

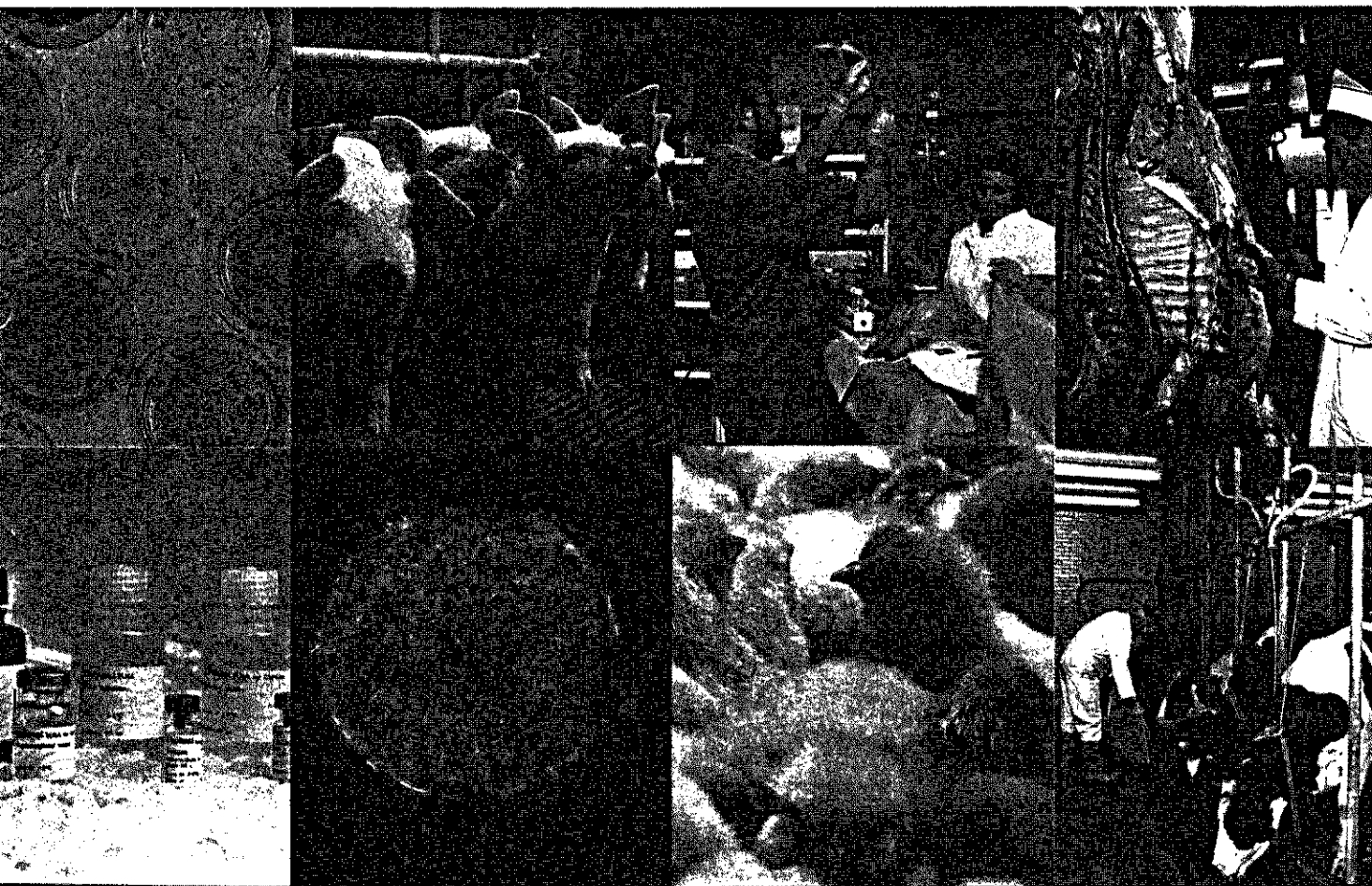


# Beslisboom ter ondersteuning van de bestrijding van een uitbraak van mond- en klauwzeer

Aline de Koeijer, Franka Tomassen, Aldo Dekker, Monique Mourits

ID-Lelystad Rapportnummer: 2127

Divisie Infectieziekten en Ketenkwaliteit



# **Beslisboom ter ondersteuning van de bestrijding van een uitbraak van mond- en klauwzeer**

Aline de Koeijer, Franka Tomassen, Aldo Dekker, Monique Mourits

Consortium Veterinaire Epidemiologie en Economie  
QVE, ID-Lelystad  
Leerstoelgroep Agrarische Bedrijfseconomie, WU  
Divisie WDT, ID-Lelystad

5-6-01

# Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Inleiding	7
Materiaal en Methode	10
Resultaten	36
Discussie	46
Conclusie	48
Referenties	51
Annex I en II	

## Voorwoord

De effectiviteit van maatregelen voor de bestrijding van mond-en klauwzeer (MKZ) is sterk afhankelijk van de specifieke omstandigheden van een uitbraak. Met name de virusstam, het type bedrijf waar eerste virusinsleep plaatsvindt, de tijdsduur tot de eerste detectie en de dichtheid van bedrijven in de omgeving van de uitbraak hebben een sterke invloed op de ontwikkeling van een epidemie.

In dit rapport wordt een eerste inventarisatie gemaakt van de bestrijdingsmogelijkheden die relevant kunnen zijn in een aantal beginsituaties van een uitbraak. Hierbij wordt de beslisboom als methodiek gebruikt. Deze kan gebruikt worden om na ontdekking van een uitbraak de beslissingen ten aanzien van de bestrijdingsaanpak te ondersteunen.

In de beslisboom zijn de resultaten van een epidemiologisch en een economisch model geïntegreerd. Met behulp van het epidemiologisch model is de transmissie van het MKZ virus in Nederland berekend. Ook zijn met dit model een viertal bestrijdingsstrategieën geëvalueerd in verschillende beginsituaties van een uitbraak. Hierbij is alleen gewerkt met verwachtingswaarden van de ontwikkeling van een epidemie. Niet alle mogelijke scenario's zijn doorgerekend omdat het totale scala aan mogelijkheden veel te groot is.

De verwachtingswaarden van de ontwikkeling van de epidemie zijn vervolgens gebruikt in een economisch model dat zowel directe als de indirecte kosten van een epidemie berekent. Deze berekeningen omvatten de schade die zich voordoet bij de ketens met MKZ-vatbare dieren en de overheid.



## Samenvatting

### **Doel**

Dit rapport beschrijft een pilotstudie om te komen tot een beslisboom die bestaande kennis op het gebied van de bestrijding van mond- en klauwzeer (MKZ) integreert. Door deze manier van werken worden lacunes in de bestaande kennis eveneens geïnventariseerd. De beslisboom kan dienen om beslissingen in de vroege fase van een epidemie te ondersteunen.

### **Aanpak**

Een epidemiologisch model voor de transmissie van het MKZ virus in de Nederlandse varkenshouderij is gebruikt om het effect van bestrijdingsmaatregelen te analyseren. De resultaten zijn vervolgens gebruikt in een economisch model dat de bestrijdingskosten in kaart heeft gebracht. Vervolgens zijn deze resultaten weer gebruikt om een beslisboom te bouwen. Scenario's zijn niet bedoeld om bepaalde ontwikkelingen te voorspellen, maar om een discussie los te maken over te voeren beleid. Verscheidene scenario's zijn afzonderlijk geanalyseerd omdat de verschillende omstandigheden bij het begin van een epidemie van grote invloed zijn op het verdere verloop.

Het transmissiemodel beperkt zich tot de spreiding van een stam van MKZ die vooral spreidt onder varkens. In het model is rekening gehouden met de grote regionale verschillen in bedrijfs- en varkensdichtheid door Nederland in te delen in zeven regio's. Voor alle regio's en scenario's zijn vervolgens de effecten van mogelijke bestrijdingsmaatregelen doorgerekend. Er is gekeken naar: (a) Basispakket: vervoersverbod, tracering en ruiming van geïnfecteerde bedrijven en gevaarlijke contactbedrijven (BASIS), (b) Basispakket aangevuld met preventief ruimen in een straal van 1 km om een geïnfecteerde bedrijf (BAPR), (c) Basispakket en noodvaccinatie in een kleine cirkel om een geïnfecteerde bedrijf en onder de viruspluim (BAVC1) en (d) Basispakket en noodvaccinatie in een ruime cirkel om een geïnfecteerd bedrijf (BAVC3).

De epidemiologische resultaten dienden als input voor het economisch model. Met dit model zijn zowel de directe als indirecte kosten doorgerekend voor de dierlijke ketens en de overheid. De resultaten van de economische berekeningen zijn vervolgens gebruikt in de beslisboom. Via de beslisboom wordt de economisch optimale bestrijdingsstrategie afgeleid voor elk van de zeven regio's onder verschillende omstandigheden.

## **Resultaten**

De kans op 'spontaan' doodlopen van een infectie in een vroeg stadium van een uitbraak is redelijk groot. Deze kans hangt af van de  $R_0$ . Dit betekent dat de informatie die wordt verzameld gedurende de eerste drie dagen na detectie van het eerste geval (tijdens de algehele standstill) moet worden meegenomen bij de besluitvorming om tot vaccinatie over te gaan.

In vee-arme regio's blijkt dat de strategie met preventief ruimen economisch de optimale keuze is. Voor de veedichte gebieden is dit noodvaccinatie. Verder blijkt dat het voor de veedichte gebieden belangrijk is om snel informatie te verkrijgen over de duur van de epidemie vóór het eerste bedrijf is gedetecteerd. Dit om de juiste straal te kiezen voor noodvaccinatie.

## **Conclusies**

Veel kwantitatieve veldgegevens over MKZ verspreiding zijn niet beschikbaar. Met name over verspreiding tussen runderen en over verspreiding van de ene naar de andere diersoort is weinig bekend. Met name experimenteel onderzoek zou meer data kunnen genereren. Ook gegevens uit de huidige epidemie van MKZ in Nederland en het VK kunnen helpen bij het verfijnen van de beslisboom. Hoewel deze studie vooral bedoeld is om bestaande kennis en lacunes daarin te inventariseren, geeft het model inzicht in mogelijke bestrijdingsstrategieën.

## **Aanbevelingen voor verder onderzoek**

- Kwantificeren van de effectiviteit van vaccinaties
- Bepalen rol van virusdragers in transmissie
- Kwantificeren transmissie tussen verschillende diersoorten
- Bepaling testeigenschappen voor doelpopulatie
- Analyse velddata MKZ epidemie voor contactstructuur en transmissieroutes
- Gegevens verzamelen over de structuur huidige rundveehouderij
- Inventarisatie mogelijke marktreacties na een uitbraak
- Analyse volume- en prijseffecten als gevolg van MKZ epidemie

# 1. Inleiding

## 1.1 Inleiding en achtergrond

Momenteel geeft het Nederlandse MKZ draaiboek aan dat een uitbraak in ons land het beste kan worden bestreden met behulp van zoösanitaire maatregelen. Indien de uitbraak uit de hand loopt zal een ringvaccinatie worden overwogen. Deze wat vage formulering is het gevolg van het feit dat elke uitbraak anders zal verlopen en een standaard aanpak met betrekking tot vaccinatie niet mogelijk wordt geacht. Tijdens een uitbraak is er echter weinig tijd en daarom is het verstandig de verschillende mogelijkheden voor bestrijding reeds te inventariseren en te analyseren voordat zich een uitbraak voordoet.

Dit rapport beschrijft een pilotstudie met een eerste globale analyse, waaruit kan blijken waar de lacunes in kennis zitten. De beslisboom wordt hierbij als methodiek gebruikt (zie hieronder). Via deze methodiek is het mogelijk alle bestaande kennis op het gebied van de bestrijding van MKZ op een eenvoudige en uniforme wijze te integreren en worden lacunes in de bestaande kennis geïnventariseerd.

## 1.2 Wat is een beslisboom?

In een beslisboom worden de beslissingen (bijv. wel/niet vaccineren of bepaling van de straal van een vervoersverbod) en gevolgen van deze beslissingen (bijv. aantal besmette bedrijven of snelheid van verspreiding van het virus) in chronologische volgorde beschreven. Dus op een bepaald moment wordt een beslissing genomen, daarna wordt afgewacht wat het effect daarvan is, en op basis daarvan wordt een (tweede) beslissing genomen, etc. Via een beslisboom worden dus op een chronologische manier de optimale beslissingen afgeleid, mede op basis van de tussendoor verkregen informatie.

De componenten van een beslisboom zijn: (1) de beslissingen die je op een bepaald moment kunt nemen (die kunnen afhankelijk zijn van de toestanden; zie volgende component), (2) de toestanden waarin het MKZ-systeem zich bevindt, en eventuele relevante historische toestanden, (3) de kansen van optreden horende bij elke toestand, en (4) de gevolgen van elke beslissing/toestand (dit kunnen economische en/of epidemiologische gevolgen zijn).



### **1.3 Doelstelling en werkwijze onderzoek**

Deze pilotstudie vormt een eerste, globale inventarisatie van mogelijke bestrijdingsmaatregelen voor een uitbraak van MKZ. Alleen reeds bestaande kennis is hiervoor gebruikt. De beslisboom is gericht op de beslissingen die genomen moeten worden in de eerste 72 uur na het ontdekken van een MKZ uitbraak. De tijd daarna is in globale termen meegenomen. Een meer gedetailleerde studie is noodzakelijk om een aantal parameters met meer zekerheid te kwantificeren en hiaten in kennis op te vullen.

De eerste stap binnen het project was het inventariseren van de nu beschikbare informatie over de verspreiding en bestrijding van MKZ. Via deze inventarisatie is bepaald welke informatie (nog) ontbreekt voor diverse (Nederlandse) scenario's. Zo blijken er onvoldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar over verspreiding onder runderen en kleine herkauwers. Met name de transmissie tussen bedrijven is erg moeilijk te kwantificeren.

Vervolgens is gekeken naar scenario's waar wel een uitspraak over gedaan (met een grote onzekerheid) kon worden. Binnen het project is uiteindelijk gewerkt aan een beperkt aantal scenario's die zich kunnen voordoen na een uitbraak van MKZ in Nederland.

