

RISICOBEOORDELING VAN DE POTENTIËLE ROL VAN VRIJLEVENDE DIEREN BIJ DE SARS-CoV-2 VERSPREIDING TUSSEN NERTSENBEDRIJVEN

René Janssen, Lineke Begeman, Francisca Velkers, Paola Meijer, Renate Hakze, Marion Koopmans, Roy Slaterus, Thijs Kuiken, Maurice La Haye, Reina Sikkema



In samenwerking met “Fighting COVID-19 in animals and humans, a One Health approach”:
Judith van den Brand, DWHC

Inhoudsopgave



	1
Inhoudsopgave	2
1. Inleiding en onderzoeksvragen	4
2. Selectie van aandachtsoorten in de regio met SARS-CoV-2 positieve nertsenbedrijven	5
2.1 Inschatting van gevoeligheid voor SARS-CoV-2 infectie van vrijlevende soorten op basis van literatuur	5
2.2 Selectie vrijlevende SARS-CoV-2 gevoelige soorten op basis van vóórkomen in de regio met SARS-CoV-2 positieve nertsenbedrijven	6
3. Dichtheid, home range en dispersieafstanden van de aandachtsoorten	7
3.1 Vrijlevende roofdieren	7
3.2 Vleermuizen	9
4. Waarnemingen en contactmogelijkheden tussen nertsen in nertsenbedrijven en de aandachtsoorten	10
4.1 Toegang van aandachtsoorten tot de nertsenbedrijven	10
4.2 Mogelijkheden tot direct contact tussen de aandachtsoorten en nertsen	13
4.3 Waarnemingen van aandachtsoorten op nertsenbedrijven	14
4.4 Waarnemingen van ontsnapte nertsen buiten nertsenbedrijven	15
5. Vóórkomen van SARS-CoV-2 infecties in vrijlevende dieren van de aandachtsoorten in de omgeving van SARS-CoV-2 positieve nertsenbedrijven	17
6. Mogelijkheid voor geselecteerde aandachtsoorten om de afstand tussen besmette bedrijven te kunnen overbruggen	21
7. Risicobeoordeling van de mogelijke rol van vrijlevende wilde diersoorten in de verspreiding van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven	22
7.1 De kans op contact tussen de aandachtsoorten en nertsen welke kan leiden tot SARS-CoV-2 infectie	22

7.2 De waarschijnlijkheid van vóórkomen en vestiging van SARS-CoV-2 in populaties van aandachtssorten	23
7.3 De kans dat nertsen weer worden geïnfecteerd met SARS-CoV-2 door één van de aandachtssorten.	24
7.4 De rol van vogels in de transmissie van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven	25
7.5 Eindconclusie en samenvatting	25
8. Dankwoord	26
9. Literatuurlijst	27

1. Inleiding en onderzoeksvragen

In Nederland zijn sinds 24 april 2020 69 van de 126 (55%) bestaande nertsbedrijven geïnfecteerd geraakt met SARS-CoV-2 en 70 bedrijven geruimd. Vanaf 8 januari 2021 geldt in Nederland een verbod op het (bedrijfsmatig) houden en doden van nertsen als pelsdieren (Wet verbod pelsdierhouderij). Daarmee is het risico op nieuwe besmettingen met SARS-CoV-2 op nertsenhouders in Nederland tot nul gereduceerd. Het is echter niet duidelijk hoe het virus zich tussen nertsbedrijven heeft kunnen verspreiden, ondanks strenge maatregelen om verspreiding te voorkomen. Mogelijke transmissieroutes, zoals verspreiding via geïnfecteerde medewerkers, gecontamineerde voertuigen en nertsenvoer zijn nader onderzocht, en worden beschreven in andere werkpakketten van het “Onderzoek naar besmettingsroutes van SARS-CoV-2 op nertsbedrijven”. Ons rapport is een onderdeel van dat onderzoek, en behandelt specifiek de vraag of SARS-CoV-2 infecties bij nertsen hebben geleid tot transmissie naar vrijlevende dieren rondom besmette bedrijven, en of vrijlevende dieren een rol hebben kunnen spelen in de transmissie tussen nertsbedrijven.

In het geval dat vrijlevende dieren een rol zouden spelen in het verspreiden van SARS-CoV-2 tussen nertsbedrijven, zijn er twee mogelijkheden: vrijlevende dieren nemen het virus mee zonder er zelf mee geïnfecteerd te zijn (als een vector, via mechanische transmissie), of, vrijlevende dieren zijn zelf geïnfecteerd met het virus en scheiden het virus uit. Voor beide opties is het meest waarschijnlijke scenario dat het SARS-CoV-2 virus de vrijlevende dierenpopulatie is ingekomen door contact met geïnfecteerde nertsen of hun materialen (virus bevattende uitwerpselen, strooisel, stof of etensresten). De kans dat vrijlevende dieren de infectie via een andere route hebben opgelopen (bijvoorbeeld direct via mensen) achten we verwaarloosbaar.

Eerst hebben we een inschatting gemaakt welke vrijlevende diersoorten van belang zijn (aandachtsoorten). Daarna hebben we een inschatting gemaakt over de mogelijkheid van vrijlevende diersoorten om contact te maken met gehouden nertsen. Vervolgens hebben we gekeken of er aanwijzingen zijn dat in vrijlevende dieren SARS-CoV-2 infecties circuleren en hebben we gekeken of vrijlevende dieren de afstanden tussen bedrijven kunnen overbruggen. Tot slot hebben we al deze informatie samengebracht in een risicobeoordeling met betrekking tot SARS-CoV-2 transmissie via vrijlevende dieren.

2. Selectie van aandachtsoorten in de regio met SARS-CoV-2 positieve nertsenbedrijven

Op basis van de beschikbare kennis ten tijde van het opzetten van dit onderzoek (oktober 2020) is een selectie gemaakt van de voor Nederland relevante vrijlevende diersoorten, die mogelijk betrokken kunnen zijn bij de verspreiding van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven. Deze selectie is gebaseerd op een inschatting van de gevoeligheid voor de virusinfectie van de diersoort, het vóórkomen van de soort in de regio met SARS-CoV-2 positieve nertsenbedrijven en of het aannemelijk is dat de soort op een nertsenbedrijf komt.

2.1 Inschatting van gevoeligheid voor SARS-CoV-2 infectie van vrijlevende soorten op basis van literatuur

Uit diverse experimentele infectiestudies blijkt dat een aanzienlijk aantal diersoorten in laboratoriumomstandigheden geïnfecteerd kunnen worden met SARS-CoV-2, met verschillende niveaus van virale replicatie en uitscheiding (Annex 1). Ten tijde van dit onderzoek was bekend dat de volgende taxonomische families (voorkomend in Nederland) gevoelig leken te zijn voor SARS-CoV-2 infectie (wetenschappelijke namen in Annex 1): katachtigen (huiskatten), hondachtigen (honden en wasbeerhonden), marterachtigen (fretten, nertsen), konijnen, runderen (koe), hamsterachtigen (hamsters, hertmuizen, woestijndwerghamsters en pluimstaartratten) en mogelijk herten (witstaartherten zijn gevoelig voor infectie, maar komen niet voor in Nederland). Een andere infectiestudie toonde aan dat katoenstaartkonijnen (*Sylvilagus sp.*), zwarte eekhoorns (*Sciurus niger*), grondeekhoorns (*Uroditellus elegans*), zwartstaartprairiehonden (*Cynomys ludovicianus*), huismuizen (*Mus musculus*) en wasberen (*Procyon lotor*) niet gevoelig zijn voor infectie met SARS-CoV-2 (Bosco-Lauth et al, 2020). Fazantachtigen (kippen, kalkoenen, kwartels), eendachtigen (eenden, ganzen) en varkens lijken niet gevoelig voor het virus na experimentele infectie. Er is echter nog weinig systematisch onderzoek gedaan naar gevoeligheid van vrijlevende wilde dieren voor SARS-CoV-2. Bovendien kan de gevoeligheid verschillen tussen verschillende SARS-CoV-2 varianten (Montagutel et al, 2021).

Uit de literatuur is bovendien bekend dat de fruitetende vleermuissoort nijlroutsette (*Rousettus aegyptiacus*), een exotische, fruitetende vleermuissoort die niet in Nederland voorkomt, experimenteel geïnfecteerd kan worden met SARS-CoV-2. Olival et al. (2020b) beredeneren dat gladneuzen, de suborde waaronder ook in Nederland voorkomende vleermuizen vallen, potentieel geïnfecteerd kunnen raken. De Amerikaanse grote bruine vleermuis (*Eptesicus fuscus*, van de familie gladneuzen) bleek echter niet gevoelig voor experimentele infectie (Hall et al, 2020). Daarnaast heeft SARS-CoV-2 nauwe genetische verwantschap met een diverse groep aan SARS-achtige virussen die is gevonden in hoefijzerneusvleermuizen. Verder is gebleken dat vleermuizen geschikte gastheren zijn voor coronavirussen, het gaat dan wel steeds om vleermuis specifieke coronavirussen (Banjaree et al., 2019). Om die redenen worden

ook vleermuizen gezien als een taxonomische groep waarin SARS-CoV-2 infectie uitgesloten zou moeten worden.

2.2 Selectie vrijlevende SARS-CoV-2 gevoelige soorten op basis van vóórkomen in de regio met SARS-CoV-2 positieve nertsenbedrijven

De aanname is dat dieren die geïnfecteerd kunnen raken en vervolgens virus uitscheiden een potentieel grotere rol spelen in de transmissie van SARS-CoV-2 vergeleken met dieren die het virus alleen mechanisch kunnen overdragen.

Vanuit de soortgroepen die vanwege experimentele of veldinfecties gevoelig worden geacht, zijn de volgende soorten roofdieren geselecteerd die algemeen tot redelijk algemeen in de regio voorkomen: huiskat (*Felis catus*), vos (*Vulpes vulpes*), das (*Meles meles*), steenmarter (*Martes foina*), bunzing (*Mustela putorius*) en Amerikaanse nerts (*Neovison vison*). De wezel (*Mustela nivalis*) komt wel voor in de regio, maar lijkt in Oost-Brabant/Noord-Limburg minder algemeen dan in de rest van Nederland. Van voorgaande soorten verwachten we dat ze een nertsenbedrijf zouden kunnen opkomen, en daar ook toe zouden kunnen worden aangetrokken vanwege het aanwezige voedsel in de nertsenbedrijven. Enkele soorten zijn zo zeldzaam in deze regio, namelijk de otter (*Lutra lutra*), hermelijn (*Mustela erminea*) en boommarter (*Martes martes*), dat nagenoeg uit te sluiten is dat deze soorten in de omgeving van nertsenbedrijven aanwezig zijn (Annex 2). Ook is de huiskat (*Felis catus*) als aandachtsoort geselecteerd. Er zijn geen goede tellingen beschikbaar van het aantal zwerfkatten in Nederland, schattingen lopen uiteen van 135.000 tot 1.200.000 dieren (Neijenhuis et al, 2015). Daarnaast waren er in 2015 2,6 miljoen gehouden huiskatten in Nederland (<https://edepot.wur.nl/361828>). De rol van de kat is ook nader beschreven in het “Onderzoek naar besmettingsroutes van SARS-CoV-2 op nertsenbedrijven” en was onderdeel van het eind juli 2020 afgeronde onderzoek ‘SARS-CoV-2 bij besmette nertsenbedrijven’ (Eindrapportage SARS-CoV-2 bij besmette nertsenbedrijven).

