

Insleep en verspreiding van besmettelijke dierziekten

Beslissingsondersteuning met Monte Carlo simulatie

H.S. Horst, A.W. Jalvingh, M.P.M. Meuwissen, M. Nielen, R.B.M. Huirne, A.A. Dijkhuizen

Vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie, Landbouwwuniversiteit Wageningen

Hollandseweg 1, 6706 KN Wageningen

e-mail: suzan.horst@alg.abe.wau.nl

Uitbraken van besmettelijke dierziekten als Mond- en Klauwzeer (MKZ) en Klassieke Varkenspest (KVP) kunnen voor grote economische schade zorgen. Met behulp van simulatiemodellen tracht de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie van de LUW ondersteuning te bieden aan besluitvorming gericht op het minimaliseren van de kans op virus-insleep in Nederland en het zo snel en adequaat mogelijk bestrijden van uitbraken. Het model VIRiS geeft inzicht in het insleep-risico van MKZ en KVP in Nederland. Het model InterSpread is ontwikkeld om de verspreiding van een MKZ-uitbraak te voorspellen bij verschillende bestrijdingsstrategieën en maakt deel uit van het beslissingsondersteunend systeem EpiMAN. Beide modellen zijn gebaseerd op Monte Carlo simulatie waardoor het mogelijk wordt om variatie en onzekerheid op een realistische wijze in te bouwen. VIRiS is geconstrueerd in Excel met @Risk als add-on, InterSpread is geprogrammeerd in C++.

Trefwoorden: besmettelijke dierziekten, simulatiemodellen, beslissingsondersteuning, economie, risico-analyse

Het beleid met betrekking tot de agrarische sector in Nederland en de andere EU-lidstaten wordt in toenemende mate beïnvloed door Brussel. Dit geldt ook voor de maatregelen bij uitbraken van besmettelijke dierziekten. Voor uitbraken van ziekten die in Nederland bekend staan als veewetziekten (zoals Mond- en Klauwzeer (MKZ) en Klassieke Varkenspest (KVP)), omvatten de maatregelen onder andere verplichting tot vernietiging van de dieren op besmette bedrijven, instelling van vervoersverboden, mogelijke preventieve ruiming van bedrijven, en eventueel exportbelemmeringen voor de regio of het land waarbinnen de uitbraak plaatsvindt. De recente uitbraak van KVP (feb. 1997) liet eens te meer zien dat deze maatregelen, in combinatie met de intensieve en exportgerichte varkenshouderijstructuur die ons land kent, grote economische schade kunnen geven. Binnen de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie van de Landbouwwuniversiteit worden verschillende projecten uitgevoerd rond deze besmettelijke dierziekten. Doel is

om ondersteuning te bieden aan besluitvorming over het minimaliseren van de kans op virus-insleep in Nederland en het zo snel en adequaat mogelijk bestrijden van uitbraken. Omdat het uitvoeren van 'real-life'-experimenten voor dit soort ziekten niet mogelijk is (te hoog risico), wordt in de verschillende projecten veel gebruik gemaakt van stochastische simulatiemodellen. In deze bijdrage wordt een overzicht gegeven van het onderzoek waarbij vooral deze modelmatige kant centraal staat. Achtereenvolgens wordt aandacht gegeven aan de insleep van veewetziekten (model VIRiS) en de verspreiding binnen Nederland (model InterSpread).

Insleep: VIRiS

Voor meer inzicht in de factoren die van invloed zijn op het zogenaamde 'insleep-risico' van veewetziekten voor Nederland, is het simulatiemodel VIRiS ontwikkeld. VIRiS is een hulpmiddel voor het analyseren en optimaliseren van preventief beleid. Het model simuleert het aantal en de locatie

van primaire uitbraken bij huidige en alternatieve preventiestrategieën. VIRiS kan gezien worden als een mechanistisch model: het model geeft een vereenvoudigde weergave van het proces zoals zich dat in werkelijkheid ook voor-doet. VIRiS begint bij een uitbraak in een land in Europa en 'volgt' het virus tot aan een mogelijke insleep in Nederland. Insleep ontstaat wanneer het virus 'meelift' met bijv. import van levende dieren.