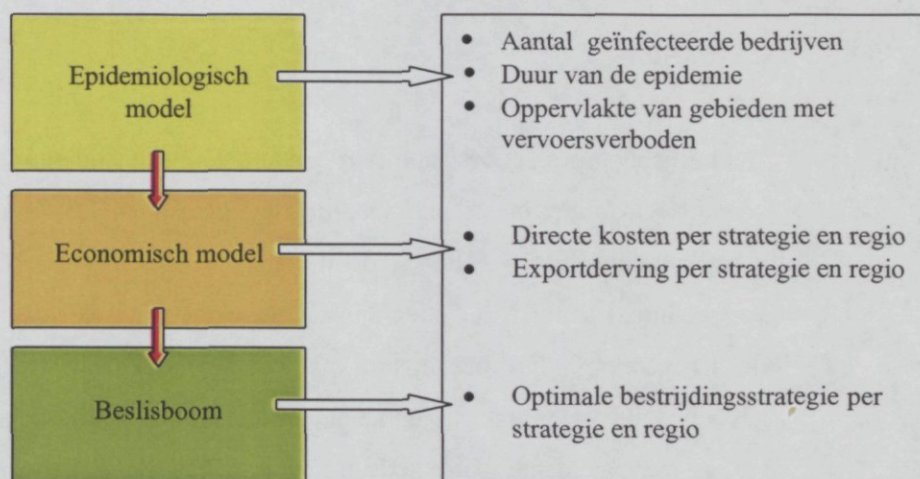
De effectiviteit van bestrijdingsmaatregelen is op epidemiologische en economische wijze geanalyseerd. Op basis van deze analyse zijn vuistregels opgesteld voor het nemen van beslissingen ten aanzien van bestrijdingsmaatregelen. Nederland is hiervoor ingedeeld in zeven gebieden op basis van bedrijfs- en varkensdichtheden. Voor elk gebied is bekeken wat de optimale bestrijdingsaanpak is onder diverse omstandigheden.

### **1.4 Gebruikte modellen en kennis**

Het beslisboomproject bestaat uit drie onderdelen; een epidemiologisch model, een economisch model en de beslisboom (zie figuur 1.1).

Een bestaand epidemiologisch model voor de verspreiding van klassieke varkenspest is voor deze pilotstudie aangepast om de verspreiding en bestrijding van MKZ te beschrijven. ID-Lelystad heeft veel ervaring opgebouwd in de analyse van transmissie van virussen tussen met name varkensbedrijven waarbij gebruik wordt gemaakt van locale dichtheden. De verspreiding van virusinfecties en de transmissie van virussen met name via niet-aerogene routes zoals diertransport

maar ook mens-dier contacten is in deze studie meegenomen.



Figuur 1.1 Onderdelen beslisboomproject

Binnen het epidemiologische model is ook gebruik gemaakt van berekeningen van een ander model dat voor gegeven weersomstandigheden de aerogene MKZ verspreiding berekent in de vorm van een pluim. Dit model is in 1991 aangekocht door het ID-Lelystad en gekoppeld aan weergegevens van het KNMI. Daardoor is voor elke willekeurige uitbraak op basis van de weersgegevens mogelijk te berekenen wat de kans is dat bepaalde bedrijven besmet worden via een met MKZ besmette luchtstroom.

De leerstoelgroep Agrarische Bedrijfseconomie heeft berekend wat de economische gevolgen kunnen zijn van een uitbraak. De gevolgen zijn uitgesplitst in directe en indirecte kosten. De directe kosten bestaan uit de kosten van de bestrijdingsorganisatie, compensatiebetalingen en de kosten van vervoersverboden. Onder de indirecte kosten vallen de exportgevolgen ten gevolge van grenssluitingen. De epidemiologische en economische resultaten zijn tenslotte geïntegreerd in een beslisboom.

## 2. Materiaal en methoden

### 2.1 Inleiding

Het beslisboomproject bestaat uit drie onderdelen; een epidemiologisch model, een economisch model en de beslisboom (zie figuur 1.1). Elk onderdeel heeft haar eigen uitgangspunten. Het epidemiologisch model heeft betrekking op de verspreiding van een MKZ stam die varkens treft (paragraaf 2.2).

In het economisch model wordt aangenomen dat alle bedrijven met MKZ gevoelige dieren (varkens, runderen, schapen en geiten) onder de maatregelen vallen. Deze aanname wordt gedaan omdat de bestrijdingsorganisatie na diagnose van het eerste MKZ geval nog niet kan weten dat het een stam is die alleen varkens treft (paragraaf 2.3).

Met het economisch model worden vervolgens twee berekeningen uitgevoerd. De eerste berekening betreft de directe kosten van een uitbraak. Dit wordt op een gedetailleerde wijze gedaan voor de melkvee- en varkenshouderij. De directe kosten voor de andere onderdelen van de ‘dierlijke’ ketens worden hier vervolgens van afgeleid (paragraaf 2.3.1).

De tweede berekening betreft de indirecte kosten. Hier wordt voor de verschillende scenario's berekend welke export wegvalt voor de Nederlandse vee-, vlees- en zuivelsector. Deze exportderving geeft een indicatie voor de verschuivingen in de verschillende markten als gevolg van een uitbraak van MKZ (paragraaf 2.3.2).

De beslisboom geeft uiteindelijk weer wat de optimale beslissingen zijn voor de bestrijding van MKZ in de zeven regio's onder verschillende omstandigheden (paragraaf 2.4).

### 2.2 Epidemiologisch model

Recente transmissie-experimenten met MKZ bieden de mogelijkheid om de transmissie van MKZ tussen dieren te kwantificeren. Bovendien is het effect van vaccinatie daaruit te schatten. Verder zijn sommige studies van vroegere uitbraken ook geschikt om parameters voor het transmissiemodel te schatten. Data van de recente uitbraak in het Verenigd Koninkrijk en Nederland zijn niet gebruikt, maar zullen voor toekomstige analyses veel aanvulling kunnen bieden.

Met deze basisgegevens werd een algemeen analytisch model voor de spreiding van het virus binnen en tussen bedrijven in de Nederlandse varkenshouderij opgesteld. Van Nes et al. (1998) toonden aan dat virustransmissie tussen bedrijven afhangt van de transmissie binnen een bedrijf. Daarom werd in het model een submodel onderscheiden voor de situatie binnen een bedrijf, dat als basisgegeven diende voor de modellering van transmissie tussen bedrijven.

Voor de modellering van transmissie tussen bedrijven wordt een bedrijf als een entiteit gezien waarbij de infectieusiteit het patroon volgt dat met de binnenbedrijf modellering is berekend. Op basis van eerder onderzoek (Elbers, 1999) zijn vier bedrijfstypen onderscheiden:

- KI-stations met voornamelijk beren
- Fok- en vermeerderingsbedrijven met voornamelijk (fok)zeugen en jonge biggen
- Gemengde (gesloten) bedrijven met zowel fokzeugen, biggen alsook vleesvarkens
- Vleesvarkensbedrijven met voornamelijk vleesvarkens tezamen met opfokbedrijven met voornamelijk gelten

Vleesvarkens- en opfokbedrijven moeten eigenlijk bij voorkeur als apart bedrijfstype opgenomen worden. Met de beschikbare data bleek een gescheiden parameterschatting helaas niet mogelijk en zijn deze beide groepen samengevoegd. Wat betreft vaccinatie en transmissie binnen bedrijven komen de beide bedrijfstypen ook sterk overeen. Wat betreft diertransport is er wel verschil. Dat verschil verdwijnt in het model in de gemiddelden van beide groepen tezamen.

De parameters die de contacten tussen bedrijven via allerlei routes beschrijven zijn geschat uit gegevens van de uitbraak klassieke varkenspest (KVP) waaruit ook de relatieve invloed van verschillende infectieroutes tijdens een vervoersverbod duidelijk blijkt.

Aangenomen wordt dat het virus van klassieke varkenspest bij benadering op dezelfde wijze spreidt als het MKZ virus. Alleen de aerogene transmissie zal bij MKZ een stuk hoger uitvallen, al hangt dit sterk af van de weersomstandigheden. Daarvoor is dan ook een apart submodel gebruikt. Met behulp van het pluimmodel (Gloster et al., 1981) is de aerogene transmissie apart ingeschat, voor een weersituatie waarbij een grote kans is op aerogene transmissie (bewolkt met hoge luchtvochtigheid maar geen neerslag).

Op grond van deze aannamen zijn de contactgegevens uit de KVP-uitbraak geëxtrapoleerd naar deze MKZ-studie. Daarbij is gecorrigeerd voor de varkens-

en bedrijfsdichtheid in de bestudeerde regio, voor de hogere kans op aerogene transmissie van MKZ en een correctie voor de totale infectieusiteit van de infectie.

Voor inschatting van de infectieusiteit van het virus, maar ook voor de analyse van de modelresultaten, werd de basale reproductie ratio van de infectie als maat gebruikt. De basale reproductie ratio, vaak genoteerd als  $R_0$  of  $R$ , is gedefinieerd als het verwachte aantal nieuwe infecties dat één typisch geïnfecteerd dier gedurende zijn gehele infectieuze periode veroorzaakt in een verder geheel vatbare populatie. De  $R$  heeft een drempelwaarde bij 1, voor  $R < 1$  kan er binnen een bedrijf geen grote uitbraak plaatsvinden aangezien de infectie onvoldoende verspreidt. Voor  $R > 1$  is een grote uitbraak altijd mogelijk, maar niet zeker.

Aansluitend hierop definiëren we vervolgens een reproductie ratio tussen bedrijven,  $R_h$ , als het verwachte aantal bedrijven dat besmet wordt door één typisch geïnfecteerd bedrijf, gedurende de gehele infectieuze periode van dat bedrijf terwijl het zich in een verder virusvrije regio bevindt. Wanneer de  $R_h$  kleiner is dan 1, dan kan insleep van virus niet leiden tot een grote uitbraak waarbij vele bedrijven geïnfecteerd raken. Het virus zal snel weer uitsterven en hooguit enkele bedrijven besmetten. Wanneer de  $R_h$  groter is dan 1, dan kan bij insleep van het virus wel een grote uitbraak plaatsvinden. Let wel,  $R_h$  kan niet onafhankelijk van  $R$  geanalyseerd worden, aangezien de transmissie binnen bedrijven de transmissie tussen bedrijven sterk beïnvloedt.

Gegevens over transmissie via veetransport in het algemeen, zijn niet bij de data van de uitbraak inbegrepen, aangezien al snel een vervoersverbod wordt ingesteld. Deze informatie hebben we dan ook uit een andere bron moeten halen. Hiervoor is gebruik gemaakt van gegevens verzameld door de leerstoelgroep Agrarische Bedrijfseconomie in Wageningen, die in 1994 een uitgebreid onderzoek hield onder verschillende typen veehouderijen in Wehl en nabije omgeving (Nielen et al., 1996). Dit onderzoek was indertijd ook bedoeld voor een studie naar de mogelijke spreiding van MKZ. Daarnaast waren gegevens van vroegere uitbraken in Nederland en Verenigd Koninkrijk bruikbaar voor controle van de kwantificering (Haydon et al., 1997).

### *2.2.1 Modelvorming en analyse*

Het totale model beschrijft de verspreiding van de infectie tussen bedrijven en bevat een submodel dat de dynamica van de infectie binnen een bedrijf

beschrijft. Voor dit laatste gebruiken we een basaal deterministisch model van de vorm:

$$dS/dt = -\beta S I/N$$

$$dI/dt = \beta S I/N - \alpha I$$

waarbij S het aantal vatbare dieren (varkens) op het bedrijf beschrijft, I het aantal infectieuze dieren en N het totaal aantal dieren op het bedrijf. De parameters  $\beta$  en  $\alpha$  beschrijven respectievelijk de infectie en het herstel. Een latente periode is bij mond- en klauwzeer verwaarloosbaar.

Volgens een bekende analyse, (Kermack and McKendrick, 1927) kunnen we daaruit de reproductie ratio en de verwachte grootte van de uitbraak bepalen. Met behulp van Mathematica (Versie 4.0) konden we uit de differentiaal vergelijkingen ook het aantal aanwezige infectieuze dieren  $I(t)$ , op elk moment na introductie van het virus bepalen. Het aantal infectieuze dieren op elk tijdstip wordt gebruikt voor het inschatten van de infectieusiteit van een bedrijf naar andere bedrijven toe: de kans dat een contact met een bedrijf leidt tot infecties op dat andere bedrijf.

Voorgaande informatie wordt vervolgens gebruikt voor het uiteindelijke model dat de virustransmissie tussen bedrijven beschrijft. De infectieusiteit van een bedrijf wordt met behulp van het binnen-bedrijfs submodel bepaald en contacten tussen bedrijven worden beschreven met transmissiematrices, die alle specifiek zijn voor een bepaald contacttype.

Zo'n transmissiematrix is een combinatie van het aantal contacten en de geschatte kans dat de infectie bij zo'n contact inderdaad wordt overgebracht, gegeven dat het bronbedrijf niet gevaccineerd is. De transmissiematrix wordt vervolgens eventueel gecorrigeerd voor de nieuwe infectieusiteit en contactstructuur van de bedrijven indien bepaalde bestrijdingsmaatregelen doorgevoerd worden.

Tijdens de uitbraak van klassieke varkenspest zijn er voor de transmissie van het virus tussen bedrijven zeven verschillende contacttypen onderscheiden waarbij het virus naar andere bedrijven kan worden overgebracht (voor een toelichting zie paragraaf 2.2.2):

1. diertransport
2. transportwagens
3. personen

4. buurt
5. KI
6. mest
7. destructie

We nemen aan dat de MKZ transmissie op de meeste punten vergelijkbaar verloopt als KVP transmissie en gebruiken daarom diezelfde contacttypen ook voor de modellering van de transmissie van MKZ tussen bedrijven.

Een kleine aanpassing in de originele KVP dataset is doorgevoerd: de infectieroute via mest bleek verwaarloosbaar klein te zijn ten opzichte van de andere infectieroutes, waardoor deze met buurtinfecties is samengevoegd. Verder is de transmissie door dieren die naar een ander bedrijf getransporteerd werden, samengevoegd met transmissie via de transportwagen (bijv. door achterblijvende mest). In de analyse van de KVP uitbraak werden deze beiden wel onderscheiden, maar beide routes waren relatief klein, aangezien er tijdens de bestudeerde uitbraak een vervoersverbod gold.

