



Modellering van risico-gebaseerde maatregelen tegen verspreiding van bestrijdingsplichtige dierziekten

G.J. Boender, T.J. Hagenaars, H. Taghvafard en A.R.W. Elbers

Rapport 2501283
DOI 10.18174/684906

januari 2025



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

MODELLERING VAN RISICO-GEBASEERDE MAATREGELEN TEGEN VERSPREIDING VAN BESTRIJDINGSPLICHTIGE DIERZIEKTEN

Gert Jan Boender, Thomas J. Hagenaars, Hadi Taghvafard en Armin R.W. Elbers

Wageningen Bioveterinary Research, Lelystad

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Bioveterinary Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van Wettelijk Ondersteunende Taken (WOT) (projectnummer WOT-01-003-109)

Wageningen Bioveterinary Research
Lelystad, januari 2025

Report 2501283

Samenvatting NL

In dit rapport wordt een aanpak beschreven waarmee preventieve ruiming en noodvaccinatie - als maatregelen bij de bestrijding van zeer besmettelijke dierziekten - kunnen worden uitgevoerd op een risico-gebaseerde wijze. In de huidige beleidsdraaiboeken voor vogelgriep in pluimvee, voor klassieke varkenspest in gehouden varkens en voor mond-en-klauwzeer in gehouden herkauwers en gehouden varkens, worden beide maatregelen gekoppeld aan uitvoering binnen een cirkelvormig gebied met een straal van 1 respectievelijk 2 km rondom uitbraakbedrijven. De risico-gebaseerde aanpak beschreven in dit rapport gebruikt als afgrenzing niet de straal van een cirkelvormig gebied maar een grenswaarde voor de resterende $R_{\text{tussen bedrijven}}$ -kwadraat, een maat voor risicoacceptatie. Daarnaast worden individuele bedrijven geprioriteerd op basis van een berekende individuele bijdrage aan het risico van verspreiding. Deze prioritering specificeert welke bedrijven rondom een uitbraakbedrijf in aanmerking komen voor preventieve ruiming of noodvaccinatie en in welke volgorde. De resultaten laten zien dat de risico-gebaseerde aanpak efficiënter werkt dan preventief ruimen in een 1-km zone c.q. vaccineren in een 2-km zone.

Summary UK

This report describes an approach that allows preventive culling and emergency vaccination - as measures to combat highly transmissible livestock diseases - to be carried out in a risk-based manner. In the current policy plans for avian influenza in poultry, for classical swine fever in pigs and for foot-and-mouth disease in ruminants and pigs, both measures are linked to implementation within a circular area with a radius of 1 and 2 km respectively around outbreak farms. The risk-based approach described in this report does not use the radius of a circular area as a demarcation but a boundary value for the remaining $R_{\text{between herds}}$ -squared, a measure of risk acceptance. In addition, individual livestock farms are prioritised based on a calculated individual contribution to the risk of spread. This prioritisation specifies which farms around an outbreak farm are eligible for preventive culling or emergency vaccination and in what order. The results show that the risk-based approach works more efficiently than preventive culling in a 1-km zone or vaccination in a 2-km zone.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/684906> of op www.wur.nl/bioveterinary-research (onder Wageningen Bioveterinary Research publicaties).

© 2025 Wageningen Bioveterinary Research

Postbus 65, 8200 AB Lelystad, T 0320 23 82 38, E info.bvr@wur.nl, www.wur.nl/bioveterinary-research.
Wageningen Bioveterinary Research.

Dit rapport is uitgegeven onder een Creative Commons (CC) license: CC **BY-NC-ND**.

BY: het werk kan worden gereproduceerd (kopiëren, publiceren, communiceren etc.), bij gebruik van het werk moet er wel worden gerefereerd naar het originele werk.

NC: non-commercial use; ND: no derivative works.

Wageningen Bioveterinary Research Report

Inhoud

Samenvatting	4	
1	Introductie	6
	1.1 Doelstelling	6
2	Resultaten: Ontwerp van de risico-gebaseerde aanpak	7
	2.1 Risico-gebaseerde aanpak – beschreven in woorden	7
	2.2 Formele beschrijving van risico-gebaseerde aanpak	9
	2.3 Transmissiemodellen en scenario's	9
3	Resultaten: Optimale keuze grenswaarden	11
4	Conclusies en Discussie	25
Literatuur		27

Samenvatting

Doel

In dit rapport wordt een aanpak beschreven waarmee preventieve ruiming en noodvaccinatie - als maatregelen bij de bestrijding van zeer besmettelijke dierziekten - kunnen worden uitgevoerd op een risico-gebaseerde wijze. In de huidige beleidsdraaiboeken worden beide maatregelen gekoppeld aan uitvoering binnen een cirkelvormig gebied met een straal van 1 km, respectievelijk 2 km, rondom uitbraakbedrijven. Doel van het onderzoek beschreven in dit rapport is om een aanpak te ontwikkelen die gebaseerd is op prioritering van bedrijven voor preventieve ruiming of noodvaccinatie op basis van hun individuele bijdrage aan het verspreidingsrisico, en te evalueren hoeveel efficiënter zo'n risico-gebaseerde aanpak kan zijn dan de strategie beschreven in de beleidsdraaiboeken. Oorspronkelijk was de casus van vogelgriep in pluimvee als leidraad voor dit onderzoek genomen. Echter, nadat in september 2023 in het beleid bij vogelgriep in pluimvee het instrument van intensieve kadaverbemonstering was geïntroduceerd als voorkeursinstrument in plaats van preventief ruimen, leek deze leidraad wat aan relevantie te hebben verloren. Daarom zijn uiteindelijk ook berekeningen gedaan voor risico-gebaseerde interventies tegen klassieke varkenspest en tegen mond-en-klauwzeer.

Ontwikkelde risico-gebaseerde aanpak

De risico-gebaseerde aanpak beschreven in dit rapport gebruikt als afgrenzing niet de straal van een cirkelvormig gebied maar in plaats daarvan een grenswaarde voor 'de resterende $R_{\text{tussen bedrijven}}$ -kwadraat' (als R_{H} -kwadraat gedefinieerd in dit rapport). Deze grenswaarde dient als maat voor risico-acceptatie, d.w.z. een maat voor het geaccepteerde niveau van resterend verspreidingsrisico. Daarnaast worden, in deze risico-gebaseerde aanpak, individuele bedrijven geprioriteerd op basis van een berekende individuele bijdrage aan het risico van verspreiding. Deze prioritering specificeert welke bedrijven rondom een uitbraakbedrijf in aanmerking komen voor preventieve ruiming of noodvaccinatie en in welke volgorde. Nadat is afgesproken tot welke grenswaarde voor de resterende R_{H} -kwadraat doorgedaan wordt met ruimen of vaccineren van bedrijven, kan in principe in vredetijd voor elk gegeven bedrijf een lijst met op volgorde te ruimen of vaccineren bedrijven worden opgesteld voor het geval dat dit bedrijf getroffen zou worden door een uitbraak. Als de grenswaarde open wordt gelaten (ter bepaling tijdens crisis) kan voor elk bedrijf een lijst worden gemaakt waarin voor elke mogelijke grenswaarde kan worden afgelezen welke bedrijven zouden worden geruimd of gevaccineerd rondom dat bedrijf.

Effectiviteit van risico-gebaseerde aanpak

In dit rapport wordt de effectiviteit van de risico-gebaseerde aanpak geëvalueerd voor verschillende mogelijke grenswaarden voor de resterende R_{H} -kwadraat. Dit wordt gedaan door voor een breed scala aan grenswaarden het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal ruiming of aantal gevaccineerde bedrijven, en de gemiddelde duur van de epidemie te berekenen voor het scenario van virusintroductie in een bedrijfsdicht gebied. Ook wordt een vergelijking gemaakt met in de huidige beleidsdraaiboeken beschreven strategieën waarbij preventieve ruiming en noodvaccinatie worden uitgevoerd binnen een cirkelvormig gebied met een straal van 1 km, respectievelijk 2 km, rondom uitbraakbedrijven. De resultaten laten het volgende zien:

- Door de grenswaarde geschikt te kiezen kan een optimale effectiviteit van de interventie worden bereikt, waarbij wat optimaal is zou moeten worden bepaald door een door het beleid vastgestelde weging van het relatieve belang van het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal ruiming of aantal gevaccineerde bedrijven, en de gemiddelde duur van de epidemie.
- In vergelijking met 1-km preventieve ruiming of 2-km noodvaccinatie is de berekende effectiviteit van risico-gebaseerde interventies – zoals verwacht – hoger. Dit uit zich als volgt:
 - Voor hetzelfde gemiddelde aantal ruiming of gevaccineerde bedrijven zoals berekend voor de interventies in een cirkelvormig gebied, heeft de risico-gebaseerde interventie een lager gemiddeld aantal uitbraken en een kortere gemiddelde duur van de epidemie.
 - Voor hetzelfde gemiddelde aantal uitbraken of dezelfde gemiddelde duur van de epidemie zoals berekend voor de interventies in een cirkelvormig gebied, heeft de risico-gebaseerde interventie een lager gemiddeld aantal ruiming of gevaccineerde bedrijven.

Discussie

- In dit onderzoek is de effectiviteit van de risico-gebaseerde aanpak alleen vergeleken voor het scenario van introductie in een bedrijfsdicht gebied. In het geval van vogelgriep in pluimvee is deze keuze gemaakt omdat in het beleid al afgezien wordt (werd) van preventieve ruiming in niet-bedrijfsdichte

gebieden. Dit is in feite al een risico-gebaseerde aanpak ('laaghangend fruit'). Gezien vanuit het brede perspectief van introductie op een willekeurige locatie, is de winst die ten opzichte van deze bestaande aanpak wordt geboekt door de hier ontwikkelde risico-gebaseerde aanpak geringer dan de winst ten opzichte van een aanpak waarbij ongeacht de locatie preventief ruimen in een 1-km straal of noodvaccinatie in een 2-km straal wordt uitgevoerd.

- Indien beleidsmatige overwegingen aanleiding zouden geven tot keuze voor het gebruik van een cirkelvormig gebied rondom uitbraakbedrijven, is ook een hybride risico-gebaseerde aanpak denkbaar, waarbij de prioritering volgens het hier uitgewerkte risico-gebaseerde schema wordt gecombineerd met afgrenzing op basis van een straal.

1 Introductie

Twee belangrijke mogelijke maatregelen uit het Nederlandse beleid bij bestrijding van zeer besmettelijke dierziekten zijn preventief ruimen van bedrijven rondom uitbraakbedrijven en noodvaccinatie rondom uitbraakbedrijven. Het onderzoek beschreven in dit rapport richt zich op risico-gebaseerde toepassing van deze maatregelen. Een recent praktijkvoorbeeld daarvan uit het Nederlandse bestrijdingsbeleid bij vogelgriep in pluimvee is dat de maatregel van preventief ruimen in een 1-km zone rondom uitbraakbedrijven alleen werd toegepast in pluimveedichte gebieden en niet daarbuiten. De motivatie daarvoor was dat buiten de pluimveedichte gebieden de minimum-maatregelen zoals voorgeschreven binnen de EU (ruimen bronbedrijf, vervoersbeperkingen en aangescherpte bio-veiligheidsmaatregelen) naar verwachting - en op basis van modelberekeningen - voldoende zijn om epidemische verspreiding van het vogelgriepvirus tussen pluimveebedrijven te voorkomen. Daarentegen zijn er in de pluimveedichte gebieden zogenaamde hoog-risicogebieden voor transmissie aanwezig waar volgens de modelberekeningen de verspreiding tussen bedrijven nog steeds epidemische vormen aan kan nemen wanneer de EU minimum-maatregelen niet worden aangevuld met verdere maatregelen.