Objectieve kwantitatieve informatie over de verschillende facetten van insleep van veewetziekten in Nederland is slechts beperkt voorhanden. Aanvullende informatie wordt gezocht bij deskundigen die op dit terrein werkzaam zijn (Horst et al., 1997). Het simulatiemodel VIRiS is gedeeltelijk gebaseerd op de kennis van deze deskundigen. VIRiS is een Monte Carlo simulatiemodel. Een dergelijk model werkt met kansen en kansverdelingen. Hierdoor is het mogelijk om variatie danwel onzekerheid rond bepaalde inputparameters (lengte van de periode waarin virusoverdracht mogelijk is, aantal verwachte uitbraken in een bepaald land) op een realistische wijze te modelleren. Tijdens het doorrekenen van een Monte Carlo model wordt uit elke kansverdeling een waarde 'getrokken' welke gebruikt wordt in de verdere berekeningen. De getrokken waarde zal meestal een 'veel voorkomende waarde' zijn, maar het is ook mogelijk om juist een 'zeldzame waarde' te trekken. Het eenmalig doorrekenen van een Monte Carlo model is daarom ook niet zinvol. Juist door het herhalen van de berekeningen (iteraties), bij dezelfde uitgangspunten, is het mogelijk om de variatie (en onzekerheid) van de input weerspiegeld te zien in de output. Op deze manier is niet alleen de gemiddeld te verwachten uitkomst

zichtbaar te maken maar ook de variatie daar omheen, inclusief de extremen ('worst case' en 'best case' situaties).

De VIRiS-resultaten geven aan dat, in de huidige situatie, de zuidelijke regio van Nederland de meeste kans maakt op een uitbraak van KVP. Voor MKZ is dit de oostelijke regio. De meeste primaire uitbraken van zowel KVP als MKZ worden veroorzaakt door de risicofactor 'import levende dieren'. Ook veewagens voor export, terugkerend naar Nederland, worden voor beide ziekten gezien als een belangrijke oorzaak voor primaire uitbraken. De meeste primaire uitbraken (35%) van MKZ worden veroorzaakt door insleep vanuit de buurlanden van Nederland. Zuid-Europa komt met 25% op een tweede plaats. Voor KVP is het net andersom.

Het insleeprisico kan op diverse manieren verlaagd worden. VIRiS geeft aan dat veel gewonnen wordt door het verkorten van de zogenaamde Hoog Risico Periode (HRP). Dit is de periode gedurende welke virus zich vrijelijk binnen of tussen landen kan verplaatsen doordat zieke dieren nog niet ontdekt of maatregelen nog niet genomen zijn. Ook het uitschakelen van risicofactoren verlaagt het insleep risico. De resultaten van VIRiS zijn beter inzichtelijk te maken door ze te combineren met de economische schade die het gevolg is van uitbraken (Meuwissen et al., 1997). Dan blijkt bijvoorbeeld dat het volledig elimineren van de risicofactor 'terugkerende veewagens' een reductie in verwachte jaarlijkse schade door KVP- en MKZ-uitbraken van ruim 11 miljoen gulden tot gevolg heeft. Dit bedrag kan gezien worden als de 'maximale financiële ruimte' die beschikbaar is voor het nemen van maatregelen die leiden tot het elimineren van het 'veewagen-*risico*' (meer spuitplaatsen, meer controle, etc.).

VIRiS is geconstrueerd in Excel 5.0, met @Risk als 'add-on'. @Risk vereenvoudigt het werken met kansen en kansverdelingen. @Risk biedt ook uitgebreide opties om het itereren te vereenvoudigen, houdt de resultaten van vooraf opgegeven variabelen bij en levert statistische informatie. De combinatie Excel-@Risk voldoet goed om snel een 'prototype' simulatiemodel te maken. Voor grotere modellen is het programma echter niet altijd stabiel en moet 'teruggevallen' worden op Excel-macro's (Visual Basic) om de berekeningen uit te voeren. Overigens

blijft het dan mogelijk om gebruik te maken van de uitgebreide set voorgeprogrammeerde kansverdelingen die @Risk biedt. Modellen waarin grote aantallen kansverdelingen zijn verwerkt hebben ook een groot aantal iteraties nodig om tot een representatief overzicht van resultaten te komen. Om de rekentijd binnen te perken te houden zou voor zulke modellen ook het gebruik van bijvoorbeeld Delphi-Pascal overwogen kunnen worden.

