

Beheer van de muskusrat in Nederland

Synthese van een grootschalige veldproef en
parallele studies

A&W-rapport 2458



in opdracht van



**UNIE VAN
WATERSCHAPPEN**

Beheer van de muskusrat in Nederland

Synthese van een grootschalige veldproef en parallele studies

A&W-rapport 2458

D. Bos
E.E. van Loon

Foto Voorplaat

Zwemmende muskusrat, foto A&W

D. Bos, E.E. van Loon 2018.

Beheer van de muskusrat in Nederland. Synthese van een grootschalige veldproef en parallelle studies. A&W-rapport 2458. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Opdrachtgever**Unie van Waterschappen**

Postbus 93218

2596 AA Den Haag

Telefoon 070 351 9751

Uitvoerders**Altenburg & Wymenga
ecologisch onderzoek bv**

Suderwei 2

9269 TZ Feanwâlden

Telefoon 0511 47 47 64

info@altwym.nl

www.altwym.nl

Universiteit van Amsterdam

Postbus 19268

1000 GG Amsterdam

Telefoon 020 525 1400

www.uva.nl

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer

2799mra

Projectleider

D. Bos

Status

Eindrapport

Autorisatie

Goedgekeurd

Paraaf

J. Latour

Datum

30-4-2018

Kwaliteitscontrole

E. Wymenga

Inhoud

Voorwoord

Samenvatting

1	Introductie	1
1.1	Muskusrattenbestrijding	1
1.2	Doel en onderzoeksvragen	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Aanpak en methodes	7
3	Resultaten	9
3.1	Historische ontwikkelingen en de huidige situatie	9
3.2	Effecten van muskusrattenvraat, -aanwezigheid en -graverij	12
3.3	Bestrijding beïnvloedt de aantallen	18
3.4	De rol van dispersie	21
3.5	Alternatieven voor bestrijding	23
3.6	Verschillen tussen strategieën van bestrijding	24
4	Discussie	26
4.1	Verdieping van de inzichten in nut en noodzaak van muskusrattenbestrijding	26
4.2	Antwoorden op de hoofdvragen	27
4.3	Zijn er effectievere manieren om met bestrijding om te gaan dan de huidige?	28
4.4	Aanbevelingen	28
5	Literatuur	30

Dankwoord

Deze uitgebreide veld- en bureaustudie was niet mogelijk geweest zonder de hulp van een grote groep betrokkenen. Het gaat ten eerste om de bestrijders, teamleiders, coördinatoren en de andere vertegenwoordigers van de opdrachtgever voor dit werk. Als representant van de lange lijst van namen met wie het plezierig samenwerken was noemen we hier Dolf Moerkens, Peter Blanker, Fokke Jonkman, Ruud Kleinman en Henk Post. We willen hen bedanken voor het gestelde vertrouwen, de plezierige samenwerking, de deskundige coaching en inzet. Dank ook aan de studenten die aan ons onderzoek meewerkten: Eva Dijkstra, Jelte Hermans, Jinrui Yang, Martijn Struijf, Rick Heeres, Margot Akkermans, Caspara Hellenberg Hubar, Taric Schrader, Cynthia de Jong, Britt van Mourik, Chris Driessen, Bart Meijer en Martine Visschers. Het werk heeft geprofiteerd van vrijwillige bijdragen door Anne Renske Meijer, Ferdie Timmerman, Colin Clark, Ron Ydenberg (SFU) en hulp door Rosemarie Kentie (Oxford University).

We bedanken de mensen die bij hebben gedragen aan het levend vangen, algehele ondersteuning, of het tegenlezen van documenten: onder andere Michael Baars, Bas Booij, Anton Deelen, Lambertus van Diermen, Jan-Pieter Dijkstra, Hans de Groot, Jeroen van Heijst, Sjef Keustermans, Hans Koppel, Hans Koopmans, Kees Kristalijn, Jan Meijer, Willie Mollink, Femmie Smit, Henk van der Steen, Maarten Tuijl, Herman Vierhout, Wim van der Voort, Kees van Veelen, Tom Vellema, Dave Wezeman en Margreet van Willegen.

Tenslotte willen we heel graag de collega's van de Zoogdiervereniging, H&K Waterkeringen, de WUR en A&W noemen: Maurice LaHaye, Sil Westra, Wesley Overman, Rob Koelman, Dick Bekker, Henk van Hemert, Erik Klop, Joris Latour, Ronald de Jong, Lucien Davids, Henk Vos, Hieke van den Akker en Eddy Wymenga.

