Oosten) zullen reageren is vooralsnog niet met zekerheid te stellen. Het COV-secretariaat (Centrale Organisatie voor de Vleessector) geeft aan dat de schade voor de slachterijen en vleesverwerkende industrie mogelijk ca. 25 mEuro per epidemie zou kunnen bedragen, deels als gevolg van de standstil, maar ook als gevolg van eventuele exportbeperkingen. Het betreft hier een inschatting van de schade per epidemie, en eventuele andere effecten van de overgang naar Artikel 10 zijn hierbij niet betrokken. Een analyse op een 'hoger economisch niveau' (waarbij toeleverende en verwerkende sectoren ook in beschouwing zouden moeten worden genomen) zou in ieder geval tot andere, waarschijnlijk hogere, schadebedragen kunnen komen.

## **2.5. Conclusies**

Uit deze studie kunnen de volgende conclusie's voor de primaire varkenshouderijsector getrokken worden. Door onder andere het beëindigen van het verplicht vaccineren en certificeren van bedrijven kunnen we ca 16 mEuro besparen door een overgang naar de Artikel 10 status.

Wanneer de varkensstapel niet meer door vaccinatie beschermd is, is een vaccinatie strategie geschikt om een epidemie te bestrijden. Alle besmette bedrijven worden gevaccineerd. Verder is in een gebied met lage dichtheid van varkensbedrijven een ring vaccinatie van 5 kilometer rond het besmette bedrijf voldoende om de epidemie snel te stoppen, In gebieden met een hoge dichtheid aan varkensbedrijven blijkt een gebied met een straal van 10 kilometer beter geschikt te zijn. Wanneer het vaccin al binnen 5 dagen bescherming biedt, is vaccinatie in een 5 kilometerzone overigens wel voldoende.

De te verwachten schade als gevolg van een ZvA-uitbraak in een dichtbevolkt varkensgebied bij strategie HDA-10 is berekend op ca. 10,9. Voor deze schade als gevolg van uitbraken blijkt het biggenoverschot in het ingesloten (gevaccineerde) gebied heel belangrijk. De mogelijkheden om die plaatsingsmogelijkheden te verruimen worden daardoor dus ook belangrijk.

Aangezien de frequentie waarmee het virus opnieuw wordt geïntroduceerd kleiner wordt geschat dan eens per jaar, zal de jaarlijkse schade voor de primaire varkenssector minder zijn als 10,9 mEuro, d.w.z. ruim lager als de te verwachten besparingen van 16 mEuro. Op basis van deze cijfers lijkt de overgang naar een artikel 10 status voor de primaire sector (varkensbedrijven) zeer voordelig zijn.

Voor een meer volledig beeld dienen ook de effecten voor andere sectoren binnen de varkensproductiekolom bestudeerd te worden.

## Referenties

CBS/LEI (2004). Land- en tuinbouwcijfers 2004. Den Haag.

Gezondheidsdienst voor Dieren (2004), [www.gd-dieren.nl](http://www.gd-dieren.nl) tarieven [02-12-2004].

Klinkenberg, D., M.C.M. de Jong, G. Nodedijk., (2003) Bewaking klassieke varkenspest (KVP): evaluatie van enkele bewakingsprogramma's. Lelystad.

Klinkenberg, D. (2005) Persoonlijke mededeling overzicht model en modelaannames epidemiologiedeel.

KWIN-veehouderij (2004). KWIN-veehouderij 2004-2005. Animal Sciences Group. Lelystad, 2004.

Meuwissen, M.P.M., (2000) Insurance as a risk management tool for European agriculture. Wageningen. Proefschrift.

Meuwissen, M.P.M., M.C.M. Mourits, R.B.M. Huirne. (2004) Scenario-onderzoek effectiviteit vaccinatie en impact op afzet producten. Wageningen.

Meuwissen, M.P.M., M.A.P.M. van Asseldonk, R.B.M. Huirne. (2000) De haalbaarheid van een verzekering voor Veewetziekten in de varkenssector. Wageningen.