Omdat voor vleermuizen niet uit te sluiten is dat sommige soorten gevoelig zouden kunnen zijn voor infectie, is ook die soortgroep meegenomen in dit onderzoek. In Nederland zijn 22 soorten vleermuizen waargenomen, waarvan 17 soorten zich hier voortplanten. Tijdens vleermuisonderzoeken op rundveebedrijven zijn de gewone dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*), gewone grootoorvleermuis (*Plecotus auritus*), grijze grootoorvleermuis (*Plecotus austriacus*), Brandts vleermuis (*Myotis brandtii*), laatvlieger (*Eptesicus serotinus*), ingekorven vleermuis (*Myotis emarginatus*) en de franjestaart (*Myotis nattereri*) waargenomen (Janssen & Dekeukeleire, 2015; Lommen et al, 2014; Schillemans et al, 2016; Guldemond 2017 en Janssen, ongepubliceerde data). Op deze rundveebedrijven zijn voorgaande vleermuissoorten in koeienstallen en op de erven van boerderijen jagend waargenomen op vooral stal- en huisvliegen. Aangezien nertsenbedrijven halfopen tot open stallen zijn met mest en warmte van de nertsen, zijn hier dezelfde insectensoorten te verwacht als op rundveebedrijven. Dit werd ook gerapporteerd door de meeste nertsenhouders. Gelet op het in voorgaande onderzoeken vastgestelde foerageergedrag bij koeienstallen, alsmede het voorkomen van de soorten in het onderzoeksgebied (Annex 2), zijn de volgende vleermuissoorten geselecteerd voor verdere

analyse: gewone grootoorvleermuis, grijze grootoorvleermuis, laatvlieger, franjestaart en gewone dwergvleermuis.

Vogels, rattensoorten en muizensoorten, komen ook voor op nertsbedrijven. Hoewel hoogstwaarschijnlijk niet gevoelig voor infectie, is het wel mogelijk dat zij het virus indirect, middels besmette mest of andere materialen, meenemen en het virus op deze wijze verspreiden. De potentiële rol van wilde vogels wordt apart behandeld in het Sovon rapport “Vogels op en rond nertsbedrijven” ((Hissel et al., 2021); Annex 4). De home range van muizen en ratten is meestal zo klein, dat het niet te verwachten is dat zij een rol gespeeld hebben in het (mechanisch) verspreiden van virus tussen nertsbedrijven. Bovendien was er ten tijde van dit onderzoek nog geen bewijs voor SARS-CoV-2 infecties in ratten en muizen. Daarom worden ze in dit rapport verder niet besproken. In het laatste deel van het huidige rapport, wordt het onderzoek van beide rapporten bijeengebracht en de potentiële rol van zowel wilde vogels als vrijlevende zoogdieren gezamenlijk beoordeeld.

3. Dichtheid, home range en dispersieafstanden van de aandachtsoorten

3.1 Vrijlevende roofdieren

Uit de beschikbare literatuur komt duidelijk naar voren dat de grootte van het vaste leefgebied (home range) bij de meeste diersoorten sterk afhangt van het voedselaanbod. In gebieden met relatief weinig voedsel zijn de leefgebieden heel groot, in leefgebieden met veel voedsel relatief klein (tabel 1). Het buitengebied van Noord-Brabant en Limburg wordt ingeschat als ‘matig voedselrijk’. De home range van de verschillende soorten zal waarschijnlijk van gemiddelde grootte zijn (tabel 1). Gelet op de afstand tussen verschillende nertsbedrijven, kunnen meerdere bedrijven in één leefgebied vallen van de geselecteerde individuele roofdieren (hoofdstuk 2). Een SARS-CoV-2 geïnfecteerd roofdier zou dus mogelijk het virus op meerdere bedrijven kunnen introduceren. Daarnaast kunnen bedrijven die tussen de 2 tot 5 km afstand afstand van elkaar liggen, potentieel binnen één nacht worden aangedaan door één en hetzelfde roofdier, wat relevant is voor de kans op mechanische transmissie. Transmissie tussen bedrijven door een geïnfecteerd dier kan mogelijk ook optreden als de bezoeken niet in dezelfde nacht vallen. De inschatting is dat het bezoeken van meerdere bedrijven in één nacht slechts sporadisch voorkomt, en als het gebeurt dat dat vooral zal zijn bij dicht bij elkaar gelegen bedrijven.

Tabel 1. Soort karakteristieken die te maken hebben met kans op de potentiële verspreiding van een virusinfectie van geselecteerde roofdiersoorten in de regio met geïnfecteerde nertsbedrijven op basis van literatuur. (Byrne et al., 2014; Hollander & La Haye, 2013; Müskens & Broekhuizen, 2005; Jonge Poerink & Dekker, 2020; Macdonald et al., 2017; Lode, 2009; Rigaux, 2017. Weber, 1989; Brezinkski et al., 2010; Dekker & Hofmeester, 2014; Fuller et al. 2016; Oliver et al, 2016; Melero et al. 2008; Bouwens,

S., 2017; Macdonald et al., 2004; Mulder, 2007; Trehwella, 1988; Walton et al., 2017; Lammersma et al., 2011)

	Das	Steenmarter	Bunzing	Am. nerts	Wezel	Vos	Huiskat
Dichtheid (min-max)	1 (2-5) burchten per km ² geschikt leefgebied.	0,5-1 ex. per km ²	0,1-1 ex. per km ²	1-2 (8) ex. per km ² in geschikt leefgebied	1-4 ex. per km ²	1-4 ex. per km ²	3-8 (21) ex. per km ²
Aantal schatting Oost-Brabant-Noord-Limburg	. 100-300 dassen.	Enkele honderden	Enige tientallen.	<100	Enkele honderden	Enkele honderden	Duizenden
Home range * (M= man; V=vrouw)	90-115 ha, hoofdzakelijk in bos.	M: 60-80 ha in stedelijk gebied, 50-700 ha in buitengebied. V: 15-30 ha in stedelijk gebied, 30-200 ha in buitengebied	20-40 (maximaal 1000) ha.	8-80 (maximaal 800) ha. Home ranges zijn lijnvormig langs waterlopen.	V: 20-30 ha in buiten gebied M: 30-130 ha in buitengebied	50-120 ha	Zeer variabel. Van enkele hectares tot vele honderden hectares.
Territoriaal? (M= man; V=vrouw)	Ja, dassen leven in familieverband.	Ja, territoria M overlapt met meerdere territoria V. Daarnaast zijn er dieren die geen territorium bezitten.	Ja, territoria M overlapt met meerdere territoria V.	Nee, overlap tussen home ranges, bij M & V	Nee, overlap tussen home ranges, bij M & V	Ja, leven in familieverband, daarnaast zijn er 'floaters' in de populatie aanwezig.	Nee, overlap in home ranges, kunnen in sociale groepen leven
Foerageer afstanden ** (max)	1-2 (5) km	0,5-1,5 km per nacht (gerekend vanaf de slaappleaats)	1-2 (5) km.	1-2 (5) km	1-2 (5) km****	1-2 (5) km	0.2-5 km
Dispersie*** afstanden	Gemiddeld: 2,6 km	Enkele kilometers	Enkele kilometers, verder is mogelijk	M: 15-35 km V: < 10 km	5-15 km	1-15 km	Onbekend
Dispersieseizoen	Najaar	Najaar	Najaar	Najaar	Najaar	Najaar	Onbekend

* Oppervlakte berekend aan de hand van de afstand van slaappleats tot de grens van het bereik waartoe een dier in staat is

** Foerageerafstand: Maximale afstand van een slaappleats naar een foerageergebied.

*** Dispersie: zoektocht naar nieuw leefgebied door met name jonge dieren.

**** De home range en actieradius van wezel is beperkt, maar wezels kunnen soms grote afstanden afleggen om te foerageren.

3.2 Vleermuizen

Vleermuizen zijn sociale dieren, waarbij voornamelijk de vrouwtjes in groepen leven, namelijk in zogenaamde kraamkolonies. Dit zijn groepsverbanden waarbij de vrouwtjes in de zomer hun jongen ter wereld brengen en deze op laten groeien. Mannetjes leven voornamelijk solitair of in kleine groepjes; zij proberen met vrouwtjes in het voor- en najaar te paren alsmede in de winter. Afhankelijk van vleermuissoort worden één of meerdere foerageergebieden bezocht, afhankelijk van het prooi aanbod. Tussentijds bezoeken de vrouwelijke dieren in de zomer de jongen voor het zogen, waarna een tweede of zelfs een derde foerageervlucht van de vrouwelijke dieren volgt. In de periode augustus tot november migreren de hier besproken vleermuissoorten van zomerverblijf naar winterverblijf.

Tabel 2. Soortkarakteristieken die te maken hebben met kans op de potentiële verspreiding van een virusinfectie van selectie soorten in de regio van geïnfecteerde nertsbedrijven op basis van literatuur (Dietz & Kiefer, 2017).

	Gewone dwergvleermuis	Laatvlieger	Franjestaart	Gewone grootoorvleermuis	Grijze grootoorvleermuis
Dichtheid	In ieder dorp een kraamverblijf met 40-200 dieren. Ca. 10 per km ²	In ieder dorp waarschijnlijk een kraamverblijf met 20-70 (200) dieren Ca. 2 per km ²	In het onderzoeksgebied waarschijnlijk een tiental kraamverblijven van 20-50 vrouwtjes met jongen	In het onderzoeksgebied in meerdere kerken kraamverblijven van 5-30 dieren alsmede in bosgebieden zijn kraamkolonies aanwezig. Ca. 5 per km ²	Zeer lokaal aanwezig. Kerk Ottersum kraamverblijf van ~20 dieren. Westerbeek 1 dier.
Home range*	Gemiddeld 92 ha	Gemiddeld 460 ha	Gemiddeld 215 ha	Gemiddeld 4 ha	Gemiddeld 75 ha
Territorialiteit**:	Beperkt territoriaal in verblijfplaatsen en jachtgebieden; paarterritoria in de nazomer	Territoriaal in verblijfplaatsen	Territoriaal in verblijfplaatsen	Territoriaal in verblijfplaatsen	Territoriaal in verblijfplaatsen

Foerageer afstanden ***	Ca. 1,5 km rondom de verblijfplaats	Ca. 4,5 km rondom de verblijfplaats	Ca. 1,5 (maximaal 4) km rondom de verblijfplaats	Ca. 2,2 (maximaal 7) km rondom de verblijfplaats	Ca. 4,5 km (maximaal 12) rondom de verblijfplaats
Migratie afstanden tussen zomer- en winterverblijven	Max. 22 km	Max. 50 km	Max. 60 km	Max. 30 km	Max. 60 km

* Oppervlakte berekend aan de hand van de afstand van slaapplek tot de grens van het bereik waartoe een dier in staat is. Binnen de home range worden kleinere kerngebieden intensief gebruikt als foerageergebied.

** Sommige soorten zijn enkel binnen hun kolonie dan wel in de paartijd territoriaal.

*** Foerageerafstand: Maximale afstand van een (kraam)verblijfplaats naar een foerageergebied.

4. Waarnemingen en contactmogelijkheden tussen nertsen in nertsbedrijven en de aandachtsoorten

De aanname is dat alleen wanneer direct of indirect contact tussen nertsen en vrijlevende dieren mogelijk is, het mogelijk is dat vrijlevende dieren het virus verder kunnen verspreiden naar een volgend nertsbedrijf. Om blootgesteld te worden aan SARS-CoV-2 afkomstig van een nerts, zullen individuen van de geselecteerde soorten toegang moeten hebben tot een nertsbedrijf. Eenmaal in de sheds of hallen van de bedrijven is het waarschijnlijk dat direct of indirect contact met de nertsen een kans oplevert voor blootstelling aan het virus.

4.1 Toegang van aandachtsoorten tot de nertsbedrijven

In de periode oktober-november 2020 zijn totaal 33 bedrijven bezocht en beoordeeld op toegankelijkheid voor vrijlevende diersoorten (incl. huiskatten). In het risicogebied waren op het moment van starten van dit onderzoek nog zes bedrijven in werking. Hiervan gaven drie bedrijven toestemming het bedrijf enkel vanaf buiten de omheining te bekijken. Bij geen van deze bedrijven was het mogelijk om binnen de omheining een volledige inspectie uit te voeren. Daarnaast zijn 30 geruimde bedrijven vooraf geselecteerd. Deze bedrijven werden geselecteerd om een representatieve vertegenwoordiging te verkrijgen van periode van infectie, locatie, virus clustertype (op basis van sequentie informatie) en eerdere meldingen van gesignaleerde vrijlevende carnivoren, vogels en vleermuizen. Van deze 30 bedrijven gaven 10 eigenaren toestemming hun (inmiddels geruimde) bedrijf te bezoeken waarna de binnenkant en buitenkant is geïnspecteerd door een expert van de Zoogdiervereniging.

