



Definiëring van waterrijke gebieden in relatie tot vogelgriepbesmettingsrisico bij commerciële pluimveebedrijven in Nederland

J.L. Gonzales, W.H.G.J. Hennen, R. Petie en A.R.W. Elbers

Rapport 2327067

doi: 10.18174/634778

27 September 2023

Definiëring van waterrijke gebieden in relatie tot vogelgriepbesmettingsrisico bij commerciële pluimveebedrijven in Nederland

J.L. Gonzales¹, W.H.G.J. Hennen², R. Petie¹ en A.R.W. Elbers¹

¹ Wageningen Bioveterinary Research, Lelystad; ² Wageningen Economic Research, Den Haag

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Bioveterinary Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur' (projectnummer BO-43-111-099 / KD-2023-038)

Wageningen Bioveterinary Research
Lelystad, 27 September 2023

Report 2327067
DOI: 10.18174/634778

J.L. Gonzales, W.H.G.J. Hennen, R. Petie en A.R.W. Elbers, 2023. Definiëring van waterrijke gebieden in relatie tot vogelgriepbesmettingsrisico bij commerciële pluimveebedrijven in Nederland. Wageningen Bioveterinary Research, Lelystad. Rapport 2327067; DOI: 10.18174/634778. 29 bladzijden; 12 figuren; 4 tabellen; 1 bijlage; 2 referenties.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/634778> of op www.wur.nl/bioveterinary-research (onder Wageningen Bioveterinary Research publicaties).

© 2023 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.
© foto frontpagina: Armin Elbers, 2023.

Dit rapport is uitgegeven onder een Creative Commons (CC) license: CC **BY-NC-ND**.
BY: het werk kan worden geredistribueerd (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.

Inhoud

Samenvatting (NL & UK)	5
1. Aanleiding en vraagstelling	7
2. Werkwijze	9
2.1 Data	9
2.2 Hulpmiddelen voor decentrale overheden om de definitie toe te passen	11
2.3 Modelling	11
3. Resultaten	13
3.1 Exploratie van potentiële variabelen	13
3.2 Analyse resultaten	15
4. Conclusies	25
Appendix	29

Samenvatting (NL & UK)

NL Uit recent WBVR-onderzoek zijn verschillende risicofactoren bekend die van invloed zijn op de kans op besmetting met hoog-pathogene aviaire influenza (HPAI) bij commercieel pluimvee, zoals (combinaties van) bedrijfstypen en landschapsvariabelen. In diverse beleidstrajecten, zoals het intensiveringsplan preventie vogelgriep en de meekoppelende structurerende keuze dierziekten en zoonosen binnen het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG), is aandacht voor deze risicofactoren in relatie tot HPAI. Een belangrijke landschapsvariabele is de nabijheid en de hoeveelheid van water rondom pluimveebedrijven. Water in de vorm van sloten, vaarten, meren etc. is een stabiele factor, d.w.z. een factor die in de tijd nauwelijks tot niet verandert in het landschap. Om met deze risicofactor rekening te kunnen houden is het noodzakelijk om vast te kunnen stellen wanneer een locatie met een pluimveebedrijf waterrijk is. Er zijn daarom twee modellen ontwikkeld, een basismodel op basis van alleen wateroppervlak in een straal van 500 m rond een pluimveebedrijf en een model dat wateroppervlak en oppervlak bos en bomen in een straal van 500 m rond een pluimveebedrijf combineert, waarmee op een praktische en ondubbelzinnige wijze het risico van HPAI-besmetting van pluimveebedrijven kan worden geclassificeerd. Daarbij moet worden opgemerkt dat de veel uitgebreidere modellen met meer variabelen (maar niet allemaal stabiel in de tijd) zoals eerder gerapporteerd door Gonzales et al. (2023), beter presteren (combinatie van gevoeligheid en specificiteit).

Er worden verschillende beslisbomen gepresenteerd waarmee men door een specifieke keuze van een afkapwaarde voor de oppervlakte water en/of bos en bomen in een straal van 500 m rond een pluimveebedrijf, een overzicht krijgt van de prestatie op het gebied van gevoeligheid en specificiteit in het classificeren van het HPAI-besmettingsrisico.

Het basismodel (water alleen) heeft een optimale combinatie (grootste som van gevoeligheid en specificiteit) van 58% gevoeligheid en 70% specificiteit bij een afkapwaarden van wateroppervlak van ≥ 3.2 ha. Een hogere gewenste specificiteit gaat daarbij gepaard met een lagere gevoeligheid door een hogere afkapwaarde te kiezen van wateroppervlak.

Het model waarin water en bos en bomen wordt gecombineerd heeft een optimale combinatie van 44% gevoeligheid en 84% specificiteit bij een afkapwaarden van wateroppervlak van ≥ 3.2 ha en een afkapwaarde van oppervlak bos en bomen van < 0.1 ha. Bij een vergelijkbare specificiteit van 84% als het gecombineerde model, heeft het basismodel met alleen water een lagere gevoeligheid (39%) in vergelijking met het gecombineerde model (44%). Ook hierbij geldt: een hogere gewenste specificiteit gaat daarbij gepaard met een lagere gevoeligheid door een hogere afkapwaarde te kiezen van wateroppervlak. Samenvattend: in vergelijking met het basis model (water alleen) heeft het gecombineerde model (water en bos/bomen) een verbeterde specificiteit met een lager compromis m.b.t. de gevoeligheid. Voor alle modellen resulteert een verhoging van de specificiteit van de identificering van risicogebieden in een verhoging van de zekerheid van de correcte classificatie van gebieden met een hoog HPAI-besmettingsrisico.

UK Recent WBVR research has revealed various risk factors that influence the risk of infection with highly pathogenic avian influenza (HPAI) in commercial poultry, such as (combinations of) farm types and landscape variables. In various policy processes, such as the intensification plan for bird flu prevention and the associated structuring choice for animal diseases and zoonoses within the National Program for Rural Areas (NPLG), attention is paid to these risk factors in relation to HPAI. An important landscape variable is the proximity and amount of water around poultry farms. Water in the form of ditches, canals, lakes, etc. is a stable factor, i.e. a factor that changes little or nothing in the landscape over time. In order to take this risk factor into account, it is necessary to be able to determine when a location with a poultry farm is rich in water. For that, two models have been developed, a basic model based only on water surface area in a radius of 500 m around a poultry farm and a model that combines water surface and forest-and-tree surface areas in a radius of 500 m around a poultry farm. these models can be used in a practical and unambiguous way to classify the highly pathogenic avian influenza (HPAI) infection risk of poultry farms. It should be noted that the much more comprehensive models with more variables (but not all stable over time) as previously reported by Gonzales et al. (2023), perform better (combination of sensitivity and specificity) than the "simple" models developed here.

Different decision trees are presented that provide an overview of the performance in terms of sensitivity and specificity to classify the HPAI-infection risk by a specific choice of a cut-off value for the water surface area and/or the forest and trees area in a radius of 500 m around a poultry farm.

The basic model (water alone) has an optimal combination (largest sum of sensitivity and specificity) of 58% sensitivity and 70% specificity at a water surface cut-off value of ≥ 3.2 ha. A higher desired specificity is accompanied by a lower sensitivity by choosing a higher cut-off value for the water surface.