Meuwissen, M.P.M., H.S. Horst, R.B.M. Huirne, A.A. Dijkhuizen. (1997) Schade verzekerd!? Een haalbaarheidsstudie naar risico-kwantificering en verzekering van veewetziekten. Wageningen.

PVE (2000) Bestrijdingsprogramma Ziekte van Aujeszky in Nederland, Zoetermeer.

PVE (2004). Vee, Vlees en Eieren in Nederland. Zoetermeer.

Tomassen, F.H.M. , ea. (2002) A decision-tree to optimise control measures during the early stage of a foot-and-mouth disease epidemic. Preventive Veterinary Medicine 54 (2002) 301-324.

## Appendices

### Appendix A: HRP-model

In het HRP-model wordt een epidemie in drie stappen gesimuleerd:

- eerst alle uitbraken binnen bedrijven met daaraan gelinkt de ontwikkeling van kliniek en de tijden waarop andere bedrijven geïnfecteerd worden
- vervolgens de detectieprocessen met de verschillende bewakingsprogramma's, waaruit voor elk bedrijf een detectietijd volgt en een reeks tijden waarop andere bedrijven geïnfecteerd worden voorafgaand aan deze detectietijd (alle tijden t.o.v. de tijd van infectie van het bedrijf)
- tenslotte de volledige HRP's, waarbij de individuele bedrijven met detectietijden aan elkaar worden gekoppeld en er één detectietijd voor de (zich ontwikkelende) epidemie volgt, met daarbij het aantal tot dan toe geïnfecteerde bedrijven.

Deze methode staat in meer detail uitgelegd in Klinkenberg et al (2005).

#### *Uitbraken binnen bedrijven*

De uitbraken binnen bedrijven zijn gemodelleerd als een stochastisch SEIR-model in een populatie van 1000 individuen, beginnend met 1 geïnfecteerd dier op tijdstip  $t = 0$  dagen. Van tevoren wordt van elk dier de duur van de infectieuze periode bepaald door te trekken uit een exponentiële verdeling met gemiddelde 10 dagen en voor elk dier wordt bepaald hoeveel infectieusiteit het nodig heeft om geïnfecteerd te worden door te trekken uit een exponentiële verdeling met gemiddelde 1. Ook wordt voor elk dier een latente periode van exact drie dagen verondersteld. Deze getallen worden gebruikt om de uitbraak te construeren volgens de Sellke-constructie (Andersson & Britton, 2000), met infectieparameter  $\beta = 1$ . Van elk dier is dan bekend op welk tijdstip  $t$  het geïnfecteerd raakt. De exacte infectiecurve die daardoor beschikbaar is, is gebruikt om de tijdstippen te bepalen waarop infectieuze contacten gemaakt worden met andere bedrijven, hetgeen gebeurt met infectierate 0.0026 per infectieus dier in HDA-gebieden en met infectierate 0.00113 per infectieus dier in LDA-gebieden. Hierbovenop worden nog extra transportcontacten gemaakt door zeugenbedrijven (naar vleesvarkensbedrijven) die leiden tot een infectierate van 0.000819 per infectieus dier in HDA- en LDA-gebieden.

Infectieparameters. De parameters voor transmissie binnen bedrijven zijn gebaseerd op een gemiddelde infectieuze periode van 10 dagen en een  $R_0$  binnen bedrijven van 10 (in overleg met Stegeman, Bouma). De latente periode van 3 dagen komt van de tijd tot viruspositiviteit in experimenten. Vervolgens is met deze parameters een deterministische curve van een uitbraak op een bedrijf gemaakt en is gekeken welke detectierate  $\beta$  ("kans" op detectie per infectieus dier per tijdseenheid)