In dit rapport wordt met behulp van epidemiologische modelberekeningen een risico-gebaseerde aanpak bestudeerd die in meer detail is uitgewerkt dan in het bovenstaande praktijkvoorbeeld. In plaats van het in een willekeurige volgorde preventief ruimen van bedrijven binnen een 1-km zone of het in een willekeurige volgorde vaccineren van bedrijven binnen een 2-km zone, wordt in deze strategie zowel de vraag *welke bedrijven te ruimen of te vaccineren* alsmede de vraag *welke volgorde daarin dan te hanteren*, op berekende transmissie-risico's gebaseerd.

De motivatie om niet een ruimingsstraal of vaccinatiestraal als startpunt te nemen, is dat transmissierisico's ook binnen hoog-risicogebieden kunnen variëren tussen verschillende locaties. In dat geval leidt het gebruik van een gegeven afstand tot het bronbedrijf als grenswaarde niet noodzakelijkerwijs tot de meest efficiënte inzet van ruimings- en/of vaccinatiecapaciteit. Immers, door ruimtelijke variatie in bedrijfsdichtheid en door verschillen in bedrijfskenmerken zoals grootte en type kunnen sommige bedrijven buiten de ruimingsstraal van het ene bronbedrijf een groter gevaar voor verdere verspreiding vormen dan bepaalde bedrijven binnen de ruimingsstraal van het bronbedrijf, of dan bepaalde bedrijven binnen de ruimingsstraal van een ander bronbedrijf. Overigens kan ook binnen de afgrenzing van een ruimingsstraal een efficiënter inzet van preventieve ruiming worden gerealiseerd als de volgorde van ruiming risico-gebaseerd wordt vastgesteld. Een praktijkvoorbeeld van dit laatste is de intentie van de NVWA om in geval van preventieve ruiming bij mond-en-klauwzeer rekening te houden met bedrijfskenmerken bij het bepalen in welke volgorde bedrijven binnen de ruimingscirkel worden geruimd. De bedrijfskenmerken waar het om gaat zijn bedrijfsgrootte en type; zo kan mede afhankelijk van bedrijfsgrootte een lagere prioriteit aan kleine herkauwers dan aan rundvee worden gegeven en daarnaast een hoge prioriteit aan varkensbedrijven – dit laatste vanuit de overweging dat varkens als sterke verspreiders gelden.

Oorspronkelijk was de casus van vogelgriep in pluimvee als leidraad voor dit onderzoek genomen. Echter, nadat in september 2023 in het beleid bij vogelgriep in pluimvee het instrument van intensieve kadaverbemonstering was geïntroduceerd als voorkeursinstrument in de plaats van preventief ruimen, leek deze leidraad wat aan relevantie te hebben verloren. Daarom zijn uiteindelijk ook berekeningen gedaan voor risico-gebaseerde interventies tegen klassieke varkenspest en tegen mond-en-klauwzeer.

1.1 Doelstelling

De doelstelling van dit project was het ontwikkelen van een analysemodel waarmee:

- de effectiviteit van vooraf gedefinieerde risico-gebaseerde strategieën kan worden geanalyseerd;
- de 'optimale' risico-gebaseerde strategie (onder gegeven randvoorwaarden zoals ruimingscapaciteit) kan worden bepaald;
- tijdens een epidemie voor vooraf gedefinieerde risico-gebaseerde strategieën kan worden berekend wat de optimale volgorde is bij het uitvoeren van preventieve ruiming en/of noodvaccinaties door de NVWA.

2 Resultaten: Ontwerp van de risico-gebaseerde aanpak

2.1 Risico-gebaseerde aanpak – beschreven in woorden

Een startpunt voor het ontwikkelen van een systematische risico-gebaseerde aanpak was de strategie van preventieve ruiming gevolgd in het Nederlandse bestrijdingsbeleid bij vogelgriep in pluimvee. Deze bestond uit het alleen in pluimveedichte gebieden en niet daarbuiten toepassen van de maatregel van preventief ruimen in een 1-km zone rondom uitbraakbedrijven. Deze strategie kan in de vorm van een eenvoudige beslisboom zoals weergegeven in Diagram 1.

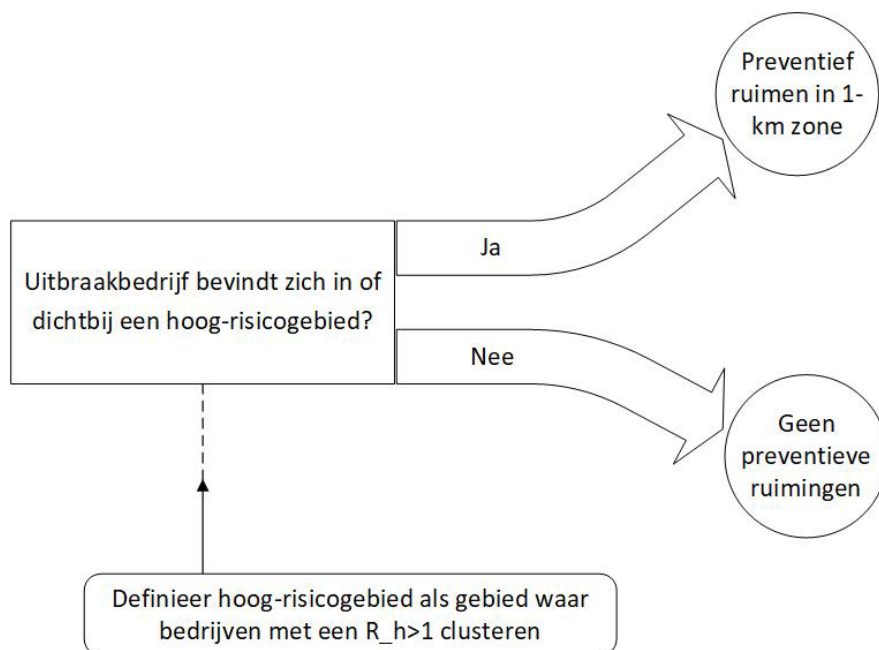


Diagram 1. Beslisboom voor preventief ruimen bij vogelgriep in pluimvee (voormalig beleid).

Op welke wijze zou een risico-gebaseerde aanpak ontworpen kunnen worden die in tegenstelling tot de bovenstaande niet alleen kijkt naar het risicoprofiel van de locatie van het uitbraakbedrijf, maar ook de te ruimen en/of vaccineren bedrijven prioriteert op basis van verspreidingsrisico? In de loop van dit onderzoeksproject werd het volgende overwogen:

- Het individuele risico dat 'buurtbedrijven' vormen voor verdere verspreiding wordt bepaald door zowel de R_h (gedefinieerd als de $R_{\text{tussen-bedrijven}}$) van het betreffende buurtbedrijf als door de kans dat dit buurtbedrijf door het uitbraakbedrijf werd geïnfecteerd. Het verwacht aantal bedrijven dat, zonder toepassing van preventief ruimen of noodvaccinatie, wordt geïnfecteerd *vanuit het uitbraakbedrijf via het betreffende buurtbedrijf* is gelijk aan het product van die twee grootheden, dus de kans dat het buurtbedrijf vanuit een uitbraakbedrijf wordt geïnfecteerd maal de R_h van het buurtbedrijf.
- Het overall risico van verspreiding vanuit het uitbraakbedrijf via buurtbedrijven is de optelsom over alle buurtbedrijven van het hiervoor beschreven product. Deze optelsom is gelijk aan het verwachte aantal uitbraken veroorzaakt door de secundaire uitbraken die op hun beurt zijn veroorzaakt door het uitbraakbedrijf. M.a.w. deze optelsom is een reproductiegetal dat is berekend over twee infectiegeneraties, en kan dus worden beschouwd als de R_h -kwadraat van het uitbraakbedrijf.

Vanuit risico-gebaseerd oogpunt is het logisch om op basis van de grootte beschreven onder (a) de buurtbedrijven op volgorde te zetten op een lijst voor ruimen of vaccineren en op basis van de grootte

beschreven onder (b) te bepalen tot welk buurtbedrijf op de lijst men wil doorgaan met ruimen of vaccineren. Dit leidt tot de beslisboom voor een risico-gebaseerde aanpak zoals weergegeven in Diagram 2.

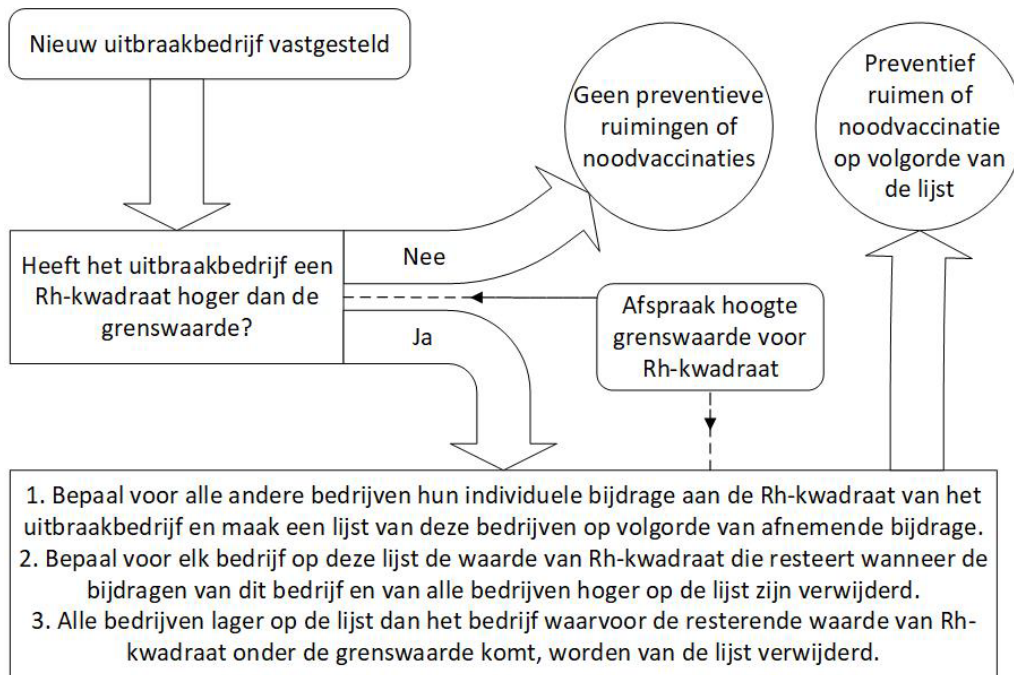


Diagram 2. Mogelijke beslisboom voor risico-gebaseerd preventief ruimen of noodvaccinatie bij vogelgriep in pluimvee.



Diagram 3. Grafische weergave van de lijst beschreven onder punt 1 in Diagram 2.