The model in which water and forest-and-trees are combined has an optimal combination of 44% sensitivity and 84% specificity with a water surface cut-off value of ≥ 3.2 ha and a forest and tree surface cut-off value of < 0.1 ha. At a similar specificity of 84% to the combined model, the basic water-only model has a lower sensitivity (39%) compared to the combined model (44%). Here too, the following applies: a higher desired specificity is accompanied by a lower sensitivity by choosing a higher cut-off value for the water surface. In summary, compared to the basic model (water alone), the combined model (water and forest/trees) has an improved specificity with a lower sensitivity compromise. Improved specificity of the models contributes to increased certainty in correctly classifying a given area as "high" risk for HPAI-infection.

1. Aanleiding en vraagstelling

Aanleiding

Uit recent onderzoek (Gonzales et al., 2022; 2023) zijn verschillende risicofactoren bekend die van invloed zijn op de kans op besmetting met hoog-pathogene aviaire influenza (HPAI) van commercieel pluimvee, zoals (combinaties van) bedrijfstypen en landschapsvariabelen. In diverse beleidstrajecten, zoals het intensiveringsplan preventie vogelgriep en de meekoppelende structurerende keuze dierziekten en zoönosen binnen het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG), is aandacht voor deze risicofactoren in relatie tot HPAI-besmettingsrisico. Belangrijke landschapsvariabelen zijn de nabijheid en de hoeveelheid van water (geassocieerd met een verhoogd risico), en de nabijheid en oppervlakte aan bos/bomen (geassocieerd met een verlaagd risico) rondom pluimveebedrijven waarop vanuit pragmatische én wetenschappelijke oogpunt in dit project wordt gefocust: water in de vorm van sloten, vaarten, meren etc. en bos/bomen zijn stabiele factoren, d.w.z. factoren die in de tijd nauwelijks tot niet veranderen in het landschap. Om met deze risicofactoren rekening te kunnen houden is het noodzakelijk om vast te kunnen stellen wanneer een locatie met een pluimveebedrijf waterrijk en/of bos/bomenrijk is; er is dus een definitie nodig. Voor water- en bos/bomenrijke gebieden moet er een definitie worden gevormd die zo goed mogelijk past binnen de bestaande modellen voor HPAI-besmettingsrisico pluimveebedrijven (Gonzales et al., 2022, 2023). Deze definitie zal mogelijk worden gebruikt voor de verdere uitwerking van beleid en regelgeving om het risico op uitbraken van HPAI in de pluimveehouderij te verkleinen. Ook kan de definitie gebruikt worden bij de vorming van integrale gebiedsplannen en besluitvormingsprocessen binnen het NPLG.

Vraagstelling en verzoek tot analyse

Een definiëring van waterrijke gebieden zodanig formuleren, dat deze zowel juridisch juist en praktisch toepasbaar is, en ondubbelzinnig uitlegbaar zijn. Een ieder zou op basis van de definitie moeten kunnen vaststellen of een bepaalde locatie in Nederland in een water- en bos/bomenrijk gebied ligt.

De definitie moet voldoen aan de volgende eisen:

- De definitie moet gebaseerd zijn op stabiele factoren, zodat deze voor langere tijd onveranderlijk zijn en in beleid kan worden vastgelegd. Het gebruiken van bijvoorbeeld de populatie watervogels is hiermee niet geschikt, gezien deze jaarlijks kan veranderen.
- De definitie moet praktisch toepasbaar zijn voor provincies en gemeenten. Het moet als een instrument dienen die zij gemakkelijk zelf kunnen toepassen (m.a.w. de hiervoor benodigde data moeten toegankelijk en beschikbaar zijn voor decentrale overheden).

2. Werkwijze

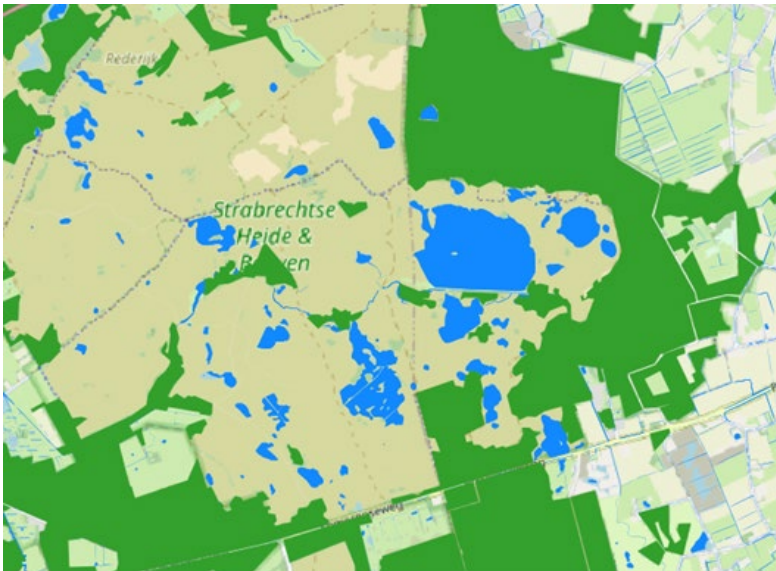
2.1 Data

Voor de identificatie van robuuste en consistente water gerelateerde variabelen om het risiconiveau voor HPAI-besmetting te verklaren voor reeds bestaande of te plannen pluimveehouderij locaties, werd een risicomodel ontwikkeld dat een vergelijking biedt voor de betrouwbare kwantificering en classificatie van het niveau van risico. Hiervoor gebruikten we bedrijfsspecifieke gegevens zoals gebruikt in het vorige rapport (Gonzales et al., 2023) en evalueerden we het individuele en gecombineerde effect en de betrouwbaarheid van variabelen. De kern was wateroppervlak, en type water (zout, zoet, brak). Maar omdat er ook andere stabiele risicofactoren zijn (die in de tijd niet of nauwelijks veranderen op een locatie) keken we ook naar grondsoort, bos- en bomen. Zo was b.v. uit het eerdere rapport (Gonzales et al., 2023) duidelijk dat het risico op HPAI-besmetting in de provincie Zeeland lager is mede als gevolg van aanwezigheid van relatief veel fruitboomgaarden en aangelegde boomerpercelen rond uitloopbedrijven. In Appendix 1 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte variabelen en de bron van de gegevens.

Daarnaast gebruikten wij locatiegegevens: locatie-specifieke coördinaten (6-posities postcode in combinatie met huisnummer), polygonen van landbouwpercelen. Deze variabelen zullen bijdragen aan het verbeteren van de betrouwbaarheid van het model, aangezien er een duidelijk verschil is in het risico op HPAI-besmetting afhankelijk van waar een pluimveebedrijf in Nederland is gevestigd of gevestigd zou gaan worden. Hoog-risico gebieden voor HPAI-besmetting in Nederland zijn: kustregio's en laaggelegen gebieden in Groningen, Friesland, Flevoland, Noord- en Zuid-Holland en Zeeland; stroomgebieden van de grote rivieren in het midden van het land: de IJssel, Neder-Rijn, Waal en Maas; gebied ter hoogte van de Maasplassen bij Roermond (Gonzales et al., 2022, 2023).

De landschapsvariabelen hebben een resolutie van 100 x 100 m (1 ha). Dit betekent dat voor de analyse Nederland werd verdeeld in rasters met een celgrootte van 100 X 100 m voor elk van de bovengenoemde databronnen. Locatiegegevens van pluimveebedrijven en hun geschiedenis van besmetting met hoog-pathogeen aviaire influenzavirus (HPAIV) vanaf januari 2014 tot oktober 2022 zijn gebruikt. Alleen primaire besmettingen werden meegenomen, alle HPAI-besmettingen die mogelijk het gevolg waren van tussenbedrijfstransmissie, bevestigd door genetisch onderzoek van WBVR of epidemiologisch onderzoek van de NVWA en/of WBVR, werden uitgesloten. Tussen januari 2014 en oktober 2022 zijn in totaal 93 primaire besmettingen (HPAI-besmette pluimveebedrijven) geweest op ongeveer 2115 actieve pluimveebedrijven in Nederland.