nodig is om een gemiddelde tijd tot detectie van 3 weken (De Koeijer et al 1999) te krijgen, op basis van kliniek tijdens de bestrijding: Dit is een detectierate  $\square = 0.000819$ . Om een  $R_t$  te krijgen van 6.8 in HDA-gebieden en van 3.2 in LDA-gebieden (beide waarden: De Koeijer et al 1999), moet een gemiddelde  $\square$  van 0.00557 in HDA- en van 0.00262 in LDA-gebieden worden genomen. Deze moeten vervolgens worden verdeeld in transport-gerelateerde en overige contacten. Uitgaande van gemiddeld zo'n drie weken ongedetecteerd virus spreiden, is er uitgegaan van één infectieus transport tijdens deze periode, dus een  $\square_{transport}$  van 0.000819. Als nu een 2x2 matrix wordt gemaakt  $\{\{\square_{non-transport} \square_{non-transport}\}, \{\square_{non-transport} + \square_{transport} \square_{non-transport}\}\}$  en de grootste eigenwaarde wordt gelijkgesteld aan 0.00557 of 0.00262, dan komt  $\square_{non-transport}$  op 0.00260 en 0.00113 voor HDA- en LDA-gebieden, respectievelijk.

De exacte infectiemomenten worden vervolgens ook gebruikt om het ziekteverloop te modelleren. Voor vleesvarkensbedrijven wordt aangenomen dat alle dieren alleen specifieke symptomen kunnen vertonen en wel met 90% kans per dier tussen dag 3 en 13 na infectie. Voor zeugenbedrijven wordt aangenomen dat detectie kan plaatsvinden op basis van kliniek in de jonge biggen, die ernstige symptomen laten zien. Op zeugenbedrijven is de verhouding zeugen:biggen ongeveer 3.5:1, dus is de fractie biggen gelijk aan 0.78. Hiervan is de helft jonger dan 4 weken en dus zal 39% van de dieren ernstige kliniek kunnen laten zien; er wordt aangenomen dat 95% van deze 39% dat ook werkelijk zal doen, dus dat er in totaal 37% kans per geïnfecteerd dier is op ernstige symptomen (tussen dag 3 en 13 na infectie). Op zeugenbedrijven kan detectie ook plaatsvinden door verwerpen van zeugen. Omdat 22% van de dieren zeug is en hiervan ongeveer een kwart in de risicofase van de dracht, is er in totaal 5% kans per dier op verwerpen.

### *Bewakingsprogramma's*

Er zijn in totaal vier verschillende bewakingsprogramma's, waarbij met andere criteria wordt "besloten" tot het nemen en insturen van monsters. Vervolgens zijn er nog twee manieren waarop monsters kunnen worden genomen.

1. Het eerste programma is op basis van dagelijkse kliniek. Op een vleesvarkensbedrijf wordt gereageerd op de eerste dag dat er 40 of meer dieren ziek zijn (dag 0). Die dag worden antibiotica gegeven, die niet werken, zodat op dag 3 de dierenarts komt die met 50% kans monsters instuurt, die evt. leiden tot diagnose op dag 5 (als de monsters positief zijn: zie verderop). Als er niet wordt ingestuurd op dag 3, dan is er 90% kans op insturen op dag 6 en evt. diagnose op dag 8. Er vindt geen diagnose plaats als monsters negatief zijn, of als er op dag 6 nog niet wordt ingestuurd. Op een zeugenbedrijf wordt bij 1 verwerpene zeug (= dag 0) meteen ingestuurd, hetgeen zeker leidt tot positieve diagnose op dag 2. Bij 15 zieke biggen (= dag 0) wordt in 80% van de gevallen bemonsterd hetgeen evt. leidt tot positieve diagnose op dag 2. Bij negatieve monsters of niet insturen wordt er op dag 3 weer met 80% kans ingestuurd (evt. positief op dag 5) en vervolgens op dag 6 weer met 90% kans (evt. positief op dag 8).