Uit de data van Nielen (1996) schatten we apart de normale parameters voor diertransport voor een situatie zonder vervoersverbod. Deze data is verder apart behandeld, aangezien ze niet de (gemeten) transmissie beschrijven, maar een mogelijke transmissieroute kwantificeren. In een verdere analyse is de transmissiekans daaruit afgeleid.

Voor elk van de resterende vijf verschillende contacttypen werd uit de KVP dataset een (4 x 4) matrix voor de transmissie van bedrijfstype naar bedrijfstype bepaald. Aangenomen is dat de mogelijkheid tot aerogene transmissie bij MKZ zorgt voor meer transmissie in kleine straal dan bij de KVP uitbraak. Apart zijn een best en worst case scenario voor aerogene transmissie uitgewerkt. Afhankelijk van het seizoen en de weersomstandigheden zal de een of de ander meer relevant zijn. In een warme droge zomer is de aerogene transmissie waarschijnlijk minimaal. In een bewolkte en koude periode met weinig neerslag zijn de omstandigheden juist optimaal voor aerogene transmissie.

Aangezien de verschillende contacttypen onafhankelijk zijn, kunnen de vijf matrices worden opgeteld tot een totale transmissiematrix. De data uit deze uiteindelijke matrix zijn per rij genormaliseerd voor één bronbedrijf. Hierdoor ontstond een evenwichtige transmissiematrix. Vervolgens kan daaruit de  $R_h$ , de reproductieratio van de infectie tussen bedrijven berekend worden. De gesommeerde en genormaliseerde matrix van het model bevat nu het verwachte aantal bedrijven per bedrijfstype dat door een infectieus bedrijf van een bepaald type geïnfecteerd wordt. De juiste manier om nu de reproductie ratio over alle

typen bedrijven heen te bepalen, is het berekenen van de dominante eigenwaarde van deze matrix. De bijbehorende eigenvector geeft bovendien de verhouding weer waarin de verschillende bedrijfstypen geïnfecteerd raken.

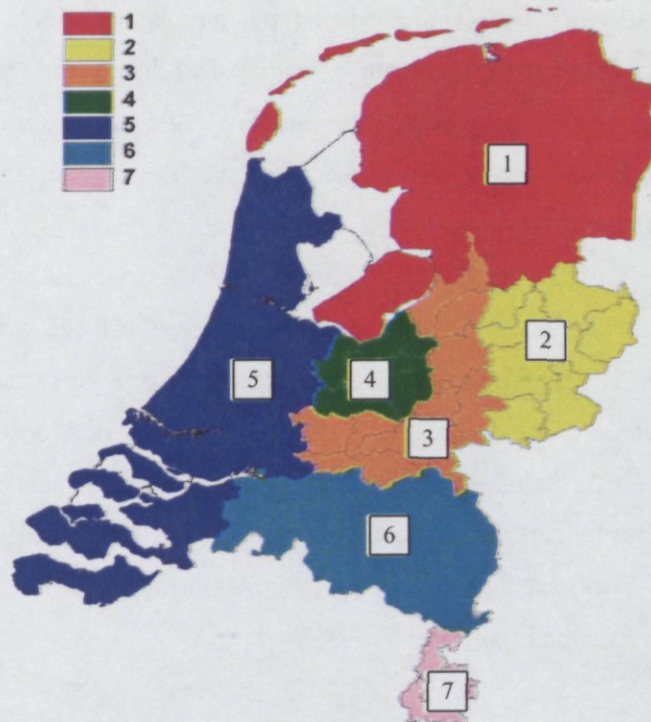
Voor verschillende contacttypen is het plausibel dat ze worden beïnvloed door de dichtheid en grootte van de bedrijven in de regio. Voor elk contacttype is deze afhankelijkheid apart gekwantificeerd en aan de transmissiematrix toegevoegd (zie paragraaf 2.2.2).

Voor MKZ is gebleken dat vaccins binnen twee weken de transmissie tussen individuele dieren tot ver onder de 1 reduceren. Ook één week na vaccinatie is er al enig effect zichtbaar in een iets lagere transmissie parameter. Zodra de  $R_0$  tussen dieren onder de 1 komt, is de  $R_h$  zeker onder de 1 gekomen, aangezien er dan binnen de bedrijven geen echte uitbraak meer kan plaatsvinden. We nemen in deze studie aan dat in geval van vaccinatie, de transmissie ruim een week normaal doorgaat en er daarna geen transmissie meer plaatsvindt in de gevaccineerde bedrijven.

### *2.2.2 Parameterwaarden*

Voor de analyse van de gegevens is Nederland in zeven regio's opgedeeld (zie figuur 1). De indeling van Stegeman et al. (1997) was hierbij uitgangspunt. Stegeman hanteerde 8 regio's waarbij de provincie Flevoland een aparte regio was. Flevoland is nu ingedeeld bij regio 1. De meest veedichte regio's zijn regio 4 en 6.





Figuur 2.1 Indeling van Nederland in regio's.

Naast de verschillende regio's hebben we te maken met verschillende transmissieroutes. De infectieroutes die uit de analyse van de KVP uitbraak naar voren kwamen zijn verder geanalyseerd om ze voor dit model bruikbaar te maken. De volgende contacttypen worden onderscheiden:

- 1 diertransport en transportwagen
- 2 persoon (ieder die van een varkensbedrijf naar een ander varkensbedrijf gaat en daarbij contact heeft met de dieren)
- 3 buurtinfectie (moeilijk verklaarbaar maar wel in nabijheid dus aerogeen, burens, ongedierte,...)
- 4 KI (overdracht rechtstreeks via sperma)
- 5 destructie (deel van infectieusiteit van een besmette destructiewagen wordt op andere bedrijven achtergelaten)

Voor elk van deze transmissieroutes is uit de KVP data een transmissie matrix bepaald. Deze transmissieroutes zijn in meer of mindere mate afhankelijk van enkele regionale gegevens, zoals bedrijfsgrootte ( $n$ ) en bedrijfsdichtheid ( $bd$ ). Om een voorbeeld te geven van het type bedrijfscontact: als een dierenarts een

varkensbedrijf bezoekt in een gebied met zeer veel varkensbedrijven is de kans dat deze direct daarvoor of daarna een ander varkensbedrijf bezoekt beduidend groter dan in een gebied met erg weinig varkens bedrijven. Daarmee is dus in een varkensdicht gebied de transmissiekans groter. Zo is voor elk contacttype aan de hand van een mechanistische benadering apart ingeschat hoe de afhankelijkheid van de varkens- en bedrijfsdichtheid eruit zou kunnen zien. We nemen voor deze studie de volgende relaties aan:

- |   |               |                        |  |
|---|---------------|------------------------|--|
| 1 | diervoer      | $f_1 = 0.3 + 0.7 n$    | gerelateerd met bedrijfsgrootte                        |
| 2 | persoon       | $f_2 = 0.5 + 0.5 bd$   | gerelateerd met bedrijfsdichtheid                      |
| 3 | buurtinfectie | $f_3 = 0.1 + 0.9 n bd$ | sterk gerelateerd met<br>bedrijfsgrootte en -dichtheid |
| 4 | KI            | $f_4 = 1$              | geen relatie met regio specifieke gegevens             |
| 5 | destructie    | $f_5 = 0.1 + 0.9 n bd$ | sterk gerelateerd met<br>bedrijfsgrootte en -dichtheid |

De gemiddelde bedrijfsgrootte en -dichtheid in regio 6 (grootste deel van Brabant en Limburg), waar de KVP uitbraak plaatsvond, geldt hierbij als norm. Voor deze regio is elke regioafhankelijke dichtheidsinvloed  $f_i$  dus gelijk aan 1. Voor de meeste andere regio's ligt de transmissie lager dan in regio 6.

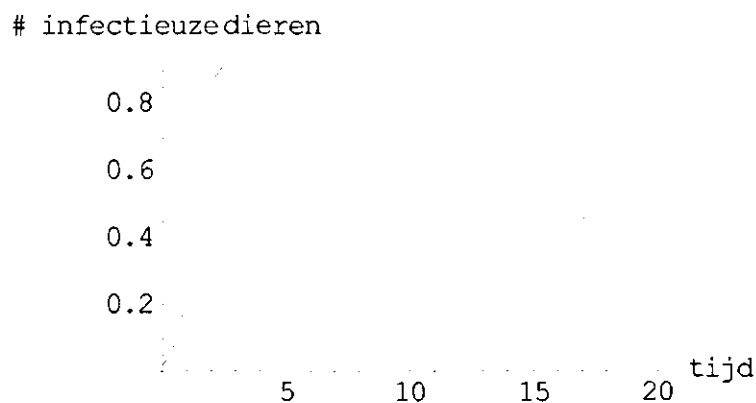
Dit model beschrijft in feite MKZ transmissie tussen varkensbedrijven ten tijde van een vervoersverbod, terwijl er niet wordt gevaccineerd en detectie van de uitbraak op een bedrijf ca. 10 dagen na insleep plaatsvindt. Als we dit willen vertalen naar een normale Nederlandse situatie onder normale omstandigheden (geen uitbraak) of gegeven een bepaald bestrijdingsscenario dan moeten er enkele factoren worden aangepast. Eerst maken we daarvoor een nieuwe matrix die een zeer algemene situatie beschrijft, waarbij geen maatregelen gelden:

- (1) Geen vervoersverbod
- (2) Er wordt niet geruimd, dus uitbraken worden volledig uit binnen een bedrijf
- (3) Transmissie van het virus leidt altijd tot een grote uitbraak binnen het volgende bedrijf.

Vervolgens wordt het model gecorrigeerd voor verlaagde transmissie door allerlei maatregelen. Eerst moeten we nu dus data over de normale varkensvervoersstromen toevoegen aan het model. Uit data van een enquête onder veehouders in Wehl, regio 2 (Nielen et al., 1996), is een varkensvervoersmatrix samengesteld, die het aantal transporten tussen verschillende

bedrijfstypen per week beschrijft. Een tweede matrix geeft het gemiddeld aantal dieren in zo'n transport weer. Hieruit wordt de vervoerscontact infectiematrix samengesteld met de aanname dat de vervoerde dieren een willekeurige steekproef zijn uit de bedrijfspopulatie. Natuurlijk vindt ook hierbij een transformatie met  $f_i$  voor dichtheidsafhankelijkheid plaats van regio 2 naar de betreffende regio.

Ten tweede: bij een uitbraak in een niet gevaccineerd bedrijf wordt in de eerste week na insleep het grootste deel van de infectieusiteit reeds verspreid, zoals blijkt uit figuur 1. Dit figuur toont hoe de infectieusiteit van een niet gevaccineerd bedrijf in de tijd verloopt. Wanneer een bedrijf geruimd wordt, wordt de infectiedruk naar buiten toe opeens gereduceerd tot nul. Hoe vroeger dit plaatsvindt, hoe meer transmissie voorkomen wordt. In dit geval nemen we aan dat ruimen binnen twee weken na insleep kan plaatsvinden. Hierbij valt op te merken dat we negeren dat compartimentering binnen een bedrijf tot vertraagde spreiding van de ziekte leidt. We nemen dus wat dit betreft eigenlijk een 'worst case' scenario in acht.



Figuur 2.2 Fractie infectieuze dieren op een bedrijf met tijdsschaal in weken na insleep.

Wat het derde punt betreft, deze aanname behouden we voor de rest van de modellering vast, aangezien de kans op een kleine uitbraak in de meeste gevallen zeer klein is. We nemen aan dat als er minimaal 1 geïnfecteerd dier in het transport zit, er op het ontvangende bedrijf zeker ook een grote uitbraak zal volgen. Voor niet gevaccineerde groepen dieren is de kans op een kleine uitbraak sowieso heel klein (hoge transmissie). Bovendien is er een aanzienlijke kans op meerdere infectieuze dieren in het transport, waardoor de kans op een kleine

uitbraak zeer klein wordt. Verder zal de infectie juist tijdens het transport door de hoge dichtheid en de stress heel gemakkelijk spreiden. Daardoor is de kans op een kleine uitbraak na een 'infectieus' transport dan ook minimaal.

### 2.2.3 Scenario's

Voor de bestrijding van een epidemie zijn verscheidene bestrijdingsstrategieën mogelijk. In dit project zijn de volgende strategieën geanalyseerd, doorgerekend en in de beslisboom verwerkt.

- a) Basispakket: vervoersverbod, tracement en ruiming van geïnfecteerde bedrijven en gevaarlijke contactbedrijven (BASIS)
- b) Basispakket aangevuld met preventief ruimen in een straal van 1 km om het geïnfecteerde bedrijf (BAPR)
- c) Basispakket en noodvaccinatie in een kleine cirkel (1 km) om het geïnfecteerde bedrijf en onder de viruspluim (BAVC1)
- d) Basispakket en noodvaccinatie in een ruime cirkel (3 km) om het geïnfecteerde bedrijf (BAVC3)

Noodvaccinatie bestaat hier uit het vaccineren van alle vatbaren dieren. Het vervoersverbod kan pas worden opgeheven als alle gevaccineerde dieren zijn geruimd en vernietigd.

Naast deze vier bestrijdingsstrategieën is ook gekeken naar de lengte van de High Risk Period (HRP). Dit is de periode tussen eerste infectie en eerste detectie. Als virus binnenkomt in een ziekte-vrij land en daar leidt tot een uitbraak, zal het enige tijd duren voordat de eerste zieke dieren worden ontdekt. Dat betekent dus dat gedurende een zekere periode de ziekte zich min of meer onbelemmerd kan verspreiden (Horst, 1998). Hier is gekeken naar drie verschillende HRP's. Elke bestrijdingsstrategie is doorgerekend voor respectievelijk een HRP van 7 dagen, 14 dagen en 21 dagen.

## 2.3 Economisch model

De economische gevolgen van een MKZ uitbraak beperken zich niet tot de veehouderijbedrijven maar strekken zich uit tot de hele keten van producent tot consument en tot andere sectoren (zoals toerisme) binnen de Nederlandse economie. De berekeningen beperken zich tot de schade die zich voordoet bij de ketens met MKZ-vatbare dieren (dierlijke ketens) en bij de overheid. Onder

MKZ-vatbare dieren vallen runderen, varkens, schapen en geiten. De schade in andere sectoren wordt niet meegenomen, omdat de benodigde data en tijd hiervoor niet beschikbaar waren. Ook de pluimveesector is om deze redenen buiten de berekeningen gebleven.