Voor de variabelen "water" uit de Basisregistratie Groot-schalige Topografie (BGT) laten we een voorbeeld zien in Figuur 1.



Figuur 1 Voorbeeld van de variabele "Water" zoals dat vanuit de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) werd geselecteerd (blauwe oppervlakten in de kaart).

De hoeveelheid water in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf werd berekend als de som van 10 m² wateroppervlakten binnen 500m van de randen van gebiedsoppervlakten van 1 ha; de hoeveelheid water is gemeten in (delen van) eenheden ha.

Voor de variabele "Bos en Bomen" uit het Basisbestand Bodemgebruik (BBG) van het CBS laten we ook een voorbeeld zien (zie Figuur 2); "Bos" is gedefinieerd als een aangesloten oppervlakte aan bomen, en "Bomen" is een strook van bomen (bomenrij) met een minimale breedte van 20 m.



Figuur 2 Voorbeeld van de variabele "Bos en bomen" zoals dat vanuit het Basisbestand Bodemgebruik van het CBS werd geselecteerd.

De volgende typen grond werden gebruikt in de analyse: klei, veen, löss en zand. Er waren HPAI-besmette en onbesmette pluimveebedrijven gelegen op klei, veen en zand. Op de grondsoort löss waren alleen HPAI-onbesmette pluimveebedrijven te vinden (Figuur 4).

2.2 Hulpmiddelen voor decentrale overheden om de definitie toe te passen

Het HPAI-risicofactoren-model voeden wij voor deze specifieke projectdoelstelling met een nieuwe dataset op basis van de locatie (6-positie postcode in combinatie met huisnummer) van de pluimveebedrijven in het landschap. Dit komt tegemoet aan de eis dat decentrale overheden een instrument willen hebben dat zij zelf moeten kunnen toepassen met geografische gegevens die zij ook zelf kunnen benaderen (6-positie postcode in combinatie met huisnummer is beschikbaar bij decentrale overheden van percelen/veehouderijen). WBVR maakt daartoe een '**look-up**' tabel in Microsoft Excel beschikbaar met daarin voor elke 6-positie postcode in combinatie met huisnummer voor de bestaande pluimveehouderijen in Nederland het berekende besmettingsrisico van HPAI (op basis van het beperkte model met water en bomen/bos) **en** de daarbij behorende maat voor waterrijkheid (hoeveelheid water (in ha)) en bomen/bosrijkheid (hoeveelheid in ha) binnen een straal van 500 m van het pluimveebedrijf. De mate van het besmettingsrisico wordt ingedeeld in b.v. laag, middel en hoog en de drempelwaarden die horen bij deze categorie-indeling van laag-middel-hoog worden bepaald met een Receiving Operating Curve (ROC) analyse (hoe accuraat zijn de drempelwaarden met betrekking tot de classificering van het risico). Voor de situatie dat het gaat om een nieuw te vestigen pluimveebedrijf op een nieuwe locatie waarvoor men de status m.b.t. waterrijk en bomen/bosrijk wil bepalen en waar nog geen pluimveehouderij is gevestigd, moet de decentrale overheid dan zelf via een geografisch programma (b.v. Google Earth) de afstand van de toekomstige pluimveestallen tot het water vaststellen en de oppervlakte aan water (opmeten van breedte en lengte van waterweg(en)) en de afstand tot het bomen/bos perceel en de oppervlakte aan bomen/bos (opmeten van breedte en lengte van bomen/bosperceel). In dit rapport produceren wij een beslisboom die helpt bij de classificatie van het vogelgriepbesmettingsrisico. Vanwege de vereiste zeer korte oplevertermijn is alleen de bovenbeschreven werkwijze op dit moment mogelijk. Echter voor de toekomst kan er gedacht worden aan een meer geavanceerde werkwijze: de bovenbeschreven werkwijze, maar dan ingebouwd in een gebruiksvriendelijke (dashboard)App. Dit vereist echter een nieuwe opdracht met een verwachte langere doorlooptijd.

2.3 Modellering

Het HPAI-besmettingsrisico op commerciële pluimveebedrijven werd gekwantificeerd door gebruik van logistische regressiemodellen waarin de kans op HPAI-besmetting is gemodelleerd als een functie van de geselecteerde variabelen voor het karakteriseren van het risico (Appendix I). Modellen werden vergeleken en geselecteerd op basis van karakteristieke gevoeligheid (sensitiviteit) en specificiteit op basis van verschillende afkapwaarden van de landschapsvariabelen zoals vermeld onder hoofdstuk 2.1.

Wat gevoeligheid (of sensitiviteit) en specificiteit in het kader van dit onderzoek betekent, wordt via de volgende voorbeelden uitgelegd.

Gevoeligheid: een **gevoeligheid** van zeg **80%** voor de waarde van een wateroppervlakte van ≥ 3.2 hectare in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf geeft aan dat deze wateroppervlakte aanwezig is bij 80% van de HPAI-besmette pluimveebedrijven (op basis van data 2014-2022). Hoe hoger de gevoeligheid, hoe

groter de kans dat een HPAI-besmet pluimveebedrijf daadwerkelijk een wateroppervlak in een radius van 500 m heeft dat **gelijk of groter** is dan opgegeven afkapwaarde.

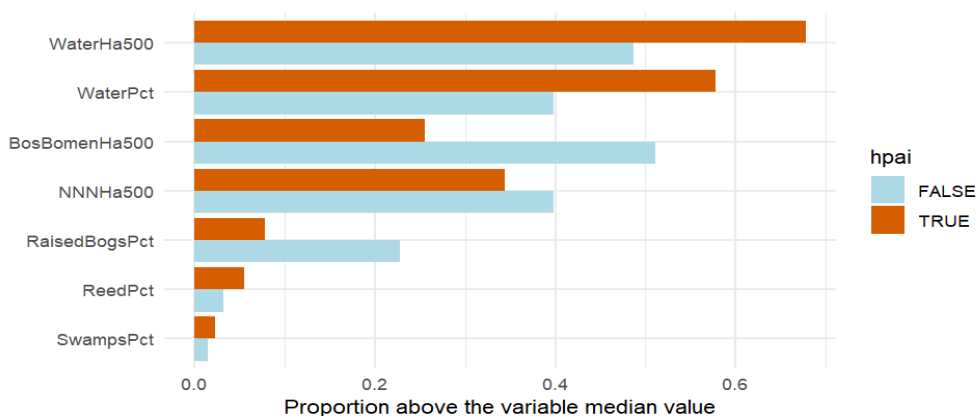
Specificiteit: een **specificiteit** van zeg **90%** voor de waarde van een wateroppervlakte van < 3.2 hectare in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf geeft aan dat deze wateroppervlakte aanwezig is bij 90% van de HPAI-**onbesmette** pluimveebedrijven (op basis van data 2014-2022). Hoe hoger de specificiteit, hoe groter de kans dat een HPAI-onbesmet pluimveebedrijf daadwerkelijk een wateroppervlak in een radius van 500 m heeft dat **kleiner** is dan opgegeven afkapwaarde.