Voorwoord

Bijna overal in Nederland zijn muskusratten en worden ze bestreden, hetgeen raakt aan belangen van diverse groepen in de samenleving. Waterveiligheid, schadebestrijding, dierenwelzijn, waterhuishouding en ecologie, het zijn allemaal belangrijke aspecten van de bestrijding.

Een afgewogen oordeel over de meest gewenste strategieën vereist inzichten die tot voor kort onvoldoende voor handen waren. Wat is bijvoorbeeld de relatie tussen bestrijdingsinspanning, aantallen muskusratten en schade, of risico op schade? Recente veldinformatie maakt het mogelijk om het publieke debat helderder te voeren en een beter onderbouwde strategie van bestrijding te kiezen.

Om deze veldinformatie te verkrijgen is een enorme inspanning geleverd door de staf van de Unie van Waterschappen en een consortium van onderzoekers. De verkregen resultaten zijn mede te danken zijn aan de gemotiveerde inzet door bestrijders en hun leidinggevendenden. Centraal in het programma stond een grote veldproef, iets wat al in veel voorgaande onderzoeken was aanbevolen. De veldproef heeft een enorme uitstraling gehad binnen de waterschappen, maar ook spin-off gehad in de communicatie extern en in onderzoek op universiteiten en hogescholen. Bij de veldproef was een begeleidingsgroep betrokken, bestaande uit een vertegenwoordiging van de dierenwelzijnsorganisaties, natuurbeheer, landbouw en STOWA.

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in opdracht van de Unie van Waterschappen en is uitgevoerd door Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv, Wageningen Universiteit, Universiteit van Amsterdam, de Zoogdiervereniging en H&k Waterkeringen.

Deze rapportage omvat de synthese van alle resultaten die bij de veldproef en aanpalende onderzoeken zijn verzameld. Het voorliggende rapport is een vervolg op een uitgebreide tussenrapportage uit 2016. De deel resultaten van het onderzoek zijn in meer detail beschreven in diverse publicaties waarnaar in het onderhavige stuk wordt gerefereerd. Met deze synthese beogen we een toegankelijke Nederlandstalige weergave te geven van de voornaamste resultaten en conclusies.

Samenvatting

Sinds de muskusrat Nederland heeft gekoloniseerd wordt ze bestreden. De belangrijkste reden daarvoor is het voorkómen van schade aan kaden en oevers. Er zijn meerdere belangen met de bestrijding gemoeid. Naast waterveiligheid zijn dat de kosten van bestrijding, economische schade, dierenwelzijn en effecten op de natuur. Om het publieke debat te kunnen voeren en een beter onderbouwde strategie van bestrijding te kiezen is een onderzoeksprogramma uitgevoerd dat voortbouwde op een serie van nut- en noodzaak onderzoeken. Centraal hierin stond een grootschalige veldproef, een experiment waarin de intensiteit van bestrijding werd gevarieerd.

Het achterliggende doel voor deze experimentele veldproef was om te beoordelen of er effectievere manieren zijn om de veiligheid van de waterkeringen te waarborgen, voor wat betreft graverij door muskusratten. Om dit doel te bereiken zijn er naast de veldproef aanvullende studies opgezet en analyses gemaakt. Zo zijn er theoretische simulatiemodellen gemaakt om de principes van de populatiedynamica van de soort te doorgronden, en er zijn statistische modellen gebouwd om variatie in de waargenomen historische data te begrijpen. Er zijn op uitgebreide schaal veldgegevens verzameld over de vangstontwikkeling in relatie tot inspanning, maar ook over verspreiding en verplaatsingen van muskusratten, hun biologie en genetica. Uit de literatuur zijn de effecten op natuurwaarden samengevat.

Resultaten

De analyse van de historische ontwikkelingen levert diverse inzichten op. Onder andere dat de aantallen muskusratten in Nederland -historisch gezien- momenteel relatief laag zijn, dat de vangsten snel kunnen oplopen als er geen controle over de populatie is. Ook dat bestrijding kan leiden tot dalende aantallen muskusratten, mits de inspanningen in verhouding staan tot de grootte van de populatie.