De grenswaarde voor de resterende R_h^2 is een maat voor risico-acceptatie, d.w.z. een maat voor het geaccepteerde niveau van resterend risico. Nadat is afgesproken tot welke grenswaarde voor de resterende R_h^2 doorgegaan wordt met ruimen of vaccineren van bedrijven, kan in principe in vreedstijd voor elk bedrijf een lijst met op volgorde te ruimen of vaccineren bedrijven worden opgesteld voor het geval dat dit bedrijf getroffen zou worden door een uitbraak. Voor de interpretatie van de grenswaarde is het van belang op te merken dat deze *niet* gelijk is aan het kwadraat van de *effectieve* R_h resterend na preventieve ruiming of noodvaccinatie. Dit is omdat ruiming of vaccinatie van een geïnfecteerd buurtbedrijf 'slechts' de infectieuze periode van dit buurtbedrijf korter maakt, en dus niet de gehele bijdrage aan de R_h^2 kan wegnemen. Als gevolg hiervan zal de *effectieve* R_h resterend na ruiming of vaccinatie van alle bedrijven op de lijst verkregen met bovenstaande beslisboom, altijd hoger zijn dan de wortel uit de grenswaarde voor de resterende R_h^2 . Een voorbeeldberekening voor de keuze van een grenswaarde van 1 is als volgt: Als we (behoudend) aannemen dat de infectieusiteit van een geïnfecteerd bedrijf constant is gedurende de infectieuze periode, dat preventieve ruiming de gemiddelde infectieuze periode van een geïnfecteerd buurtbedrijf halveert, en dat het

uitbraakbedrijf een R_h -kwadraat van 3,5 heeft, dan leidt risico-gebaseerd preventief ruimen met een grenswaarde van 1 tot een resterende effectieve R_h van $\sqrt{3,5 - ((3,5 - 1)/2)} = \sqrt{3,5 - 1,25} = 1,5$.

2.2 Formele beschrijving van risico-gebaseerde aanpak

Een risico-gebaseerde aanpak die niet alleen kijkt naar het risicoprofiel van de locatie van het uitbraakbedrijf, maar ook de te ruimen en/of vaccineren bedrijven prioriteert op basis van verspreidingsrisico, kan als volgt worden ontworpen. Het individuele risico dat 'buurtbedrijven' vormen voor verdere verspreiding wordt bepaald door zowel de R_h (gedefinieerd als de $R_{\text{tussen-bedrijven}}$) van het betreffende buurtbedrijf j als door de kans p_{ij}^{inf} dat dit buurtbedrijf door het uitbraakbedrijf i werd geïnfecteerd. Het verwacht aantal bedrijven dat, zonder toepassing van preventief ruimen of noodvaccinatie, wordt geïnfecteerd vanuit het uitbraakbedrijf via het betreffende buurtbedrijf is gelijk aan het product van die twee grootheden, dus de kans dat het buurtbedrijf vanuit een uitbraakbedrijf wordt geïnfecteerd maal de R_h van het buurtbedrijf:

$$p_{ij}^{\text{inf}} \times (R_h)_j$$

Het overall risico van verspreiding vanuit het uitbraakbedrijf via buurtbedrijven is de optelsom over alle buurtbedrijven van het hiervoor beschreven product:

$$\sum_{j \neq i} p_{ij}^{\text{inf}} \times (R_h)_j$$

Deze optelsom is gelijk aan het verwachte aantal uitbraken veroorzaakt door de secundaire uitbraken die op hun beurt zijn veroorzaakt door het uitbraakbedrijf. M.a.w. deze optelsom is een reproductiegetal dat is berekend over twee infectiegeneraties, en kan dus worden beschouwd als de R_h -kwadraat van het uitbraakbedrijf:

$$(R_h^2)_i = \sum_{j \neq i} p_{ij}^{\text{inf}} \times (R_h)_j$$

2.3 Transmissiemodellen en scenario's

De tussen-bedrijfsverspreiding van de drie dierziektes is gemodelleerd met zogenoemde transmissie-kernels, waarbij de infectiekans tussen twee bedrijven afneemt met toenemende afstand. De parameters voor deze kernels zijn geschat uit de uitbraken van KVP in 1997/1998 [1], MKZ in 2001 [2] en HPAI in 2003 [3], met een recente update beschreven in Bijlage 1 van [4] in Nederland.

In de scenario's wordt uitgegaan van introductie van de dierziekte in een vee-dicht gebied en worden de volgende bestrijdingsstrategieën bestudeerd:

- EU-minimummaatregelen plus risico-gebaseerd preventief ruimen rondom uitbraakbedrijven, en
 - ter vergelijking: EU-minimummaatregelen plus preventief ruimen in een 1-km zone rondom uitbraakbedrijven;
- EU-minimummaatregelen plus risico-gebaseerde noodvaccinatie rondom uitbraakbedrijven, en
 - ter vergelijking: EU-minimummaatregelen plus noodvaccinatie in een 2-km zone rondom uitbraakbedrijven.

Omwille van de eenvoud wordt in alle vier de gevallen wordt verondersteld dat de bestrijdingsstrategie gedurende de epidemie niet verandert. Dit is in weerwil van de beleidsdraaiboeken voor KVP en MKZ, waarin wordt voorzien dat een periode van preventief ruimen voorafgaat aan de inzet van noodvaccinatie. In de berekeningen zijn maximale ruimingscapaciteit en vaccinatiecapaciteit expliciet ingebouwd. In de modelberekeningen voor KVP en MKZ wordt een ruimingscapaciteit van 6 bedrijven per dag en vaccinatiecapaciteit van 120 bedrijven per dag aangenomen, in overeenstemming met actuele inschattingen door de NVWA. In de berekeningen voor HPAI wordt met een ruimingscapaciteit van 2 pluimveebedrijven per dag gerekend (in overeenstemming met actuele inschattingen), en met een vaccinatiecapaciteit van 20

bedrijven per dag (zie ook [5]). In lijn met de analyses in [5-7] wordt verondersteld dat de tijd tussen vaccinatie van een koppel en het bereiken van koppelimmunitet 7 dagen bedraagt bij HPAI en KVP, en 11 (resp. 14) dagen bij MKZ in herkauwers (resp. varkens).

3 Resultaten: Optimale keuze grenswaarden

Voor de risico-gebaseerde interventie moet de beoogde grenswaarde voor de resterende R_h -kwadraat worden vastgesteld. Hoe ver men R_h -kwadraat wil reduceren hangt af van de gewenste balans tussen de verwachte (gemiddelde) grootte van de epidemie, de duur van de epidemie, en het totaal aantal geruimde c.q. gevaccineerde bedrijven. Om de gewenste balans te kunnen identificeren binnen de mogelijkheden die er volgens de modellen zijn, is hieronder voor een breed scala aan grenswaarden de gemiddelde grootte van de epidemie, de duur van de epidemie, en het totaal aantal geruimde c.q. gevaccineerde bedrijven berekend. De gemiddelden zijn berekend over 1000 simulaties van het model. Deze berekeningen zijn gedaan voor het scenario van introductie van de dierziekte op een bedrijf met een $R_h > 1$ liggend in een gebied met meerdere bedrijven met $R_h > 1$ (d.w.z. liggend in een hoog-risicogebied voor tussen-bedrijfstransmissie). De reden hiervoor is dat er in dit scenario duidelijk aanleiding is om preventieve ruiming en/of noodvaccinatie toe te passen, aangezien in het gebied epidemische verspreiding mogelijk is wanneer alleen de minimummaatregelen voorgeschreven door de EU worden genomen.

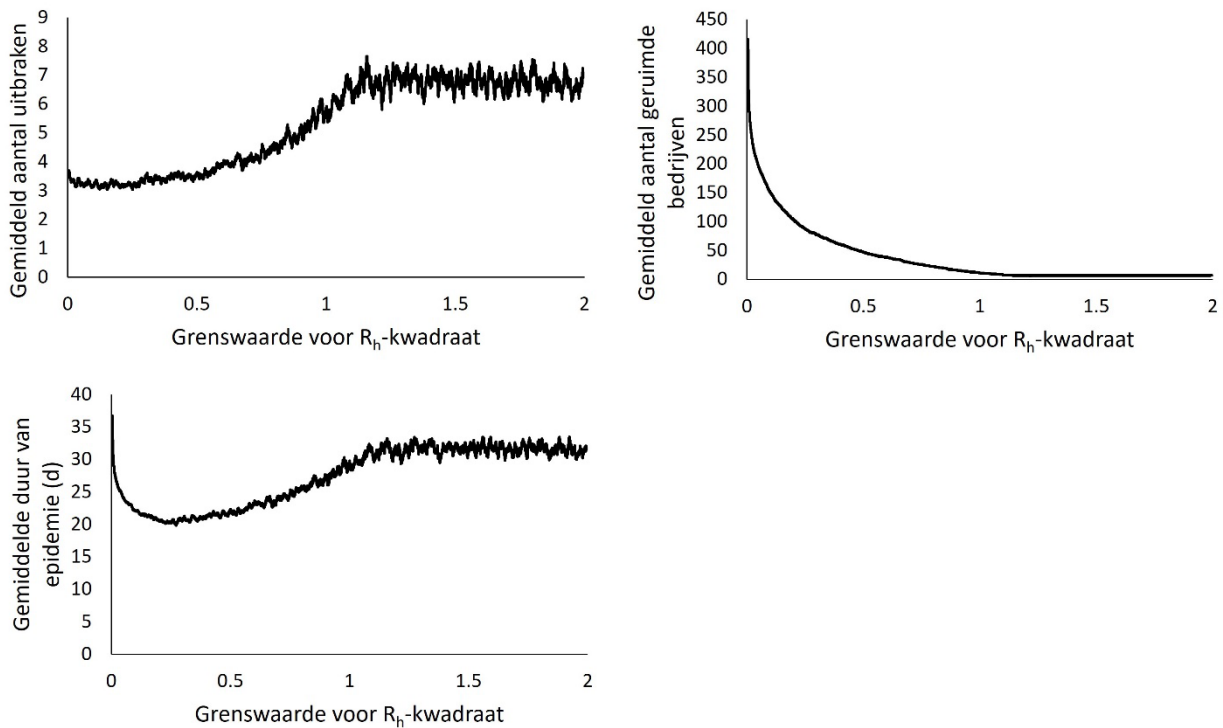
HPAI – preventief ruimen

In Figuur 1 is, voor het scenario van risico-gebaseerd preventief ruimen bij vogelgriep in een pluimveedicht gebied, in beeld gebracht hoe de gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal geruimde bedrijven en de gemiddelde duur van een epidemie, volgens het model afhangen van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat. Elk punt op de grafiek correspondeert met een (lopend) gemiddelde over 1000 modelsimulaties. Voor grenswaarden tussen ongeveer 0,2 en ongeveer 1,2 is te zien dat zowel het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven als de gemiddelde duur van de epidemie geleidelijk afneemt met afnemende grenswaarde. Dit is conform verwachting omdat een afnemende grenswaarde correspondeert met een, mits de ruimingscapaciteit blijft voldoen, toenemende reductie van het verspreidingsrisico. Naarmate de grenswaarde verder onder de 0,2 komt, neemt het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven weer toe en dat geldt, in sterkere mate, ook voor de gemiddelde duur. Dit wordt verklaard door een sterk toenemend aantal bedrijven dat op de lijst van preventief te ruimen bedrijven belandt, en daardoor een sterk toenemende vertraging in het realiseren, met de gegeven ruimingscapaciteit, van de geplande ruiming. Deze verklaring wordt geïllustreerd door de grafiek van het gemiddelde aantal bedrijven. Dat het gemiddelde aantal geruimde bedrijven en de gemiddelde duur van een epidemie voor grenswaarden boven ongeveer 1,2 in essentie constant zijn, wordt als volgt verklaard: Hoewel de door het model berekende R_h -kwadraat waarden voor pluimveebedrijven in het pluimveedichte gebied vaak groter dan 1 zijn, zijn deze meestal niet groter dan 1,2. In Figuur 2 (respectievelijk Figuur 3) is het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven (respectievelijk de gemiddelde duur van een epidemie) uitgezet tegen het gemiddeld aantal geruimde bedrijven; in deze figuren correspondeert elk punt op de zwarte lijn met een verschillende keuze voor de grenswaarde van R_h -kwadraat. Als open cirkel is het resultaat weergegeven voor preventief ruimen binnen een straal van 1 km (conventioneel, d.w.z. op willekeurige volgorde binnen deze straal). Vergelijking tussen de lijn en de cirkel laat in zowel Figuur 2 als Figuur 3 zien dat de risico-gebaseerde aanpak duidelijk efficiënter is dan ruimen binnen een straal van 1 km. Immers voor het realiseren van hetzelfde gemiddelde aantal uitbraken, of dezelfde gemiddelde duur van de epidemie, als berekend voor 1-km preventief ruimen, heeft de risico-gebaseerd preventief ruimen een duidelijk lager gemiddeld aantal ruiming nodig. Dit verschil in gemiddeld aantal ruiming is in beide figuren aangegeven met een pijl.