De gevolgen van een MKZ uitbraak voor de dierlijke ketens en de overheid kunnen worden opgesplitst in directe en indirecte kosten (Berentsen et al., 1990, Mahul et al., 2000). Deze opsplitsing is ook gemaakt in dit economische model. Eerst worden de uitgangspunten en berekeningswijze van de directe kosten omschreven. Daarna komen de uitgangspunten en berekeningswijzen van de indirecte kosten aan bod. Als laatste volgt een toelichting op de verdeling van de kosten tussen de overheid en de dierlijke ketens.

### *2.3.1 Directe kosten*

De directe kosten ontstaan door de uitbraak en de implementatie van bestrijdingsmaatregelen. Hierbij gaat het vooral om de maatregelen die direct ingrijpen in de omvang van de agrarische productie en de kosten van de bestrijdingsmaatregelen. Deze kosten komen voor rekening van de bedrijven in de dierlijke ketens en de overheid. Dit zijn naast de veehouderijbedrijven ook de slachterijen, vleesverwerkers, zuivelbedrijven, veevoederbedrijven, veehandel, transport, allerlei leveranciers van diensten enz. In het model wordt elke keten in vier onderdelen verdeeld:

- toeleverende bedrijven
- veehouderijbedrijven
- verwerkende bedrijven
- distributie- en transportbedrijven

Binnen de veebedrijven kan onderscheid gemaakt worden in grondgebonden veehouderij (melkvee, vleesvee, schapen, geiten) en de intensieve veehouderij (varkens, vleeskalveren) (Koole et al., 2000). Binnen het model worden de directe kosten voor de varkensbedrijven, melkveebedrijven en overheid op gedetailleerde wijze berekend omdat het grootste deel van de directe kosten voor hun rekening is (Meuwissen, 1997). Bij het berekenen van de kosten van een opkoopregeling worden ook de vleeskalveren meegenomen. Vervolgens worden de berekende bedragen gebruikt om de directe kosten af te leiden voor de overige onderdelen van de betrokken ketens. Deze schatting is gebaseerd op het aandeel in de bruto toegevoegde waarde per onderdeel binnen de productiekolom (zie tabel 2.1).

Tabel 2.1 Verdeling bruto toegevoegde waarde binnen 'dierlijke' keten (gemiddelde 1995-1998).

	Grondgebonden veehouderij		Intensieve veehouderij		Totaal	
	Mld gld	%	Mld gld	%	Mld gld	%
Veehouderij-bedrijven	6,6	41	1,5	22	8,1	35
Toeleverende bedrijven	3,0	19	1,5	22	4,5	20
Verwerkende bedrijven	4,8	30	2,8	40	7,6	33
Distributie-bedrijven	1,6	10	1,1	16	2,7	12
Totaal	16,0	100	6,9	100	22,9	100

Bron: Koole et al., 2000

### 2.3.1.1 Berekeningswijze en uitgangspunten directe kosten

Onder de categorie directe kosten vallen de volgende kosten (Meuwissen et al., 1997, Mahul et al, 2000):

- Kosten van de bestrijdingsorganisatie
- Compensatiebetalingen
- Gevolgschade door leegstand en vervoersverboden voor dieren en dierlijke producten

Voor het berekenen van de directe kosten worden een aantal stappen doorlopen:

1. Bepaling dichtheden en bedrijfsgrootten per regio
2. Bepaling van het aantal geruimde bedrijven
3. Bepaling van de duur van de uitbraak
4. Bepaling van het oppervlak en de duur van vervoersverboden
5. Berekening van de kosten van de bestrijdingsorganisatie
6. Berekening van de compensatiebetalingen
7. Berekening van de gevolgschade door leegstand en vervoersverboden voor dieren en dierlijke producten.

Deze stappen worden hieronder afzonderlijk toegelicht.

### 1. Bepaling van dichtheden en bedrijfsgrootten per regio.

Zoals eerder beschreven is Nederland opgedeeld in zeven regio's. Voor elke regio is de dier- en bedrijfsdichtheid bepaald. Ook is gekeken naar de bedrijfsgrootte per bedrijfstype in elke regio. Deze kengetallen zijn nodig bij het berekenen van het aantal bedrijven en dieren dat betrokken is bij de maatregelen van preventief ruimen, vaccineren of onder vervoersverboden valt. De gegevens betreffen het jaar 1999 en zijn afkomstig van het Centraal Bureau voor de Statistiek (Statline) en Gezondheidsdienst voor Dieren (BRBS-data).

#### a. Dierdichtheden

In tabel 2.2 staan de varkensdichtheden per bedrijfstype voor elke regio. De bedrijven zijn in drie groepen verdeeld:

FOK+VM = fok- en vermeerderingsbedrijven

VM/VLVA = bedrijven met zeugen én vleesvarkens

VLVA = vleesvarkensbedrijven

Tabel 2.2 Varkensdichtheden per bedrijfstype per km<sup>2</sup> voor elke regio

Regio	Zeugen FOK+VM	Zeugen VM/VLVA	Vleesvarkens VM/VLVA	Vleesvarkens VLVA
1	13	5	16	57
2	110	36	107	551
3	73	44	132	313
4	88	43	129	768
5	9	5	14	78
6	213	129	387	806
7	31	14	43	104

Geel = Regio met hoge dichtheid    Grijs = Regio met lage dichtheid

Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat regio 4 en 6 de regio's zijn met veel varkens per km<sup>2</sup>. Regio 1, 5 en 7 hebben lage varkensdichtheden.

In tabel 2.3 staan de overige dierdichten per regio. Regio 2, 3 en 4 zijn regio's met veel melkvee per km<sup>2</sup>. Regio 5 en 7 hebben relatief weinig melkvee per km<sup>2</sup>. Als gekeken wordt naar het aantal vleeskalveren per km<sup>2</sup> dan springen regio 3 en met name regio 4 eruit met een hoge vleeskalverendichtheid. Bij de schapen en geiten zijn de verschillen veel minder groot tussen de regio's.

Tabel 2.3 Overige dierdichtheden per km<sup>2</sup> per regio

Regio	Melkvee	Vleeskalf	Schape	Geiten
1	150	11	55	4
2	237	52	31	7
3	213	102	84	16
4	235	391	52	16
5	102	1	76	4
6	176	70	30	19
7	115	4	42	10

Geel = Regio met hoge dichtheid Grijs = Regio met lage dichtheid

#### b. Bedrijfsdichtheden

Als we kijken naar de bedrijfsdichtheden dan zien we dezelfde verdeling van dichtheden (zie tabel 2.4 en 2.5). Regio 2, 4 en 7 hebben veel varkensbedrijven per km<sup>2</sup> en regio 1, 5 en 7 hebben relatief weinig varkensbedrijven per km<sup>2</sup>. Voor de melkveebedrijven geldt dat regio 2, 3 en 4 veel melkveebedrijven per km<sup>2</sup> hebben.

Tabel 2.4 Varkens- en rundbedrijven per km<sup>2</sup>

Regio	Varkensbedrijven	Melkveebedrijven
1	0.19	1.31
2	2.32	2.68
3	1.24	2.02
4	3.46	2.70
5	0.31	1.12
6	2.30	1.54
7	0.41	1.12

Geel = Regio met hoge dichtheid Grijs = Regio met lage dichtheid



Tabel 2.5 Bedrijfsdichtheden per bedrijfstype per km<sup>2</sup>

Regio	# bedrijven FOK+VM	# bedrijven VM/VLVA	# bedrijven VLVA
1	0.05	0.03	0.11
2	0.51	0.28	1.53
3	0.31	0.24	0.70
4	0.42	0.42	2.63
5	0.06	0.05	0.20
6	0.64	0.51	1.15
7	0.13	0.07	0.21

Geel = Regio met hoge dichtheid    Grijs = Regio met lage dichtheid

### c. Bedrijfs grootte

In tabel 2.6 staat het gemiddeld aantal dieren per bedrijf voor de diverse bedrijfstypen in de zeven regio's weergegeven. Deze tabel laat een andere verdeling zien. Hier voeren regio 1, 5 en 7 de ranglijst aan van bedrijven met een groot aantal dieren per bedrijf. De dierdichte regio's 2 en 4 hebben daarentegen juist lage aantallen dieren per bedrijf. Regio 5 blijkt een vee-arme regio te zijn met relatief kleine bedrijven.

Tabel 2.6 Gemiddeld aantal dieren per bedrijf per bedrijfstype per regio

Regio	Zeugen per FOK+VM	Zeug+vlva VM/VLVA	Vlva per VLVA	Melkkoeien per MV
1	263	645	521	63
2	215	512	360	49
3	235	745	450	58
4	212	414	292	48
5	160	413	386	50
6	332	1020	702	63
7	248	780	501	56

Geel = veel dieren per bedrijf    Grijs = weinig dieren per bedrijf

## 2. Bepaling van het aantal geruimde bedrijven

Met de resultaten van het epidemiologische model en de bovenstaande kengetallen wordt bepaald hoeveel bedrijven geruimd worden gedurende de uitbraak. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende bestrijdingsstrategieën. Bij de basisstrategie worden alleen de besmette bedrijven

en de gevaarlijke contactbedrijven geruimd. Het aantal besmette bedrijven volgt uit het epidemiologisch model. Het aantal contactbedrijven is afhankelijk van het aantal besmette bedrijven en de periode tussen infectie en detectie van het eerste MKZ-geval.

Bij de strategie BAPR worden ook de bedrijven in een straal van 1 km van een besmet bedrijf geruimd. Bij de strategie BAVC1 worden ook de bedrijven in een straal van 1 km na vaccinatie geruimd. Voor BAVC3 is dit 3 km. Deze gegevens volgen uit het epidemiologisch model.

### 3. Bepaling duur van de uitbraak

Met behulp van het epidemiologisch model is per scenario de dag van de laatste uitbraak bepaald. De maatregelen in toezichtsgebieden blijven vervolgens nog minstens 30 dagen van kracht na ruiming van het laatste geïnfecteerde of gevaccineerde dier en reiniging en ontsmetting van het desbetreffende bedrijf (RVV, 2000; 85/511/EEG)

Bij de BASIS en BAPR strategie wordt uitgegaan van een maximale ruimingscapaciteit van 16 bedrijven per dag. Bij deze strategieën is het ruimen op de bedrijven zelf de beperkende factor vanwege benodigd materiaal, personeel en zeer hoge hygiëne-eisen. Bij de BAVC1 en BAVC3 is de ruimingscapaciteit hoger en bedraagt 36 bedrijven per dag. Bij deze vaccinatiestrategieën is de destructiecapaciteit de beperkende factor. Uitgangspunt is dat de destructiebedrijven per dag ruim 2100 ton destructiemateriaal kunnen verwerken. Een gemiddeld melkvee- of varkensbedrijf dat geruimd wordt zorgt voor 60 ton destructiemateriaal (Ministerie van LNV, 2000). Bij grote uitbraken blijken de ruimings- en destructiecapaciteit niet voldoende zodat op dag 30 na de dag van de laatste uitbraak niet alle bedrijven zijn geruimd. De uitbraak wordt dan verlengd met het aantal dagen dat nodig is om deze bedrijven te ruimen.

### 4. Bepaling van het oppervlak en de duur van vervoersverboden

Uit het epidemiologisch model valt het maximale oppervlak van het vervoersverbod af te leiden (zie annex I tabel 5 en 6). Aangenomen wordt dat het oppervlak zich in de eerste fase van een uitbraak geleidelijk uitbreidt en aan het einde van een uitbraak geleidelijk wordt verkleind (zie tabel 2.7). Na het vaststellen van de eerste uitbraak wordt dus altijd een vervoersverbod ingesteld in een cirkel met een straal van 10 kilometer om het besmette bedrijf (85/511/EEG).

Tabel 2.7 Uitbreidingen en verkleiningen van gebieden met een vervoersverbod gedurende een uitbraak

Uitbreiding tijdens eerste fase		Verkleining in laatste fase	
# dagen na eerste diagnose	Oppervlak (km <sup>2</sup> )	# dagen voor einde uitbraak	Oppervlak (km <sup>2</sup> )
0	350	21	max. oppervl.
7	1000	14	3000
10	2000	10	2000
14	3000	7	1000
21	max. oppervl.	einde uitbraak	0

##### 5. Kosten bestrijdingsorganisatie:

Dit zijn de kosten die gemaakt worden om de MKZ-uitbraak te bestrijden:

- Kosten diagnosestelling
- Kosten taxatie
- Kosten afmaken en vernietigen van dieren en materialen
- Desinfectiekosten
- Administratiekosten
- Kosten bedrijfscontroles en laboratoriumonderzoek
- Kosten politie etc.

Indien noodvaccinatie toegepast wordt:

- Vaccinatiekosten

De totale bestrijdingskosten zijn opgenomen in tabel 2.8 en zijn berekend als kosten per melkkoe, zeug en vleesvarken (Meuwissen et al., 1997 & 1999, Mahul, 2000, Mangen et al., 2000). De vaccinatiekosten staan in een aparte kolom omdat deze kosten alleen van toepassing zijn bij een bestrijdingsstrategie met noodvaccinatie.

Tabel 2.8 Kosten bestrijdingsorganisatie per diereenheid (in gld)

	Bestrijding excl. vaccinatie	Vaccinatiekosten
Melkkoe (incl. jongvee)	300	19
Zeug (incl. biggen)	150	16
Vleesvarken	40	4

## 6. Kosten door compensatiebetalingen

### – Compensatie afgemaakte dieren en geruimde materialen

Een veebedrijf waarvan de dieren geruimd of gevaccineerd worden, krijgt een vergoeding voor de afgemaakte dieren en geruimde materialen zoals voer en melk (RVV, 2000; GWWD art. 86)

In tabel 2.9 staat de compensatie voor de afgemaakte dieren die is vastgesteld op basis van de vervangingswaarde van de dieren (KWIN-V, 2000).

Tabel 2.9 Compensatiebedragen afgemaakte dieren en geruimde materialen per diereenheid (in gld)

	Vervangingswaarde per dier	Vergoeding geruimde materialen
Melkkoe (incl. jongvee)	2522	97
Zeug (incl. biggen)	723	45
Vleesvarken	137	8

### – Vergoeding opkoopregeling

Een varkens- of vleeskalverenbedrijf waarvan de dieren opgekocht worden, krijgt een vergoeding volgens de opkoopregeling. De opkoopregeling geldt voor biggen die gereed zijn voor de vleesvarkenshouderij, slachtrijpe vleesvarkens en slachtrijpe vleeskalveren. Aangenomen is dat de opkoopregeling van toepassing is als vervoersverboden langer dan vier weken van kracht zijn. Naast de opkoopregeling wordt ook direct een fokverbod voor zeugen van kracht. Elke maand wordt een opkoopronde gehouden totdat de vervoersverboden opgeheven worden of alle biggen, vleesvarkens en/of vleeskalveren in het gebied opgekocht zijn.