De overgebleven 20 bedrijven zijn vanaf de openbare weg beoordeeld op mogelijke toegankelijkheid voor de verschillende aandachtsoorten. Sommige eigenaren gaven wel telefonisch extra informatie. Van deze 20 bedrijven is, net als van de bezochte bedrijven, meer informatie verkregen door middel van foto's van bezoeken door de NVWA, dossierinformatie en

gegevens uit interviews uitgevoerd voor WP1. Daarnaast zijn drie expert consultaties georganiseerd waarin we medewerkers van de GD, NVWA en de eigen dierenarts interviewden die de geselecteerde bedrijven een of meerdere malen hadden bezocht. Op deze bijeenkomsten werden alle geselecteerde bedrijven doorgenomen om gezamenlijk de toegankelijkheid van bedrijven voor vrijlevende dieren (vossen, marterachtigen inclusief Amerikaanse nertsen, vleermuizen, vogels en huiskatten) te bespreken.

Tijdens het bezoek werd een inschatting gemaakt van de mogelijkheid voor vogels, vossen, marterachtigen, katten, vleermuizen en nertsen om de bedrijven op te komen, in hoeverre zij direct contact zouden kunnen hebben met de nertsen, en of ze het bedrijf ook weer af kunnen. Tabel 3 laat van geselecteerde roofdieren zien wat de klim- en graafcapaciteiten zijn die kunnen worden ingezet om toegang tot de nertsenbedrijven te verschaffen. Daarnaast werd gezocht naar sporen van de geselecteerde soorten, naar aanwezigheid van vogels, en is indien mogelijk de eigenaar bevraagd over eerdere waarnemingen van vrijlevende carnivoren, vogels en vleermuizen. De informatie zoals verzameld tijdens deze bezoeken is aangevuld met informatie uit telefonische interviews met de eigenaren vooraf en daarna. Het beeld werd aangevuld met foto's van bezoeken door de NVWA, dossierinformatie en gegevens uit interviews uitgevoerd binnen andere werkpakketten van het "Onderzoek naar besmettingsroutes van SARS-CoV-2 op nertsenbedrijven".

Huiskatten zijn in onze analyses ook gebruikt als representant (proxy) voor de toegankelijkheid van nertsenbedrijven voor vrijlevende carnivoren, zoals de steenmarter, die minder gemakkelijk worden waargenomen door zijn nachtelijke levenswijze. Als een huiskat die niet van het bedrijf is op een bedrijf kan komen, dan kunnen op basis van hun klim- en springcapaciteiten steenmarters dit ook, en vossen zeer waarschijnlijk ook.

Tabel 3: Eigenschappen vrijlevende carnivoren die van invloed zijn op de mogelijkheid van de soort om een omheining of afscheiding te kunnen passeren, zoals aanwezig op een nertsenbedrijf.

	Eigenschap				
Soort	Klimmen	Spring-capaciteit	Graven	Kruipen door nauwe ruimtes	Dag/nacht ritme
Das	Veel grip nodig	Nauwelijks	Belangrijk, goede graver	>7,5 cm	Hoofdzakelijk nachtactief
Steenmarter	Nauwelijks grip nodig	Groot	Graaft nauwelijks	Kan door nauwe openingen (>4cm)	Nachtactief
Bunzing	Veel grip nodig	Nauwelijks	Belangrijk, goede graver	Kan door nauwe openingen, (>4cm)	Dag en nacht
Am. nerts	Veel grip nodig	Nauwelijks	Graaft nauwelijks	Kan door nauwe openingen,	Dag en nacht

				(>4cm)	
Vos	Beetje grip nodig	Redelijk	Belangrijk, redelijke graver	onbekend	Dag en nacht
Huiskat	Nauwelijks grip nodig	Groot	Graaft nauwelijks	onbekend	Middag en nacht

* Het dag/nacht ritme staat los van de toegankelijkheid van een nertsennbedrijf, maar de aanwezigheid van personeel overdag kan de kans op aanwezigheid of het waarnemen van specifieke soorten wel beïnvloeden.

Alle geselecteerde en bezochte bedrijven waren toegankelijk voor vogels en vleermuizen. De meeste bedrijven hebben open stallen waardoor vogels en vleermuizen makkelijk naar binnen kunnen vliegen. Een uitzondering hierop zijn 2 van de 33 beoordeelde bedrijven die minder open zijn door het gebruik van nertsengaas achter het windgaas. Deze twee bedrijven zijn desalniettemin door de open nok van de schuren nog steeds toegankelijk voor vogels en vleermuizen.

Tabel 4: Samenvatting van de 33 onderzochte bedrijven naar de toegankelijkheid voor roofdieren. Genoemde hoeveelheid zijn gemiddelden op basis van de toegankelijkheid score per bedrijf. Annex 5 geeft de scoring per geanonimiseerd bedrijf per diersoort.

		Toegankelijkheidsscore						
Type bedrijfsbezoek	# bezocht	Steenmart er	Huiskat	Vos	Am. nerts	Bunzin g	Das	Ontsnappings- kans nerts*
Rondom bedrijf; nertsen aanwezig	3	3.3	3.3	3.3	2.0	2.0	1.7	2.0
Bedrijfsbezoek na ruiming	10	3.2	3.3	3.1	2.2	2.3	1.5	2.2
Vanaf afstand beoordeeld met oordeel expert consultaties	20	3.5	3.4	3.2	2.2	2.2	1.0	1.5
Gemiddeld		3.7	3.7	3.5	2.4	2.4	1.3	1.9

Gewogen expertoordeel toegankelijkheid: 4: Zeer toegankelijk; 3: Toegankelijk; 2: Moeilijk toegankelijk; 1: Waarschijnlijk ontoegankelijk; 0: Ontoegankelijk. *Gemak het erf af te komen voor Amerikaanse nerts wanneer die is uitgebroken, of ontsnapt is tijdens een handeling: 3: Eenvoudig; 2: Mogelijk; 1: Na veel zoeken; 0: Niet mogelijk

Door de goede klim- en spring capaciteiten is het merendeel (30 van de 33) van de bedrijven toegankelijk tot goed toegankelijk voor steenmarter, vos en huiskat. Eén bedrijf was moeilijk toegankelijk voor deze drie soorten en twee van de 33 onderzochte bedrijven waren waarschijnlijk niet toegankelijk voor goed klimmende soorten roofdieren. Voor de bunzing en (ontsnapte) Amerikaanse nertsen zijn 9 van de 33 bedrijven ook goed toegankelijk dan wel toegankelijk; 19 van de 33 werden beoordeeld als moeilijk toegankelijk. Vijf van de 33 bedrijven bleken voor de niet goed klimmende das toegankelijk te zijn, vier bedrijven werden beoordeeld als moeilijk toegankelijk; de rest van de farms waarschijnlijk niet (16 van 33) dan wel niet (8 van 33).

Een groot deel van de bedrijven heeft schrikdraad geïnstalleerd. Gelet op de aanbevelingen van White & Hiron (2019) en Day & MacGibbon (2007) zijn deze rasters niet geschikt voor het buiten houden van vrijlevende carnivoren doordat dieren, als ze springen, geen aarde raken. Ook uit twee interviews met nertsenhouders bleek dat het plaatsen van een schikdraad systeem niet te voldeed; huiskatten konden ondanks een schrikdraadsysteem toch op de bedrijven komen.

Hallen met wanden hebben vaak windgaasgordijnen, die meestal open gehouden worden voor optimale ventilatie. De vrijlevende carnivoren die goed kunnen springen kunnen hierdoor relatief gemakkelijk de hallen in (hoogte muur vaak niet hoger dan 1 meter) en weer uit. De omheining is vaak gemakkelijk te passeren via een boom, gaten in de omheining, een simpel hekwerk met gaas of een andere overklimbare constructie. Bij het gericht zoeken naar openingen voor roofdieren bleek dat bij 31 van de 33 onderzochte bedrijven zwakke schakels aanwezig waren waar vrijlevende roofdieren naar binnen en naar buiten konden.

4.2 Mogelijkheden tot direct contact tussen de aandachtsoorten en nertsen

Nertsen worden gehuisvest in kooien van metaalgaas, bestaande uit een nestbox en loopren, dus eenmaal in de sheds en/of hallen is het voor vrijlevende dieren mogelijk om dichtbij de nertsen te komen. Direct of indirect contact met de nertsen vergroot de kansen op blootstelling aan SARS-CoV-2.

De geselecteerde marterachtigen, de huiskat en de vos zullen in de omgeving van een nertsenbedrijf aangetrokken worden door de lucht van eten (met name de restproducten uit de vis- en pluimveeslachterijen) en nertsen. Het nertsenvoer voor zover niet opgegeten door de nertsen in de kooien, ligt op de kooien, dus deze soorten zullen dichtbij de nertsen komen als zij van het voer willen eten. Bij het betreden van de stallen zullen wilde dieren ook in aanraking komen met het uit de kooien gevallen strooisel op de vloer van de sheds en hallen.

De geselecteerde vleermuizen zijn insectivoor, en zullen waarschijnlijk aangetrokken worden door de vele aanwezige vliegen (*Brachycera spp.*) in de stallen. Vleermuizen vliegen in de

sheds en hallen, waarbij laatvlieger en gewone dwergvleermuis boven de kooien in de rijen en buiten de sheds jagen op stal- en huisvliegen, terwijl de franjestaart, gewone grootoorvleermuis en grijze grootoorvleermuis waarschijnlijk ook vliegen en andere insecten van de kooien, plafonds of andere structuren afpakken. Vleermuizen zullen waarschijnlijk niet tot nauwelijks in direct contact zijn gekomen met het strooisel, mest van de nertsen of nertsen zelf, ook niet als daar vliegen op aanwezig zijn. (Siemers et al., 2012). De aanwezige vliegen maken de stallen ook aantrekkelijk voor verschillende insectenetende vogelsoorten om naar binnen te gaan. Andere vogelsoorten komen meer op het voer voor de nertsen af. Het is bekend dat nertsen vogels kunnen vangen en opeten als zij op de kooi zitten. Een uitgebreide toelichting betreffende de vogels is te vinden in het rapport 'Vogels op en rond nertsbedrijven in Nederland' opgesteld door Sovon (Hissel et al. 2021).

4.3 Waarnemingen van aandachtsoorten op nertsbedrijven

In andere werkpakketten van het "Onderzoek naar besmettingsroutes van SARS-CoV-2 op nertsbedrijven" is informatie uit NVWA dossiers en vragenlijsten verzameld ten aanzien van waarnemingen door nertsenhouders van vrijlevende wilde dieren en huiskatten op en rond het bedrijf. Dit is aangevuld met informatie verzameld tijdens de bedrijfsbezoeken waarbij gekeken is naar sporen van aanwezigheid van de verschillende aandachtsoorten en aangevuld met informatie van de drie expert consultaties.

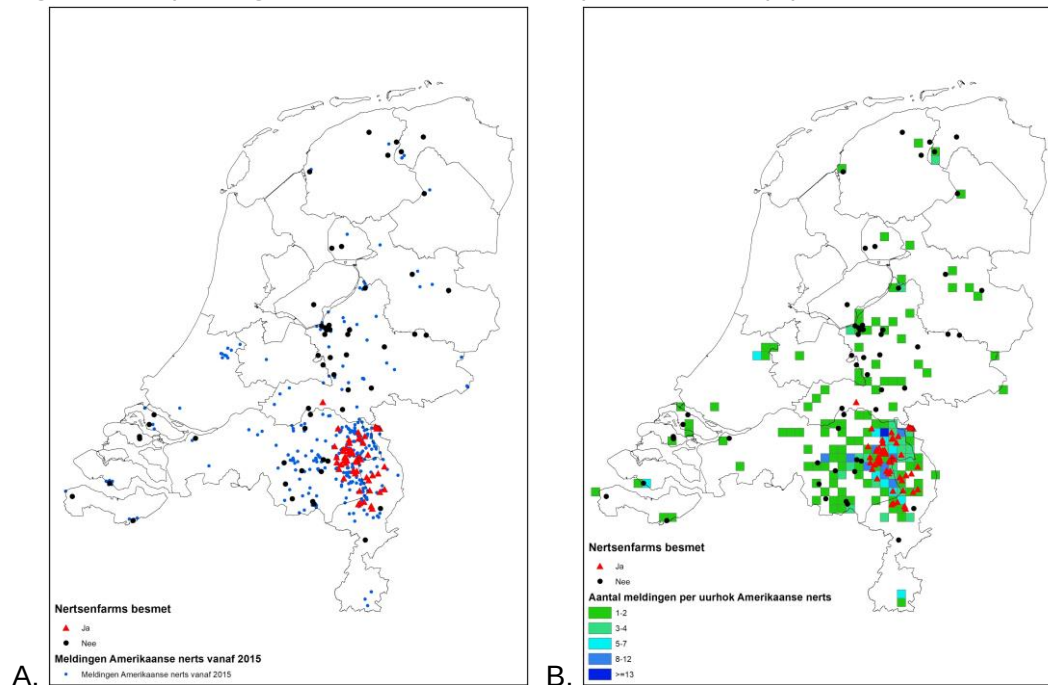
Tabel 5: Samenvatting van alle waarnemingen van vrijlevende roofdieren op 30 onderzochte SARS-CoV-2 positieve bedrijven.