N.B. De gevolgde werkwijze heeft een beperking. Om de modellen te kunnen beoordelen gebruiken we de historische vogelgriepbesmettingsstatus van pluimveebedrijven als referentie. Er zijn echter pluimveebedrijven in de buurt van vogelgriep-besmette pluimveebedrijven die niet besmet zijn. Dat betekent niet dat het gebied niet gecontamineerd is door de aanwezigheid van besmette wilde (water)vogels (die veel voorkomen in waterrijk gebied), maar dat individuele bedrijfsverschillen zoals verschil in management en verschil in de mate van bioveiligheid bijdragen aan het feit dat in hetzelfde gebied besmette en niet-besmette bedrijven voorkomen. De aanwezigheid van niet-besmette bedrijven in deze type gebieden compromitteren de specificiteit van het model.

3. Resultaten

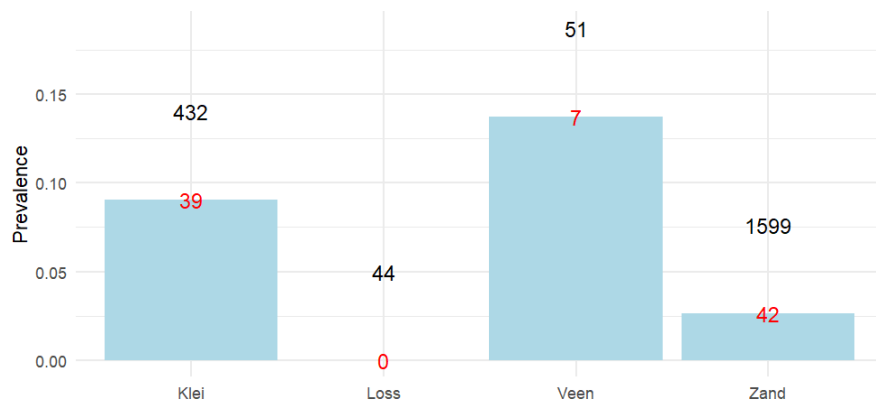
3.1 Exploratie van potentiële variabelen

Verschillende potentiële variabelen werden onderzocht m.b.t. hun relatie tot vogelgriepbesmetting van de pluimveebedrijven op locatie. Uitgangspunt daarbij was dat het stabiele factoren zijn, d.w.z. factoren die in de tijd nauwelijks tot niet veranderen in het landschap. Bij de oppervlakte water in een radius van 500 m van het pluimveebedrijf, het percentage water (aandeel water in % binnen 1 ha gebied van het bedrijf), de oppervlakte bos en bomen in een radius van 500 m van het pluimveebedrijf en het percentage hoogveen (aandeel hoogveen in % binnen 1 ha gebied van het bedrijf) was er sprake van een aanzienlijk (15 - 25 %) verschil in proportie HPAI-besmette en HPAI-onbesmette pluimveebedrijven (zie Figuur 3). Deze variabelen zijn daarom meegenomen in de vervolganalyse.



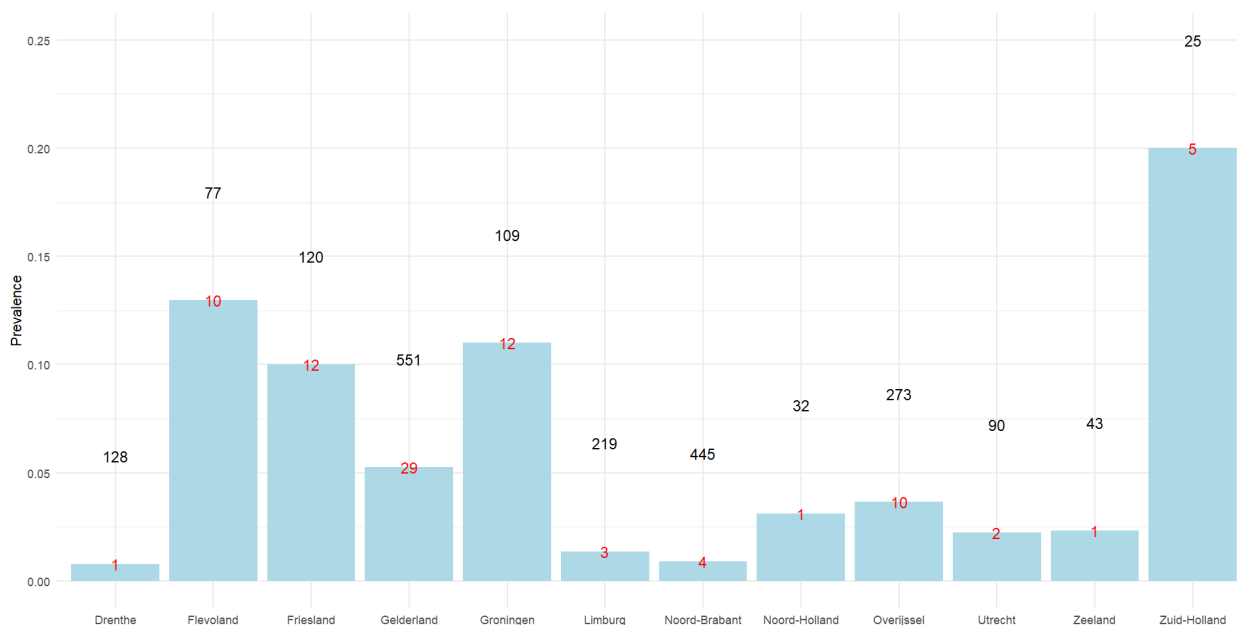
Figuur 3 Verdeling van waarden van verschillende variabelen (WaterHa500: oppervlakte water in een radius van 500 m van het pluimveebedrijf; WaterPct: aandeel water in % binnen 1 ha gebied van de bedrijf; BosMomenHa500: oppervlakte bos en bomen in een radius van 500 m van het pluimvee bedrijf; NNNHa500: Som van 10 m² Natuur Netwerk Nederland pixels binnen 500 m van randen 1 ha gebied; RaisedBogsPct: aandeel hoogveen in % binnen 1 ha gebied; ReedPct: aandeel riet in % binnen 1 ha gebied; SwampsPct: aandeel moeras in % binnen 1 ha gebied) naar HPAI-besmettingsstatus van pluimveebedrijven.

Het hoogste percentage HPAI-besmette pluimveebedrijven werd gezien op pluimveebedrijven gelegen op veengrond (dit betekent in de praktijk veelal dat er permanent grasland op staat), dan klei (veelal afzetting langs rivieren en de kust), dan zand en dan löss (zie Figuur 4). Omdat er duidelijke verschillen te zien waren in het percentage HPAI-besmette en onbesmette pluimveebedrijven m.b.t. grondsoort (met name klei en veen tegenover löss en zand), is grondsoort ook meegenomen in de vervolganalyse.



Figuur 4 Verdeling van de vogelgriepprevalentie van pluimveebedrijven gelegen op verschillende grondsoorten (zwarte label boven kolom: totaal aantal pluimveebedrijven gelegen op aangegeven grondsoort; rode label boven kolom: aantal HPAI-besmette pluimveebedrijven).

Voor de gegevensexploratie hebben wij de provincies gegroepeerd op basis van de HPAI-prevalentie van pluimveebedrijven gelegen in de verschillende provincies (Figuur 5). Er waren vijf provincies die duidelijk een hogere prevalentie lieten zien dan de andere provincies (Flevoland, Friesland, Gelderland, Groningen en Zuid-Holland). Voor een vervolganalyse werden deze provincies daarom aangeduid als "hoog" en de andere provincies als "laag".



Figuur 5 Verdeling van de HPAI-prevalentie van pluimveebedrijven gelegen in verschillende provincies (zwarte label boven kolom: totaal aantal pluimveebedrijven gelegen in provincie; rode label boven kolom: aantal HPAI-besmette pluimveebedrijven).