Wat de effecten op habitats en biodiversiteit betreft lijkt het verdedigbaar om de rol van de muskusrat in Nederland eerder negatief dan positief te benoemen en mede als reden te zien om muskusrat aantallen laag te houden. In die situatie geldt dat ook de bijvangsten minder zullen worden omdat er dan minder vangmiddelen hoeven uit te staan. Muskusratten kunnen weliswaar een rol spelen bij de overdracht van diergereleerde ziektes, maar met de beschikbare gegevens is het niet, of moeilijk, te onderbouwen dat muskusratten aanzienlijk zouden bijdragen aan daadwerkelijke uitbraken daarvan als ze in veel hogere dichtheden dan nu voor zouden komen.

In de veldproef is een verband aangetoond tussen het aantal schades aan waterkeringen en taluds en een index van de aanwezige aantallen muskusratten. Deze bevinding is waardevol, omdat het onderdeel is van de primaire argumentatie om te investeren in muskusrattenbestrijding.

Het herhaaldelijk levend vangen en merken in twee objectbeschermingsgebieden Dinteloord en Lelystad (onbestreden van januari 2014-maart 2017), het moeras van de Oostvaardersplassen (onbestreden sinds 2006) en een representatieve steekproef van zes bestreden gebieden in Nederland heeft experimenteel bewijs opgeleverd voor een effect van de omvang (kwantiteit) van bestrijding op de populatie. Modellen waarmee een statistische reconstructie van de populatie werd gemaakt, en meerdere praktijkvoorbeelden van regionale verwijdering van muskusratten, leveren ook aanwijzingen dat bestrijding effect heeft op de achterliggende populaties. Een passend voorbeeld ontleen we aan de situatie in Vlaanderen waar een zeer

doelmatige bestrijding heeft geleid tot een situatie met vrijwel geen schade, bijvangsten en een zeer gering aantal jaarlijks gedode dieren.

Uit de veldproef is naar voren gekomen dat de ruimtelijke schaal en samenhang veel belangrijker zijn dan tevoren gedacht. Daarnaast is er veel duidelijker zicht gekomen op de rol van de kwaliteit van de inzet. Het resultaat van bestrijding met hoge kwaliteit (met kwantitatief gezien voldoende inzet) is een situatie waarbij er geen muskusratten achterblijven. Veel aspecten van kwaliteit kunnen door het management worden beïnvloed.

Hoewel de gemiddelde individuele muskusrat in het algemeen maar kleine afstanden aflegt, is de rol van immigratie niet te verwaarlozen. In de veldproef bleken vangsten en vangstsnelheden sterk gekoppeld te zijn aan de situatie in omliggende buurgebieden. Maar ook de modelstudies en praktijksituaties langs de landsgrenzen wijzen er steevast op dat uitwisseling (migratie) tussen gebieden of atlasblokken voor de populatie dynamica van belang is. Dit heeft consequenties voor de schaal waarop bestrijding wordt georganiseerd en de kosten die uitzonderingen op een overigens vlakdekkende strategie met zich meebrengen.

Er is ook aandacht besteed aan preventieve maatregelen. Gewone oeverbescherming, d.w.z. oeverbescherming die niet speciaal is aangelegd als maatregel tegen graverij, is niet effectief als preventieve maatregel. Preventieve maatregelen moeten zó goed worden uitgevoerd dat er geen dieren achter kunnen gaan zitten, en zo een kade lek maken, of er helemaal niet willen graven. Dat betekent veelal dure ingrepen, zeker in combinatie met de grote lengte waterkering die in Nederland aanwezig is. Preventieve maatregelen kunnen de belangrijkste risico's ondervangen, maar niet alle vormen van schade voorkomen.

Strategieën van bestrijding

De verschillende alternatieve strategieën worden in deze studie geschaald in termen van het aantal dieren dat achterblijft. Daarbij is een strategie waarbij beoogd wordt om muskusratten volledig uit Nederland te verwijderen nadrukkelijk in beeld gekomen. Als er minder dieren achter blijven, zijn er minder risico's van graverij door muskusratten voor de veiligheid en minder kosten voor herstel van graverij, en schade bij derden. Ook in termen van dierenwelzijn en effecten op de biodiversiteit zijn er voordelen van meer intensieve strategieën aan te wijzen. Jaarrond intensieve en vlakdekkende bestrijding scoort gunstiger op deze criteria dan seizoensbestrijding en objectbescherming, omdat deze twee alternatieven kunnen worden gezien als meer extensieve varianten, waarbij meer dieren zullen achterblijven.