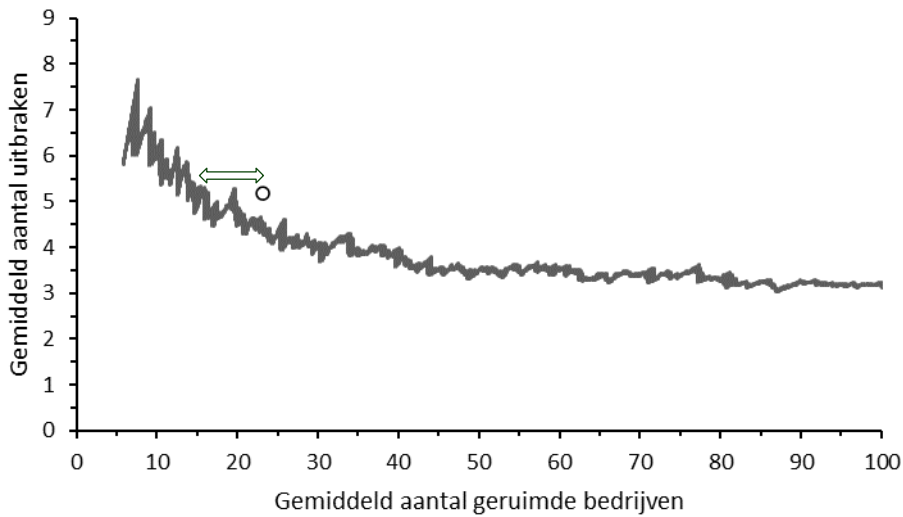
HPAI – noodvaccinatie

In Figuur 4 is, voor het scenario van noodvaccinatie bij vogelgriep in een pluimveedicht gebied, in beeld gebracht hoe de gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal gevaccineerde bedrijven en de gemiddelde duur van een epidemie, volgens het model afhangen van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat. Elk punt op de grafiek correspondeert opnieuw met een (lopend) gemiddelde over 1000 modelsimulaties. Voor grenswaarden tussen ongeveer 0,1 en ongeveer 1,2 is te zien dat zowel het gemiddelde

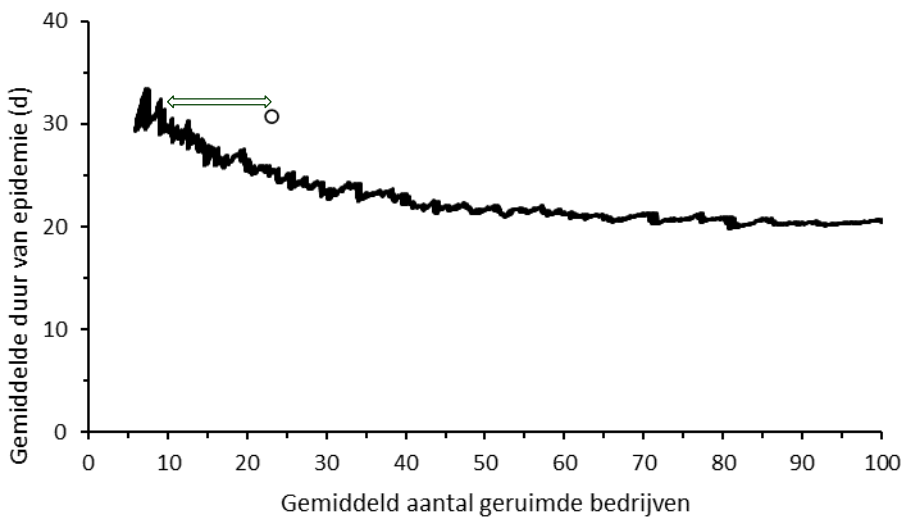
aantal uitbraakbedrijven als de gemiddelde duur van de epidemie geleidelijk afneemt met afnemende grenswaarde. Dit is conform verwachting omdat een afnemende grenswaarde correspondeert met een, mits de vaccinatiecapaciteit blijft voldoen, toenemende reductie van het verspreidingsrisico. Als de grenswaarde verder onder de 0,1 komt, neemt de gemiddelde duur van de epidemie weer toe. Dit wordt verklaard door een sterk toenemend aantal bedrijven dat op de lijst van te vaccineren bedrijven belandt, en een daardoor toenemende vertraging in het realiseren, met de gegeven capaciteit, van de geplande vaccinaties. Deze verklaring wordt geïllustreerd door de grafiek van het gemiddelde aantal gevaccineerde bedrijven. In Figuur 5 (respectievelijk Figuur 6) is het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven (respectievelijk de gemiddelde duur van een epidemie) uitgezet tegen het gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven; net als in Figuren 2 en 3 correspondeert hier elk punt op de zwarte lijn met een verschillende keuze voor de grenswaarde van R_h -kwadraat. Als open cirkel is het resultaat weergegeven voor noodvaccinatie binnen een straal van 2 km (conventioneel, d.w.z. op willekeurige volgorde binnen deze straal). Vergelijking tussen de lijn en de cirkel laat in zowel Figuur 5 als Figuur 6 zien dat de risico-gebaseerde aanpak duidelijk efficiënter is dan vaccineren binnen een straal van 2 km. Immers voor het realiseren van hetzelfde gemiddelde aantal uitbraken, of dezelfde gemiddelde duur van de epidemie, als berekend voor 2-km noodvaccinatie, heeft de risico-gebaseerde noodvaccinatie een duidelijk lager gemiddeld aantal ruimingen nodig. Dit verschil in gemiddeld aantal ruimingen is in beide figuren aangeduid met een pijl.



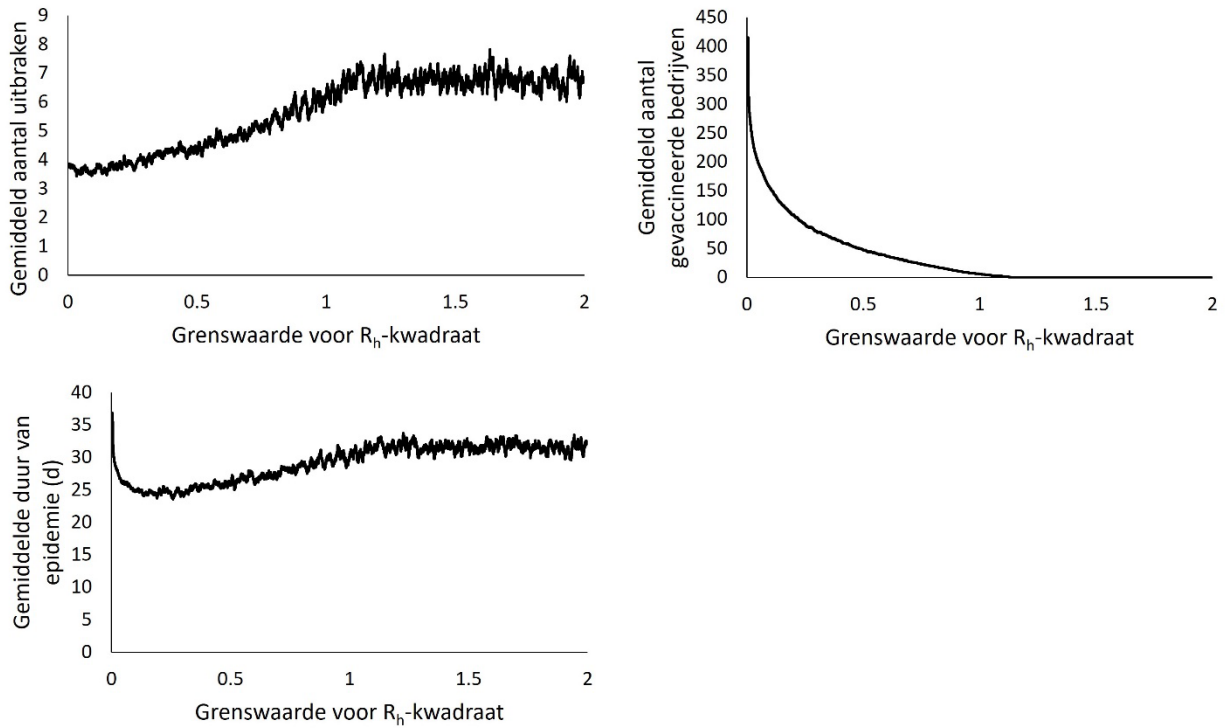
Figuur 1. Vogelgriep in pluimvee bij risico-gebaseerd preventief ruimen: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie (linksboven), gemiddeld aantal geruimde bedrijven (rechtsboven) en gemiddelde duur van een epidemie (onder) bij eerste introductie in een pluimveedichte locatie, in afhankelijkheid van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat.



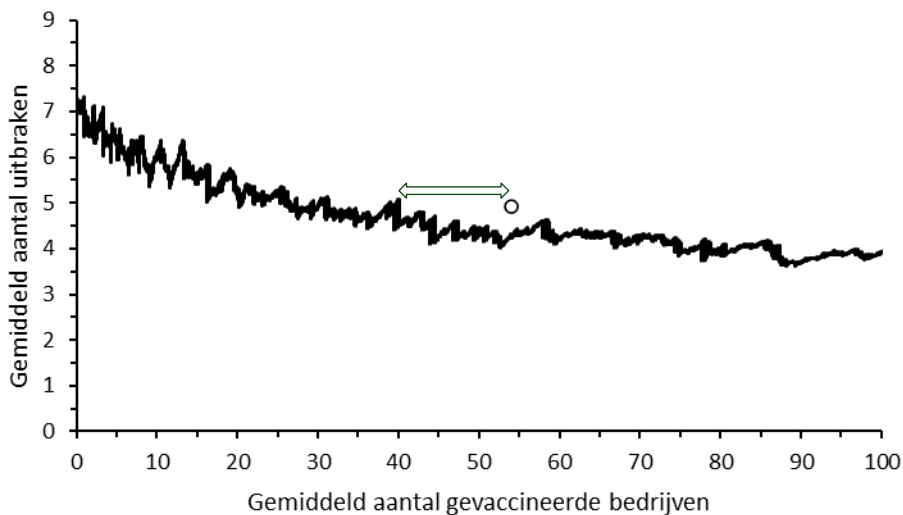
Figuur 2. Vogelgriep in pluimvee. Lijn: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal geruimde bedrijven (uitbraken plus preventieve ruiming) voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor preventief ruimen in een 1-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal geruimde bedrijven.