3.2 Analyse resultaten

3.2.1 Model met alleen water

Als eerste bouwden wij het meest eenvoudige model: een model dat alleen water gebruikt als indicator van HPAI-besmettingsrisico (basismodel). Op basis van de modelleringresultaten leiden de volgende afkapwaarden in hectare wateroppervlak in een radius van 500 m van pluimveebedrijven tot verschillende combinaties van gevoeligheid (Se) en specificiteit (Sp) (Tabel 1).

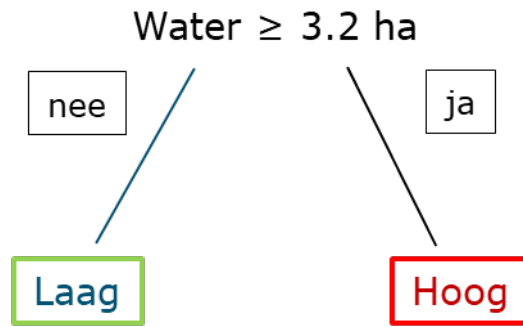
Tabel 1 Prestatie van het basismodel (met betrekking tot gevoeligheid (Se) en specificiteit (Sp) m.b.t. HPAI-besmettingsrisico van pluimveebedrijven) bij verschillende afbreekwaarden gebaseerd op oppervlakte aan water (in ha) in een radius van 500 m van pluimveebedrijven.

Afkapwaarde Water (ha)^a	Gevoeligheid (Se)	Specificiteit (Sp)
0.87	0.96	0.08
1.56	0.84	0.26
2.24	0.70	0.47
2.93	0.61	0.64
3.20	0.58	0.70
3.64	0.50	0.76
4.46	0.39	0.84
5.42	0.32	0.88
6.82	0.21	0.93
9.71	0.09	0.97

^a Waarden in vette letterdruk zijn waarden die zijn gebruikt voor het bouwen van de beslissingsbomen en risicokaarten (Figuur 6, 7, 8, 9).

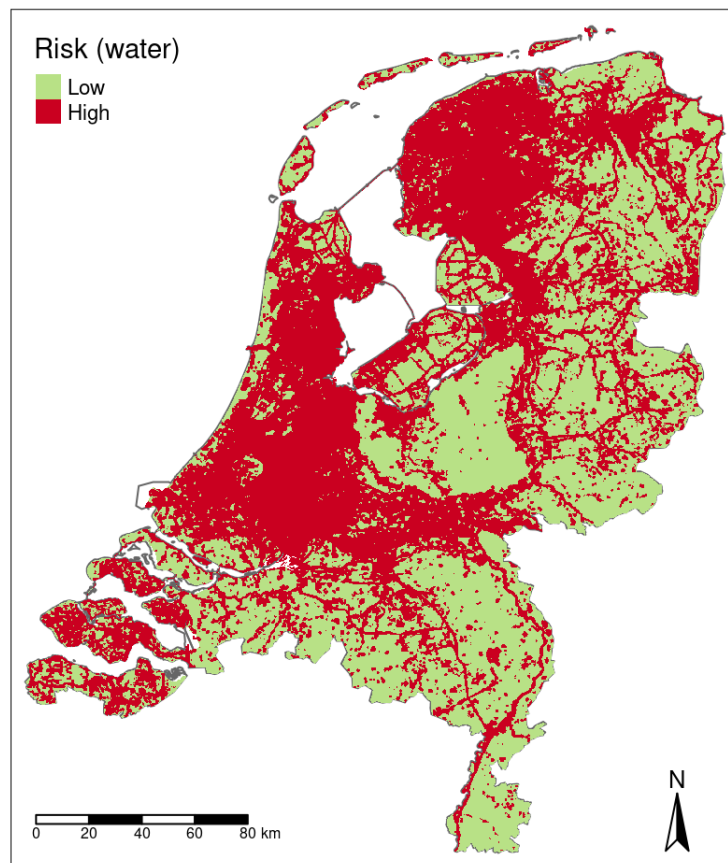
Op basis van een Receiver Operating Curve (ROC) analyse komt naar voren dat de meest optimale combinatie (som van gevoeligheid en specificiteit zijn het hoogst) van gevoeligheid en specificiteit te vinden is bij een afkapwaarde van 3.2 ha aan wateroppervlak in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf.

Op basis van de afkapwaarde 3.2 ha aan wateroppervlak in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf, kan de volgende beslisboom worden gebruikt (Figuur 6):



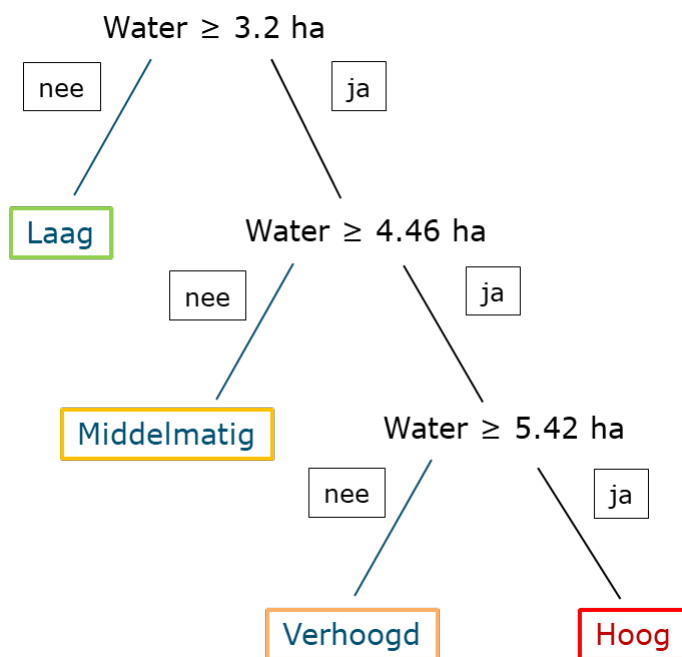
Figuur 6 Voorbeeld van een beslisboom om gebieden met een hoog of laag HPAI-besmettingsrisico te identificeren. Voor deze beslisboom is een afkapwaarde van 3.2 ha wateroppervlak in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf gebruikt.

Met gebruik van de beslisboom (Figuur 6) is de volgende risicokaart gemaakt m.b.t. HPAI-besmetting (Figuur 7): **hoog** (wateroppervlak \geq 3.2 ha) en **laag** (wateroppervlak $<$ 3.2 ha) risico op HPAI-besmetting.