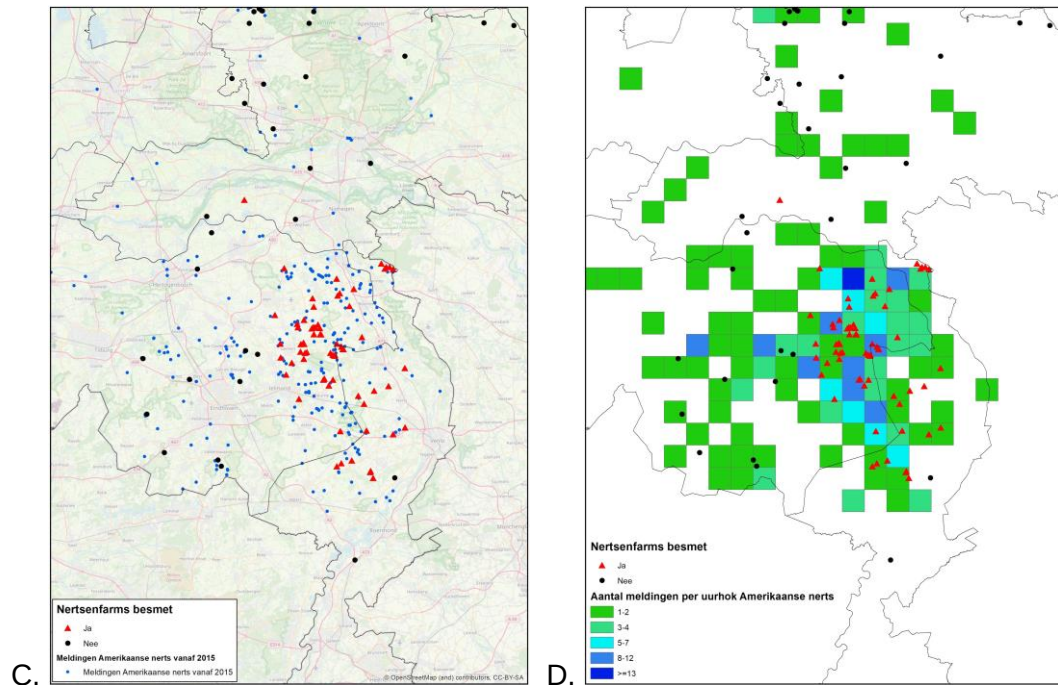
Naam	Huiskat op bedrijf	Nerts van anderen (rond bedrijf)	Vos (rond bedrijf)	Das (rond bedrijf)	Steenmarter (rond bedrijf)	Boommarter	Bunzing
Interviews (tracering, telefoon en tijdens bezoek)	22	3	6	4	4	1	0
Sporen gevonden tijdens bedrijfsbezoek (aanvullend op voorgaande)	0	0	0	0	1	0	0
Expert meetings (aanvullend op voorgaanden)	2	0	0	0	0	0	0
Totaal	24	3	6	4	5	1	0
Gemiddelde	80%	10,0%	20,0%	13,3%	16,7%	3,3%	0,0%
Aantal onderzochte farms	30	30	30	30	30	30	30
Aantal bezochte farms	10	10	10	10	10	10	10
Aantal afstand onderzochte farms	20	20	20	20	20	20	20

4.4 Waarnemingen van ontsnapte nertsen buiten nertsenbedrijven

De verspreidingskaart met waarnemingen van de Amerikaanse nerts in Nederland (Figuur 1) laat zien dat de soort met name voorkomt in de directe omgeving van nertsenbedrijven, waarschijnlijk door het ontsnappen van dieren uit die bedrijven. Er wordt aangenomen dat er in Nederland geen 'wilde populatie' aanwezig is doordat voortplanting in het wild slechts sporadisch plaatsvindt (Dekker & Hofmeester, 2014). In gebieden waar geen bedrijven aanwezig zijn, zijn de, veelal wat oudere, waarnemingen te herleiden tot reeds gestopte bedrijven of net over de grens aanwezige buitenlandse bedrijven.

Figuur 1 Verspreidingskaart Amerikaanse nerts (*Neovison vison*), periode 1-1-2015 - 18-1-2021.



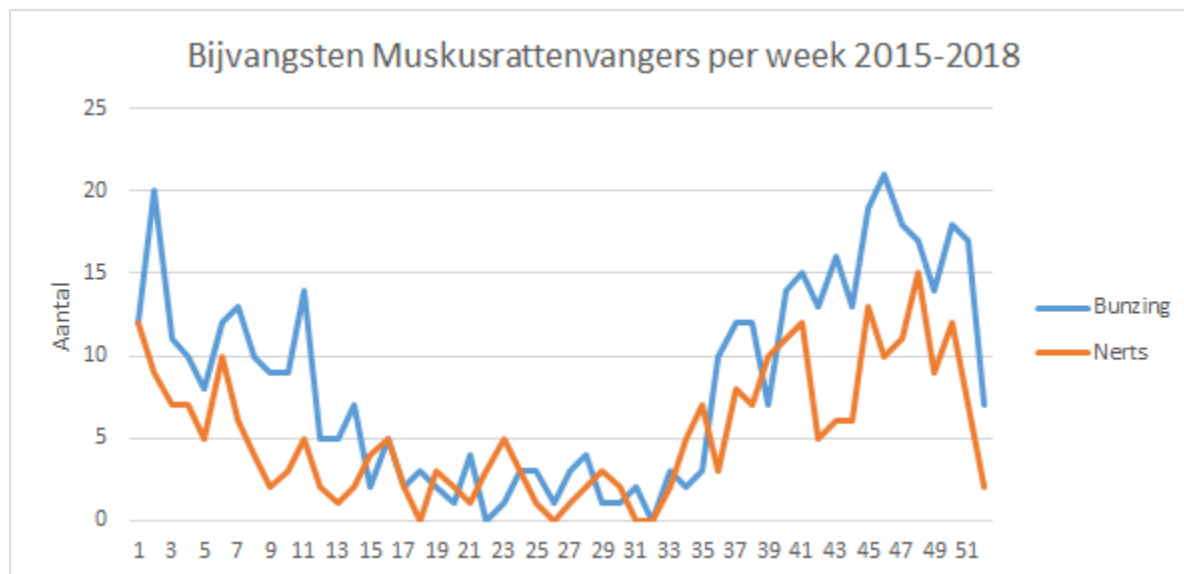


De zwarte puntjes op alle kaarten zijn de niet besmette nertsenbedrijven, de wel besmette nertsenbedrijven zijn weergegeven met een rode driehoek. Waarnemingen van dezelfde dag en met dezelfde coördinaten zijn beschouwd als zijnde één waarneming. A Unieke waarneming in heel Nederland, B. Alle unieke waarnemingen per 5x5 km-hok in Nederland bij elkaar opgeteld, C. Unieke' waarneming in Oost-Brabant/Noord-Limburg, D. Alle unieke waarnemingen per 5x5 km-hok in Oost-Brabant/Noord-Limburg bij elkaar opgeteld.

De zwarte puntjes op alle kaarten zijn de niet besmette nertsenbedrijven, de wel besmette nertsenbedrijven zijn weergegeven met een rode driehoek. Waarnemingen van dezelfde dag en met dezelfde coördinaten zijn beschouwd als zijnde één waarneming. A Unieke waarneming in heel Nederland, B. Alle unieke waarnemingen per 5x5 km-hok in Nederland bij elkaar opgeteld, C. Unieke' waarneming in Oost-Brabant/Noord-Limburg, D. Alle unieke waarnemingen per 5x5 km-hok in Oost-Brabant/Noord-Limburg bij elkaar opgeteld.

Jaarlijks worden zo'n 70 Amerikaanse nertsen als bijvangst bij de muskusrattenbestrijding geregistreerd door de Unie van Waterschappen (figuur 2). Amerikaanse nertsen worden het gehele jaar gevangen, maar met een duidelijk verhoging in het najaar (figuur 2). Ter vergelijking zijn ook de bijvangsten van bunzing in de grafiek geplot. Jaarlijks worden meer dan 100 bunzingen gemeld als bijvangst en ook deze soort vertoont een toename in het najaar. Het najaar is voor bunzing de periode dat de jongen een eigen leefgebied moeten zien te vinden, waardoor de dieren mogelijk meer kans lopen om in een vangmiddel van de muskusrattenvangers te lopen. De piek bij de Amerikaanse nerts valt samen met de periode van het 'pelzen', wat mogelijk leidt tot meer ontsnappingen. De nertsen die zo in het wild terecht komen, kunnen vervolgens in de vangmiddelen van de muskusrattenvangers terechtkomen. Een andere verklaring voor de 'vangstpiek' in het najaar kan zijn dat de muskusrattenvangers dan juist meer vangmiddelen uit hebben staan om de najaarsmigratie van de muskusratten te bestrijden. Het grotere aantal vangmiddelen leidt dan tot een groter aantal bijvangsten.

Figuur 2. Totaal aan bijvangsten van nerts en bunzings door muskusrattenbestrijders in de periode 2015-2018. Bron: Unie van Waterschappen (UVW).



5. Vóórkomen van SARS-CoV-2 infecties in vrijlevende dieren van de aandachtsoorten in de omgeving van SARS-CoV-2 positieve nertsenbedrijven

Vleermuizen, marterachtigen en vossen uit de regio's van de besmette nertsenbedrijven zijn bemonsterd om SARS-CoV-2 infectie te kunnen vaststellen. Er is gekozen om verse feces als monster te verzamelen, omdat we van SARS-CoV-2 geïnfecteerde dieren en mensen weten dat genetisch materiaal van het virus in de feces terug te vinden is (Peccia et al, 2020; Kim et al, 2020). Echter, dit sample type is waarschijnlijk wel minder gevoelig dan bijvoorbeeld keelwabs zodat een deel van de geïnfecteerde dieren gemist zou kunnen worden (Peccia et al, 2020; Kim et al, 2020). Een bijkomend voordeel van feces ten opzichte van andere monsters zoals swabs, is dat feces te verzamelen is zonder de wilde dieren te hoeven hanteren of verstoren.

Daarnaast zijn karkassen van vleermuizen verzameld die gevonden waren in de regio met besmette nertsenbedrijven in de periode april tot en met september (Tabel 3; Annex 3). Ook zijn karkassen van marterachtigen in het risicogebied verzameld door het DWHC in het "Fighting COVID-19 in animals and humans, a One Health approach" project, aangevuld door extra vondsten door vrijwilligers van de Zoogdiervereniging, in de periode juli tot en met november 2020 (Tabel 3; Annex 3).