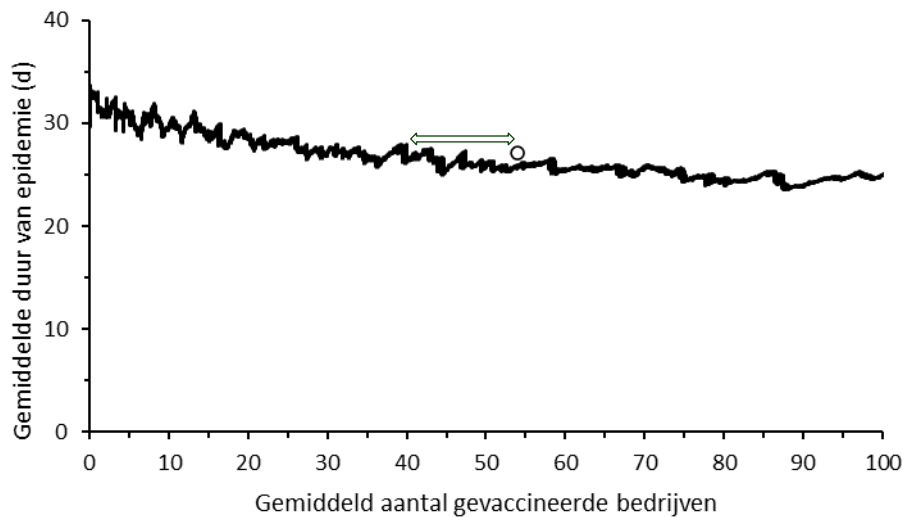
Figuur 3. Vogelgriep in pluimvee. Lijn: Gemiddelde duur van een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal geruimde bedrijven (uitbraken plus preventieve ruiming) voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor preventief ruimen in een 1-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal geruimde bedrijven.



Figuur 4. Vogelgriep in pluimvee bij risico-gebaseerde noodvaccinatie: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie (linksboven), gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven (rechtsboven) en gemiddelde duur van een epidemie (onder) bij eerste introductie in een pluimveedichte locatie, in afhankelijkheid van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat.



Figuur 5. Vogelgriep in pluimvee. Lijn: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor noodvaccinatie in een 2-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven.



Figuur 6. Vogelgriep in pluimvee. Lijn: Gemiddelde duur van een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor noodvaccinatie in een 2-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven.

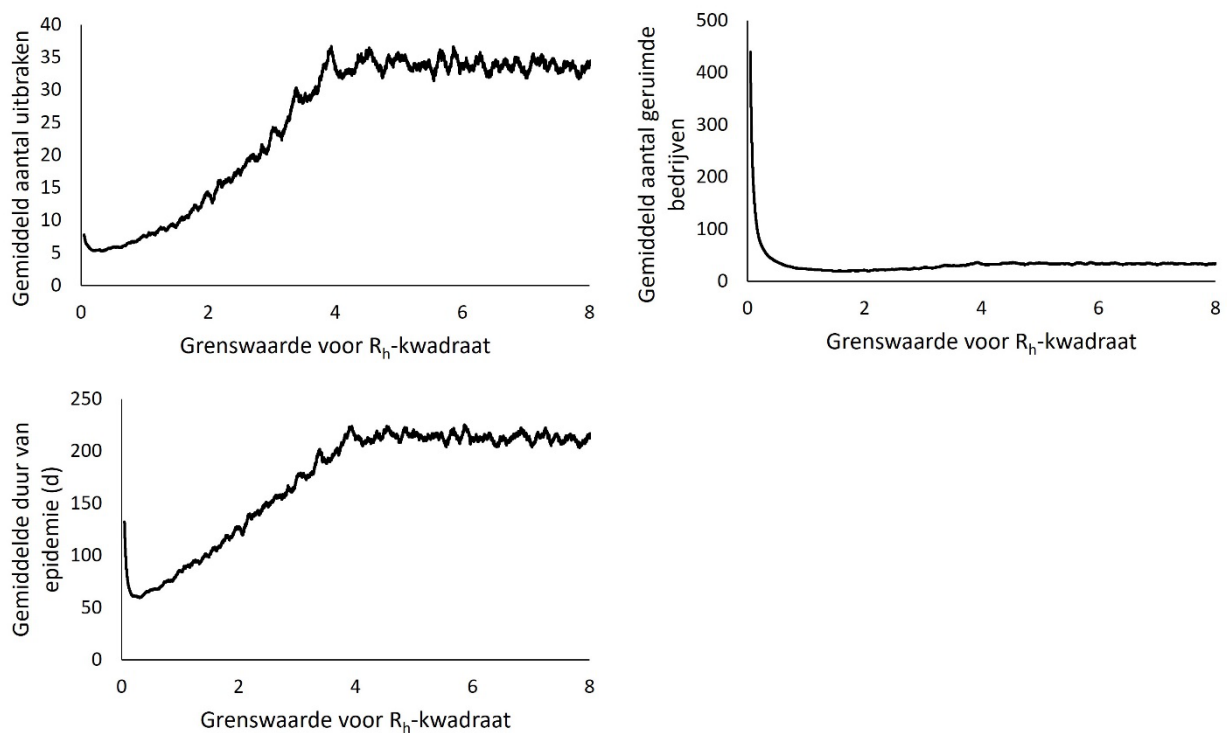
KVP – preventief ruimen

In Figuur 7 is, voor het scenario van risico-gebaseerd preventief ruimen bij KVP in een varkensdicht gebied, in beeld gebracht hoe de gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal geruimde bedrijven en de gemiddelde duur van een epidemie, volgens het model afhangen van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat. Elk punt op de grafiek correspondeert met een (lopend) gemiddelde over 1000 modelsimulaties. Voor grenswaarden tussen ongeveer 0,2 en ongeveer 4 is te zien dat zowel het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven als de gemiddelde duur van de epidemie geleidelijk afneemt met afnemende grenswaarde. Dit is conform verwachting omdat een afnemende grenswaarde correspondeert met een, mits de ruimingscapaciteit blijft voldoen, toenemende reductie van het verspreidingsrisico. Naarmate de grenswaarde verder onder de 0,2 komt, neemt het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven weer toe en dat geldt, in sterkere mate, ook voor de gemiddelde duur. Dit wordt verklaard door een sterk toenemend aantal bedrijven dat op de lijst van preventief te ruimen bedrijven belandt, en daardoor een sterk toenemende vertraging in het realiseren, met de gegeven ruimingscapaciteit, van de geplande ruiming. Deze verklaring wordt geïllustreerd door de grafiek van het gemiddelde aantal bedrijven. In Figuur 8 (respectievelijk Figuur 9) is het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven (respectievelijk de gemiddelde duur van een epidemie) uitgezet tegen het gemiddeld aantal geruimde bedrijven; in deze figuren correspondeert elk punt op de zwarte lijn met een verschillende keuze voor de grenswaarde van R_h -kwadraat. De beide curves hebben twee 'takken', waarbij de top van de bovenste tak overeenkomt met een grenswaarde van 8 voor de R_h -kwadraat, en het rechter-uiteinde van de onderste tak met een grenswaarde van 0,3. Op het punt waarbij het gemiddeld aantal geruimde bedrijven het laagste is, d.w.z. ongeveer gelijk aan 20, komen de twee takken bij elkaar. Dit is voor een grenswaarde van ongeveer 1,6 (zoals ook af te leiden is uit de grafiek rechtsboven in Figuur 7). Als open cirkel is het resultaat weergegeven voor preventief ruimen binnen een straal van 1 km (conventioneel, d.w.z. op willekeurige volgorde binnen deze straal). Vergelijking tussen de lijn en de cirkel laat in zowel Figuur 8 als Figuur 9 zien dat de risico-gebaseerde aanpak efficiënter is dan ruimen binnen een straal van 1 km. Immers voor het realiseren van hetzelfde gemiddelde aantal uitbraken, of dezelfde gemiddelde duur van de epidemie, als berekend voor 1-km preventief ruimen, heeft de risico-gebaseerd preventief ruimen strategie een lager gemiddeld aantal ruiming nodig. Dit verschil in gemiddeld aantal ruiming is in beide figuren aangegeven met een pijl.

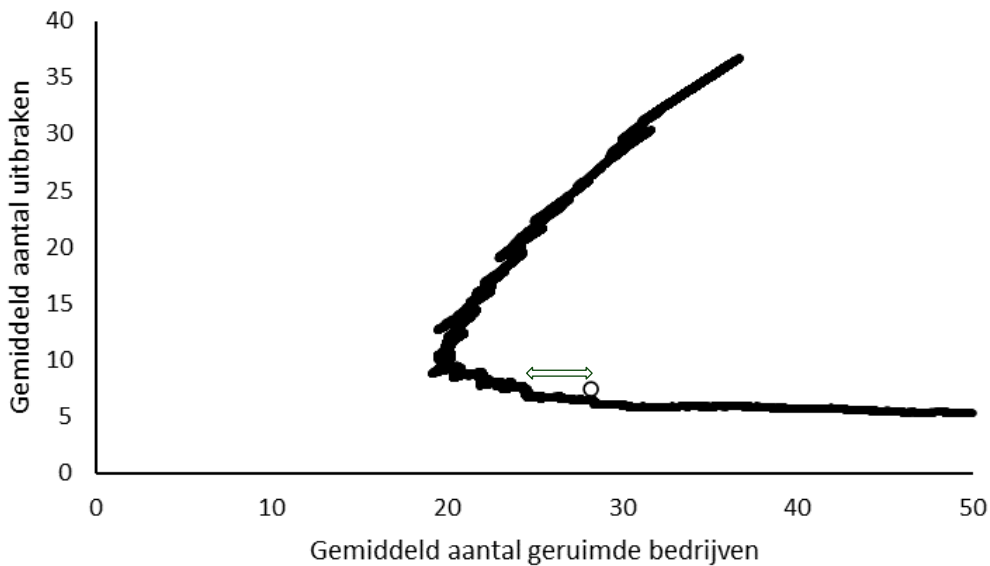
KVP – noodvaccinatie

In Figuur 10 is, voor het scenario van noodvaccinatie bij KVP in een varkensdicht gebied, in beeld gebracht hoe het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal gevaccineerde bedrijven en de

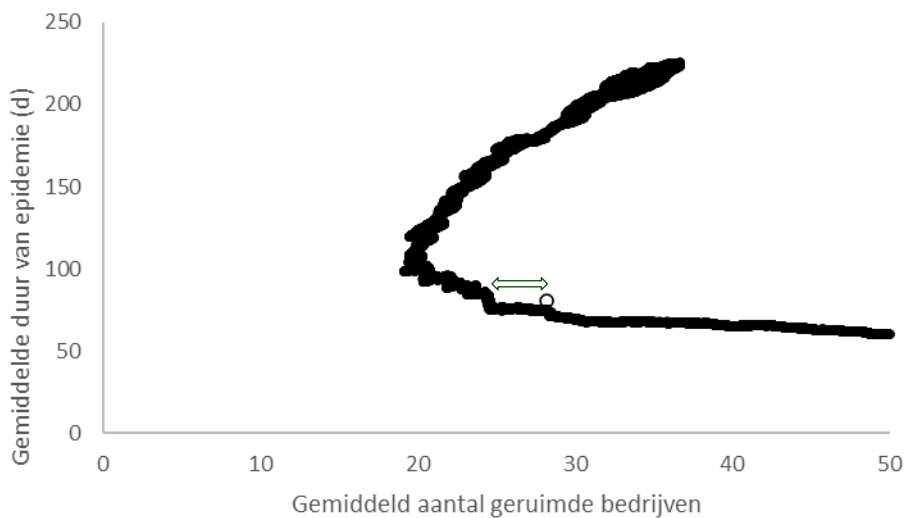
gemiddelde duur van een epidemie, volgens het model afhangen van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat. Elk punt op de grafiek correspondeert opnieuw met een (lopend) gemiddelde over 1000 modelsimulaties. Voor grenswaarden lager dan ongeveer 4 is te zien dat zowel het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven als de gemiddelde duur van de epidemie geleidelijk afneemt met afnemende grenswaarde. Dit is conform verwachting omdat een afnemende grenswaarde correspondeert met een toenemende reductie van het verspreidingsrisico. In tegenstelling tot de berekende situatie voor noodvaccinatie bij HPAI, blijft voor KVP de vaccinatiecapaciteit toereikend ook voor zeer lage grenswaarden. In Figuur 11 (respectievelijk Figuur 12) is het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven (respectievelijk de gemiddelde duur van een epidemie) uitgezet tegen het gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven; net als in Figures 8 en 9 correspondeert hier elk punt op de zwarte lijn met een verschillende keuze voor de grenswaarde van R_h -kwadraat. Als open cirkel is het resultaat weergegeven voor noodvaccinatie binnen een straal van 2 km (conventioneel, d.w.z. op willekeurige volgorde binnen deze straal). Vergelijking tussen de lijn en de cirkel laat in zowel Figuur 11 als Figuur 12 zien dat de risico-gebaseerde aanpak efficiënter is dan vaccineren binnen een straal van 2 km. Immers voor het realiseren van hetzelfde gemiddelde aantal uitbraken, of dezelfde gemiddelde duur van de epidemie, als berekend voor 2-km noodvaccinatie, heeft de risico-gebaseerde noodvaccinatie een lager gemiddeld aantal ruimingen nodig. Dit verschil in gemiddeld aantal ruimingen is in beide figuren aangeduid met een pijl.