Verspreiding: InterSpread

Wanneer een besmettelijke dierziekte is uitgebroken, start de bestrijding ten einde de ziekte snel en adequaat uit te roeien. Het simulatiemodel InterSpread is ontwikkeld voor de epidemiologische en economische evaluatie van bestrijdingsstrategieën voor MKZ uitbraken. Van dag tot dag simuleert InterSpread de verspreiding van de ziekte tussen bedrijven in een bepaald gebied via verschillende verspreidingsmechanismen: (a) contacten (dieren, personen, materialen, voertuigen), (b) lokaal/buurt en (c) via de lucht. Hierbij wordt gestart vanaf de dag dat het eerste bedrijf besmet is geraakt. Wanneer voor de eerste maal de ziekte is vastgesteld, worden bestrijdingsstrategieën in werking gesteld (o.a. bedrijven ruimen, traceren, instellen van zones met vervoersverboden). In de simulatie van verspreiding en bestrijding speelt de geografische locatie van elk individueel bedrijf een grote rol (ruimtelijke simulatie). Verder is het model net als VIRiS stochastisch. Alle nagebootste verspreidings- en bestrijdingsmechanismen houdend rekening met risico en onzekerheid middels random lotingen uit relevante kansverdelingen (Monte Carlo simulatie). Belangrijkste uitkomsten van het model zijn het aantal besmette bedrijven, het aantal dagen dat de uitbraak duurt en het aantal bedrijven dat gedurende de uitbraak te maken heeft gehad met vervoersbeperkingen. Deze uitkomsten vormen de basis voor aansluitende economische berekeningen met een door Meuwissen et al. (1997) ontwikkeld spreadsheet model dat de kosten van de uitbraak bepaalt.

Enkele resultaten

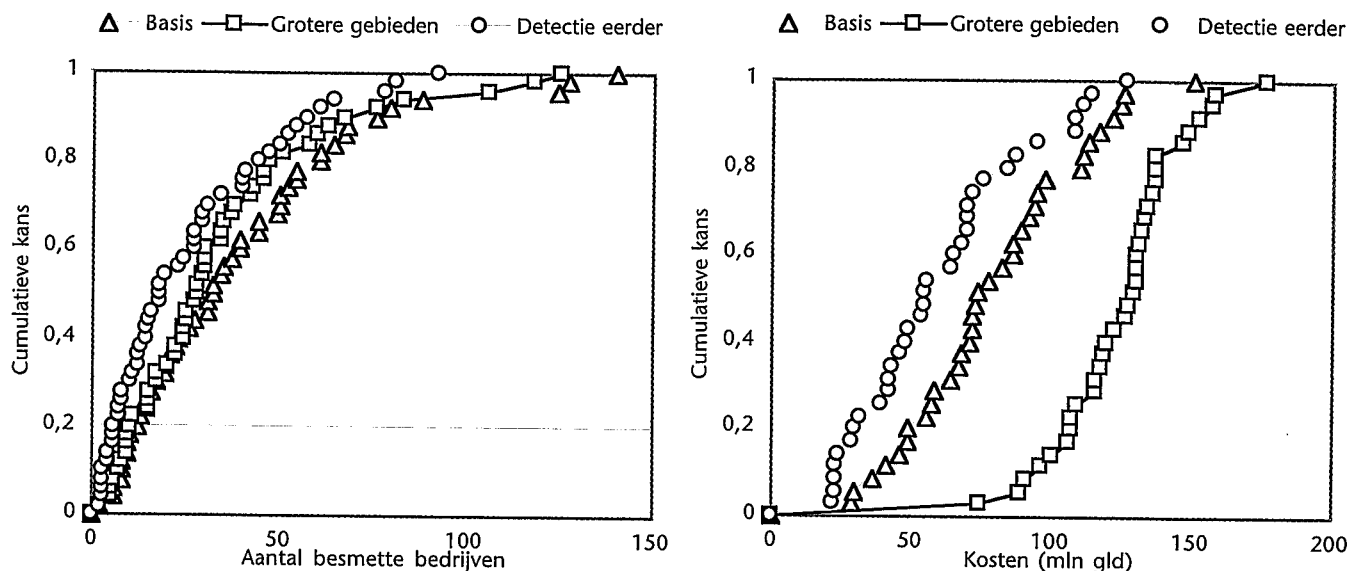
Ter illustratie enkele resultaten zoals die zijn berekend voor een fictief gebied van 50 bij 50 km, met een voor Nederland gemiddelde dichtheid van bedrijven en dieren. De basis-