Feces van wilde carnivoren uit de regio's van besmette nertsbedrijven werden verzameld bij dassenburchten. Dassenburchten worden vaak ook gebruikt door vossen. Dassen maken in de buurt van hun burcht 'latrines', plekken waar de dieren hun feces verzamelen. Vossen plaatsen hun feces op een hoge plek in de buurt van de burcht, ter afbakening van hun territorium, en zo kunnen die ook gevonden en bemonsterd worden. De bemonsteraar kan aan de feces zien of de feces vers is, en van welke diersoort de feces afkomstig is. Wanneer tijdens het veldwerk bij toeval feces werd gevonden van een andere carnivoor, zoals een marter, werd deze ook meegenomen. De bemonstering van feces van wilde carnivoren vond plaats van half september tot en met half november. Feces van vleermuizen in de risicoregio werd verzameld op door vleermuizen bewoonde zolders, achter luiken van huizen, en uit vleermuiskasten in de maanden oktober en november (Tabel 3; Annex 3). Van de franjestaart (een vleermuissoort) bleek het niet mogelijk feces te verzamelen door haar levensstijl als voornamelijk boombewonende soort en het ontbreken van bekende verblijfplaatsen in de omgeving van de nertsbedrijven.

Tabel 5. Overzicht verzamelde monsters in Oost Noord-Brabant en Noord Limburg, getest voor aanwezigheid van SARS-CoV-2 RNA.

Diersoort	Karkas* (samples SARS-CoV-2 RNA pos/totaal)	Feces (SARS-CoV-2 pos RNA /total aantal monsters)
Das (<i>Meles meles</i>)	0/11	0/51 (76 keutels in totaal)
Marter (<i>Martes foina</i> en <i>Martes martes</i>)	0/7	-
Wezel (<i>Mustela nivalis</i>)	0/2	-
Vos (<i>Vulpes vulpes</i>)	-	0/22
Grootoorvleermuis (<i>Plecotus spp</i>)	0/1	0/136 (370 keutels in totaal)
Dwergvleermuis (<i>Pipistrellus spp</i>)	0/21	0/48 (144 keutels in totaal)
Laatvlieger (<i>Eptesicus serotinus</i>)	0/6	0/58 (168 keutels in totaal)

Monsters waarvan species onduidelijk was, zijn niet opgenomen in de tabel. Een karkas van een wasbeer (*Procyon lotor*) uit de regio is wel getest (negatief) maar niet opgenomen in de tabel. Het is niet mogelijk om op zicht aan de hand van feces gewone- en grijze grootoorvleermuis te onderscheiden. *Bij vleermuizen zijn feces, of indien niet aanwezig, rectum swab en een gepoold (bij elkaar gevoegd) monster van neusspoeling en mondswab getest. Bij marterachtigen zijn longmonsters en keelswabs getest. ** Feces monsters die gevonden werden op dezelfde plek, op dezelfde datum, en van dezelfde diersoort afkomstig waren zijn gepoold tijdens het opwerken voor virusdetectie. Hierbij werd een maximum aangehouden van drie fecesmonsters per pool.

Daarnaast zijn drie additionele vleermuis monstercollecties getest:

- Longitudinale feces verzameling op 5 locaties, bij gewone grootoorvleermuiskolonies in de Groote Peel. 184 feces monsters in totaal van 19-06-2020 t/m 24-07-2020.

- Longitudinal feces verzameling bij een kolonie laatvliegers in Castenray. Iedere week van begin mei tot september, 3 tot 9 fecesmonsters per week. In totaal zijn dus ongeveer 170 feces monsters getest over deze periode.
- Vleermuizen die contact hebben gehad met mensen of huisdieren worden voor lyssavirus monitoring naar het WBVR opgestuurd. Zodoende had WBVR 28 karkassen van vleermuizen in de periode van 13 januari tot 2 september 2020, geschikt voor SARS-CoV-2 detectie. De vleermuiskarkassen waren afkomstig vanuit heel Nederland en werden hoofdzakelijk in juni en augustus gevonden. Het ging om gewone dwergvleermuizen (n=18), laatvliegers (n=8), een grootoorvleermuis (n=1), een ruige dwergvleermuis (n=1).

Fecesmonsters van vleermuizen en wilde carnivoren werden getest met de RT-PCR op het E-gen (Corman et al. 2020) en een pan-coronavirus PCR (Kleber de Souza Luna et al, 2007). Ook alle karkassen van vleermuizen zijn met beide PCRs getest. Alle longmonsters en keelwabs van marterachtigen zijn getest met de RT-PCR op het E-gen (Corman et al. 2020). Enkele monsters gaven een niet eenduidig resultaat. Voor deze monsters werd een herhaling gedaan van de SAR-CoV-2 specifieke PCR, ditmaal met 2 in plaats van 1 targets (E-gen en RdRp) en werd een extra controle toegevoegd. Monsters werden als positief beschouwd als ze op 2 verschillende targets, of met 2 verschillende assays positief ($Ct < 40$) testten.

In geen van de verzamelde monsters van vrijlevende carnivoren en vleermuizen is SARS-CoV-2 RNA aangetoond. Echter, een groot deel van de monsterverzameling was na de piek van infecties. Zodoende is de periode van monsternamen niet optimaal voor het vaststellen van mogelijke spillover vanuit de nertsen in een wilde dieren populatie, behalve wanneer dat zou hebben geleid tot doorgaande transmissie en vestiging van het virus in gastheerpopulaties.

In de andere werkpakketten van het volledige “Onderzoek naar besmettingsroutes van SARS-CoV-2 op nertsbedrijven” is op 10 bedrijven onderzoek gedaan naar SARS-CoV-2 besmettingen bij honden en huiskatten. Hieruit bleek dat van 101 geteste katten (12 gehouden huiskatten en 89 zwervkatten) in totaal 3 (3%) van de zwervkatten PCR positief testten. Eén van de 13 honden (8%) had een positieve PCR test. Bij 11 zwervkatten (van 62 geteste katten, 19%) en 2 van de 13 honden (15%) konden antilichamen tegen SARS-CoV-2 aangetoond worden met ELISA en een virusneutralisatietest (VNT). Uit de keelwab van één van de katten werd een virussequentie gegenereerd die clusterde met de nertsensequenties van hetzelfde bedrijf (Van Aart et al; 2021).

Daarnaast zijn vijf dode vogels—2 mussen (*Passer domesticus*), 2 merels (*Turdus merula*) en een torenvalk (*Falco tinnunculus*)—gevonden op het erf rondom ruiming of enige tijd na de ruiming getest op SARS-CoV-2 RNA. Het spoelsel van de poten van 1 mus was positief, swabs van cloaca, neusswab en veren van deze vogel waren negatief. Een andere mus had SARS-CoV-2 RNA op veren en pootjes, terwijl een orale swab negatief was. Een torenvalk en twee merels van twee andere bedrijven waren negatief. Hoewel er erfelijk materiaal is gevonden op de buitenkant van 2 mussen, waren de Ct-waarden (Ct 32-34) dusdanig hoog dat het niet

mogelijk was infectieus virus te kweken. De combinatie met negatieve (cloaca, neus, orale) swabs lijkt te wijzen op omgevingscontaminatie en niet op actieve infectie.

6. Mogelijkheid voor geselecteerde aandachtsoorten om de afstand tussen besmette bedrijven te kunnen overbruggen

Alle marterachtigen, huiskat en vos zijn in principe in staat om de afstand tussen nabijgelegen nertsenbedrijven te overbruggen. Het leefgebied van deze soorten is vaak 1-2 km in doorsnede, zodat bedrijven die binnen 1-2 kilometer van elkaar zijn gelegen door hetzelfde dier bezocht kunnen worden. Bezoeken aan locaties met nertsen zullen, als het al gebeurt, waarschijnlijk beperkt blijven tot 1 of hooguit enkele dichtbij elkaar gelegen bedrijven omdat de meeste soorten territoriaal zijn en geen 'vreemde' individuen in het eigen leefgebied zullen tolereren. Het is daardoor zeer onwaarschijnlijk dat één individu een groot aantal bedrijven zal bezoeken, omdat het aantal mogelijk te bezoeken bedrijven in het eigen leefgebied gering zal zijn. De enige soorten die minder territoriaal zijn en wel grotere afstanden kunnen afleggen (en dus ook meerdere bedrijven zouden kunnen bezoeken) zijn (verwilderde) huiskatten en (ontsnapte) Amerikaanse nertsen. Het oversteken van de Maas of snelwegen zal veelal niet gebeuren, maar provinciale of gemeentelijke wegen vormen voor deze soorten geen barrière.

In tegenstelling tot marterachtigen, huiskatten en vossen zijn de verschillende vleermuissoorten veel mobieler. Vleermuizen kunnen in één nacht in een gebied van enkele kilometers in de omtrek foerageren. De vleermuissoorten die waarschijnlijk in de stallen en op erven hebben gejaagd, zijn soorten die gedurende één nacht meerdere locaties met nertsen kunnen bezoeken, die bovendien 2-5 kilometer uit elkaar kunnen liggen. De bezoekfrequentie of de bezoekkans van een nertsenbedrijf zal mede afhangen van landschappelijke elementen als bomenrijen en houtwallen die vleermuizen gebruiken als oriëntatiepunten voor hun echolocatie. Een bedrijf dat omgeven is met bomenrijen en houtwallen zal daardoor eerder bezoek krijgen van vleermuizen, dan een nertsenbedrijf in een kaal landschap. De nertsenbedrijven in het risicogebied liggen voornamelijk ingebed in een landschap met bomenrijen en houtwallen waardoor vleermuizen nog gemakkelijker nertsenbedrijven weten te vinden om hier te foerageren.

De afstanden tussen opeenvolgend geïnfecteerde bedrijven, binnen de virusclusters met meerdere bedrijven, variëren tussen de 0,1-54,9 km (mediaan 10,0) voor cluster A, 0,49-31,9 km (mediaan 7,5) voor cluster C en 0,2-4,4 km (mediaan 0,7) voor cluster D. In respectievelijk 24% (cluster A, 42 bedrijven), 33% (cluster C, 15 bedrijven) en 100% (cluster D, 7 bedrijven) van de opeenvolgende infecties binnen een cluster, was de onderlinge afstand minder dan 5 kilometer. Als een afkapwaarde van 2 km wordt gehanteerd, dan zijn de percentages als volgt: 21% (A), 27% (C) en 57% (D). Wilde carnivoren en huiskatten kunnen deze afstanden tussen bedrijven afleggen, voor de langere afstanden zullen zij geen rol kunnen spelen in de SARS-CoV-2 transmissie tussen bedrijven. Een aantal vogel- en vleermuissoorten kunnen deze afstanden eventueel wel afleggen.

7. Risicobeoordeling van de mogelijke rol van vrijlevende wilde diersoorten in de verspreiding van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven

De Wereldorganisatie voor diergezondheid (OIE) en de Internationale Unie voor behoud van natuur (IUCN) raden aan om gebruik te maken van gestructureerde risicobeoordelingen om risico's op introducties van dierziekten in wilde dieren te beoordelen. (Jakob-Hoff et al, 2014; GLEWS, 2021) Dergelijke risicobeoordelingen zijn meestal opgesplitst in drie componenten voor pathogenen die van dier op mens kunnen overgaan (Delahay et al., 2020), namelijk de kans op introductie in wilde dieren door mensen, de kans op transmissie tussen wilde dieren, en vervolgens de kans op infectie van mensen vanuit wilde dieren. Deze componenten kunnen worden aangepast voor de specifieke vraagstellingen van dit onderzoek, ten aanzien van de rol van wild levende dieren in de transmissie van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven waardoor de drie elementen als volgt kunnen worden geformuleerd: 1) de kans op infectie van vrijlevende wilde dieren door contact met nertsen, 2) de waarschijnlijkheid van vóórkomen en vestiging in de populatie in vrijlevende wilde dieren en 3) de kans dat nertsen weer worden geïnfecteerd door vrijlevende wilde dieren. Dit zal grotendeels een kwalitatieve risicobeoordeling zijn.

7.1 De kans op contact tussen de aandachtssorten en nertsen welke kan leiden tot SARS-CoV-2 infectie

Het is bekend dat marterachtigen en katachtigen geïnfecteerd kunnen worden met SARS-CoV-2 en het virus over kunnen dragen. Ook infecties (maar geen overdracht) in hondachtigen (waartoe de vos behoort) zijn gerapporteerd. Bepaalde soorten vleermuizen kunnen worden geïnfecteerd met SARS-CoV-2, maar van de soorten vleermuizen voorkomend in Nederland is niet bekend of zij een infectie met SARS-CoV-2 door kunnen maken. Marterachtigen (dassen, steenmarters, bunzingen, Amerikaanse nerts en in mindere mate wezel), vossen en huiskatten (gehouden en verwilderd) komen algemeen voor in de regio met SARS-CoV-2 geïnfecteerde nertsenbedrijven. In dezelfde regio zijn de grijze en gewone grootoorvleermuis, laatvlieger, franjestaart en gewone dwergvleermuis ook aanwezig.