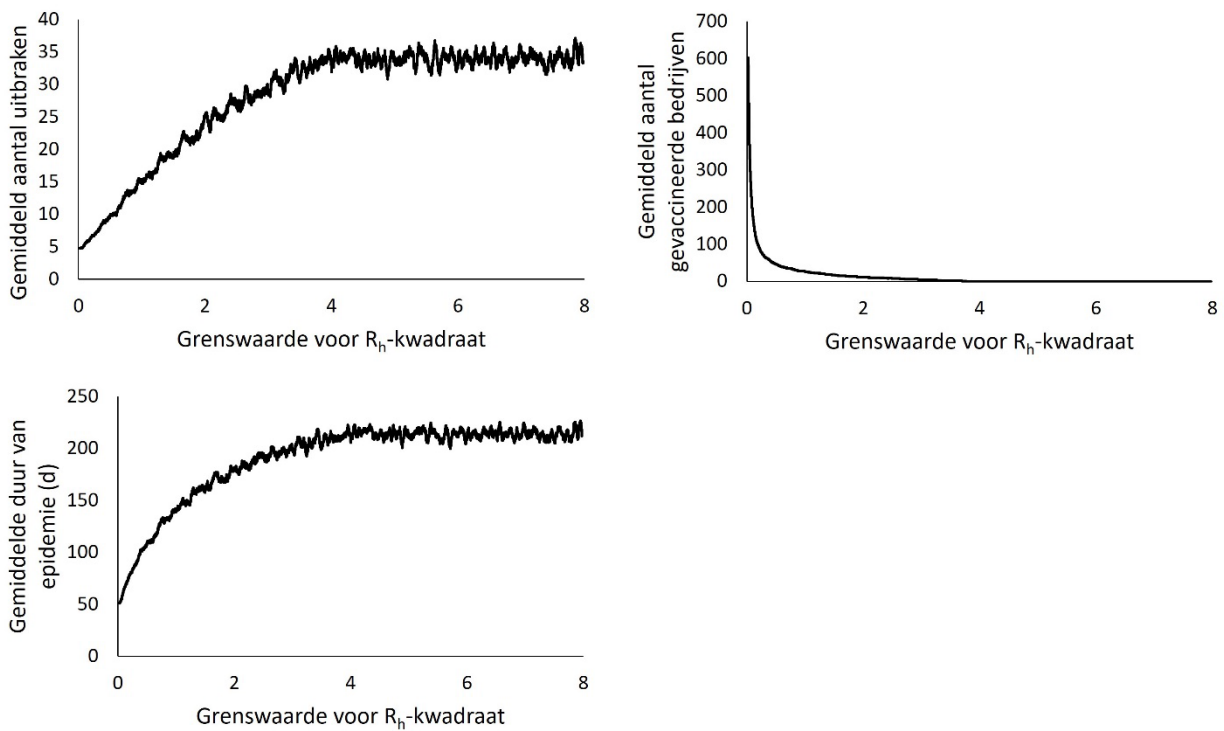
Figuur 7. Varkenspest bij risico-gebaseerd preventief ruimen: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie (linksboven), gemiddeld aantal geruimde bedrijven (rechtsboven) en gemiddelde duur van een epidemie (onder) bij eerste introductie in een bedrijfsdichte locatie, in afhankelijkheid van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat.



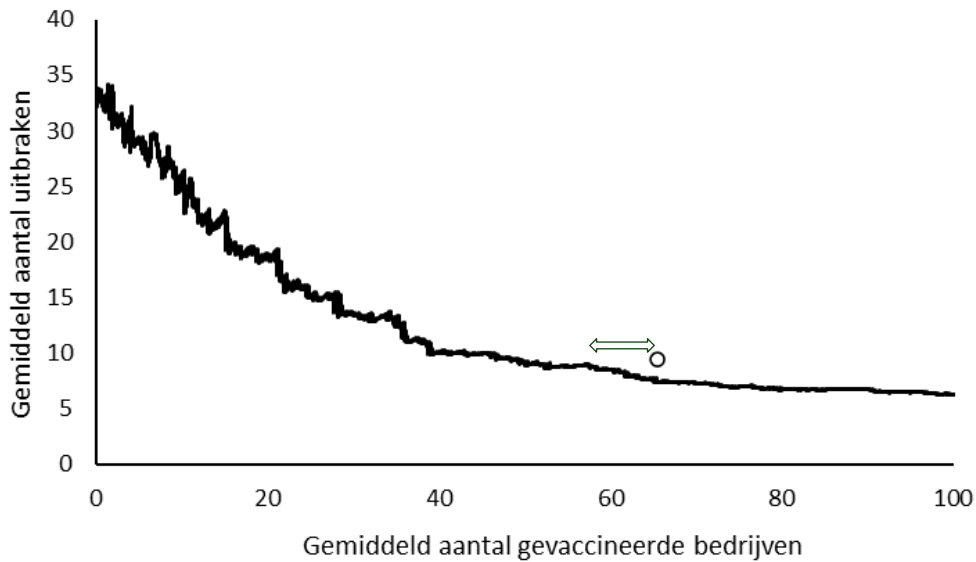
Figuur 8. Varkenspest bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Lijn: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal geruimde bedrijven (uitbraken plus preventieve ruiming) voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor preventief ruimen in een 1-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal geruimde bedrijven.



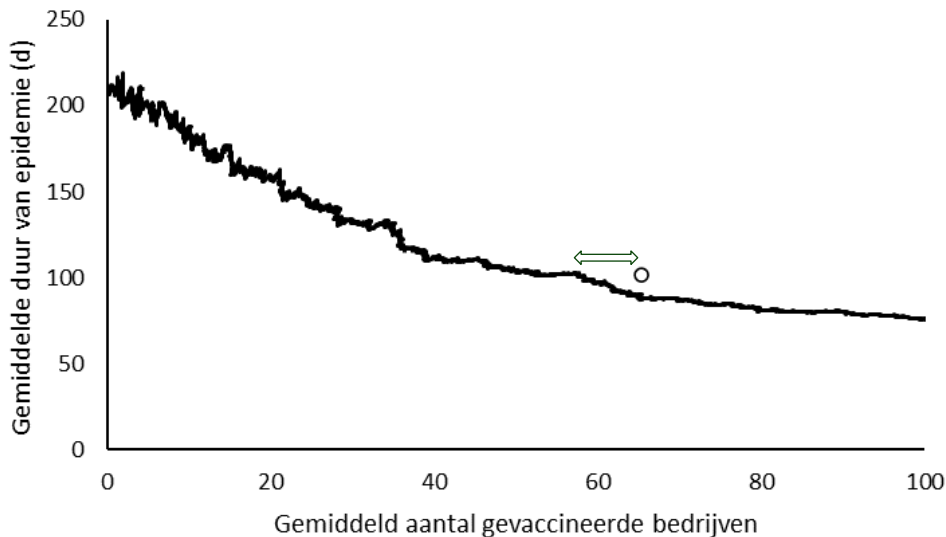
Figuur 9. Varkenspest bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Lijn: Gemiddelde duur van een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal geruimde bedrijven (uitbraken plus preventieve ruiming) voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor preventief ruimen in een 1-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal geruimde bedrijven.



Figuur 10. Varkenspest bij risico-gebaseerde noodvaccinatie: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie (linksboven), gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven (rechtsboven) en gemiddelde duur van een epidemie (onder) bij eerste introductie in een bedrijfsdichte locatie, in afhankelijkheid van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat.



Figuur 11. Varkenspest bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Lijn: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor noodvaccinatie in een 2-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven.



Figuur 12. Varkenspest bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Lijn: Gemiddelde duur van een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor noodvaccinatie in een 2-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven.