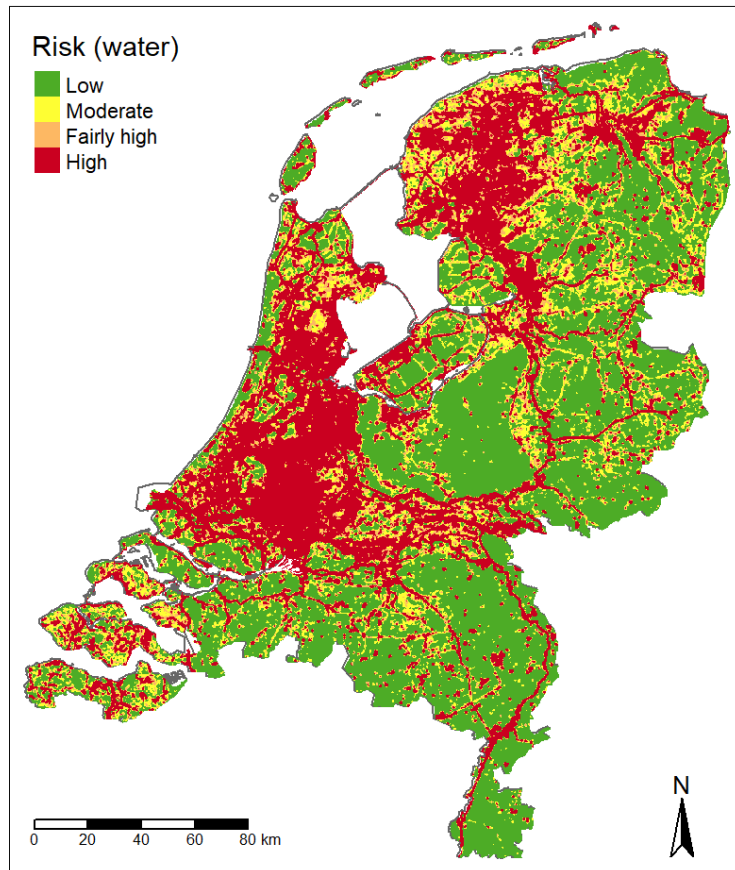


Figuur 7 De mate van HPAI-besmettingsrisico op pluimveebedrijven in relatie tot de hoeveelheid wateroppervlak in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf (risico **hoog (high)**: wateroppervlak \geq 3.2 ha; risico **laag (low)**: wateroppervlak $<$ 3.2 ha).

Om meer keuzemogelijkheden te hebben m.b.t. een gewenste afkapwaarde van de hoeveelheid wateroppervlak en de corresponderende veranderingen in gevoeligheid en specificiteit (Tabel 1), is er ook een beslisboom (Figuur 8) en een risicokaart (Figuur 9) gemaakt op basis van de afkapwaarden 3.2, 4.46 en 5.42 ha aan wateroppervlak in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf. Daarbij is een onderverdeling gemaakt van het HPAI-besmettingsrisico in laag, middelmatig, verhoogd en hoog (waarbij de specificiteit toeneemt naarmate de afkapwaarde hoger wordt). Elk niveau van verhoging van het HPAI-besmettingsrisico leidt tot een verhoging van de specificiteit van de identificering van risicogebieden en daarmee de zekerheid in de correcte classificatie van gebieden met een hoog risico.



Figuur 8 Voorbeeld van een beslisboom waar meerdere niveaus van risico zijn gebruikt voor het classificeren van HPAI-besmettingsrisico. Deze niveaus zijn geassocieerd op basis van de afkapwaarden en classificatieprestatie zoals weergegeven in Tabel 1.



Figuur 9 De mate van HPAI-besmettingsrisico op pluimveebedrijven in relatie tot de hoeveelheid wateroppervlak in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf (risico **laag (low)**: wateroppervlak < 3.2 ha; risico **middelmatig (moderate)**: wateroppervlak 3.2 – 4.46 ha; risico **verhoogd (fairly high)**: wateroppervlak 4.46 – 5.42 ha; risico **hoog (high)**: wateroppervlak \geq 5.42 ha;).

3.2.2 Model met water en andere variabelen

Vervolgens hebben wij de impact van het toevoegen van andere variabelen aan het basismodel (alleen water) onderzocht. De volgende modellen zijn onderzocht:

Model 1: Water en grondsoort

Model 2: Water en provincie (twee groepen provincies: lage en hoge prevalentie)

Model 3: Water en Bos/bomen

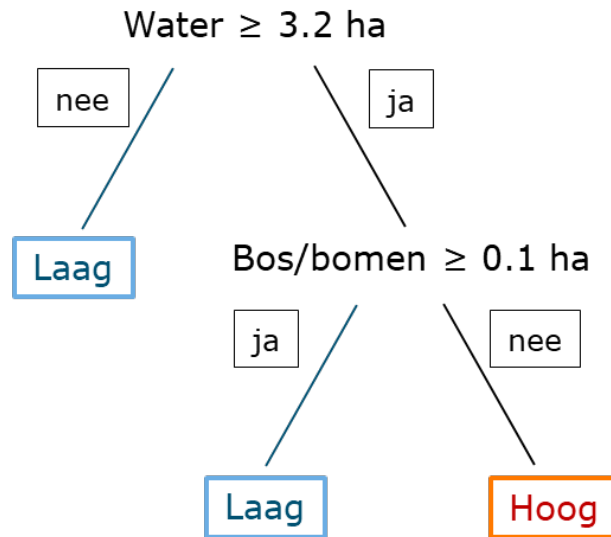
Model 2 (water en provincie) presteerde beter dan model 1 (water en grondsoort). Dit model vereist de definitie van verschillende afkapwaarden voor de hoeveelheid water voor de twee groepen provincies.

Echter, er was geen duidelijke verbetering in prestatie van Model 2 in vergelijking met het basismodel, Model 1 (alleen water) (Tabel 2).

Tabel 2 Vergelijking van de prestatie (gevoeligheid (Se) en specificiteit (Sp)) van het basismodel (alleen water) en het model dat water en de gegroepeerde provincies (met lage en hoge vogelgriepprevalentie) combineert met betrekking tot classificering van HPAI-besmettingsrisico.

Basismodel (alleen water)			Basismodel + lage/hoge prev. provincies			
Water oppervlak (ha)	Se	Sp	Hoge Prev.	Lage Prev.	Se	Sp
			Water opp (ha)	Water opp. (ha)		
2.93	0.61	0.64	3.3	2.52	0.60	0.62
4.46	0.39	0.84	5.13	3.52	0.37	0.80

Model 3 (water en bos/bomen), dat naast water ook de aanwezigheid van een oppervlakte aan bos/bomen van meer dan 0.1 ha in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf beschouwt, was het best-presterende model op basis van de (hoogste) som van gevoeligheid (Se) en specificiteit (Sp) (zie Tabel 3). Een representatie van dit model is te zien in de beslisboom in Figuur 10, waar de classificatie van het HPAI-besmettingsrisico beperkt is tot twee niveaus: laag en hoog.



Figuur 10 Beslisboom die het model representeert waarin wateroppervlak en oppervlak aan bos en bomen wordt gecombineerd voor de classificering van HPAI-besmettingsrisico. De beslisboom start met de classificatie gebaseerd op oppervlakte water met een afkapwaarde van 3.2 ha zoals geïdentificeerd in het basismodel met alleen water (Figuur 6). In dit model kan de afkapwaarde voor wateroppervlak worden veranderd, terwijl de afkapwaarde voor oppervlakte bos en bomen gelijk wordt gehouden.

Op basis van de modelleringresultaten leiden de volgende afkapwaarden in hectare wateroppervlak in een radius van 500 m van pluimveebedrijven tot verschillende combinaties van gevoeligheid (Se) en specificiteit (Sp) voor het basismodel en het model met water en bos/bomen (Tabel 3):

Tabel 3 Vergelijking van de prestatie (gevoeligheid (Se) en specificiteit (Sp)) van het model met water en bos/bomen (oppervlakte bos/bomen > 0.1 ha) met het basismodel (alleen water).