Alle nertsenbedrijven zijn waarschijnlijk toegankelijk voor vogels en vleermuizen. Het merendeel van de bedrijven is toegankelijk voor steenmarter, vos en huiskat en zij zullen even gemakkelijk weer van het bedrijf af kunnen komen. Voor bunzingen en (ontsnapte) Amerikaanse nertsen lijken veel van deze bedrijven ook toegankelijk. Enkele bedrijven zijn ook toegankelijk voor dassen. De marterachtigen, de huiskat en de vos zullen eenmaal in de stal afkomen op het voer van de nertsen. Het voer, voor zover niet opgegeten, ligt op de kooien, dus deze diersoorten zullen dichtbij de nertsen komen als zij van het voer willen eten. Bij het betreden van de stallen zullen deze dieren ook in aanraking komen met het gemorste strooisel op de vloer. Het is minder waarschijnlijk dat vleermuizen direct contact zullen hebben met nertsen en hun strooisel. Zij zullen vooral door de stal vliegen om zoek naar voedsel (vliegen).

Direct of indirect contact met de nertsen vergroot de kansen op een infectie. Daarnaast is in een eerder onderzoek gebleken dat in geïnfecteerde nertsbedrijven op de kooien, net als in het strooisel, stofmonsters en in een deel van de voermonsters genetisch materiaal van het SARS-CoV-2 virus terug te vinden was (De Rooij et al, 2020). Het is niet duidelijk of dit materiaal ook infectieus virus bevatte en dat hiermee wilde dieren, mochten ze in de stallen terecht komen, besmet kunnen worden met SARS-CoV-2, hoewel de aanwezigheid van levend virus in de acute fase van uitbraken op de bedrijven wel aannemelijk is. In Denemarken zijn, naast stofmonsters in de hele stal, ook vliegen gevangen met een lage hoeveelheid SARS-CoV-2 genetisch materiaal (Boklund et al., 2021). Jagende vleermuizen kunnen ook op deze manier in aanraking komen met SARS-CoV-2 virus of RNA.

De nertsbedrijven zijn toegankelijk voor allerlei vrijlevende diersoorten, en direct of indirect contact met nertsen is mogelijk. Van deze vrijlevende diersoorten zijn roofdieren waarschijnlijk gevoelig voor infectie met SARS-CoV-2 en indien een carnivoor een geïnfecteerd bedrijf bezoekt, is het mogelijk dat het dier geïnfecteerd wordt. Vleermuizen hebben waarschijnlijk minder nauw contact met nertsen, en het is nog onbekend of de vleermuizen die in Nederland voorkomen gevoelig zijn voor SARS-CoV-2 infectie. De kans dat vleermuizen op nertsbedrijven geïnfecteerd raken lijkt lager.

7.2 De waarschijnlijkheid van vóórkomen en vestiging van SARS-CoV-2 in populaties van aandachtsoorten

Er zijn geen aanwijzingen dat vrijlevende wilde carnivoren of vleermuizen in deze regio geïnfecteerd zijn geraakt met SARS-CoV-2. Echter, het aantal monsters is te laag om dit met zekerheid uit te sluiten. Er zijn wel twee SARS-CoV-2 positieve Amerikaanse nertsen gevonden in de regio met positieve nertsbedrijven. Daarnaast zijn 3 SARS-CoV-2 RNA-positieve en 11 antilichaam positieve zwervkatten gevangen op nertsbedrijven.

Zowel in Spanje als in de V.S. zijn SARS-CoV-2 positieve Amerikaanse nertsen gevonden in de omgeving van geïnfecteerde nertsbedrijven (Shriner et al, 2021; Aguilo-Gisbert et al, 2021). In Nederland is waarschijnlijk geen populatie vrijlevende Amerikaanse nertsen (Dekker et al, 2014) maar worden wel regelmatig Amerikaanse nertsen waargenomen of gevangen buiten de nertsbedrijven. In Denemarken zijn ook een aantal SARS-CoV-2 RNA positieve huiskatten op nertsbedrijven geïdentificeerd (Boklund et al, 2021). Uit onderzoeken rondom besmette nertsbedrijven in Denemarken en de V.S. is niet bekend dat er andere vrijlevende wilde dieren, inclusief vleermuizen, zijn geïnfecteerd met SARS-CoV-2 (Aguilo-Gisbert et al, 2021; Boklund et al, 2021). Zowel risicobeoordelingen van EFSA als een gezamenlijke beoordeling door de OIE, FAO en WHO schatten de kans op endemische circulatie van SARS-CoV-2 in wilde marterachtigen laag in (EFSA 2021; GLEWS 2021).

Er zijn in deze studie geen vrijlevende wilde dieren gevonden die geïnfecteerd waren met SARS-CoV-2. Dit geldt ook voor onderzoek rondom geïnfecteerde nertsbedrijven in de V.S. en Denemarken. Hoewel de steekproefgrootte beperkt was, lijkt het onwaarschijnlijk

dat er grootschalige circulatie van SARS-CoV-2 in de aandachtsoorten rondom nertsenbedrijven is geweest. Er zijn wel een aantal SARS-CoV-2 positieve verwildeerde huiskatten en ontsnapte Amerikaanse nertsen op of rond nertsenbedrijven gevonden. Het is waarschijnlijk dat zij besmet zijn geraakt door direct of indirect contact met besmette nertsen(bedrijven), maar er zijn geen aanwijzingen voor een SARS-CoV-2 reservoir onder katten of Amerikaanse nertsen buiten nertsenbedrijven.

7.3 De kans dat nertsen weer worden geïnfecteerd met SARS-CoV-2 door één van de aandachtsoorten.

Alle marterachtigen, huiskat en vos zijn in principe in staat om de afstand tussen nabijgelegen nertsenbedrijven te overbruggen. Indien zij een nertsenstal betreden als zij geïnfecteerd zijn, kunnen met name marterachtigen en huiskatten waarschijnlijk het virus overdragen op nertsen. Vleermuizen zijn in vergelijking met marters, katten en vossen veel mobieler. De geselecteerde vleermuissoorten doen verschillende foerageerlocaties per nacht aan. Het is dus ook mogelijk dat zij meerdere locaties met nertsen die tot enkele kilometers uit elkaar liggen bezoeken. De kans dat vleermuizen direct in aanraking komen met nertsen is echter klein, omdat de dieren vooral boven de kooien zullen jagen. Bovendien is onbekend of de geselecteerde vleermuissoorten geïnfecteerd kunnen raken met SARS-CoV-2. Alle aandachtsoorten zouden in principe ook via mechanische transmissie het virus kunnen overdragen,

Het uitbreken van hondenziekte (veelal een acute, kortdurende infectie, veroorzaakt door infectie met Canine Distemper Virus (CDV), op nertsenbedrijven (Deem et al. 2000) is een aanwijzing dat nertsen in contact staan met wilde carnivoren. Het virus kan via vergelijkbare overdrachtsroutes worden overgedragen als SARS-CoV-2, via directe en indirecte contacten. In de laatste 10 jaar wordt CDV regelmatig vastgesteld in wilde carnivoren in Europa, onder andere in vossen, steenmarters en dassen (Yon et al, 2019). Na 2014 varieerde de CDV vaccinatiegraad op nertsenbedrijven tussen 25% en 60% van de bedrijven. Sindsdien zijn er in totaal zes CDV uitbraken vastgesteld op Nederlandse nertsenbedrijven. Dit suggereert dat er regelmatig contact plaatsvindt tussen nertsen en wilde carnivoren op tenminste sommige bedrijven, omdat de kans dat een wilde carnivoor CDV uitscheidt en overdraagt tijdens een dergelijk bezoeken waarschijnlijk klein is. In Denemarken waren in 2020 vijf uitbraken van CDV op nertsenbedrijven (Molenaar & Buter, 2018; Garigliany et al., 2018; Tavenier et al., 2012). Ook daar is de meest waarschijnlijke route van introductie contact met wilde carnivoren, hoewel de aard van dat contact niet bekend is.

Het is mogelijk dat een geïnfecteerde huiskat of ontsnapte nerts het SARS-CoV-2 virus kan introduceren op een nertsenbedrijf. De kans op introductie door een wilde carnivoor is ook niet uit te sluiten, hoewel geen geïnfecteerde individuen zijn gevonden in deze studie. Deze kans is kleiner voor vleermuizen omdat zij niet of nauwelijks landen in de stallen en het onbekend is of ze kunnen worden besmet met SARS-CoV-2. De betrokken onderzoekers achten het onwaarschijnlijk dat vrijlevende wilde carnivoren of vleermuizen een rol spelen bij transmissie van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven.

7.4 De rol van vogels in de transmissie van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven

Hoewel vogels waarschijnlijk zelf niet geïnfecteerd kunnen worden met SARS-CoV-2, kunnen zij het virus mogelijk wel overdragen door middel van mechanische transmissie. Sovon concludeert op basis van vogeltellingen dat minstens 30 verschillende vogelsoorten zich regelmatig op en rond het merendeel van de Nederlandse nertsenbedrijven ophouden (Annex 4). Mussen (vermoedelijk hoofdzakelijk huismus), kraaiachtigen (zoals kauw [*Corvus monedula*] en zwarte kraai [*Corvus corone*]) en spreeuw (*Sturnus vulgaris*) werden relatief vaak gemeld door nertsenhouders. In een aantal gevallen werden grote aantallen vogels (met name spreeuwen) gemeld. Soms werd ook melding gedaan van vogelpootjes in nertsenkooien, klaarblijkelijk van vogels die op kooien landden en door nertsen gegrepen werden. (Hissel et al., 2021) Op twee dood gevonden mussen is in oktober 2020 op twee verschillende geruimde nertsenbedrijven in Noord-Brabant en Limburg viraal RNA op poten aangetoond (bij één ook op veren), maar niet in keel- of cloacaswabs. Eerder beschreven uitbraken van vogelgriep op nertsenbedrijven laten zien dat er direct of indirect contact en transmissie van influenzavirussen plaats kan vinden tussen vogels en nertsen op nertsenhouderijen (Englund, 2000)

Er zijn diverse vogelsoorten op nertsenbedrijven gerapporteerd, ook op nertsenkooien, die mogelijk verschillende bedrijven op een dag kunnen bezoeken. Hoewel vogels waarschijnlijk niet geïnfecteerd kunnen raken met SARS-CoV-2 is mechanische transmissie in theorie mogelijk. De onderzoekers achten het echter onwaarschijnlijk dat vogels een rol spelen bij transmissie van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven.

7.5 Eindconclusie en samenvatting

De constructie van de nertsenbedrijven is dusdanig dat allerlei vrijlevende dieren, die algemeen aanwezig zijn in de regio, de nertsenstallen zowel kunnen binnenkomen als uitgaan. Hiertoe behoren verschillende soorten roofdieren (huiskatten, vossen, nertsen en andere marterachtigen), vleermuizen en vogels. Bij de virologische en immunologische analyses van vrijlevende dieren rondom besmette nertsenbedrijven werd SARS-CoV-2 infectie vastgesteld bij enkele verwilderde katten en twee ontsnapte nertsen. Gelet op hun gemiddelde foerageerafstanden en leefgebied zouden geïnfecteerde individuen van deze twee soorten in principe in staat zijn om SARS-CoV-2 over te brengen naar naburige nertsenbedrijven. Bij de screening van honderden fecesmonsters en tientallen karkassen van overige vrijlevende roofdieren en van vleermuizen zijn geen aanwijzingen voor infectie gevonden. Bij twee doodgevonden huismussen op twee besmette bedrijven is virus RNA gevonden aan de pootjes, waarschijnlijk door contaminatie uit de omgeving; drie andere vogels waren negatief. Hoewel de kans klein is dat huismussen verschillende bedrijven bezoeken gezien de beperkte foerageerafstand, kunnen andere veel voorkomende vogelsoorten wel de afstanden tussen

nabijgelegen bedrijven overbruggen. Behalve een mogelijke kleine rol voor ontsnapte nertsen en verwilderde katten, achten de betrokken onderzoekers het bij elkaar genomen onwaarschijnlijk dat vrijlevende diersoorten van de onderzochte soorten een relevante rol hebben gespeeld in het overbrengen van SARS-CoV-2 tussen nertsenbedrijven.