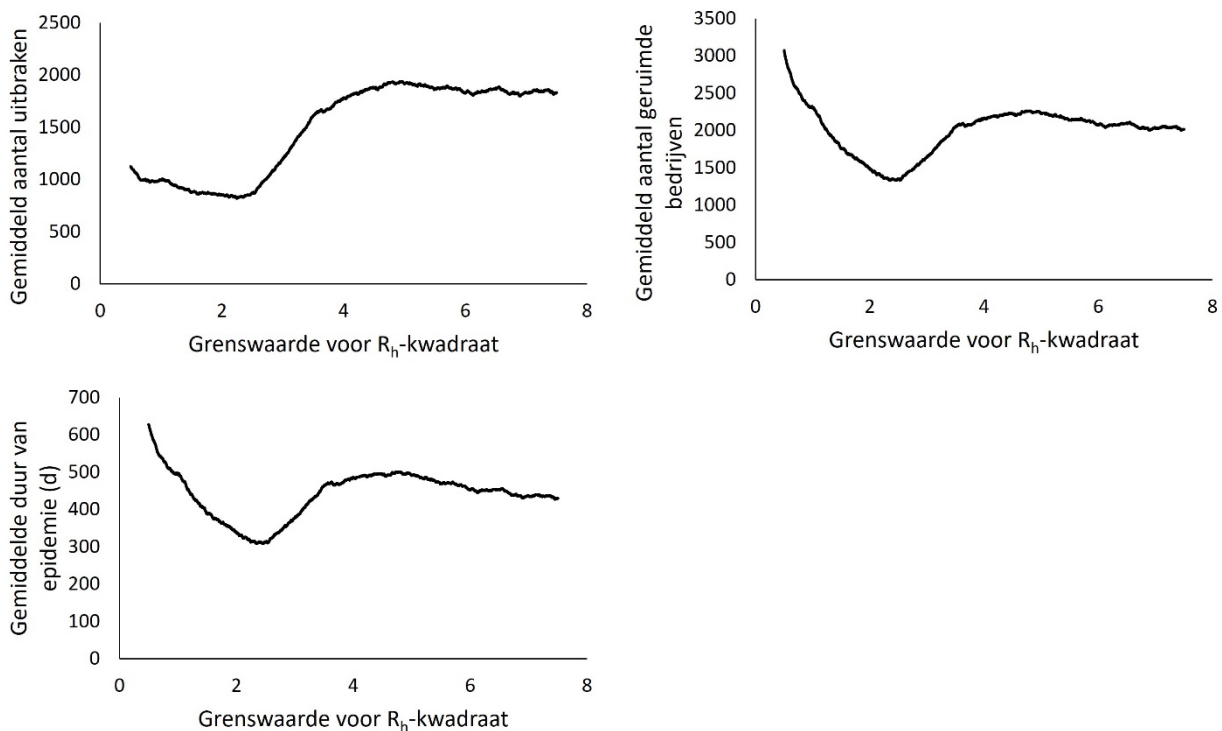
MKZ – preventief ruimen

In Figuur 13 is, voor het scenario van risico-gebaseerd preventief ruimen bij MZK in een vee-dicht gebied, in beeld gebracht hoe het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal geruimde bedrijven en de gemiddelde duur van een epidemie, volgens het model afhangen van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat. Elk punt op de grafiek correspondeert met een (lopend) gemiddelde over 1000 modelsimulaties. Voor alle keuzes van de grenswaarde is de berekende gemiddelde uitbraakgrootte zeer hoog (meer dan 800 uitbraakbedrijven) en is de gemiddelde uitbraakduur zeer lang (meer dan 300 dagen). Dit is het gevolg van hoge R_h waarden in combinatie met een beperkte ruimingscapaciteit van 6 bedrijven per dag. Doordat de ruimingen in deze berekeningen gedurende de epidemie 'achter de feiten aan gaan lopen', wordt de berekende duur van de epidemie in hoge mate bepaald door het afwerken van de voorgenomen preventieve ruimingen. Dit is af te zien in Figuur 13 aan het feit dat de curves voor de gemiddelde duur van de epidemie en voor het gemiddeld aantal ruimingen een vrijwel identieke vorm hebben; alleen de schaal (y-as) verschilt. Omdat aan het begin van de epidemie de ruimingscapaciteit nog niet wordt opgesoupeerd door ruimingen van uitbraakbedrijven, maakt de keuze voor de R_h -kwadraatgrenswaarde wel verschil: bij afnemende grenswaarde tussen ongeveer 3,5 en ongeveer 2,5 is er een forse daling in de voorspelde gemiddelde grootte en duur van de epidemie. Voor waarden onder ongeveer 2,5 schiet de capaciteit ook aan het begin van de epidemie tekort om de voorgenomen ruimingen tijdig uit te voeren. In de berekeningen wordt aangenomen dat de preventieve ruimingen in volgorde van uitbraken worden afgewerkt en onder de 2,5 leidt dit tot 'achter de feiten aan lopen' waarbij voor afnemende grenswaarde zowel het gemiddeld aantal uitbraken als van de duur van de epidemie toeneemt. In Figuur 14 (respectievelijk Figuur 15) is het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven (respectievelijk de gemiddelde duur van een epidemie) uitgezet tegen het gemiddeld aantal geruimde bedrijven; in deze figuren correspondeert elk punt op de zwarte lijn met een verschillende keuze voor de grenswaarde van R_h -kwadraat. De curve in Figuur 14 heeft drie 'takken', waarbij het linker-uiteinde van de bovenste tak overeenkomt met een grenswaarde van 8 voor de R_h -kwadraat, en het rechter-uiteinde van de onderste tak met een grenswaarde van 0,5. Op het punt waarbij het gemiddeld aantal geruimde bedrijven het laagste is, d.w.z. ongeveer gelijk aan 1300, komen de onderste twee takken bij elkaar. Dit is voor een grenswaarde van ongeveer 2,5 (zoals ook af te leiden is uit de grafiek rechtsboven in Figuur 13). In Figuur 15 zijn er ook drie takken maar deze liggen dicht tegen elkaar aan. Als open cirkel is het resultaat weergegeven voor preventief ruimen binnen een straal van 1 km (conventioneel, d.w.z. op willekeurige volgorde binnen deze straal). Vergelijking tussen de lijn en de cirkel laat in Figuur 14 zien dat de risico-gebaseerde aanpak efficiënter is dan ruimen binnen een straal van 1 km. Immers voor het realiseren van hetzelfde gemiddelde aantal uitbraken, of dezelfde gemiddelde duur van de epidemie, als berekend voor 1-km preventief ruimen, heeft de risico-gebaseerd preventief ruimen een lager gemiddeld aantal ruimingen nodig. Dit verschil in gemiddeld aantal

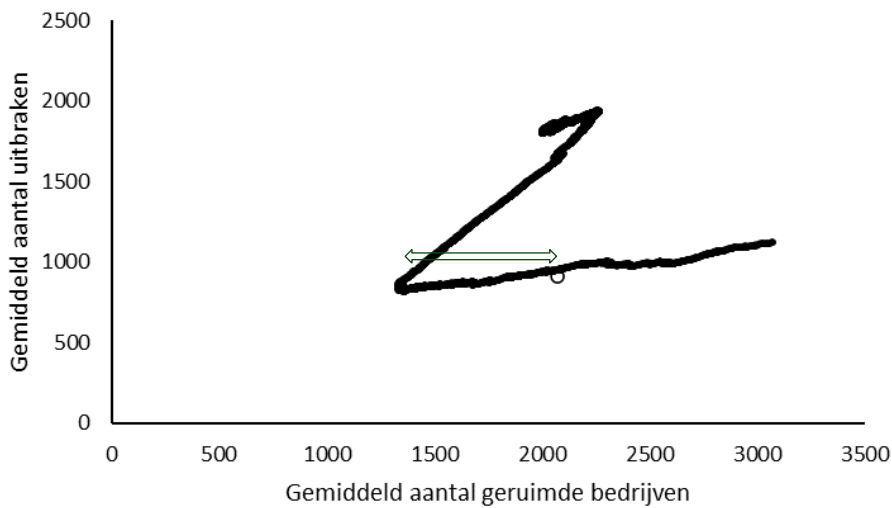
ruimingen is in de Figuur aangegeven met een pijl. Aan vergelijking tussen de lijn en de cirkel in Figuur 15 is de grotere efficiëntie van de risico-gebaseerde aanpak nauwelijks af te zien (korte pijl); dit is vanwege het sterke verband tussen de gemiddelde duur van de epidemie en het gemiddeld aantal ruimingen.

MKZ – noodvaccinatie

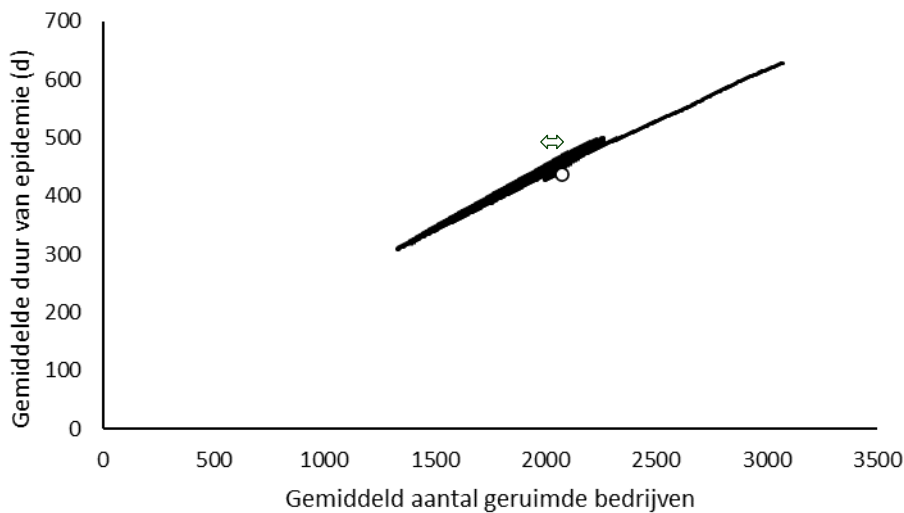
In Figuur 16 is, voor het scenario van noodvaccinatie bij MKZ in een vee-dicht gebied, in beeld gebracht hoe het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven, het gemiddelde aantal gevaccineerde bedrijven en de gemiddelde duur van een epidemie, volgens het model afhangen van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat. Elk punt op de grafiek correspondeert opnieuw met een (lopend) gemiddelde over 1000 modelsimulaties. In tegenstelling tot de situatie bij risico-gebaseerd preventief ruimen, is er bij risico-gebaseerde noodvaccinatie meestal geen capaciteitsprobleem. Daardoor is er ook bij grenswaardes boven ongeveer 3,5 een duidelijk al een duidelijk effect van noodvaccinatie te zien op zowel het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven als op de gemiddelde duur van de epidemie (afname van beide wanneer de grenswaarde afneemt). Pas bij grenswaarden onder ongeveer 0,5 is de vaccinatiecapaciteit van 120 bedrijven per dag niet meer toereikend voor tijdige afwikkeling van de voorgenomen vaccinaties, zodat bij verder afnemende grenswaarde de omvang en duur van epidemieën weer toenemen. In Figuur 17 (respectievelijk Figuur 18) is het gemiddelde aantal uitbraakbedrijven (respectievelijk de gemiddelde duur van een epidemie) uitgezet tegen het gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven; net als in Figures 8 en 9 correspondeert hier elk punt op de zwarte lijn met een verschillende keuze voor de grenswaarde van R_h -kwadraat. De curves in Figuur 14 en 15 hebben beide drie 'takken', waarbij het linker-uiteinde van de bovenste tak overeenkomt met een grenswaarde van 8 voor de R_h -kwadraat, en het rechter-uiteinde van de onderste tak met een grenswaarde van 0,6. Daar waar de onderste twee takken bij elkaar komen, d.w.z. waar het gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven ongeveer gelijk is aan 450, is de grenswaarde ongeveer gelijk aan 1,8 (zoals ook af te leiden is uit de grafiek rechtsboven in Figuur 16). Als open cirkel is het resultaat weergegeven voor noodvaccinatie binnen een straal van 2 km (conventioneel, d.w.z. op willekeurige volgorde binnen deze straal). Vergelijking tussen de lijn en de cirkel laat in zowel Figuur 17 als Figuur 18 zien dat de risico-gebaseerde aanpak duidelijk efficiënter is dan vaccineren binnen een straal van 2 km. Immers voor het realiseren van hetzelfde gemiddelde aantal uitbraken, of dezelfde gemiddelde duur van de epidemie, als berekend voor 2-km noodvaccinatie, heeft de risico-gebaseerde noodvaccinatie een duidelijk lager gemiddeld aantal ruimingen nodig. Dit verschil in gemiddeld aantal ruimingen is in beide figuren aangeduid met een pijl.