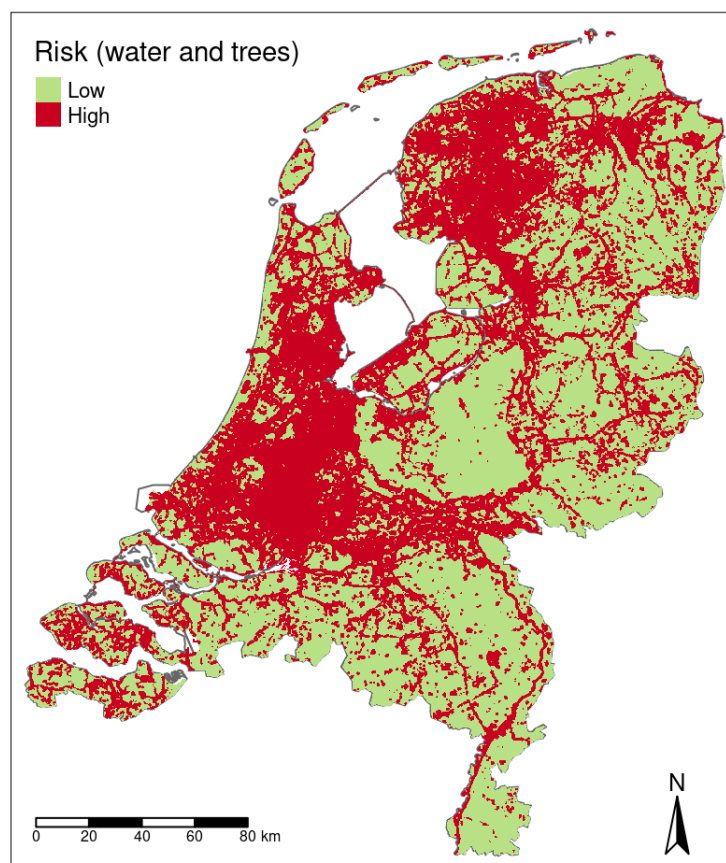
Afkapwaarden (\geq) Water (ha) ^a	Model met alleen water		Model met Water en Bos/Bomen	
	Se	Sp	Se	Sp
0.87	0.96	0.08	0.73	0.54
1.56	0.84	0.26	0.66	0.62
2.24	0.7	0.47	0.56	0.72
2.93	0.61	0.64	0.48	0.81
3.2^b	0.58	0.7	0.44	0.84
3.64	0.5	0.76	0.37	0.87
4.46^b	0.39	0.84	0.3	0.91
5.42	0.32	0.88	0.27	0.94
6.82	0.21	0.93	0.17	0.96
9.71	0.09	0.97	0.08	0.98

^a Waarden in vette rode letterafdruk in de kolom afkapwaarden zijn waarden die zijn gebruikt voor het maken van beslisbomen en risicokaarten (Figuur 10, 11, 12).

^b Geel gemarkeerde cellen bij die afkapwaarden benadrukken de veranderingen in Se en Sp wanneer het water en bos en bomen model wordt gebruikt in vergelijking met het basismodel met alleen water. Merk de verbeterde Sp op bij de afkapwaarde van \geq 3.2 wateroppervlak in het gecombineerde water en bos en bomen model. Vergelijk deze verbetering met de Se en Sp die wordt bereikt in het basismodel met alleen water bij een afkapwaarde van \geq 4.46 ha wateroppervlak.

In Tabel 3 kan men zien (gele markering) dat de afkapwaarde voor wateroppervlakte van ≥ 3.2 ha in combinatie met een oppervlakte aan bos en bomen zoals aangegeven in figuur 10 leidt tot een verbeterde specificiteit (Sp alleen water = **0.7** versus Sp water + bos/bomen = **0.84**). Deze verbeterde specificiteit is gelijk aan de specificiteit voor het basismodel (alleen water) bij een afkapwaarde van wateroppervlak van ≥ 4.46 ha. Echter, het gecombineerde model (water + bos/bomen) heeft een betere gevoeligheid bij de afkapwaarde van wateroppervlak ≥ 3.2 ha ($Se = 0.44$) dan de gevoeligheid voor het basis model met alleen water bij een afkapwaarde van ≥ 4.46 ha ($Se = 0.39$). Samenvattend: in vergelijking met het basis model (water alleen) heeft het gecombineerde model (water en bos/bomen) een verbeterde specificiteit met een lager compromis m.b.t. de gevoeligheid. Een verbeterde specificiteit heeft een grote relevantie omdat je graag wil dat de kans het grootst is dat een HPAI-onbesmet pluimveebedrijf daadwerkelijk een wateroppervlak in een radius van 500 m heeft dat kleiner is dan de opgegeven afkapwaarde. Anders gezegd: verhoging van de specificiteit van de identificering van HPAI-risicogebieden resulteert in een verhoging van de zekerheid van de correcte classificatie van gebieden met een hoog HPAI-besmettingsrisico.

In Figuur 10 wordt een voorbeeld van een beslisboom getoond voor het water en bos/bomen model met gebruik making van een afkapwaarde van wateroppervlak van ≥ 3.2 ha en de corresponderende risicokaart in Figuur 11.



Figuur 11 De mate van HPAI-besmettingsrisico op pluimveebedrijven in relatie tot de hoeveelheid wateroppervlak en de hoeveelheid bos/bomen in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf (risico **hoog (high)**: wateroppervlak ≥ 3.2 ha in combinatie met hoeveelheid bos/bomen < 0.1 ha. Risico **laag (low)**: wateroppervlak < 3.2 ha onafhankelijk van de oppervlakte aan bos/bomen (beslisboom Figuur 10).

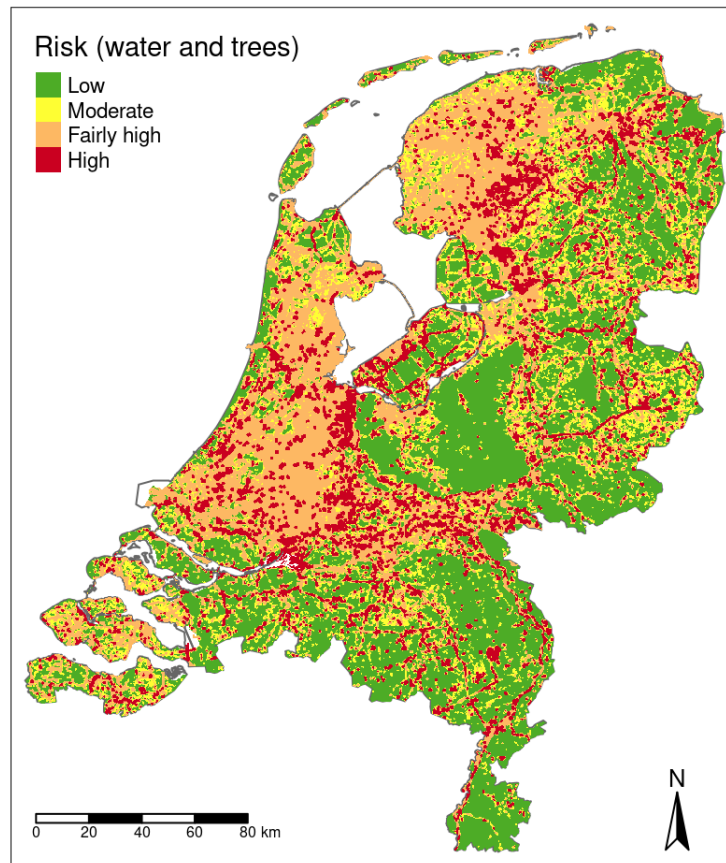
Andere afkapwaarden voor de wateroppervlakte zoals vermeld in Tabel 3 kunnen worden gebruikt in plaats van de ≥ 3.2 ha. Bijvoorbeeld een afkapwaarde van wateroppervlak van ≥ 4.46 ha zou resulteren in een $Se = 0.3$ en een $Sp = 0.91$ (Tabel 3).