8. Dankwoord

Wij danken alle vrijwilligers uit het ZITN netwerk, de Zoogdiervereniging en WBVR voor het verzamelen van monsters en karkassen en het aanleveren van data: Sjef Demaret, Jan Jeucken, Chris Driesen, Bernd-Jan Bulsink, Carlo Wijnen, Rob Voesten, Jan van Loon, Bernadette van Noort, Ton Populier, Wim van der Poel, Peter Lina, Phaedra Eble en Erik van Weezep (WBVR). De nertsenhouders worden bedankt voor hun medewerking bij het openstellen van hun bedrijven en het geven van inzicht in het houden van nertsen. De waterschappen worden bedankt voor het beschikbaar stellen van hun data over de bijvangsten van Amerikaanse nertsen. Het DWHC wordt bedankt voor het coördineren en uitvoeren van secties en monsterverzameling op ingestuurde dode marterachtigen. Marco van der Bildt, Vera Mols en Irina Chestakova worden bedankt voor hun laboratoriumanalyses en technische ondersteuning. De input tijdens de verschillende georganiseerde expert meetings van Cobi Dijkshoorn, Pieter Jacobs, Edwin Vries, Leon Pouwels, Debora Smits, Sjaak de Wit, Manon Houben, Robert Jan Molenaar, Jan de Rond en Marieke Augustijn brachten een toegevoegde waarde voor het onderhavige rapport. Wim van der Poel, Wendy J. Wolters, Herman Limpens en Jan de Rond worden bedankt voor hun hulp bij de analyses en kritisch doorlezen van onderhavig rapport. Dit rapport is opgesteld in nauwe samenwerking met het gehele Onderzoeksconsortium SARS-CoV-2 bij nertsen', waarvan een deel ook mede-auteur is van dit rapport, bestaande uit: Francisca Velkers, Lidwien Smit, Arjan Stegeman (Universiteit Utrecht), Arco van der Spek, Marcel Spierenburg (NVWA), Marieke Augustijn, Robert Jan Molenaar en Jan de Rond (GD), Marion Koopmans, Bas Oude Munnink, Reina Sikkema (ErasmusMC), Renate Hakze en Wim van der Poel (WBVR).

9. Literatuurlijst

- Van Aart, A, Velkers, F, Fischer, E, Broens, E, Egberink, H, Zhao, S, Engelsma, M, Hakze-van der Honing, R, Harders, F, de Rooij, M, Radstake, C, Meijer, P, Oude Munnink, B, de Rond, J, Sikkema, R, Van der Spek, A, Spierenburg, M, Wolters, W, Molenaar, R.J., Koopmans, M, van der Poel, W, Stegeman, A, Smit, L. SARS-CoV-2 infection in cats and dogs in infected mink farms. Authorea. April 12, 2021.
- Aguiló-Gisbert, J.; Padilla-Blanco, M.; Lizana, V.; Maiques, E.; Muñoz Baquero, M.; Chillida-Martínez, E.; Cardells, J.; Rubio-Guerri, C. First Description of Natural SARS-CoV-2 Infection in Two Wild American Minks (*Neovison vison*). Preprints 2021, 2021030647
- Banerjee, A., Kulcsar, K., Misra, V., Frieman, M., & Mossman, K. (2019). Bats and coronaviruses. *Viruses*, 11(1), 41.
- Boklund, A., Hammer, A. S., Quaade, M. L., Rasmussen, T. B., Lohse, L., Strandbygaard, B., ... & Bøtner, A. (2021). SARS-CoV-2 in Danish Mink bedrijven: Course of the Epidemic and a Descriptive Analysis of the Outbreaks in 2020. *Animals*, 11(1), 164.
- Bosco-Lauth Angela M., J. Jeffrey Root, Stephanie M. Porter, Audrey E. Walker, Lauren Guilbert, Daphne Hawvermale, Aimee Pepper, Rachel M. Maison, Airt E. Hartwig, Paul Gordy, Helle Bielefeldt-Ohmann, Richard A. Bowen (2021). Survey of peridomestic mammal susceptibility to SARS-CoV-2 infection bioRxiv 2021.01.21.427629
- Bouwens, S. (2017) Handreiking Kleine Marters in relatie tot soortbescherming. Rapport 2017.21. Zoogdiervereeniging, Nijmegen.
- Brezinski, M., Marzec, M. & Żmihorski, M. (2010) Spatial distribution, activity, habitat selection of American mink (*Neovison vison*) and polecats (*Mustela putorius*) inhabiting the vicinity of eutrophic lakes in NE Poland. *Folia Zool.* – 59 (3):183–191.
- Byrne, AW., Quinn JL, O'Keeffe, JJ, Green S., Sleeman, DP., Martin, SW, Davenport J. (2014). Large-scale movements in European badgers: has the tail of the movement kernel been underestimated? *Journal of Animal Ecology*, 83 (4), 991-1001
- Common, S. M., Shadbolt, T., Walsh, K., & Sainsbury, A. W. (2021). The risk from SARS-CoV-2 to bat species in England and mitigation options for conservation field workers. *Transbound Emerg Dis.* 2021; 00: 1– 12
- Corman Victor M, Landt Olfert, Kaiser Marco, Molenkamp Richard, Meijer Adam, Chu Daniel KW, Bleicker Tobias, Brünink Sebastian, Schneider Julia, Schmidt Marie Luisa, Mulders Daphne GJC, Haagmans Bart L, van der Veer Bas, van den Brink Sharon, Wijsman Lisa, Goderski Gabriel, Romette Jean-Louis, Ellis Joanna, Zambon Maria, Peiris Malik, Goossens Herman, Reusken Chantal, Koopmans Marion PG, Drosten Christian. (2020) Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Euro Surveill.* 25(3):pii=2000045.
- Day T. and MacGibbon R. (2007) Multiple-species exclusion fencing and technology for mainland sites. In: *Managing Vertebrate Invasive Species: Proceedings of an International Symposium* (ed W.C.P.G.W. Witmer, K.A. Fagerstone), National Wildlife

Research Center, Fort Collins, CO.

<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=nwrcinvasive>

- Dekker, J.J.A. (2012). De Amerikaanse nerts in Nederland. Rapport 2012.16. Zoogdierverseniging, Nijmegen.
- Dekker, J. J., & Hofmeester, T. R. (2014). The status of the American mink (*Neovison vison*) in the Netherlands. *Lutra*, 57(1), 5-15.
- Dekker, J.J.A., R. Janssen, T. Molenaar & J. Regelink (2014). Populatieontwikkeling ingekorven vleermuizen in Midden-Limburg. Rapport RA12119-01, Regelink Ecologie & Landschap, Mheer, Jasja Dekker Dierecologie, Arnhem & Bionet Natuuronderzoek, Stein.
- Delahay, R.; de la Fuente, J.; Smith, G.; Sharun, K.; Snary, E.; Flores Giron, L.; Nziza, J.; Fooks, A.; Brookes, S.; Lean, F.; Breed, A.; Gortazar, C. (2020) Assessing the Risks of SARS-CoV-2 in Wildlife. Preprints 2020, 2020120283
- Driessen, C., T.P. Molenaar, T. Bosch, S. van Schaik, R. van Himbeek & K. van Bochove., 2021, De gewone grootoorvleermuis in de Groote Peel Rapport RA20025-02, Regelink Ecologie & Landschap, Wageningen.
- Dietz, C. & A. Kiefer. Veldgids Vleermuizen van Europa. Alle soorten van Europa. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- El Masry, I., von Dobschuetz, S., Plee, L., Larfaoui, F., Yang, Z., Song, J., Pfeiffer, D., Calvin, S., Roberts, H., Lorusso, A., Barton-Behravesh, C., Zheng, Z., Kalpravidh, W. & Sumption, K. 2020. Exposure of humans or animals to SARS-CoV-2 from wild, livestock, companion and aquatic animals. FAO Animal Production and Health Paper 181. Rome. FAO. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9959en/>
- Eindrapportage SARS-CoV-2 bij besmette nertsbedrijven. Bijlage bij 'Kamerbrief over stand van zaken SARS-CoV-2 bij nertsbedrijven, OMT-Z advies en voorgenomen beleid nertsbedrijven', 31-07-2020. Toegankelijk via: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/07/31/eindrapportage-sars-cov-2-bij-besmette-nertsbedrijven>
- Eindrapportage "Onderzoek naar besmettingsroutes van SARS-CoV-2 op nertsbedrijven". 'Onderzoeksconsortium SARS-CoV-2 bij nertsbedrijven', 12-4-2021
- Englund, L. (2000). Studies on influenza viruses H10N4 and H10N7 of avian origin in mink. *Veterinary microbiology*, 74(1-2), 101-107.
- European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control, Boklund, A., Gortázar, C., Pasquali, P., Roberts, H., Nielsen, S., Stahl, K., Stegeman, A., Baldinelli, F., Broglia, A., Van der steda, Y., Adlhoch, C., Alm, E., Melidou, A., Mirinaviciute, G.(2021), Monitoring of SARS-CoV-2 infection in mustelids. *EFSA Journal*, 19(3), e06459.
- Anette Boklund, Christian Gortazar, Paolo Pasquali, Helen Roberts,
- Søren Saxmose Nielsen, Karl Stahl, Arjan Stegeman, Francesca Baldinelli, Alessandro Broglia, Yves Van Der Stede, Cornelia Adlhoch, Erik Alm, Angeliki Melidou and Grazina Mirinaviciute, European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control, 2021. Scientific Opinion on the monitoring of SARS-CoV-2 infection in mustelids. *EFSA Journal* 2021;19(3):6459, 68 pp.

- Frederiksen, M., Therkildsen, O.R., Fox, A.D., Pedersen, C.L. & Bregnballe, T. 2020. Vurdering af fugles potentielle rolle for spredning af COVID-19 mellem minkfarme. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 23 s. – Fagligt notat nr. 2020|83 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_83.pdf
- Fuller, Angela K., et al. "Estimating Population Density and Connectivity of American Mink Using Spatial Capture—Recapture." *Ecological Applications*, vol. 26, no. 4, 2016, pp. 1125–1135., www.jstor.org/stable/24818151. Accessed 27 Jan. 2021.
- Garigliany M, Sarlet M, Franssen M, Desmecht D, Volpe R, Lesenfans C, Paternostre J, Linden A. (2018). Re-emergence of canine distemper in wildlife in Belgium. *Vet Rec.* 182(15):439.
- World Health Organization, the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Organisation for Animal Health, SARS-CoV-2 in animals used for fur farming GLEWS+ Risk assessment, 2021 [SARS-CoV-2 in animals used for fur farming: GLEWS+ risk assessment, 20 January 2021 \(who.int\)](https://www.who.int/publications-detail/sars-cov-2-in-animals-used-for-fur-farming-glews-risk-assessment)
- Guldmond, A., J. Lommen & M. Schillemans, 2017 Boer zoekt Vleermuis - Zuid-Holland. Rapportnr CLM-930.
- Halbrook, R. S., & Petach, M. (2018). Estimated mink home ranges using various home-range estimators. *Wildlife Society Bulletin*, 42(4), 656-666.
- Hall, JS, Knowles, S, Nashold, SW, et al. Experimental challenge of a North American bat species, big brown bat (*Eptesicus fuscus*), with SARS-CoV-2 (2020). *Transbound Emerg Dis.* 2020; 00: 1– 10.
- Hissel B., Slaterus R., Janssen R. & van Dijk J.G.B. 2021. Vogels op en rond nertsbedrijven. Sovon-rapport 2021/20. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen
- Hlaváčová, P., & Hlaváč, V. (2014). Spatial ecology and reproductive biology of an invasive American mink (*Neovison vison*) population-new findings from the Czech-Moravian Highlands. *Lutra* 2014 57 (2): 71-85
- Hollander, H. & M. La Haye (2013) Dassenschade en –preventie. Rapport 2013.011. Zoogdierverseniging, Nijmegen.
- Jakob-Hoff R.M., MacDiarmid S.C., Lees C., Miller P.S., Travis D. & Kock R. (2014). – Manual of Procedures for Wildlife Disease Risk Analysis. World Organisation for Animal Health, Paris, 160 pp. Published in association with the International Union for Conservation of Nature and the Species Survival Commission.
- Janssen., R. & Deukeleire, D. 2015. Stallen: Snackbars voor vleermuizen! LIKONA Jaarboek 2014 / 24. pg 62-69
- Jonge Poerink B. & J.J.A. Dekker, 2020. Terreingebruik steenmarters in weidevogelgebieden in Fryslân en Groningen – 2020. Ecosensys / Jasja Dekker Dierecologie , Zuurdijk / Arnhem. <https://www.provinciegroningen.nl/actueel/nieuwsartikel/kans-op-overleven-weidevogels-klein-door-roofdieren/>
- Luciano Kleber de Souza Luna, Volker Heiser, Nicolas Regamey, Marcus Panning, Jan Felix Drexler, Sabue Mulangu, Leo Poon, Sigrid Baumgarte, Bert Jan Haijema, Laurent Kaiser, Christian Drosten (2007), *Journal of Clinical Microbiology*, 45 (3) 1049-1052