strategie, bestrijding volgens EU richtlijnen, wordt vergeleken met twee alternatieven: (a) grotere gebieden insluiten (straal beschermings- en toezichtsgebied rond besmette bedrijven verdubbeld (respectievelijk van 3 en 10 naar 6 en 20 km) en (b) snellere detectie van het eerste geval (gemiddeld enkele dagen eerder). Figuur 1 geeft de cumulatieve kansverdelingen voor het aantal besmette bedrijven en voor de kosten (excl. eventuele schade door exportbelemmeringen) bij 50 iteraties. Bij de basisstrategie loopt het aantal besmette bedrijven uiteen van 2 tot 140 wanneer het tegen zit. Gemiddeld zijn er 39 besmette bedrijven, in 50% van de gevallen (mediaan) is het aantal besmette bedrijven 32 of minder en in 6% van de gevallen groter dan 100. Bij het instellen van grotere gebieden loopt het gemiddeld aantal besmette bedrijven terug van 39 naar 35. Door het instellen van grotere gebieden met vervoersverboden hebben meer bedrijven te maken met vervoersbeperkingen waardoor de schade aanzienlijk toeneemt (gemiddeld 125 miljoen gulden tegenover 79 miljoen gulden in de basisstrategie). In de doorgerekende situatie speelt het merendeel van de contacten zich af binnen 5 km van het bedrijf, en dat bepaalt voor een groot deel het geringe effect van het vergroten van de gebieden op de uitbraak.

Wanneer het eerste geval sneller wordt gedetecteerd, loopt het gemiddeld aantal besmette bedrijven met een derde terug (van 39 naar 26). In 50% van de gevallen zijn er hooguit 18 besmette bedrijven (i.p.v. 32). Het eerder detecteren van het eerste geval levert een reductie op in de kosten (gemiddeld 61 miljoen gulden tegenover 79 miljoen gulden in de basisstrategie). Het verschil geeft een indicatie van de kosten die gemaakt zouden kunnen worden om een snellere detectie van het eerste geval in de praktijk te realiseren.

Flexibel model

De basis van InterSpread is gelegd in Nieuw Zeeland. Verificatie en validatie van het model zijn ter hand genomen in Nederland, waar ook de aanpassing naar Nederlandse en Europese omstandigheden heeft plaatsgevonden. Validatie van InterSpread vindt vooral plaats middels gevoeligheidsanalyse, omdat er nauwelijks echte uitbraken zijn om de modelresultaten mee te vergelijken. InterSpread is gemaakt in Borland C++, en



Figuur 1 – Cumulatieve kansverdelingen voor aantal besmette bedrijven en voor kosten voor basisstrategie en twee alternatieve strategieën voor bestrijding van Mond- en Klauwzeer (50 iteraties met InterSpread).

de user-interface is gemaakt in MS Access. Het model is flexibel t.a.v. het wijzigen van invoergegevens rond verspreiding en bestrijding. Het model is geschikt om voor elke regio berekeningen uit te voeren, zolang er maar x,y coördinaten van de bedrijven zijn en aantallen dieren. De rekentijd van het model varieert sterk en is direct afhankelijk van het aantal besmette bedrijven in de desbetreffende iteratie. Immers naarmate er meer besmette bedrijven zijn moet het model meer handelingen uitvoeren.