2. Het tweede programma is op basis van maandelijkse klinische inspectie. In de eerste 30 dagen van infectie van het bedrijf wordt willekeurig een dag getrokken, waarna elke 30 dagen later opnieuw wordt gekeken. Als op een vleesvarkensbedrijf 20 dieren ziek zijn, dan wordt met 50% kans ingestuurd. Als op een zeugenbedrijf 8 dieren ziek zijn, dan wordt met 80% kans ingestuurd.
3. Het derde programma is op basis van maandelijkse bemonstering; dit gebeurt op dezelfde dag als de klinische inspectie. Er worden willekeurig 12 monsters genomen, bloedmonsters voor serologie (3a) of keelwabs voor PCR (3b). Bloedmonsters zijn positief vanaf 14 dagen na infectie; keelwabs vanaf 3 dagen na infectie. Eén positief monster betekent al een positieve diagnose.
4. Het vierde programma is op basis van tweewekelijkse bemonstering op vleesvarkensbedrijven, zie verder programma 3.
  - a. Bloedmonsters in de programma's 1 of 2. Er wordt uitgegaan van perfecte dierselectie, dus als er seropositieve dieren op het bedrijf aanwezig zijn, dan worden deze bemonsterd en dan is het bedrijf dus positief.
  - b. Keelwabs in de programma's 1 of 2. Er wordt uitgegaan van perfecte dierselectie. Omdat klinisch zieke dieren alle positief zijn, is het bedrijf altijd positief.

## **Appendix B: het bestrijdingsmodel**

In het bestrijdingsmodel worden epidemieën gesimuleerd vanaf detectie aan het eind van de HRP totdat het laatste geïnfecteerde dier/bedrijf verdwenen is. Er zijn dus gegevens nodig over het aantal geïnfecteerde bedrijven als de bestrijding begint. Hiervoor worden de HRP-simulaties uit het HRP-model gebruikt, met alle drie de bewakingsprogramma's en bemonstering d.m.v. keelwabs (programma 123b in Tabellen 1 en 2).

Elke simulatie wordt begonnen met het willekeurig plaatsen van bedrijven in een vlak (uniforme verdeling). Voor de simulaties in HDA-gebieden is een cirkelvormig oppervlak genomen met een straal van 25 km en een bedrijfsdichtheid van 2,1 bedrijf/km<sup>2</sup>; dit komt neer op ruim 4000 bedrijven in het HDA, op het eerste gezicht iets aan de hoge kant, maar niet onrealistisch als de beide HDA's in Nederland samen worden genomen. Voor de simulaties in LDA-gebieden — en voor het gebied buiten de HDA-cirkel — is een bedrijfsdichtheid van 0,5 bedrijf/km<sup>2</sup> genomen. De verhouding tussen bedrijfstypen is gelijk aan die in het HRP-model: 1 zeugenbedrijf op 3 vleesvarkensbedrijven (waarin opgenomen: gesloten bedrijven).

Bedrijfsdichtheden. De gebruikte bedrijfsdichtheden zijn gebaseerd op de werkelijke dichtheid binnen provincies vermenigvuldigd met een schalingsparameter die de dichtheid weergeeft die bedrijven in een cirkel met een straal van 1 km om zich heen “ervaren”. Voor Zuid-Nederland (NB + LI) is de werkelijke dichtheid 0,86/km<sup>2</sup>; voor West-Nederland (UT + NH + ZH + ZE) 0,22/km<sup>2</sup>. Deze wordt

vermenigvuldigd met schalingsfactor 2,4 (Pers. comm. Gert Jan Boender en Thomas Hagens, ASG-Lelystad)

Vervolgens wordt een verloop van de HRP uit het HRP-model genomen en wordt deze “nagespeeld” op de gecreëerde verzameling bedrijven in de ruimte. Het allereerst geïnfecteerde bedrijf ligt midden in het HDA (middenin de cirkel), of willekeurig in het LDA. Voor elke volgende infectie wordt een willekeurig bedrijf uit het oppervlak gekozen, waarbij elk bedrijf van het juiste type (zeugen/vleesvarkens) een kans heeft afhankelijk van de afstand tot het bronbedrijf en het type contact (transport/rest). Hiertoe wordt de verdeling over contacttypen nog enigszins gewijzigd, omdat de transportcontacten tijdens de HRP alleen het vervoer van biggen tussen zeugen- en vleesvarkensbedrijven betref. In de restcontacten zitten echter ook contacten over grotere afstand, bijvoorbeeld via vrachtwagens, als deze diervoeder komen afleveren of slachtvarkens of kadavers komen halen. De nieuwe verhouding tussen transport- en niet-transport-contacten wordt 2,1:4,7 in HDA-gebieden en 2,1:1,1 in LDA-gebieden.