Aanbevolen wordt om de huidige lage populatie niveaus in grote delen van Nederland en in Vlaanderen te zien als het resultaat van een grote investering van mensen, middelen en kennisopbouw. Die investering wordt teniet gedaan als de capaciteit en/of de kwaliteit van de bestrijding te vroeg of te snel wordt afgebouwd.

Op grond van de in deze studie verzamelde informatie is het aan te bevelen om volledige verwijdering als strategie te overwegen, waarbij herkolonisatie wordt voorkomen. Investeer in de mensen die betrokken zijn bij de bestrijding, rekening houdend met natuurlijk verloop en taakverbreding. Help hen hun capaciteit ten volle te benutten in een ruimtelijk samenhangende tactiek met hun collega's, door een goede organisatie en aansturing op resultaat. Ook in de toekomst blijft het noodzakelijk te blijven beschikken over een flexibel team van breed inzetbare buitenmensen, die alle kennis in huis hebben om speurbeelden te herkennen, en de juiste vallen op de juiste wijze te plaatsen.

1 Introductie

1.1 Muskusrattenbestrijding

Sinds de muskusrat (*Ondatra zibethicus*; foto 1, kader 1) Nederland heeft gekoloniseerd wordt ze bestreden. Nu, ruim 75 jaar na de eerste vestiging, zijn ongeveer 400 bestrijders jaarrond actief om de aantallen van deze soort onder controle te houden. De belangrijkste reden daarvoor is het voorkómen van schade aan kaden en oevers. Door de graverij in walkanten en kaden zijn muskusratten een risico voor de veiligheid in de lagere delen van ons land (BCM 2006; foto 2). Jaarlijks wordt veel geld uitgetrokken voor de bestrijding; in 2018 is bijvoorbeeld 33,4 miljoen euro begroot. De muskusrattenbestrijding is sinds 2011 een wettelijke taak van de Waterschappen. Informatie over de praktijk van de bestrijding wordt gegeven in kader 2 en in Barends (2002).

Muskusratten zijn exoten, die op allerlei wijze invloed (kunnen) hebben op het watersysteem en de overige natuur in Nederland. Ze zijn onderdeel geworden van de voedselketen en door hun bouwwerkzaamheden een bron van abiotische variatie (Danell 1996). De discussie over muskusratten en muskusrattenbestrijding heeft behoefte aan inzicht in de feiten, en begrip ten aanzien van de populatiedynamiek van deze dieren in Nederland. Heeft bestrijding in haar huidige vorm een effect op aanwezige aantallen? Wat zijn die aantallen, en hoe beïnvloeden de muskusratten bij deze dichtheden de omgeving?

Vanuit de Waterschappen en dierenwelzijnsorganisaties (Zandberg *et al.* 2011) gezien is het wenselijk om inzicht te krijgen in de ontwikkelingen van populaties muskusratten onder verschillende scenario's van beheer. De Unie van Waterschappen (UvW) heeft daarom een grootschalige veldproef uitgevoerd (2013-2015 en latere aanvullingen) waarin op praktisch vlak kennis over de populatieontwikkeling is verzameld bij verschillende wijzen van bestrijden. Het onderzoeksprogramma bouwde voort op een serie van 'nut- en noodzaak onderzoeken' die in de daaraan voorafgaande jaren zijn uitgevoerd (o.a. Lammertsma & Niewold 2005; BCM 2007; Gaaff *et al.* 2007).

Deze rapportage omvat de synthese van alle resultaten die bij de veldproef en aanpalende onderzoeken zijn verzameld. In deze synthese wordt een antwoord gegeven op de hoofdvragen die zijn gesteld bij aanvang van de grootschalige veldproef. Deze rapportage sluit af met het formuleren van aanbevelingen ten aanzien van toekomstig beheer van muskusratten populaties in Nederland.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Het achterliggende doel voor veldproef was om te beoordelen of er effectievere manieren zijn om de veiligheid van de waterkeringen te waarborgen, voor wat betreft graverij door muskusratten.