Het doel van InterSpread is bestrijdingsstrategieën voor MKZ te evalueren in vreedstijd (periodes zonder uitbraken), ten tijde van een uitbraak, of juist achteraf om het gehanteerde beleid te evalueren. Alles met als doel om bij een nieuwe uitbraak de beste keuzes te kunnen maken. InterSpread maakt deel uit van het beslissingsondersteunend systeem EpiMAN dat zich naast ondersteuning van de beleidsmakers, vooral richt op ondersteuning van het operationele management op het crisiscentrum. EpiMAN bestaat uit een centrale database met alle relevante bedrijfsgegevens, met daaraan gekoppeld een GIS, simulatiemodellen en kennissystemen die de gegevens uit de database gebruiken om voor de beslissers zinvolle informatie te genereren. In een eerder nummer van Agro-Informatica is aan de GIS-aspecten van EpiMAN reeds ruimschoots aandacht besteed (Nielen et al., 1995). EpiMAN wordt momenteel aangepast zodat het aller-

eerst gebruikt kan worden voor trainingen in Nederland. In de loop van 1997 start een project van enkele jaren om EpiMAN om te bouwen naar een beslissingsondersteunend systeem voor gebruik bij de bestrijding van een KVP uitbraak. Voor een overzicht van de activiteiten rond EpiMAN wordt verwezen naar Jalvingh et al. (1996).

Tot slot

Over de insleep en verdere verspreiding van besmettelijke dierziekten is weinig concrete informatie voorhanden. Monte Carlo simulatie is een manier om de informatie die er is optimaal te benutten.

De toegevoegde waarde van de modellen zit in de integratie van de deelgebieden insleep, verspreiding, risico en schade tot één geheel. Door het combineren van veterinaire, epidemiologische en economische kennis, is het mogelijk om gegeven de beschikbare kennis te komen tot een zo goed mogelijk onderbouwd inzicht. De modellen zijn flexibel zodat nieuwe inzichten en/of nieuwe informatie eenvoudig verwerkt kan worden. Daardoor blijven de modellen up-to-date en bruikbaar.

Simulatiemodellen als VIRiS en InterSpread zijn ontwikkeld als 'tool' voor de besluitvorming, ondersteuning bieden door het geven van informatie en inzicht. Ze zijn echter niet bedoeld om het nemen van beslissingen 'over te nemen'. Een simulatiemodel is alleen

nuttig als het met zorgvuldigheid gebruikt wordt en de gebruiker op de hoogte is van de mogelijkheden én de beperkingen van het model.

Literatuur

- Jalvingh, A.W., Nielen, M., Dijkhuizen, A.A., Crauwels, P. en Smak, J., 1996. Use of EpiMAN in the Netherlands: recent developments and planned activities. In: E.A.M. Graat en K. Frankena (Eds), Proceedings of the annual meeting of Dutch society for veterinary epidemiology and economics. pp. 25-32.
- Meuwissen, M.P.M., Horst, H.S., Huirne, R.B.M. en A.A. Dijkhuizen. Schade verzekerd!? Een haalbaarheidsstudie naar risico-kwantificering en verzekering van veewetzakten. Landbouwniversiteit Wageningen, 163 blz.
- Nielen, M., Jalvingh, A.W., Dijkhuizen, A.A., Lattuada, R., 1995. Het gebruik van een geografisch informatiesysteem bij de bestrijding van een uitbraak van mond- en klauwzeer. Agro-Informatica, 8 (3): 36-39.
- Horst, H.S., Huirne, R.B.M., en A.A. Dijkhuizen. Risk and economic consequences of introducing classical swine fever (hog cholera) into the Netherlands. OIE Scientific and Technical Review, Contamination of animal products: risks and prevention, Volume 16(1), in press. @