De bedragen die gebruikt zijn en het maximaal aantal opkooprondes, staan in tabel 2.10.

Tabel 2.10 Vergoeding opkoopregeling per dier (in gld)

	Vergoeding (in gld)	Maximaal aantal opkooprondes
Big	77	7
Vleesvarken	191	4
Vleeskalf	1100	6

Bron : Ministerie van LNV, 2001

### 7. Gevolgschade door leegstand en vervoersverboden voor dieren en dierlijke producten

- Gevolgschade op geruimd bedrijf: productieverlies door leegstand

Door leegstand heeft een geruimd bedrijf geen variabele kosten meer maar de vaste kosten verdwijnen niet. Hier staan geen baten tegenover gedurende de leegstandperiode.

De leegstandskosten worden per dag per dier berekend (zie tabel 2.11). Het saldo per dier per dag is hierbij het uitgangspunt waarvan een bedrag voor arbeidskosten afgetrokken wordt (KWIN, 2000). Door de leegstand komt er immers arbeid vrij. Aangenomen is dat de helft van de arbeid elders aangewend kan worden tegen minimumloon.

Tabel 2.11 Berekening leegstandskosten per diereenheid per dag (in gld)

	Saldo/dg	Arbeidskst/dg (50%)	Leegstandkst/dg
Melkkoe (incl. jongvee)	13.29	2.40	10.89
Zeug (incl. biggen)	2.21	0.75	1.46
Vleesvarken	0.37	0.06	0.31

- Gevolgschade in gebied

- a. Verlies voor primaire bedrijven door vervoersverboden

De gevolgschade door vervoersverboden bestaat uit extra voer, extra uitval en extra voorzieningen (zie tabel 2.12). De schadepost extra voer bestaat uit onderhoudsvoer voor runderen en/of varkens die eigenlijk klaar zijn voor

verkoop. Extra uitval hangt samen met overbevolking en het niet kunnen afvoeren van (zieke) dieren. De post overige kosten omvat onder andere de gederfde opbrengsten doordat runderen en/of varkens niet het optimale moment verkocht kunnen worden. Ook kan een deel van de dieren niet op het optimale moment geïnsemineerd worden. Daarnaast moeten extra voorzieningen getroffen worden om de dieren te kunnen huisvesten.

Tabel 2.12 Gevolgschade per diereenheid per dag voor veebedrijven in gebieden waar een vervoersverbod van kracht is (in gld)

	Extra voerkst	Extra uitval	Extra voorzieningen	Totaal
Melkkoe (incl. jongvee)	0.01	0.09	0.07	0.16
Zeug (incl. biggen)	0.01	0.29	0.03	0.33
Vleesvarken	0.002	0.03	0.01	0.04

#### b. Verlies voor toeleverende, verwerkende en distributiebedrijven

Deze verliezen worden veroorzaakt door leegstand van geruimde bedrijven en door vervoersverboden. Deze schade wordt globaal meegenomen in de berekening. Eerst wordt bepaald wat de bruto toegevoegde waarde is van de agrarische productie die wegvalt door de getroffen maatregelen. Vervolgens wordt gekeken welk deel van de bruto toegevoegde waarde van de toeleverende, verwerkende en distributiebedrijven hiermee samenhangt. Dit gebeurt aan de hand van de verdeling in tabel 2.1. Aangenomen wordt dat het verlies 50 procent bedraagt van de bruto toegevoegde waarde die wegvalt (Stolwijk, 2001).

#### 2.3.2 Indirecte kosten

De indirecte kosten worden veroorzaakt door internationale handelsbeperkingen. De grootte van de afname van de Nederlandse export door importverboden is afhankelijk van de duur, regio en producten die onder deze verboden vallen (Mahul, 2000). In dit model wordt berekend welke export wegvalt bij elke bestrijdingsstrategie, periode infectie-detectie en regio. Aangenomen wordt dat deze export in zijn geheel wegvalt en dat deze export niet op andere markten kan worden afgezet. De mogelijke opslagkosten of vernietigingskosten van deze exportproducten zijn niet meegenomen in het model.

Bedacht moet worden dat exportderving en economische schade meestal niet geheel hetzelfde zijn. Als productie niet plaatsvindt is er naast opbrengstreductie

meestal ook een kostenreductie. Als productie wel heeft plaatsgevonden en het product is onverkoopbaar op een bepaalde markt, dan is er soms een lagere opbrengst op een andere markt. Aangezien er te weinig bekend is over de mogelijke reacties van producenten en afnemers in de gehele wereld, is alleen een berekening van de exportderving gemaakt. Deze exportderving geeft een indicatie voor de verschuivingen in de verschillende markten als gevolg van een uitbraak van MKZ.

De OIE hanteert de volgende wachttermijnen voor het terugkrijgen van de status MKZ-vrij zonder vaccinatie (OIE, 2000).

- 3 maanden na slacht van het laatste geïnfecteerde dier wanneer er geen gebruik is gemaakt van noodvaccinatie en er alleen stamping out en preventief ruimen heeft plaatsgevonden.
- 3 maanden na slacht van het laatst gevaccineerde dier nadat een strategie van noodvaccinatie is toegepast.

De importerende landen hoeven deze termijnen echter niet te respecteren. De reacties van de importlanden zullen een sleutelrol spelen in de bepaling van de totale omvang van de economische verliezen. Bij het berekenen van de exportderving zijn aannames gedaan over deze reacties vanuit de markt (zie ook de samenvattende tabel 2.14). Deze aannames zijn voor het grootste deel gebaseerd op het onderzoek van Berentsen (1990) en Mahul (2000).

#### 2.3.2.1 Uitgangspunten voor de berekening van de exportderving

- De producten die onder deze importverboden vallen zijn te verdelen in drie groepen (zie tabel 2.13)

Tabel 2.13 Producten die onder importverboden vallen

Groep I: Vee	Groep II: Vlees	Groep III: Zuivel
Runderen, varkens, schapen en geiten	Vlees van runderen, varkens, schapen en geiten	Zuivelproducten

- Tijdens de uitbraak verbieden EU-landen en niet-EU-landen alle import van Nederlandse vee. Voor vlees en zuivel hanteren EU-landen een regionaal importverbod. Dit betreft dus de regio('s) waar de uitbraak zich voordoet. De niet-EU-landen weren ook alle import van Nederlands vlees. Voor zuivel hanteren zij daarentegen een regionaal importverbod.

- Na de uitbraak hanteren EU-landen alleen een verbod op import van vee en vlees uit de regio van de uitbraak. Dit importverbod duurt tot 180 dagen nadat het laatste geïnfecteerde of gevaccineerde dier is geruimd.
- Landen buiten de EU hanteren na de uitbraak nog steeds een nationaal verbod op import van vee en vlees. Dit importverbod houdt stand tot 360 dagen nadat het laatste geïnfecteerde of gevaccineerde dier is geruimd.

Tabel 2.14 Importverboden tijdens en na een MKZ-uitbraak onderverdeeld naar EU- en niet-EU-landen

	Tot laatste uitbraak	Laatste uitbraak tot destructie laatste dier	Na epidemie (dg)	
			Regionaal	Nationaal
EU				
Vee	nationaal	nationaal	180	nvt
Vlees	regionaal	regionaal	180	nvt
Zuivel	regionaal	regionaal	0	0
Niet-EU				
Vee	nationaal	nationaal	nvt	360
Vlees	nationaal	nationaal	nvt	360
Zuivel	regionaal	regionaal	90	nvt

### 2.3.2.2 Berekeningswijze exportderving

Bij de berekening van de exportderving wordt de uitvoerwaarde van vee, vlees en zuivel van 1998 als uitgangspunt genomen (Productschappen voor Vee, Vlees en Eieren, 2000; Product Zuivel, 1999). Alleen voor de uitvoerwaarde van varkens en varkensvlees is uitgegaan van de export van 1999 omdat de exportmarkt in 1998 verstoord was door de uitbraak van klassieke varkenspest (zie tabel 2.15).

Vervolgens is met de aannames uit tabel 2.14 berekend welk deel van de export wegvalt door een uitbraak van MKZ in de verschillende regio's. Dit wordt berekend met behulp van de dierdichtheden in de betreffende regio, de duur van de uitbraak en het maximale oppervlak van het vervoersverbod. Bij een regionaal importverbod is gerekend met het oppervlak dat twee keer zo groot is als het maximale oppervlak van het vervoersverbod.

Wanneer het maximale oppervlak van het vervoersverbod het oppervlak van de regio overschrijdt is gerekend met de gemiddelde dierdichtheid in Nederland voor het gedeelte van het oppervlak dat het regio-oppervlak overschrijdt.



Tabel 2.15 Uitvoerwaarde van vee, vlees en zuivel (in mln gld)

	Totaal	EU	Niet-EU
<b>Productgroep I</b>			
Runderen	103	51	52
Vleesvarkens	327	326	1
Biggen	118	118	0
Schape en geiten	69	69	0
<b>TOTAAL</b>	<b>617</b>	<b>564</b>	<b>53</b>
<b>Productgroep II</b>			
Rundvlees	2672	2511	161
Varkensvlees excl. bacon	2378	2104	273
Bacon	502	501	1
Schape en geitenvlees	36	35	1
<b>TOTAAL</b>	<b>5588</b>	<b>5151</b>	<b>436</b>
<b>Productgroep III</b>			
Melk	200	184	16
Room	600	491	109
Boter	1217	941	276
Kaas	3350	2853	497
Gecondenseerde melk	1234	388	846
Magere melkpoeder	274	141	133
Niet magere melkpoeder	1131	110	1021
<b>TOTAAL</b>	<b>8006</b>	<b>5108</b>	<b>2898</b>

### 2.3.3 Verdeling van de kosten tussen overheid en dierlijke ketens

Bij de verdeling van de kosten tussen overheid en sector zijn vier kostengroepen te onderscheiden: bestrijdingskosten, opkoop, gevolgschade door leegstand en vervoersverboden en exportderving. Hoe de kosten in eerste instantie worden verdeeld over de Europese Unie, Diergezondheidsfonds, ministerie van LNV en de dierlijke ketens is in tabel 2.16 weergegeven. Ook hier moet opgemerkt worden dat dit niet een compleet beeld geeft van de gevolgen van een MKZ-uitbraak. Het betreft hier alleen de berekende kosten voor de overheid en de dierlijke ketens. Uiteindelijk worden echter niet alleen de sectoren die deze dieren en dierlijke producten produceren getroffen, maar de Nederlandse economie in zijn geheel door de interacties tussen de diverse sectoren.

De onderstaande tabel is bedoeld om een idee te geven van de kostenverdeling. In de resultaten in dit rapport is deze kostenverdeling niet gemaakt en wordt alleen gewerkt met kostentotalen.

Tabel 2.16 Verdeling kosten tussen overheid en sector

	EU	DGF*	LNV	Bedrijven
Bestrijdingskosten:				
Uitvoeringskosten	50%	50%		
Compensatie geruimde bedrijven	50%	50%		
Opkoop:				
Opkoopvergoedingen	70%		30%	
Uitvoeringsuitgaven	70%	30%		
Gevolgschade door leegstand en vervoersverboden				100%
Exportderving				100%

\*DGF=Diergezondheidsfonds

### Europese Unie

De financiële bijdrage van de EU bedraagt 50% van de kosten die door de lidstaat zijn gemaakt in het kader van de schadeloosstellingen voor geruimde dieren en materialen en de uitvoeringskosten (90/424/EEG). Voor wat betreft de financiële bijdrage van de Gemeenschap in de kosten van een lidstaat voor de opkoopregeling is niets officieel vastgelegd, maar wordt over het algemeen een bijdrage van 70% gehanteerd (gewoonterecht) (Meuwissen et al., 2000).

### Diergezondheidsfonds

Op basis van de Gezondheids- en Welzijnswet voor Dieren (GWWD) is de minister van LNV verantwoordelijk voor de bestrijding van besmettelijke dierziekten die in de regeling Aanwijzing besmettelijke dierziekten zijn vermeld (o.a. MKZ). Ter financiering van deze uitgaven is in juli 2000 een convenant gesloten met het Productschap Vee en Vlees, het Productschap Pluimvee en Eieren en het Productschap voor Zuivel. De essentie van het systeem is dat de overheid, in geval zich besmettelijke dierziekte-uitbraken voordoen, via een systeem van bankgaranties, onvoorwaardelijk kan beschikken over de noodzakelijke financiële middelen voor de bestrijding van de besmettelijke dierziekten, tot vooraf afgesproken maxima. De productschappen stellen zich voor de periode 2000 t/m 31 december 2004 garant voor de kosten van dierziekte-uitbraken tot de volgende maxima:

- runderen f 500 mln.
- varkens f 500 mln.
- schapen en geiten f 5 mln.

Indien LNV voor de financiering van een uitbraak van een besmettelijke dierziekte gebruik maakt van de bankgarantie, wordt door het betrokken productschap op grond van de wet op de Bedrijfsorganisatie aan de sector een heffing opgelegd om de schuld aan de banken terug te betalen (Tweede Kamer, 2000).

## 2.4 Beslisboom

Via de beslisboom (zie paragraaf 1.2) wordt de optimale bestrijdingsstrategie afgeleid voor elk van de zeven regio's onder wel/geen aerogene verspreiding en bij verschillende HRP's (7, 14 of 21 dagen).

Er worden twee verschillende situaties onderscheiden:

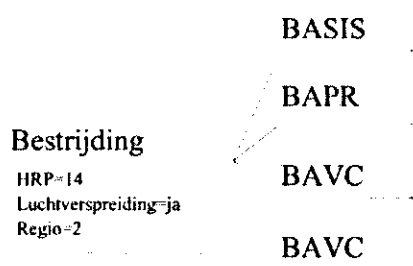
-HRP is wel bekend

-HRP is niet bekend

De optimalisatie vindt plaats op basis van de optelsom van de directe kosten en de exportderving voor elk scenario.