Eén manier om de veiligheid te waarborgen is door schade te voorkomen met preventieve maatregelen. Een andere manier is door de aantallen muskusratten laag te houden door bestrijding, in de veronderstelling dat aantallen verband houden met schade. Met verschillende strategieën van bestrijding kan geprobeerd worden de aantallen laag te houden. Daarbij speelt de intensiteit van bestrijding een rol en de manier waarop de bestrijding in de ruimte en de tijd wordt ingezet. Denk aan het vlakdekkend en jaarrond bestrijden, seizoensbestrijding of object

bescherming. Met dat laatste wordt bedoeld, dat uitsluitend bij belangrijke objecten wordt bestreden. Vooral de rol van de intensiteit van bestrijding was een belangrijke kennislacune.

Bos & Ydenberg (2011) hebben met een scenario model laten zien welke veldinformatie nodig was voor het beantwoorden van bovenstaande vragen, en op grond hiervan zijn in het onderzoek de volgende onderzoeksvragen leidend geweest:

- I) Wat is de populatie- en de (verwachte) vangstontwikkeling bij verschillende bestrijdingsstrategieën?
 - Vlakdekkend-jaarrond bestrijden bij verschillende intensiteit van bestrijden,
 - Seizoensbestrijding,
 - Objectbescherming, ook wel objectbestrijding genoemd.
- II) In welke mate treedt er schade op aan waterkeringen en taluds van watergangen bij deze verschillende strategieën?
- III) Wat is de effectiviteit van reeds bestaande preventieve maatregelen (graafwerende voorzieningen) in deze situaties?

Hypotheses

Bij de veldproef zijn we uitgegaan van de volgende verwachtingen (hypotheses):

- Inzet van bestrijding heeft een aantoonbaar effect op schade aan waterkeringen en taluds door graverij.
- Inzet van bestrijding heeft een aantoonbaar effect op aantallen muskusratten.
- Intensief vlakdekkend-jaarrond bestrijden levert in absolute termen minder vangsten op dan meer extensieve strategieën van bestrijding.
- Preventieve maatregelen zijn afdoende om de veiligheid van waterkeringen te waarborgen, onafhankelijk van bestrijding.

1.3 Leeswijzer

Het centrale deel van het hier beschreven onderzoeksprogramma was een grootschalig veld experiment waarin de intensiteit van bestrijding werd gevarieerd en de effecten op schade aan waterstaatswerken en populatie aantallen zijn bestudeerd. In de proef is ook de effectiviteit van bestaande preventieve maatregelen beoordeeld.

Maar het gaat niet alleen om schade en aantallen. Een goede afweging van alternatieven vereist ook inzicht in andere effecten van muskusrat aanwezigheid (effecten op habitats en soorten, ziekte overdracht), verplaatsingen in het Nederlandse landschap en inzicht in kosten en baten. Bij bestrijders en uitvoerders van het onderzoek bestond daarbij ook een sterke wens om lering te trekken uit de historie van de bestrijding.

In het kader van dit onderzoeksprogramma zijn daarom diverse studies en analyses parallel aan de veldproef uitgevoerd. Dit, om zo over de gehele range van denkbare alternatieve strategieën van bestrijding een goed onderbouwde afweging te kunnen maken op grond van meerdere criteria. De aanpak en methodes van werken hierbij zijn beschreven in hoofdstuk 2. Hierin is de samenhang in het onderzoek verduidelijkt tussen de veldproef enerzijds, en voorafgaande studies of analyses die parallel aan de veldproef zijn uitgevoerd anderzijds.

Hoofdstuk 3 gaat in op de verschillende aspecten die nodig zijn om de beoogde afweging te kunnen maken, te weten de historische ontwikkelingen (§ 3.1), effecten van muskusrattenvraat, -aanwezigheid en -graverij (§ 3.2),

de effecten van bestrijding op aantallen muskusratten (§ 3.3), de rol van dispersie (§ 3.4), alternatieven voor bestrijding (§ 3.5) en verschillen tussen strategieën van bestrijding (§ 3.6). In de tekst van elke paragraaf zelf wordt aangegeven op welke deelstudies de bevindingen zijn gebaseerd.

De rapportage sluit af in hoofdstuk 4 met het beantwoorden van de hoofdvragen en aanbevelingen ten aanzien van toekomstig beheer van Muskusratten populaties in Nederland, gegeven het achterliggende doel.



Foto 1. Muskusrat zwemmend (foto: LCCM).

Kader 1. Ecologie van de muskusrat

De muskusrat is een aquatisch levend zoogdier dat voornamelijk waterplanten eet, maar zeer flexibel is in zijn dieet (Boutin & Birkenholz 1987). Met name lisdodde is favoriet. De verblijfplaatsen zijn zelfgemaakte hutten in moerasgebieden (foto 2) of hollen die in taluds of kades zijn gegraven (de zogenaamde bouwen). In voor- en najaar zijn er veel ruimtelijke verplaatsingen, maar in de zomer en winter is het dier redelijk honkvast.