Verdeling van restcontacten over “transportgerelateerd”, “persoonsgerelateerd” en “buurt”. De dichtheid in HDA-gebieden is  $2,1/\text{km}^2$ ; in LDA-gebieden  $0,5/\text{km}^2$ . De  $R_h$  in HDA-gebieden is 6,8; in LDA-gebieden 3,2. Geconcludeerd kan worden dat een verhoging in  $R_h$  van 3,6 wordt veroorzaakt door een verhoging van de dichtheid van  $1,6/\text{km}^2$ , dus is de niet-transport- $R_h$  gelijk aan  $3,6/1,6 = 2,25$  per bedrijf/ $\text{km}^2$ . In een HDA is de niet-transport-gerelateerde  $R_h$  dus gelijk aan 4,7 en in een LDA aan 1,1. De transportgerelateerde  $R_h$  is dus gelijk aan 2,1 in zowel LDA als HDA. De niet-transport-gerelateerde transmissie kan vervolgens worden onderverdeeld in persoonscontacten en buurt- (w.o. aërogene) contacten. Tijdens de KVP-epidemie was de verhouding tussen transportgerelateerde en persoonsgerelateerde transmissie-events 45:47 (Stegeman et al 2002: vermenigvuldigd in tabel 1 het aantal contacten met de transmissierate per contact). Met deze verhouding is het aandeel persoonsgerelateerde contacten in HDA-gebieden 2,2 en in LDA-gebieden 0,6, waardoor er voor de buurt-contacten (zonder aanwijsbare route) voor HDA-gebieden 2,5 overblijft en voor LDA-gebieden 0,5. In het simuleren wordt alleen onderscheid gemaakt in transport- en niet-transport-contacten; de verhouding tussen persoons- en buurtcontacten is nodig voor het bepalen van de afstandsverdelingen voor ruimtelijke spreiding.

Afstandsverdelingen voor ruimtelijke spreiding. Er zijn drie afstandsverdelingen nodig, namelijk voor transport in HDA-gebieden, transport in LDA-gebieden en voor de niet-transport-contacten. De gegevens voor de transportgerelateerde contacten komen uit de I&R juli t/m december 2001 (pers. comm. Monique Mourits, bedrijfseconomie, WU). Voor HDA-gebieden zijn alle gegevens van NB, GLD, OV en LI bij elkaar opgeteld; voor LDA-gebieden de gegevens uit de rest van Nederland (Tabel B1). De gegevens voor de niet-transport-contacten komen uit twee bronnen: één voor de persoonsgerelateerde contacten en één voor de buurtcontacten. De verdeling voor de persoonsgerelateerde contacten (5 km: 65%; 10 km: 80%; 15 km: 95%; 30 km: 97,5%; 60 km: 100%) komt uit KVP-simulatiemodellen als de verdeling voor medium-risk contacten (pers. comm. Monique Mourits, bedrijfseconomie, WU); deze

verdeling wordt gewogen voor 2,2/4,7, omdat dat de fractie persoonscontacten is in alle niet-transportcontacten. De verdeling voor buurtcontacten (0,5 km: 64%; 1 km: 99%; 2 km: 100%) komt uit de KVP-verdeling voor buurtcontacten (Stegeman et al 2002); deze verdeling heeft als gewicht 2,5/4,7. De gewogen gemiddelde verdeling staat in Tabel B1. De drie afstandsverdelingen zijn gefit met de functie  $F(d) = 1 - \exp(-a \cdot d^b)$ , waarbij  $d$  de afstand is en  $a$  en  $b$  twee parameters van de verdeling. Voor transport in een HDA is  $a = 0,109$  en  $b = 0,878$ ; voor transport in een LDA is  $a = 0,0445$  en  $b = 0,921$ ; voor niet-transport-contacten is  $a = 0,649$  en  $b = 0,594$ . De gefitte verdelingen staan in Tabel B1.