In Tabel 4 wordt de beslisboom getoond voor de verschillende combinaties van afkapwaarden van water en bos/bomen voor het classificeren van het vogelgriepbesmettingsrisico in verschillende klassen zoals gedaan voor het basismodel (water alleen) (zie Figuur 8). De risicokaart (Figuur 12) werd gebouwd op basis van de beslisboom die in Tabel 4 is getoond.

Tabel 4 Beslissingscriteria voor de definitie van HPAI-besmettingsrisico voor een model gebaseerd op oppervlakte (in ha) water en oppervlakte aan bos/bomen (in ha) in een straal van 500 m van een pluimveebedrijf in vier categorieën ((laag/middelmatig/verhoogd/hoog).

Water (ha)	Bos/bomen (ha) (mediaan=0.1 ha)	Risico klasse (4 klassen)
< 2.2	≥ 0.1	Laag
< 2.2	< 0.1	Laag
2.2 – 3.2	≥ 0.1	Laag
2.2 – 3.2	< 0.1	Middelmatig
3.2 – 4.5	≥ 0.1	Middelmatig
3.2 – 4.5	< 0.1	Verhoogd
≥ 4.5	≥ 0.1	Verhoogd
≥ 4.5	< 0.1	Hoog

Op basis van de afkapwaarden 2.2, 3.2 en 4.5 ha aan wateroppervlak en een oppervlakte aan bos/bomen gebied < 0.1 ha in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf (Tabel 4) is de volgende risicokaart gemaakt met een onderverdeling van het HPAI-besmettingsrisico in laag, middelmatig, verhoogd en hoog (waarbij de specificiteit toeneemt naarmate de afkapwaarde hoger wordt):



Figuur 12 De mate van HPAI-besmettingsrisico op pluimveebedrijven in relatie tot de hoeveelheid wateroppervlak en de hoeveelheid bos/bomen in een radius van 500 m van een pluimveebedrijf (risico **laag (low)**: wateroppervlak < 2.2 ha onafhankelijk van oppervlakte bos/bomen of wateroppervlak 2.2 – 3.2 ha in combinatie met oppervlakte bos/bomen \geq 0.1 ha; risico **middelmatig (moderate)**: wateroppervlak 2.2 - 3.2 ha in combinatie met oppervlakte bos/bomen < 0.1 ha of wateroppervlak 3.2 – 4.5 ha in combinatie met oppervlakte bos/bomen \geq 0.1 ha; risico **verhoogd (fairly high)**: wateroppervlak 3.2 – 4.5 ha in combinatie met oppervlakte bos/bomen < 0.1 ha of wateroppervlak \geq 4.5 ha in combinatie met oppervlakte bos/bomen \geq 0.1 ha; risico **hoog**: wateroppervlak \geq 4.5 ha in combinatie met oppervlakte bos/bomen < 0.1 ha).

4. Conclusies

- Op basis van een analyse van stabiele landschapsfactoren, d.w.z. factoren die in de tijd nauwelijks tot niet veranderen in het landschap, zijn er twee best-presterende modellen, een basismodel op basis van alleen wateroppervlak in een straal van 500 m rond een pluimveebedrijf en een model dat wateroppervlak en oppervlak bos en bomen in een straal van 500 m rond een pluimveebedrijf combineert, waarmee op een praktische en ondubbelzinnige wijze het HPAI-besmettingsrisico van pluimveebedrijven kan worden geclassificeerd. Daarbij moet worden opgemerkt dat de veel uitgebreidere modellen met meer variabelen (maar niet allemaal stabiel in de tijd) zoals eerder gerapporteerd door Gonzales et al. (2023), beter presteren (combinatie van gevoeligheid en specificiteit).
- Er worden verschillende beslisbomen gepresenteerd waarmee men door een specifieke keuze van een afkapwaarde voor de oppervlakte water en/of bos en bomen in een straal van 500 m rond een pluimveebedrijf, een overzicht krijgt van de prestatie op het gebied van gevoeligheid en specificiteit in het classificeren van het HPAI-besmettingsrisico.
- Het basismodel (water alleen) heeft een optimale combinatie (grootste som van gevoeligheid en specificiteit) van 58% gevoeligheid en 70% specificiteit bij een afkapwaarden van wateroppervlak van ≥ 3.2 ha. Een hogere gewenste specificiteit gaat daarbij gepaard met een lagere gevoeligheid door een hogere afkapwaarde te kiezen van wateroppervlak.
- Het model waarin water en bos en bomen wordt gecombineerd heeft een optimale combinatie van 44% gevoeligheid en 84% specificiteit bij een afkapwaarden van wateroppervlak van ≥ 3.2 ha en een afkapwaarde van oppervlak bos en bomen van < 0.1 ha. Bij een vergelijkbare specificiteit van 84% als het gecombineerde model, heeft het basismodel met alleen water een lagere gevoeligheid (39%) in vergelijking met het gecombineerde model (44%). Ook hierbij geldt: een hogere gewenste specificiteit gaat daarbij gepaard met een lagere gevoeligheid door een hogere afkapwaarde te kiezen van wateroppervlak.

Samenvattend: in vergelijking met het basis model (water alleen) heeft het gecombineerde model (water en bos/bomen) een verbeterde specificiteit met een lager compromis m.b.t. de gevoeligheid.

Voor alle modellen resulteert een verhoging van de specificiteit van de identificering van HPAI-risicogebieden in een verhoging van de zekerheid van de correcte classificatie van gebieden met een hoog HPAI-besmettingsrisico. Inzetten op een hogere gewenste gevoeligheid zal gepaard gaan met een lagere specificiteit door een lagere afkapwaarde te kiezen van wateroppervlak.

Referenties

Gonzales JL, Hennen WHGJ, Petie R, de Freitas Costa E, Beerens N, Slaterus R, Kuiken T, Stahl J en Elbers ARW. Risicofactoren voor introductie van HPAI-virus op Nederlandse commerciële pluimveebedrijven, 2014-2022. juli 2022. WUR rapport 2211632.

Gonzales JL, de Freitas Costa E, Hennen WHGJ, Petie R, en Elbers ARW. Voorspellend model voor besmettingsrisico van HPAI-virus bij commerciële pluimveebedrijven in Nederland. Maart 2023. WUR rapport 2301353

Appendix I

Overzicht van variabelen gebruikt in de analyse. Alle variabelen hebben een ruimtelijke resolutie van een hectare (ha, 100 x 100 m).

Variabele	Bron	Beschrijving
Water (in %)	BGT	Aandeel water in % binnen 1 ha pixel
Wateroppervlak in radius 500m	BGT	Som van 10 m ² water gebieden binnen 500m van randen van 1ha gebied
Bos en bomen (ha) binnen 500m	BBG	Som 10 m ² bos en bomen gebieden binnen 500 m van randen van 1 ha gebied
NNN oppervlak binnen 500m (ha)	RVO	Som van 10 m ² NNN gebieden binnen 500 m van randen 1 ha gebied
Moeras (in %)	BGT	Aandeel moeras in % binnen 1 ha gebied
Riet (in %)	BGT	Aandeel riet in % binnen 1 ha gebied
Hoogveen (in %)	BGT	Aandeel hoogveen in % binnen 1 ha gebied

Data m.b.t. Zandgrond, Klei, Löss en veengrond is afkomstig van WUR-Alterra t.b.v. uitvoeringsbesluit meststoffenwet, zie <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksprojecten-Inv/soorten-onderzoek/kennisonline/grondsoortenkaart-bij-het-uitvoeringsbesluit-meststoffenwet.htm>