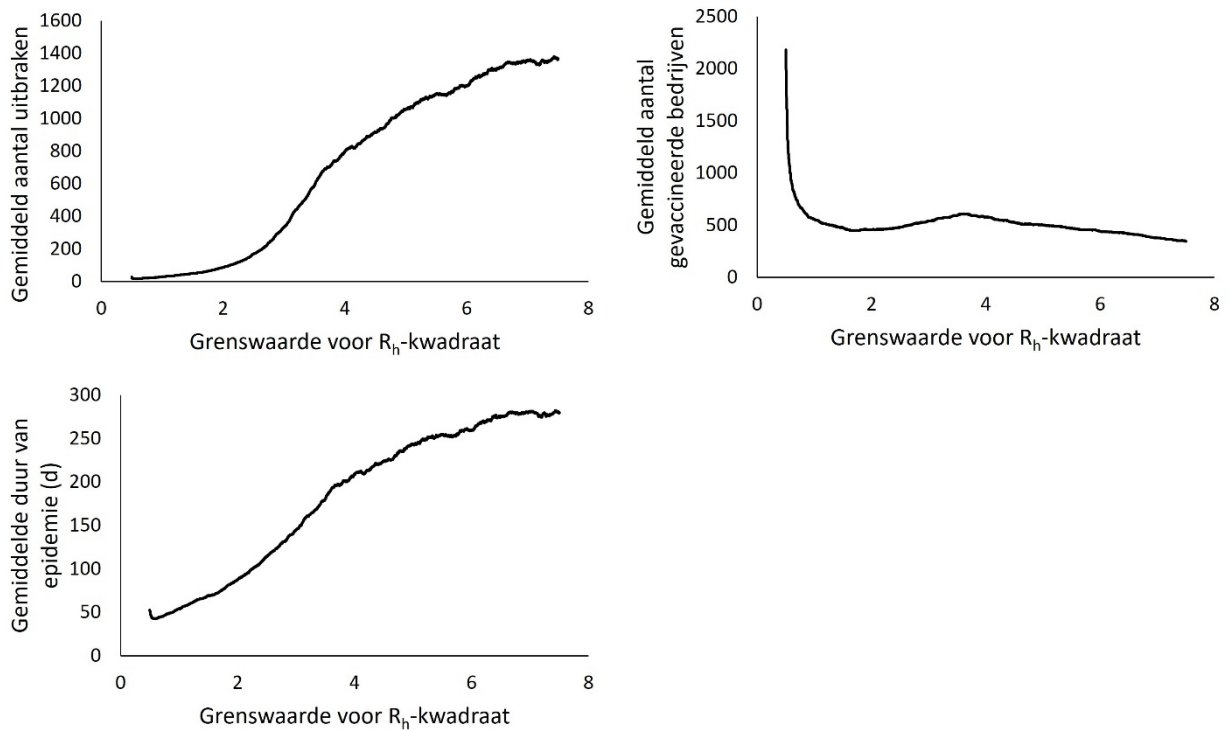
Figuur 13. Preventief ruimen bij mond-en-klauwzeer: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie (linksboven), gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven (rechtsboven) en gemiddelde duur van een epidemie (onder) bij eerste introductie in een bedrijfsdichte locatie, in afhankelijkheid van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat.



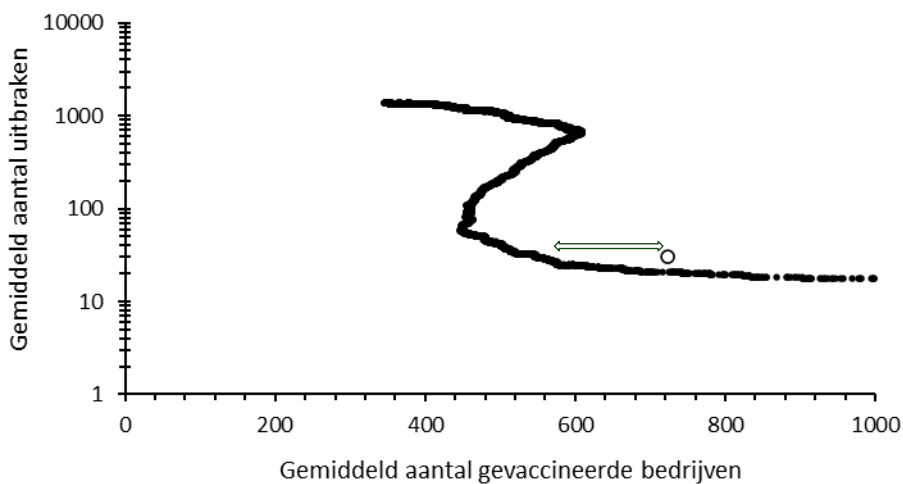
Figuur 14. Preventief ruimen bij mond-en-klauwzeer. Lijn: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal geruimde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor preventief ruimen in een 1-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal geruimde bedrijven.



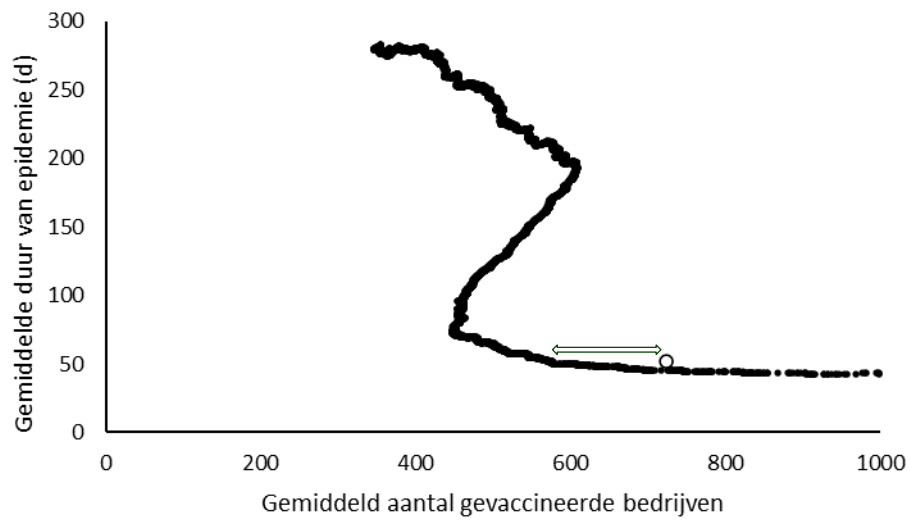
Figuur 15. Preventief ruimen bij mond-en-klauwzeer. Lijn: Gemiddelde duur van een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal geruimde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerd preventief ruimen. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor preventief ruimen in een 1-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal geruimde bedrijven.



Figuur 16. Noodvaccinatie bij mond-en-klauwzeer: Gemiddeld aantal uitbraken tijdens een epidemie (linksboven), gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven (rechtsboven) en gemiddelde duur van een epidemie (onder) bij eerste introductie in een bedrijfsdichte locatie, in afhankelijkheid van de gekozen grenswaarde voor R_h -kwadraat.



Figuur 17. Noodvaccinatie bij mond-en-klauwzeer. Lijn: Gemiddeld aantal uitbraken in een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor noodvaccinatie in een 2-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven.



Figuur 18. Noodvaccinatie bij mond-en-klauwzeer. Lijn: Gemiddelde duur van een epidemie uitgezet tegen gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven voor verschillende keuzes van de grenswaarde voor R_h -kwadraat bij risico-gebaseerde noodvaccinatie. Open cirkel: Ter vergelijking, het resultaat voor noodvaccinatie in een 2-km straal. Pijl: Indicatie van verschil in gemiddeld aantal gevaccineerde bedrijven.



4 Conclusies en Discussie

Conclusies

- In dit rapport wordt een aanpak beschreven waarmee preventieve ruiming en noodvaccinatie - als maatregelen bij de bestrijding van zeer besmettelijke dierziekten - kunnen worden uitgevoerd op een risico-gebaseerde wijze. In de huidige beleidsdraaiboeken worden beide maatregelen gekoppeld aan uitvoering binnen een cirkelvormig gebied met een straal van 1 respectievelijk 2 km rondom uitbraakbedrijven. De risico-gebaseerde aanpak beschreven in dit rapport gebruikt als afgrenzing niet de straal van een cirkelvormig gebied maar een grenswaarde voor de resterende R_h -kwadraat, een maat voor risicoacceptatie. Daarnaast worden individuele bedrijven geprioriteerd op basis van een berekende individuele bijdrage aan het risico van verspreiding. Deze prioritering specificeert welke bedrijven rondom een uitbraakbedrijf in aanmerking komen voor preventieve ruiming of noodvaccinatie en in welke volgorde.
- Resultaten voor HPAI, KVP en MKZ laten zien dat:
 - de risico-gebaseerde aanpak efficiënter werkt dan preventief ruimen in een 1-km zone c.q. vaccineren in een 2-km zone.
 - een optimale grenswaarde kan worden gekozen afhankelijk van het relatieve belang van het beperken van de grootte van de epidemie, het beperken van de duur van de epidemie, en het beperken van het totaal aantal geruimde c.q. gevaccineerde bedrijven.

Praktische invulling

- De risico-gebaseerde strategie bestaat eruit om op elk moment tijdens een uitbraak de interventie uit te voeren in volgorde van een geprioriteerde lijst waarbij, indien nodig in verband met beperkte interventiecapaciteit, de geprioriteerde lijst bij elk nieuw uitbraakbedrijf wordt geactualiseerd. Om dit laatste operationeel te maken bij de NVWA zou een eenvoudig script kunnen worden gemaakt waarbij de lijst met het ingeven van het UBN van het nieuwe uitbraakbedrijf kan worden geactualiseerd.
- Bij de in dit rapport beschreven risico-gebaseerde aanpak is er geen ruimingsstraal of vaccinatiestraal maar wordt elk 'buurtbedrijf' op zijn merites beoordeeld. Die merites volgen uit een model. Indien de betreffende modellen gezien de modelonzekerheid geen juridisch voldoende basis zouden zijn om beslissingen over individuele bedrijven te nemen (wel of niet ruimen/vaccineren), zou een hybride aanpak kunnen worden overwogen waarbij prioritering volgens een vergelijkbaar risico-gebaseerd schema wordt gecombineerd met afgrenzing op basis van een straal (zie [8]).



Literatuur

- [1]. G.J. Boender, R. van den Hengel, H.J.W. van Roermund, T.J. Hagenaars (2014). The Influence of Between-Farm Distance and Farm Size on the Spread of Classical Swine Fever during the 1997–1998 Epidemic in The Netherlands. *PLoS ONE* 9(4): e95278.
- [2]. G.J. Boender, H.J.W. van Roermund, M.C.M. de Jong, T.J. Hagenaars. (2010). Transmission risks and control of foot-and-mouth disease in The Netherlands: Spatial patterns. *Epidemics* 2, 36-47.
- [3]. G.J. Boender, T.J. Hagenaars, A. Bouma, G. Nodelijk, A.R.W. Elbers, M.C.M. de Jong, M. van Boven. (2007). Risk maps for the spread of highly pathogenic avian influenza in poultry. *PLoS Comput. Biol.* 3, e71.
- [4]. T. Hagenaars, G.J. Boender, A.R.W. Elbers, J.L. Gonzales, P. Hobbelen, 2023. Preventief ruimen bij vogelgriep in pluimveedichte gebieden en mogelijkheden voor aanvullende bemonstering. Lelystad, Wageningen Bioveterinary Research, Report 2321589.
- [5]. Backer, J., Bergevoet, R., Fischer, E., Nodelijk, G., Bosman, K., Saatkamp, H. en van Roermund, H., 2011. Control of highly pathogenic avian influenza: epidemiological and economic aspects. LEI Wageningen UR. Den Haag.
- [6]. Backer, J.A., Hagenaars, T.J., van Roermund, H.J.W. en de Jong, M.C.M., 2009. Modelling the effectiveness and risks of vaccination strategies to control classical swine fever epidemics. *Journal of The Royal Society Interface* 6, 849-861.
- [7]. Backer, J.A., Hagenaars, T.J., Nodelijk, G. en van Roermund, H.J.W., 2012. Vaccination against foot-and-mouth disease I: Epidemiological consequences. *Preventive Veterinary Medicine* 107, 27-40.
- [8]. D.E. te Beest, T.J. Hagenaars, J.A. Stegeman, M.P.G. Koopmans, M. van Boven. (2011). Risk based culling for highly infectious diseases of livestock. *Vet. Res.* 42:81.

Wageningen Bioveterinary Research
Postbus 65
8200 AB Lelystad
T 0320 23 82 38
info.bvr@wur.nl
<http://www.wur.nl/bioveterinary-research>

Wageningen Bioveterinary Research
Report

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.