Tabel B1: afstandsverdelingen, data en modelfit

Afstand	HDA transport		LDA transport		Niet-transport	
	Data	Modelfit	Data	Modelfit	Data	Modelfit
0,5	-	-	-	-	0,343	0,349
1	-	-	-	-	0,539	0,477
2	-	-	-	-	0,581	0,625
5	0,329	0,361	0,186	0,178	0,836	0,815
10	0,605	0,561	0,321	0,310	0,906	0,922
15	-	-	-	-	0,977	0,961
20	0,811	0,780	0,504	0,505	-	-
30	-	-	-	-	0,988	0,993
50	0,953	0,966	0,768	0,805	-	-
60	-	-	-	-	1,00	0,999
75	0,981	0,992	0,904	0,907	-	-
100	0,995	0,998	0,975	0,955	-	-
100+	1	1	1	1	1	1

Als de eindsituatie van de HRP is gerealiseerd, vindt de werkelijke spreiding tijdens de bestrijding plaats. Dit wordt op weekbasis gesimuleerd. De gegevens voor elk bedrijf tijdens de simulatie bestaan uit de coördinaten, het bedrijfstype, de week van infectie, de week van vaccinatie, de week van detectie, de week van herstel (laatste geïnfecteerde dier gaat van het bedrijf), de infectieroute (transport of niet-transport) en de detectiewijze (zichtbare kliniek of alleen serologie). Voor de meeste bedrijven bestaan alleen de eerste twee gegevens omdat ze nooit geïnfecteerd raken. Elke week wordt

1. voor elk geïnfecteerd bedrijf bepaald hoeveel nieuwe bedrijven deze infecteert en welke bedrijven deze nieuwe infecties zijn (met dezelfde afstandsverdelingen als hierboven beschreven). Het aantal nieuwe infecties hangt af van de week na infectie; de week na vaccinatie en het bedrijfstype.
2. van elk geïnfecteerd bedrijf bepaald of het gedetecteerd wordt op basis van kliniek. Als dit gebeurt, dan worden alle bedrijven binnen 5 km gevaccineerd en geïnspecteerd. Bovendien worden alle transportcontacten getraceerd en vervolgens gevaccineerd en geïnspecteerd.

3. van elk geïnfecteerd bedrijf bepaald of het herstelt, dwz of de laatste geïnfecteerde dieren van het bedrijf verdwijnen.
4. gekeken of er in de laatste vier weken nog detecties zijn geweest. Zo niet, dan vindt er een serologische eindscreening plaats in alle gevaccineerde bedrijven. Bij eventuele detecties wordt er weer vier weken gewacht voor opnieuw een eindscreening.

Ad 1 en 2: aantal infecties per geïnfecteerd bedrijf per week en de kans op detectie in ongevaccineerde bedrijven. Het aantal nieuwe infecties per geïnfecteerd bedrijf per week is een trekking uit een Poissonverdeling, waarbij het gemiddelde afhangt van het aantal weken sinds het bedrijf is geïnfecteerd en of het bedrijf in een HDA of LDA ligt. Dit gemiddelde en de kans op detectie zijn gebaseerd op het verloop van de infectie binnen bedrijven. Hiervoor is het deterministische binnenbedrijfstransmissiemodel gebruikt zoals beschreven staat bij het HRP-model. De totale infectieusiteit per week wordt vervolgens gebruikt om de kans op detectie en het relatieve gemiddeld aantal nieuwe infecties te berekenen. Dit relatieve aantal nieuwe infecties wordt dan vermenigvuldigd met 6,8 voor HDA-gebieden en met 3,2 voor LDA-gebieden. Onderstaande tabel B2 geeft de gebruikte getallen:

Tabel B2: relatie tussen binnenbedrijfsdynamica, detectiekans en relatieve infectieusiteit van een bedrijf

Week na infectie	Dagen na infectie	Infectieusiteit op bedrijf	Kans op detectie	Kans op detectie als het bedrijf nog niet gedetecteerd is	Kans dat de week wordt bereikt	Relatieve infectieusiteit
1	0-10,5	13	0,02	0,02	1	0,010
2	10,5-17,5	104	0,17	0,17	0,980	0,077
3	17,5-24,5	757	0,60	0,74	0,813	0,564
4	24,5-31,5	2871	0,21	0,99	0,211	2,139
5	31,5-38,5	3026	0,00	1,00	0,002	2,254

De infectieusiteit per week is het oppervlak onder de curve van het aantal geïnfecteerde dieren op het bedrijf. De kans op detectie als het bedrijf nog niet gedetecteerd is, is vervolgens gelijk aan  $1 - \exp(-0,001778 \text{ infectieusiteit})$ , waarbij de waarde van 0,001778 zo gekozen is dat de gemiddelde detectieweek gelijk is aan week 3. Vervolgens wordt de relatieve infectieusiteit berekend door de infectieusiteit op het bedrijf te vermenigvuldigen met 0,000745, waarbij de waarde van 0,000745

zo gekozen is dat de relatieve infectieusiteit niet de uiteindelijk  $R_0$  beïnvloed:  
 $1 = \sum \{0,000745 * \text{infectieusiteit\_in\_week\_i} * \text{Kans\_dat\_week\_i\_wordt\_bereikt}\}$ .

Ad 1: aantal infecties per geïnficeerd en gevaccineerd bedrijf per week. De relatieve infectieusiteit van gevaccineerde bedrijven is in de eerste week na vaccinatie onveranderd (dus zoals in Tabel B2). In de tweede week na vaccinatie is deze 0,006; in de daaropvolgende weken 0,004; 0,003; 0,002; 0,001 en 0,001 blijft het tot detectie. Wat bekend is van vaccinatie tegen Aujeszky is dat de  $R_0$  tussen dieren van 10 naar 0,7 daalt, wat dus betekent dat in een gevaccineerd bedrijf de infectiviteit elke week ongeveer met 30% daalt (van 0,006-0,004-0,003...). De startwaarde van 0,006 gaat uit van 120 geïnficeerde dieren met een infectieusiteit van 7%:  
 $120 \times 0,000745 \times 0,07 = 0,006$ .

Ad 2: tracing. Op vleesvarkensbedrijven wordt 26 weken teruggetraceerd, op zeugenbedrijven 4. Alleen transportcontacten worden getraceerd. Er wordt uitgegaan van het nemen van 20 monsters op getraceerde bedrijven en dat er minimaal 2 positieve monsters moeten zijn. Het verloop van het aantal positieve dieren op het bedrijf is in de weken 1 t/m 6: 2; 16; 128; 630; 982; 999. De kans op detectie wordt dan in de weken 1 t/m 6 respectievelijk: 0; 0,04; 0,75; 1; 1; 1.

Ad 3: herstel. Vanaf 4 weken na vaccinatie mag er worden afgevoerd van het bedrijf en kan er dus herstel optreden. Dit gebeurt met 50% kans per week tot 20 weken na vaccinatie: dan gebeurt het zeker.

Ad 4: serologische screening. Alle bedrijven die nog niet gedetecteerd waren maar wel gevaccineerd worden via serologische screening gevonden.

De simulatie eindigt zodra er geen geïnficeerde bedrijven meer zijn. Het einde van de epidemie is echter op een ander criterium bepaald, namelijk 4 weken na de laatste detectie. Dan vindt namelijk de eerste eindscreening plaats waarbij alle bedrijven negatief zijn.