### 2.4.1 HRP wel bekend

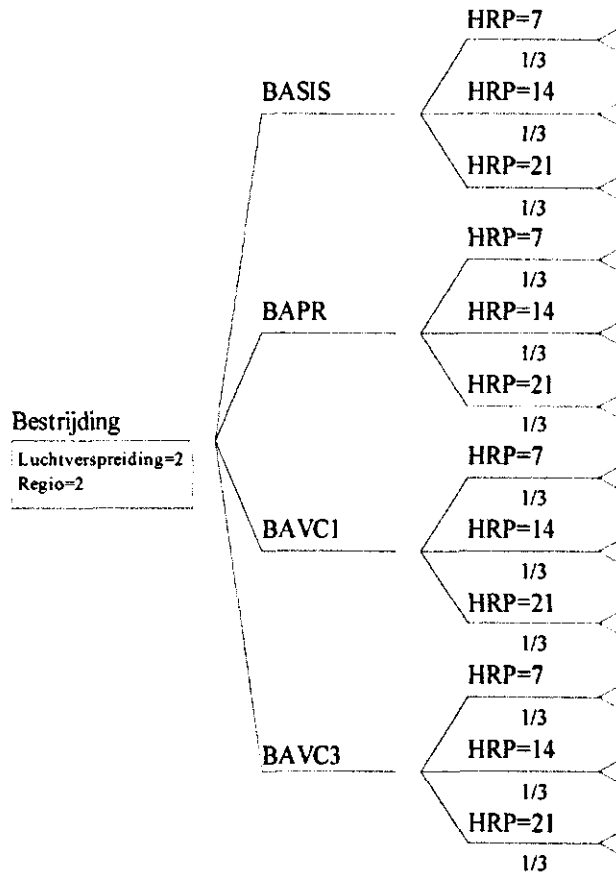
In het geval dat de HRP wel in te schatten is, ziet de beslisboom er simpel uit. In figuur 2.2 staat een voorbeeld uitgewerkt. In dit voorbeeld kan voor regio 2 berekend worden wat de optimale strategie is bij een HRP van 14 dagen en er sprake is van aerogene verspreiding.



Figuur 2.2 Voorbeeld van een beslisboom als HRP bekend is

### 2.4.2 HRP niet bekend

Als de HRP niet bekend is, wordt de beslisboom uitgebreider. Voor elke bestrijdingsstrategie én HRP moet nu de verwachte waarde berekend worden.



Figuur 2.3 Beslisboom als HRP niet bekend is

### 3. Resultaten

#### 3.1 Resultaten epidemiologisch deel

Binnen het project is gekeken naar zowel de epidemiologische als de economische gevolgen van een viertal bestrijdingsstrategieën die bij een uitbraak van MKZ in Nederland ingezet kunnen worden. Hierbij is alleen de verspreiding van MKZ onder varkens nagebootst door uit te gaan van een virusstam die vooral spreidt onder varkens. Deze aanname is noodzakelijk omdat kwantitatieve informatie met betrekking tot de verspreiding onder runderen of kleine herkauwers onvoldoende aanwezig is.

De mate van spreiding van het MKZ virus wordt uitgedrukt in de reproductie ratio tussen dieren ( $R_0$ ) en tussen bedrijven ( $R_h$ ). Bij een  $R_h < 1$ , loopt de epidemie dood, bij een  $R_h > 1$  groeit de epidemie door. Bij een  $R$  net onder de 1, zal de epidemie slechts zeer langzaam uitdoven.

De spreiding van het MKZ virus onder varkens is gebaseerd op data verzameld tijdens de uitbraak van KVP in 1997/98. Voor de modellering van de MKZ verspreiding kunnen een groot aantal elementen van het KVP model worden overgenomen. De volgende kenmerken dienen echter apart te worden beschouwd:

- Aerogene transmissie speelt bij MKZ een serieuze rol. Om dit element te modelleren is het pluimmodel aan het MKZ model toegevoegd.
- MKZ ontwikkelt zich veel sneller dan KVP. De  $R_0$  ( $R$  tussen dieren) van MKZ is iets lager dan van KVP, en de latente periode wordt verondersteld korter te zijn.

Verder moet er rekening mee worden gehouden dat eradicatie alleen kan worden bereikt door eradicatie in alle betrokken diersoorten, niet alleen varkens.

De totale tijdsduur en het aantal besmette bedrijven hangt o.a. af van de snelheid waarmee de infectie wordt gedetecteerd.

Tabel 3.1: Reproductie ratio tussen varkensbedrijven ( $R_h$ ) per regio:

Regio	Zonder maatregelen	BASIS geen aero*	BASIS wel aero*	BAPR geen aero*	BAPR wel aero*	BAVC wel/geen aero*
1	4.0	0.6	0.7	0.5	0.5	<1
2	4.0	0.8	1.7	0.7	0.7	<1
3	3.9	0.7	1.1	0.5	0.6	<1
4	3.9	1.0	2.7	0.8	1.0	<1
5	3.2	0.6	0.8	0.5	0.4	<1
6	5.8	1.0	2.0	0.8	0.9	<1
7	4.4	0.7	0.8	0.5	0.5	<1

\* aero = aerogene verspreiding

#### **Epidemiologische resultaten: Regio's 1, 5 en 7**

In deze regio's ligt de  $R_h$  na maatregelen tussen de 0.4 en 0.8 (Tabel 3.1).

Vóór de maatregelen worden geïntroduceerd, zijn er waarschijnlijk reeds enkele bedrijven besmet, wanneer de eerste besmetting wordt ontdekt na 7, 14 of 21 dagen.

Gezien het toch behoorlijk grote aantal bedrijven dat uiteindelijk besmet wordt (zie annex I, tabel 1 en 2), lijkt in deze regio's het gebruik van aanvullende maatregelen nuttig. Aanvulling van de basismaatregelen met preventief ruimen (straal 1 km) geeft een halvering van het verwachte aantal besmette bedrijven. De duur van de uitbraak (inclusief screeningsperiode van 30 dagen) wordt dan gereduceerd tot 6 à 7 weken voor snelle detectie en 11 à 12 weken voor late detectie. Vaccinatie draagt alleen bij tot het reduceren van de duur van de epidemie als deze snel kan worden geïmplementeerd (bijv. binnen 1 week na detectie).

#### **Epidemiologische resultaten: Regio's 2, 3, 4 en 6**

Voor deze vier regio's geldt dat de basismaatregelen waarschijnlijk niet voldoende zijn om een eind aan de epidemie te maken. In regio 3 is bij gunstige weersomstandigheden (geen aerogene verspreiding) wel een afname van de epidemie te verwachten. Voor de overige regio's geldt dat bij voor het virus optimaal weer, de epidemie alleen sneller groeit en de kans op toevallig snel doodlopen snel vermindert. Overigens is deze kans wel aanwezig, vooral bij zeer

snelle detectie van virusinsleep in de regio. Op het moment van detectie verwachten we nog niet zo veel besmette bedrijven. Hierbij moet worden gemeld dat in regio 3 de bestrijding waarschijnlijk soepel verloopt. In de andere drie regio's ligt de  $R_t$  zo dicht bij 1 dat het uitsterven van de epidemie vooral een kansproces is en heel lang kan duren. De verwachte totale bestrijdingsperiode bij toepassing van het basispakket loopt dan ook uiteen van 2 maanden (regio 3, snelle detectie) tot meerdere jaren voor regio 4 en 6.

Het basispakket aan maatregelen leidt dus waarschijnlijk niet tot een afname van de epidemie in regio's 2, 4 en 6 en aanvullende maatregelen zijn dus nodig om te voorkomen dat de epidemie heel Nederland besmet.

Preventief ruimen zal vooral in regio's 2 en 3 een goede optie zijn. Een groot deel van de aerogeen besmette bedrijven wordt daarmee niet infectieus en ook van de andere nieuwe besmettingen zal een redelijk deel op tijd geruimd zijn. Echter, de ruimingscapaciteit dient dan wel voldoende groot te zijn om zeker 5 bedrijven per dag preventief te kunnen ruimen. Indien de epidemie al tot twee of meer nieuwe besmette bedrijven per dag is ontwikkeld, is een 2 tot 4 maal grotere ruimingscapaciteit nodig.

In regio's 4 en 6 is een 2 tot 4 maal grotere ruimingscapaciteit noodzakelijk dan in regio's 2 en 3, dus bij redelijk gevorderde epidemie, meer dan 25 bedrijven per dag.

Als deze ruimingscapaciteit niet aanwezig is, zal vaccinatie noodzakelijk zijn om de epidemie te stoppen. Als we uitgaan van een vaccinatie in een ring van 1 km rond elk besmet bedrijf, en daarbovenop het door het pluimmodel aangewezen gebied, dan loopt de epidemie snel dood.

### **Samenvattend**

Op basis van de resulterende epidemiologische kengetallen kunnen de te nemen bestrijdingsmaatregelen als volgt worden samengevat;

- Regio's 1, 5 en 7: Basispakket en preventief ruimen van contactbedrijven.
- Regio's 2, 3: Basispakket plus preventief ruimen. De ruimingscapaciteit moet dan zijn minimaal 5 bedrijven per dag. Indien de ruimingscapaciteit onvoldoende is, is vaccinatie een noodzakelijke extra maatregel.
- Regio's 4 en 6: In de regio's 4 en 6 is het basispakket plus preventief ruimen mogelijk onvoldoende. Indien de ruimingscapaciteit minder dan 25 bedrijven per dag bedraagt, is vaccinatie een noodzakelijke extra maatregel. Als er al veel bedrijven positief zijn aan het begin van de epidemie is vaccinatie ook een noodzakelijke extra maatregel.

De kans op het 'spontaan' doodlopen van de infectie in een vroeg stadium, als er nog maar weinig positieve bedrijven zijn, is redelijk groot, afhankelijk van de  $R_h$ . Dat betekent dat de informatie die wordt verzameld gedurende de eerste 3 dagen na detectie van het eerste geval (tijdens de algehele standstill) moet worden meegenomen bij de besluitvorming om tot vaccinatie over te gaan. Het is mogelijk dat uit het verloop van de epidemie in de eerste dagen blijkt dat er een redelijke kans is dat epidemie spontaan dood zal lopen. Gegeven de specifieke omstandigheden waaronder een uitbraak wordt ontdekt, kan die kans op doodlopen van de epidemie worden berekend.

### **Sensitiviteit**

Op verscheidene punten was het moeilijk om goede schattingen voor de modelparameters te krijgen. Dit beïnvloedt het betrouwbaarheidsinterval van het berekende resultaat. Om deze invloed te schatten, werd eerst de betrouwbaarheid van de parameterschatting bepaald, waarna een aansluitende sensitiviteitsanalyse van het model de betrouwbaarheid van de  $R_h$  schatting geeft. Aangezien we in dit rapport slechts een snelle schatting van de risico's willen weergeven, is de sensitiviteit niet verder geanalyseerd. In een uitgebreidere studie dient dit thema verder te worden uitgewerkt.



## 3.2 Resultaten economisch model

Het economisch model is gebruikt om zowel de directe als de indirecte gevolgen door te rekenen van een uitbraak in elk van de zeven regio's in Nederland. Dit is gedaan in de situatie dat er maximale aerogene verspreiding is van het MKZ virus en in de situatie dat er geen aerogene verspreiding is. Daarnaast is er rekening gehouden met drie verschillende HRP's (7, 14 en 21 dagen). De gebruikte resultaten van het epidemiologische model staan in annex I.

### 3.2.1 Directe kosten

In de tabellen 3.1 tot en met 3.6 staan de berekende directe kosten voor de dierlijke ketens en overheid weergegeven (geel = laagste kosten per regio). De eerste drie tabellen hebben betrekking op de situatie dat er aerogene verspreiding is. Het basispakket aan maatregelen (BASIS) blijkt hier niet voldoende om de epidemie te stoppen in de regio's 2, 3, 4 en 6. Dit geldt ook voor het basispakket aangevuld met preventief ruimen (BAPR) voor enkele regio's. Verder is te zien dat de directe kosten aanzienlijk toenemen naarmate de HRP langer is.

De tabellen 3.4, 3.5 en 3.6 geven de directe kosten weer in de situatie dat er geen sprake is van aerogene verspreiding. Voor de veedichte regio's zijn de directe kosten lager dan in de voorgaande tabellen omdat de uitbraken nu minder groot worden. Voor de vee-arme gebieden is dit verschil minder zichtbaar. Het effect van aerogene verspreiding is dus gering in deze regio's.

### 3.2.2 Indirecte kosten

De export die gederfd wordt door de Nederlandse vee-, vlees- en zuivelsector staat in de tabellen 3.7 tot en met 3.12, wederom onderverdeeld op basis van HRP en de aan- of afwezigheid van aerogene verspreiding. Een uitbraak van MKZ kost de sector minimaal 1,6 miljard aan exportderving als uitgegaan wordt van de reacties in de markt zoals die vermeld staan in tabel 2.14. Zoals eerder uitgelegd in hoofdstuk 2 moet bedacht worden dat exportderving en economische schade niet geheel hetzelfde zijn. De onderstaande cijfers geven een indicatie voor de verschuivingen in de verschillende markten als gevolg van een uitbraak van MKZ. De hoogte van de exportderving hangt vooral samen met de duur van de uitbraak en de omvang van het vervoersverbod.