- Knol, W., 2015. Verwilderde huiskatten: effecten op de natuur in Nederland, Koninklijke Nederlandse Jagersvereniging, Amersfoort. Intern rapport nummer 15-01.
- Lammertsma, D.R., R. Janssen, J. van der Hout en H.A.H. Jansman, 2011. Huiskatten in natuurgebieden; Kan TNR hybridisatie met de Wilde kat voorkomen? Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2263. 52 blz.; 3 fig.; 7 tab.; 38 ref
- Lode, T. (2009) Environmental factors influencing habitat exploitation by the Polecat *Mustela putorius* in western France. *Journal of Zoology* 234(1):75 – 88.
- Lommen, J., A. Guldemon, & M. Schillemans, 2014 Boer zoekt Vleermuis - Noord-Brabant. Brochure december 2014.
- Macdonald, D. W., Tew, T. E. & Todd, I. A., 2004 The ecology of weasels (*Mustela nivalis*) on mixed farmland in southern England. *Biologia, Bratislava*, 59: 235—241, 2004; ISSN 0006-3088.
- Macdonald, D.W., Newman, C. & Harrington. L.A., 2017. *Biology and Conservation of Musteloids* Oxford University Press, Oxford.
- Melero, Y., Palazón, S., Revilla, E. et al. Space use and habitat preferences of the invasive American mink (*Mustela vison*) in a Mediterranean area. *Eur J Wildl Res* 54, 609–617 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10344-008-0186-7>
- Molenaar, R. J., & Buter, R. (2018). Outbreaks of canine distemper in Dutch and Belgian mink farms. *Veterinary Quarterly*, 38(1), 112-117.
- Xavier Montagutelli, Matthieu Prot, Laurine Levillayer, Eduard Baquero Salazar, Grégory Jouvion, Laurine Conquet, Flora Donati, Mélanie Albert, Fabiana Gambaro, Sylvie Behillil, Vincent Enouf, Dominique Rousset, Jean Jaubert, Felix Rey, Sylvie van der Werf, Etienne Simon-Loriere bioRxiv 2021.03.18.436013; doi:
- Mulder, J.L. (2007) Vossenbeheer voor hamsters, (hoe) heeft het gewerkt? Rapport Bureau Mulder-natuurlijk nr 2007-02, De Bilt.
- Müskens G.J.D.M. & S. Broekhuizen, 2005. De steenmarter (*Martes foina*) in Borgharen: aantal, overlast en schade. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1259.
- Olival, K. J., Cryan, P. M., Amman, B. R., Baric, R. S., Blehert, D. S., Brook, C. E., ... & Wang, L. F. (2020a). Possibility for reverse zoonotic transmission of SARS-CoV-2 to free-ranging wildlife: A case study of bats. *PLoS pathogens*, 16(9), e1008758.
- Oliver, M.K., Piertney, S.B., Zalewski, A. et al. The compensatory potential of increased immigration following intensive American mink population control is diluted by male-biased dispersal. *Biol Invasions* 18, 3047–3061 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1199-x>
- Peccia, J., Zulli, A., Brackney, D.E. et al. Measurement of SARS-CoV-2 RNA in wastewater tracks community infection dynamics. *Nat Biotechnol* 38, 1164–1167 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0684-z>
- Promedmail, 20201213.8015608, 2020-12-13, [Promed Post - ProMED-mail](#)
- de Rooij, M. M., Hakze-Van der Honing, R., Hulst, M., Harders, F., Engelsma, M., van de Hoef, W., Meliefste K, Nieuwenweg S, Munnink BO, van Schothorst I, Sikkema R, van der Spek A, Spierenburg M, Spithoven J, Bouwstra R, Molenaar RJ, Koopmans M, Stegeman A, van der Poel W., Smit, L. A. (2021). Occupational and environmental exposure to SARS-CoV-2 in and around infected mink farms. medRxiv.

- Rigaux P. (2017). Protéger le Putois d'Europe (*Mustela putorius*). État de conservation en France et demande d'inscription sur la liste des mammifères protégés. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, 90 p.
- Schillemans, M.J., J.L. Lommen, J.A. Guldemond, R. Janssen & H.J.G.A. Limpens, 2016. Boer zoekt ingekorven vleermuis. Toekomstperspectief voor de ingekorven vleermuis in Midden-Limburg. Rapport 2016.001. Bureau van de Zoogdiervereniging / CLM Onderzoek en Advies, Nijmegen / Culemborg.
- Schlottau, K., Rissmann, M., Graaf, A., Schön, J., Sehl, J., Wylezich, C., ... & Beer, M. (2020). SARS-CoV-2 in fruit bats, ferrets, pigs, and chickens: an experimental transmission study. *The Lancet Microbe*, 1(5), e218-e225.
- Shriner, S. A., Ellis, J. W., Root, J. J., Roug, A., Stopak, S. R., Wiscomb, G. W., ... & DeLiberto, T. J. (2021). SARS-CoV-2 Exposure in Escaped Mink, Utah, USA. *Emerging Infectious Diseases*, 27(3), 988
- Siemers B.M., E. Kriner, I. Kaipf, M. Simon, S. Greif, 2012. Bats eavesdrop on the sound of copulating flies. *Current Biology* 22, R563-R564
- Spoelstra, K, T. Douma, D. Tuitert, R. Janssen & A. Douma, 2007. De Bechsteins vleermuis (*Myotis bechsteinii*) en de franjestaart (*Myotis nattereri*) op en rond het landgoed Eerde. VZZ-Rapportnummer: 2007.29
- Springer, M. S., Teeling, E. C., Madsen, O., Stanhope, M. J., & de Jong, W. W. (2001). Integrated fossil and molecular data reconstruct bat echolocation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(11), 6241-6246.
- Steck C.E., R. Brinkmann, 2006. The trophic niche of the Geoffroy's bat (*Myotis emarginatus*) in south-western Germany - *Acta chiropterologica*, 2006
- Pressemitteilung 15/08/2018 Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (2018) Nachweis von Staupe bei Wildtieren in Schleswig-Holstein: Auf Impfschutz bei Hunden achten
- Fachbeitrag 01/2018 Landesbetrieb Hessisches Landeslabor Veterinärmedizin » Virologie / Serologie » Aktuelle Lage der Staupeinfektionen bei Wildtieren in Hessen Januar 2018 <https://lhl.hessen.de/veterin%C3%A4rmedizin/virologie-serologie/aktuelle-lage-der-staupeinfektionen-bei-wildtieren-hessen>
- Tavernier, K. Baert, M. van de Bildt, T. Kuiken, A. Cay, S. Maes, S. Roels, J. Gouwy, K. Van Den Berge (2012) A distemper outbreak in beech martens (*Martes foina*) in Flanders Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift, 2012, 81-87 P.
- Trehwella, W. J., S. Harris, and F. E. McAllister. 1988. Dispersal distance, home-range size and population density in the red fox (*Vulpes vulpes*): a quantitative analysis. *Journal of Applied Ecology* 25: 423– 434.
- Walton Z, Samelius G, Odden M, Willebrand T (2017) Variation in home range size of red foxes *Vulpes vulpes* along a gradient of productivity and human landscape alteration. *PLOS ONE* 12(4): e0175291. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175291>
- Weber, D. 1989: Foraging in polecats (*Mustela putorius* L.) of Switzerland: the case of a specialist anuran predator. *Z. Saugetierkd.* 54, 377-392.
- White G., & G. Hirons, 2019. THE PREDATOR EXCLUSION FENCE MANUAL. Guidance on the use of predator exclusion fences to reduce mammalian predation on

ground-nesting birds on RSPB reserves. RSPB Ecology report. 161 pg.

<https://www.rspb.org.uk/globalassets/downloads/science-publications/predator-exclusion-fencing-manual-v3-2019.pdf>

- Yon L, Duff JP, Ågren EO, Erdélyi K, Ferroglio E, Godfroid J, Hars J, Hestvik G, Horton D, Kuiken T, Lavazza A, Markowska-Daniel I, Martel A, Neimanis A, Pasmans F, Price SJ, Ruiz-Fons F, Ryser-Degiorgis MP, Widén F, Gavier-Widén D. Recent changes in infectious diseases in European wildlife. *J Wildl Dis.* 2019 Jan;55(1):3-43. doi: 10.7589/2017-07-172. Epub 2018 Oct 4. PMID: 30284963.
- Yon L, Duff JP, Ågren EO, Erdélyi K, Ferroglio E, Godfroid J, Hars J, Hestvik G, Horton D, Kuiken T, Lavazza A, Markowska-Daniel I, Martel A, Neimanis A, Pasmans F, Price SJ, Ruiz-Fons F, Ryser-Degiorgis MP, Widén F, Gavier-Widén D. Recent changes in infectious diseases in European wildlife. *J Wildl Dis.* 2019 Jan;55(1):3-43. doi: 10.7589/2017-07-172. Epub 2018 Oct 4. PMID: 30284963.
- Young-Il Kim, Seong-Gyu Kim, Se-Mi Kim, Eun-Ha Kim, Su-Jin Park, Kwang-Min Yu, Jae-Hyung Chang, Eun Ji Kim, Seunghun Lee, Mark Anthony B. Casel, Jihye Um, Min-Suk Song, Hye Won Jeong, Van Dam Lai, Yeonjae Kim, Bum Sik Chin, Jun-Sun Park, Ki-Hyun Chung, Suan-Sin Foo, Haryoung Poo, In-Pil Mo, Ok-Jun Lee, Richard J. Webby, Jae U. Jung, Young Ki Choi (2020), Infection and Rapid Transmission of SARS-CoV-2 in Ferrets, *Cell Host & Microbe*, Volume 27, Issue 5, Pages 704-709.e2,
- Zabala, J., Zuberogoitia, I., & Martínez-Climent, J. A. (2007, January). Spacing pattern, intersexual competition and niche segregation in American mink. In *Annales Zoologici Fennici* (pp. 249-258). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Zhang, Q., Zhang, H., Gao, J., Huang, K., Yang, Y., Hui, X., He, X., Li, C., Gong, W., Zhang, Y., Zhao, Y., Peng, C., Gao, X., Chen, H., Zou, Z., Shi, Z. L., Jin, M. (2020). A serological survey of SARS-CoV-2 in cat in Wuhan. *Emerging Microbes & Infections*, 9(1), 2013-2019.
- Zhou, P., Yang, XL., Wang, XG. *et al.* 2020. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature* 579, 270–273. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>
- Zschille, J., Stier, N., Roth, M., & Berger, U. (2012). Dynamics in space use of American mink (*Neovison vison*) in a fishpond area in Northern Germany. *European journal of wildlife research*, 58(6), 955-968.