Tabel 3.1 Directe kosten, HRP=7 en aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVC1	BAVC3
1	18	12	17	18
2	end*	123	94	100
3	end	57	73	78
4	end	end	149	145
5	17	9	14	15
6	end	533	207	195
7	75	36	49	50

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.2 Directe kosten, HRP=14 en aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVC1	BAVC3
1	61	38	46	51
2	end*	379	279	234
3	end	146	154	169
4	end	end	431	445
5	45	20	31	32
6	end	2123	767	830
7	289	107	112	114

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.3 Directe kosten, HRP=21 en aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVC1	BAVC3
1	242	155	184	196
2	end*	end	898	954
3	end	873	597	566
4	end	end	1768	1034
5	137	63	88	98
6	end	end	3663	4349
7	3266	473	403	410

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.4 Directe kosten, HRP=7 en geen aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVC1	BAVC3
1	15	12	17	18
2	136	80	94	100
3	62	54	73	78
4	end	184	133	144
5	10	9	14	14
6	end	269	183	193
7	43	35	49	50

\*end = endemisch, uitbraak > 1jr

Tabel 3.5 Directe kosten, HRP=14 en geen aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVC1	BAVC3
1	44	37	45	50
2	405	344	200	216
3	150	127	150	166
4	end*	451	264	316
5	23	19	28	31
6	end	1114	649	714
7	128	99	110	113

\*end = endemisch, uitbraak > 1jr

Tabel 3.6 Directe kosten, HRP=21 en geen aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVC1	BAVC3
1	160	146	177	194
2	1331	919	678	784
3	956	354	547	531
4	end*	2829	1210	719
5	58	55	83	84
6	end	end	2380	2937
7	437	421	387	402

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.7 Exportderving, HRP=7 en aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVCI	BAVC3
1	1971	1572	1994	1994
2	end*	2466	2275	2275
3	end	1875	2232	2232
4	end	end	2698	2540
5	1930	1440	1924	1924
6	end	4132	2515	2392
7	2382	1558	1881	1881

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.8 Exportderving, HRP=14 en aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVCI	BAVC3
1	2904	2039	2350	2350
2	end*	3975	3092	2749
3	end	2595	2690	2690
4	end	end	3074	2963
5	2796	1776	2247	2210
6	end	7387	4186	4186
7	3874	2090	2200	2200

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.9 Exportderving, HRP=21 en aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVCI	BAVC3
1	4466	2816	3302	3035
2	end*	7150	4179	4521
3	end	3229	3163	2978
	end	end	4571	3914
5	3930	2210	2805	2805
6	end	end	6343	6583
7	9949	2942	2747	2747

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.10 Exportderving, HRP=7 en geen aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVCI	BAVC3
1	1756	1571	1994	1994
2	2772	2040	2275	2275
3	2069	1789	2232	2232
4	end*	2824	2540	2540
5	1542	1414	1924	1924
6	end	2798	2392	2392
7	1763	1532	1881	1881

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.11 Exportderving, HRP=14 en geen aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVCI	BAVC3
1	2405	2006	2350	2350
2	4570	4214	2749	2749
3	2973	2369	2690	2690
4	end*	3688	2523	2523
5	1983	1719	2210	2210
6	end	5053	3801	3801
7	2522	2030	2200	2200

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

Tabel 3.12 Exportderving, HRP=21 en geen aerogene verspreiding (in mln gld)

Regio	BASIS	BAPR	BAVCI	BAVC3
1	3468	2721	3302	3035
2	6953	4966	4455	4097
3	3746	3497	3163	2978
4	end	6461	3536	3083
5	2533	2102	2805	2614
6	end	end	4803	4852
7	3713	2824	2747	2747

\*end = endemisch, uitbraak > 1 jr

### 3.3 Beslisboom

#### 3.3.1 HRP wel bekend

In tabel 3.13 staat de optimale bestrijdingsstrategie weergegeven voor elke regio en HRP als er wel sprake is van aerogene verspreiding. Optimaal betekent hier dat de optelsom van directe kosten en exportderving minimaal is. In de vee-arme gebieden blijkt dat het basispakket aangevuld met preventief ruimen (BAPR) in de meeste gevallen economisch gezien de optimale keuze. In de veedichte gebieden is noodvaccinatie (BAVC1 of BAVC3) altijd de optimale strategie. De optimale straal om het geïnfekteerde bedrijf hangt af van de HRP en de regio.

Tabel 3.13 Optimale bestrijdingsstrategie per HRP en regio als er sprake is van aerogene verspreiding

Regio	HRP = 7	HRP = 14	HRP = 21
1	BAPR	BAPR	BAPR
2	BAVC1	BAVC3	BAVC1
3	BAPR	BAPR	BAVC3
4	BAVC3	BAVC3	BAVC3
5	BAPR	BAPR	BAPR
6	BAVC3	BAVC1	BAVC1
7	BAPR	BAPR	BAVC1

Als er geen sprake is van aerogene verspreiding dan verandert de tabel (zie tabel 3.14). In geel staan de strategieën die gewijzigd zijn ten opzichte van de situatie met aerogene verspreiding. In regio 2 wordt preventief ruimen wel interessant als de HRP kort is. Voor de regio's 4 en 6 is noodvaccinatie in een straal van 1 km de optimale strategie bij een korte HRP. In annex II staan bovenstaande resultaten weergegeven in een beslisdiagram.

Tabel 3.14 Optimale bestrijdingsstrategie per HRP en regio als er geen sprake is van aerogene verspreiding

Regio	HRP = 7	HRP = 14	HRP = 21
1	BAPR	BAPR	BAPR
2	BAPR	BAVC1	BAVC3
3	BAPR	BAPR	BAVC3
4	BAVC1	BAVC1	BAVC3
5	BAPR	BAPR	BAPR
6	BAVC1	BAVC1	BAVC1
7	BAPR	BAPR	BAVC1

Geel = gewijzigd ten opzichte van tabel 3.13

### 3.3.2 HRP niet bekend

Als de HRP niet bekend is, dan dienen de optimale strategieën op basis van de verschillende HRP's ingewogen te worden tot één optimale strategie per regio. In tabel 3.15 staat de optimale strategie per regio in de situatie dat er sprake is van aerogene verspreiding. Ook is de suboptimale strategie vermeld (= een na beste keuze). In de laatste kolom is af te lezen wat het verschil is in kosten tussen deze beide strategieën. Vooral voor regio 1, 4, 5 en 6 is het verschil in kosten groot. Bij de vee-arme regio 1 en 5 wordt dit verschil veroorzaakt doordat de duur van de uitbraak langer wordt en het oppervlak van het vervoersverbod toeneemt als overgegaan wordt op noodvaccinatie. Bij regio 4 en 6 wordt dit verschil veroorzaakt doordat de duur van de uitbraak bij de optimale strategie korter is.

Tabel 3.15 Optimale en suboptimale bestrijdingsstrategieën per regio als er sprake is van aerogene verspreiding

Regio	Optimale strategie	Suboptimale strategie	Kostenverschil (mln gld)
1	BAPR	BAVC3	337
2	BAVC1	BAVC3	5
3	BAVC3	BAPR	21
4	BAVC3	BAVC1	550
5	BAPR	BAVC3	522
6	BAVC1	BAVC3	284
7	BAPR	BAVC1	59

In tabel 3.16 staan de optimale en suboptimale bestrijdingsstrategie per regio weergegeven voor de situatie dat er geen sprake is van aerogene verspreiding. Met geel is aangegeven welke optimale strategie gewijzigd is ten opzichte van de situatie met aerogene verspreiding. Voor de veedichte gebieden blijft noodvaccinatie optimaal.

Tabel 3.16 Optimale en suboptimale bestrijdingsstrategie per regio als er geen sprake is van aerogene verspreiding

Regio	Optimale strategie	Suboptimale strategie	Kostenverschil (mln gld)
1	BAPR	BAVC3	381
2	BAVC3	BAVC1	88
3	BAPR	BAVC3	163
4	BAVC3	BAVC1	297
5	BAPR	BAVC3	519
6	BAVC1	BAVC3	37
7	BAVC3	BAVC1	19

Geel = gewijzigd ten opzichte van tabel 3.15

## 4. Discussie

Het epidemiologisch model beperkt zich tot een MKZ virus dat vooral spreidt onder varkens. Voor deze berekeningen waren voldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar omdat onder andere gebruik gemaakt kon worden van gegevens uit de KVP uitbraak 1997/'98. De beschrijving van de transmissie van het virus wordt daarom beperkt tot de varkenshouderij. In werkelijkheid zullen ook runderen, schapen en geiten door de infectie getroffen worden. Aangezien er zeer weinig bekend is over virustransmissie in het veld bij deze diersoorten, is deze transmissie buiten de berekeningen gelaten. Hierdoor kan er dus weinig gezegd worden over de bestrijding van een virus dat vooral spreidt onder deze diersoorten. Wel geeft dit stuk over transmissie onder varkens een indicatie voor mogelijke ontwikkelingen bij runderen. De grote lijnen kunnen naar runderen geëxtrapoleerd worden. Voor de transmissie onder schapen en geiten kan dit niet gezegd worden omdat hierover te weinig bekend is.

In gebieden waar weinig gevoelige dieren voorkomen, zal het basispakket aan maatregelen aangevuld met preventief ruimen volstaan. In veedichte gebieden zijn meer maatregelen noodzakelijk.

Bestrijding van een epidemie door noodvaccinatie bemoeilijkt de detectie van geïnfecteerde bedrijven, aangezien de infectie dan niet of nauwelijks meer klinisch waarneembaar zal zijn. Bij de huidige stand van de wetenschap zullen deze gevaccineerde dieren weer verwijderd moeten worden om zo snel mogelijk de MKZ vrij status te bereiken. De huidige ontwikkeling van marker-testen is hoopgevend. Echter bij noodvaccinatie zal het aantal positieve dieren laag zijn, ten gevolge van de beperkte transmissie. Zeer uitgebreide serologie is dan noodzakelijk om geïnfecteerde bedrijven en mogelijke carriers aan te tonen. Om volledig uitsterven van het virus te bereiken zal het gebied lange tijd afgesloten moeten blijven van de buitenwereld. Gebruik van sentinel dieren zal geen uitkomst bieden, daar bij een klein aantal contacten in dierexperimenten ook bijna nooit transmissie is aangetoond. Echter epidemiologische data ondersteunen het risico van carriers.

Ook de aannames en vereenvoudigingen die gedaan zijn voor de berekening van de indirecte kosten hebben een sterke invloed op de resultaten.

- De indirecte kosten zijn kosten die ontstaan door een vermindering van economisch activiteit (incl. export) vanwege een uitbraak. Dit heeft uiteraard betrekking op de agrarische sector, maar ook op andere sectoren, waarvan

toerisme op dit moment de belangrijkste lijkt te zijn. De gevolgen in andere sectoren zijn echter niet meegenomen vanwege de beperkte omvang van het project.

- In dit model wordt berekend welke export wegvalt bij elke bestrijdingsstrategie. Aangenomen wordt dat deze export in zijn geheel wegvalt en dat deze export niet op andere markten kan worden afgezet. Bedacht moet worden dat exportderving en economische schade meestal niet geheel hetzelfde zijn. Als productie niet plaatsvindt is er naast opbrengstreductie meestal ook een kostenreductie. Als productie wel heeft plaatsgevonden en het product is onverkoopbaar op een bepaalde markt, dan is er soms een lagere opbrengst op een andere markt. Aangezien er te weinig bekend is over de mogelijke reacties van producenten en afnemers in de gehele wereld, is alleen een berekening van de exportderving gemaakt. Deze exportderving geeft een indicatie voor de verschuivingen in de verschillende markten als gevolg van een uitbraak van MKZ.
- Bij het berekenen van de exportderving zijn aannames gedaan over de reacties van importerende landen op een MKZ-uitbraak. Deze aannames zijn gedaan op basis van literatuuronderzoek. Ook hier is echter weinig bekend over de mogelijke reacties. Vergelijken we de aannames met de huidige reacties in de markt op de MKZ-uitbraak in Nederland dan komen deze vrij goed overeen. De tijdsduur van de huidige importverboden valt echter nog niet geheel in te schatten.
- Vanuit een economisch gezichtspunt is het nuttig om onderscheid te maken in maatregelen die effect hebben op de omvang van de agrarische productie en maatregelen die een direct effect op de prijsvorming hebben. In dit model is alleen gekeken naar de veranderingen in productievolume. Prijseffecten zijn buiten beschouwing gelaten. Dit betekent dat onze resultaten geïnterpreteerd moeten worden als de bovengrenzen van exportderving door importverboden. De kosten zijn slechts doorgerekend voor een beperkt aantal scenario's. De berekeningen zijn daarbij gebaseerd op de meest waarschijnlijke situaties. Er zijn echter vele factoren die het verloop van een uitbraak kunnen beïnvloeden.



## 5. Conclusies

### Epidemiologisch deel

Te nemen maatregelen voor:

- Regio's 1, 5 en 7: Basispakket en preventief ruimen van contactbedrijven.
- Regio's 2, 3: Basispakket en preventief ruimen. De ruimingscapaciteit moet dan minimaal 5 bedrijven per dag bedragen. Indien de ruimingscapaciteit onvoldoende is, dan is vaccinatie een noodzakelijke extra maatregel om de epidemie te stoppen.
- Regio's 4 en 6: In de regio's 4 en 6 is het pakket basismaatregelen en preventief ruimen mogelijk onvoldoende (minimaal 25 bedrijven per dag). Indien de ruimingscapaciteit onvoldoende is, dan is vaccinatie een noodzakelijke extra maatregel. Als er al veel bedrijven positief zijn aan het begin van de epidemie is vaccinatie ook een noodzakelijke extra maatregel.

### Economisch deel

Gekeken is naar de gevolgen van een MKZ-uitbraak waarbij Nederland is opgedeeld in een zevental regio's op basis van veedichtheid. Berekend zijn:

1. Directe kosten van een epidemie voor overheid en dierlijke ketens
2. De export die wegvalt als gevolg van een uitbraak

#### Directe kosten van een MKZ-epidemie voor overheid & dierlijke ketens:

- De kosten lopen aanzienlijk op naarmate de HRP langer is.
- Het effect van aerogene verspreiding is in de vee-arme regio's beperkt
- Bij een korte HRP heeft de strategie met preventief ruimen de laagste directe kosten voor de vee-arme gebieden. Voor de veedichte gebieden (4 en 6) brengt noodvaccinatie de laagste kosten met zich mee.
- De directe kosten zijn lager dan de exportbedragen die wegvallen als gevolg van een uitbraak.

#### Exportderving als gevolg van een uitbraak

- Een uitbraak van MKZ gevolgen heeft grote gevolgen voor de nationale export van vee, vlees en zuivel. Door de hoogte van de exportbedragen die

wegvallen, lijkt exportderving het doorslaggevende criterium te zijn voor de beslissing ten aanzien van de te volgen bestrijdingsstrategie.

- Ook hier geldt dat de bedragen aanzienlijk oplopen naarmate de periode tussen infectie en eerste detectie langer is. In de situatie met aerogene verspreiding is de exportderving bij een ontdekking na drie weken ongeveer anderhalf tot twee keer zo hoog dan bij ontdekking na een week.
- Bij een korte periode van infectie tot detectie heeft de strategie met preventief ruimen de laagste exportderving voor de vee-arme gebieden (1, 5 en 7). Voor de veedichte (4 en 6) gebieden is noodvaccinatie de strategie met de minst nadelige gevolgen voor de export.
- De hoogte van de exportderving hangt vooral samen met de duur van de uitbraak en de grootte van het vervoersverbod.

### **Beslisboom**

Als de HRP wel bekend is:

- Voor de vee-arme regio's 1 en 5 blijkt BAPR in elke situatie de optimale strategie te zijn.
- Voor de veedichte regio's 4 en 6 blijkt noodvaccinatie altijd de optimale strategie te zijn.
- Voor de regio's 2, 3 en 7 hangt de optimale strategie af van de lengte van de HRP en de aan- of afwezigheid van aerogene verspreiding.

Als de HRP niet bekend is:

- Voor de vee-arme regio's 1 en 5 is BAPR de optimale strategie, voor de veedichte regio's 4 en 6 is noodvaccinatie de optimale strategie
- Voor de regio's 2, 3 en 7 hangt de optimale strategie af van de aan- of afwezigheid van aerogene verspreiding.
- Voor de regio's 1, 4, 5 en 6 zijn de verschillen in kosten tussen de optimale en tweede keuze strategie groot. Voor de regio's 1 en 5 is dit geen probleem omdat voor alle HRP's geldt dat BAPR de eerste keus strategie is. Voor regio 4 en 6 varieert de optimale strategie wel voor de verschillende HRP's. Daarom is het in deze regio's belangrijker om zo snel mogelijk inzicht te hebben in de lengte van de HRP.

## **Inventarisatie ontbrekende gegevens**

Voor het maken en doorrekenen van een meer complete en meer volledige beslisboom is beduidend meer tijd nodig. Veel van de data die nodig zijn voor een dergelijke analyse bleek wel beschikbaar, maar op een aantal cruciale punten bleken er geen gegevens beschikbaar te zijn. Om de beslisboom completer te kunnen maken zijn nog heel wat verdere gegevens nodig:

- Veldgegevens over transmissie tussen bedrijven van allerlei typen (niet alleen varkens dus). De data van de recente uitbraak in de UK zou hierin kunnen voorzien. Vooralsnog lijken de gegevens van de recente uitbraak in Nederland te summier om hieraan te kunnen bijdragen. Ter validatie van het omzetten van de Britse data naar de Nederlandse situatie kunnen deze gegevens wel waardevol blijken.
- Tijdsaspecten bij de werkzaamheid van vaccins, met betrekking tot transmissie. Effect vaccin bij de verschillende diersoorten. Transmissie tussen verschillende diersoorten in allerlei situaties. Voor deze drie factoren zijn nog allerlei transmissie experimenten noodzakelijk. Veel is reeds gedaan, met name in de UK is veel bereikt, maar veel essentiële gegevens die nodig zijn voor een gedegen epidemiologische analyse, zijn nog steeds niet beschikbaar
- Meer en betere gegevens over internationale reacties op MKZ uitbraken, zoals de verwachte duur van importverboden die door allerlei landen worden ingesteld. Ook hierin kunnen gegevens van de recente uitbraken in de EU bijdragen.
- Ruimtelijk aspect. De exacte locatie van bedrijven beïnvloedt de ontwikkeling van de epidemie, maar ook van de kosten. Om het effect daarvan te analyseren zijn recente gegevens van alle Nederlandse veehouders nodig: De geografische locatie, aantal dieren per diersoort en productietype.
- De prijseffecten die veroorzaakt worden door een uitbraak. Een goede analyse van dit onderdeel vergt zeer veel tijd.
- Het effect van de standstill en volgende hygiënische maatregelen op andere sectoren dan de veehouderij zelf, zoals vleeshandel, maar ook toerisme.
- Het effect van de publieke perceptie van de bestrijding van een epidemie. Dit is wellicht volkomen onvoorspelbaar, maar kan wel de vraag en prijsontwikkeling op langere termijn beïnvloeden. Een publieksgerichte media campagne kan dit wellicht iets voorspelbaarder maken. Ook hiervoor kunnen gegevens van de recente epidemie een bijdrage leveren.

## Referenties

Bekkum, J.G. van, Bool, P.H., Vermeulen, C.J. (1967) Experience with the vaccination of pigs for the control of foot-and-mouth disease in the Netherlands. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*, 92, p. 87-97.

Berentsen, P.B.M., Dijkhuizen, A.A. en Oskam, A.J. (1990) Foot-and-mouth disease and export. An economic evaluation of preventive and control strategies for the Netherlands. Wageningen Agricultural University, Wageningse Economische Studies 20, 89 p.

Centraal Bureau voor de Statistiek (2001) Statline. [Http://www.cbs.nl](http://www.cbs.nl).

Elbers, A.R.W., Stegeman, A. J., Moser, H., Ekker, H.M., Smak, J.A. en Plumers, F.H. (1999) *Preventive Veterinary Medicine*, 42, p. 157-184.

Gezondheidsdienst voor Dieren (2000) BRBS-dataset 1999 millennium backup. Gezondheidsdienst voor Dieren, Deventer.

Gloster, J., Blackall, R.M., Sellers, R.F., and Donaldson, A.I. 1981. Forecasting the airborne spread of foot-and-mouth disease. *The Veterinary Record*, 108, p. 370-374.

Haydon, D.T., Woolhouse, M.E.J., and Kitching, R.P. (1997) An analysis of foot-and-mouth-disease epidemics in the UK. *IMA J. Math. Appl. Medicine & Biology* 14, p. 1-9.

Horst, H.S. (1998) Risk and economic consequences of contagious animal disease introduction (proefschrift). Landbouwniversiteit Wageningen, 147 p.

Kermack, W.O., and McKendrick, A.G. (1927) Contributions to the mathematical theory of epidemics, part I. *Proc. Royal Society A* 116: 700-721.

Koeijer, A.A. de, Jacobs, L, van Rooij, E., Stegeman, A. (1999) Is stoppen met vaccineren tegen de ziekte van Aujeszky in Nederland mogelijk? ID- rapportage.

Koole, B. en Leeuwen, M.G.A. van (2000) Het Nederlandse agrocomplex 2000. LEI, Den Haag, Rapport 1.00.12, 42 p.

KWIN-V (2000) Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2000-2001. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), 443 p.

Mahul, O. en Durand, B. (2000) Simulated economic consequences of foot-and-mouth disease epidemics and their public control in France. *Preventive Veterinary Medicine* 47, p. 23-38.

Mangen, M.-J.J., Jalvingh, A.W., Nielen, M., Mourits, M.C.M., Klinkenberg, D., Dijkhuizen, A.A. (2001) Spatial and stochastic simulation to compare two emergency-vaccination strategies with a marker vaccine in the 1997/1998 Dutch Classical Swine Fever epidemic. *Preventive Veterinary Medicine* 48, p. 177-200.

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

Agrarische Bedrijfseconomie, 164 p.

Meuwissen, M.P.M., Horst, H.S., Huirne, R.B.M. en Dijkhuizen, A.A. (1999) A model to estimate the financial consequences of classical swine fever outbreaks: principles and outcomes. Preventive Veterinary Medicine, 42, p. 249-270.

Meuwissen, M.P.M., Asseldonk, M.A.P.M. en Huirne, R.B.M. (2000) De haalbaarheid van een verzekering voor Veewetziekten in de varkenssector. Institute for Risk Management in Agriculture (IRMA), Wageningen, 38 p.

Ministerie van LNV (2000) Destructiecapaciteit bij een dierziekte-uitbraak. [Http://www.minlnv.nl/infomart/parlemnt/2000/par00248.htm](http://www.minlnv.nl/infomart/parlemnt/2000/par00248.htm)

Ministerie van LNV (2001) Opkoop- en opslagregelingen. [Http://www.minlnv.nl/infomart/dossiers/mkz/infidm12.htm](http://www.minlnv.nl/infomart/dossiers/mkz/infidm12.htm)

Nes, A. van, de Jong, M.C.M., Buijtsels, T. Verheijden, J.H.M. (1998) Implications derived from a mathematical model for eradication of Pseudorabies virus. Preventive Veterinary Medicine, 33, p. 39-58

Nielen, N., Jalvingh, A.W., Horst, H.S., Dijkhuizen, A.A., Msurice, H. Schut, B.H., Wuijckhuise, L.A. en de Jong, M.F. (1996) Quantification of contacts between Dutch farms to assess the potential risk of foot-and-mouth disease spread. Preventive Veterinary Medicine, 28, p. 143-158.

OIE (2000) International Animal Health Code. Office International des Epizooties, Paris. 9<sup>th</sup> edition, <http://www.oie.int>.

Productschappen voor Vee, Vlees en Eieren (2000) Vee, vlees en eieren in cijfers. Statistisch jaarrapport, uitgave 2000. Rijswijk, rapport 0018, 249 p.

Productschap Zuivel (1999) Statistisch Jaaroverzicht 1998. Rijswijk, 108 p.

RVV (2000) Draaiboek mond- en klauwzeer. Afdeling Dierziekten, RVV, versie 1.0

Stegeman, A., Elbers, A.R.W., de Jong, M.C.M., Oosterlaak, B., en Dijkhuizen, A.A. (1997) Estimating the rate of pseudorabies virus introduction into pig-finishing herds at regional level. Veterinary Quarterly, 19, p. 5-9.

Stolwijk, H.J.J. (2001) Economische gevolgen mond- en klauwzeer. Centraal Planbureau, Den Haag, interne publicatie.

Tweede Kamer (2000) Wijziging van de begroting van de uitgaven en de ontvangsten en de ontvangsten van het Diergezondheidsfonds voor het jaar 2000 (wijziging samenhangende met de Najaarsnota). Tweede Kamer, vergaderjaar 2000-2001, 27 539, nr. 2, 3p.

Tabel 1 Aantal besmette bedrijven per regio, HRP en bestrijdingsstrategie bij aerogene verspreiding

<b>HRP=7</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	15	8	8	6
2	17170	20	12	11
3	17170	10	9	7
4	17170	172	15	14
5	14	7	6	5
6	17170	48	16	15
7	24	10	9	7
<b>HRP=14</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	60	35	31	22
2	17170	98	58	57
3	17170	44	37	25
4	17170	980	86	82
5	47	22	21	17
6	17170	328	112	96
7	108	46	39	26
<b>HRP=21</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	245	142	128	108
2	17170	491	289	171
3	17170	189	160	122
4	17170	5575	488	321
5	159	76	72	58
6	17170	2236	762	360
7	494	209	180	94

Tabel 2 Aantal besmette bedrijven per regio, HRP en bestrijdingsstrategie bij geen aerogene verspreiding

<b>HRP=7</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	11	8	7	5
2	22	12	8	7
3	12	9	7	6
4	499	19	8	8
5	8	6	6	4
6	114	24	12	11
7	13	9	8	6
<b>HRP=14</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	44	33	29	22
2	91	48	32	26
3	49	34	28	22
4	1965	75	31	29
5	25	20	18	13
6	664	140	67	65
7	59	42	35	25
<b>HRP=21</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	176	131	117	113
2	371	195	128	120
3	192	133	111	106
4	7744	295	122	113
5	82	63	59	57
6	3869	816	390	208
7	258	184	156	91

Tabel 3 Duur uitbraak per regio, HRP en bestrijdingsstrategie bij aerogene verspreiding (in dagen)

<b>HRP=7</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	60	45	60	60
2	1095	69	60	60
3	1095	49	60	60
4	1095	395	60	60
5	61	42	60	60
6	1095	118	60	60
7	80	48	60	60
<b>HRP=14</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	90	60	70	70
2	1095	107	70	70
3	1095	68	70	70
4	1095	395	80	80
5	92	54	70	70
6	1095	206	80	80
7	130	66	70	70
<b>HRP=21</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	119	75	80	80
2	1095	212	84	96
3	1095	87	80	80
4	1095	942	127	90
5	123	66	80	80
6	1095	809	152	168
7	180	83	80	80



Tabel 4 Duur uitbraak per regio, HRP en bestrijdingsstrategie bij geen aerogene verspreiding (in dagen)

<b>HRP=7</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	52	45	60	60
2	80	54	60	60
3	56	46	60	60
4	395	72	60	60
5	46	41	60	60
6	395	75	60	60
7	56	47	60	60
<b>HRP=14</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	73	59	70	70
2	129	127	70	70
3	81	62	70	70
4	395	113	70	70
5	62	52	70	70
6	395	119	80	80
7	82	64	70	70
<b>HRP=21</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	94	73	80	80
2	178	128	80	95
3	106	78	80	80
4	1095	255	111	81
5	78	63	80	80
6	760	488	136	167
7	107	81	80	80

Tabel 5 Maximale oppervlak van vervoersverboden per regio, HRP en bestrijdingsstrategie bij aerogene verspreiding (in km<sup>2</sup>)

<b>HRP=7</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	452	409	500	500
2	18255	488	500	500
3	18255	422	500	500
4	18255	1556	600	500
5	447	396	500	500
6	18255	686	600	500
7	517	420	500	500
<b>HRP=14</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	767	592	700	700
2	18255	1038	1200	700
3	18255	658	700	700
4	18255	7211	1500	1200
5	680	507	700	600
6	18255	2643	1500	1500
7	1108	671	700	700
<b>HRP=21</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	2066	1346	2000	1500
2	18255	3786	2500	2000
3	18255	1672	2000	1500
4	18255	18255	3500	3000
5	1463	880	1500	1500
6	18255	16004	5000	5000
7	10874	1812	1500	1500

Tabel 6 Maximale oppervlak van vervoersverboden per regio, HRP en bestrijdingsstrategie bij geen aerogene verspreiding (in km<sup>2</sup>)

<b>HRP=7</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	426	407	500	500
2	507	432	500	500
3	437	411	500	500
4	3841	483	500	500
5	405	393	500	500
6	1148	518	500	500
7	443	416	500	500
<b>HRP=14</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	656	578	700	700
2	988	685	700	700
3	692	588	700	700
4	14106	873	700	700
5	528	488	600	600
6	4999	1331	1200	1200
7	760	642	700	700
<b>HRP=21</b>	<b>BASIS</b>	<b>BAPR</b>	<b>BAVC1</b>	<b>BAVC3</b>
1	1582	1268	2000	1500
2	2947	1712	2000	1500
3	1691	1283	2000	1500
4	18255	2412	2000	1500
5	922	792	1500	1000
6	10955	6064	3000	2500
7	2159	1639	1500	1500

Beslisdiagram voor bestrijdingsstrategie als regio en HRP bekend zijn.