Het voortplantingspotentieel is indrukwekkend. Een paartje produceert jaarlijks gemiddeld drie worpen van zes jongen (Moens 1978). Maar de sterfte is ook hoog, vooral in de herfst en de winter. Op het land, in het water en in de lucht zijn er predatoren: bijvoorbeeld vos, bunzing, snoek en blauwe reiger. Populaties van muskusratten zijn gevoelig voor extreme winterkou en sterke waterstandwisselingen (Errington 1963). Deze omstandigheden komen in Nederland nauwelijks voor, maar veroorzaken in Noord Amerika zeer sterke populatie schommelingen. Daarnaast spelen ziekte, predatie en voedselaanbod een rol. Een goed overzicht van de biologie van de muskusrat is te vinden in het Handboek voor de Bestrijding van muskusrat en Beverrat (Barends 2007; Unie van Waterschappen 2012).



Foto 2. Winterhut van muskusratten onder de rook van Groningen (foto: Tonny Liewes).



Foto 3. Verzakking van het maaiveld op een akker bij Veendam door de aanwezigheid van een bouw van muskusratten (foto: Henk Schrik).

Kader 2. Bestrijding van de muskusrat

In het Handboek voor de Bestrijding van muskusrat en Beverrat (Unie van Waterschappen 2012) wordt de praktijk van de bestrijding gedetailleerd beschreven. Het is een specialisme waarbij systematisch moet worden gespeurd om de vallen gericht te kunnen plaatsen (FACE 2014). Jaarlijks worden in Nederland tienduizenden muskusratten gevangen. De bestrijding vindt plaats in het gehele land en is, op die schaal gezien, praktisch vlakdekkend. Er wordt jaarrond bestreden, maar de bestrijding houdt rekening met de seizoenen. Een weggevangen dier in winter en voorjaar draagt sterker bij aan reductie van de populatie dan dieren die in de zomer of het najaar worden weggevangen (Bos et al., 2009). Ook de trekperioden zijn belangrijk. De vangmiddelen moeten tijdig uitstaan in relatie tot die trekperioden. muskusratten worden bestreden met verschillende typen vangmiddelen (foto 4, 5). Een belangrijk onderscheid is er tussen 'actieve' en 'passieve' vangmiddelen. Bij 'actieve' middelen moet de bestrijder op zoek naar (sporen van) muskusratten om de val goed te plaatsen; bij 'passieve' middelen moet de muskusrat naar de val toekomen.

Monitoring van de bestrijding vindt plaats op basis van het aantal vangsten in de tijd in relatie tot de oeverlengte. In de praktijk neemt men aan dat de bestrijding afdoende is wanneer het aantal vangsten per kilometer kleiner is dan 0,15 vangst/km, dit is de huidige praktische 'norm'. Onvermijdelijk leidt de bestrijding ook tot het ongewenst dood bijvangen van dieren, anders dan muskusrat (Bos et al. 2017). Volgens het vangstregistratiesysteem zijn er 7.025 dieren bijgevangen in 2016 (Unie van Waterschappen 2017a). Van alle bijvangsten is een groot deel Bruine rat en Woelrat. De bestrijdingsorganisaties proberen zo min mogelijk andere dieren bij te vangen en in de uitvoering van de bestrijding rekening te houden met de algemene zorgplicht uit de Wet Natuurbescherming (Wnb; Unie van Waterschappen 2017b).



Foto 4. Coni-bear Klem (foto Tamar Sleven UvW)



Foto 5 Kuiperkooi (foto UvW)

2 Aanpak en methodes

Onderzoeksaanpak algemeen

De voorliggende vragen ten aanzien van de muskusrattenbestrijding zijn complex, zowel wat betreft de biologische als maatschappelijke aspecten. Om deze te beantwoorden was het nodig om bestaande kennis te ontsluiten, maar ook om via veldonderzoek nieuwe kennis te vergaren. Dat proces heeft meerdere jaren in beslag genomen, waarbij stapsgewijs opbouw van kennis en verdieping van inzicht heeft plaatsgevonden (figuur 1). De landelijke veldproef stond daarin centraal.

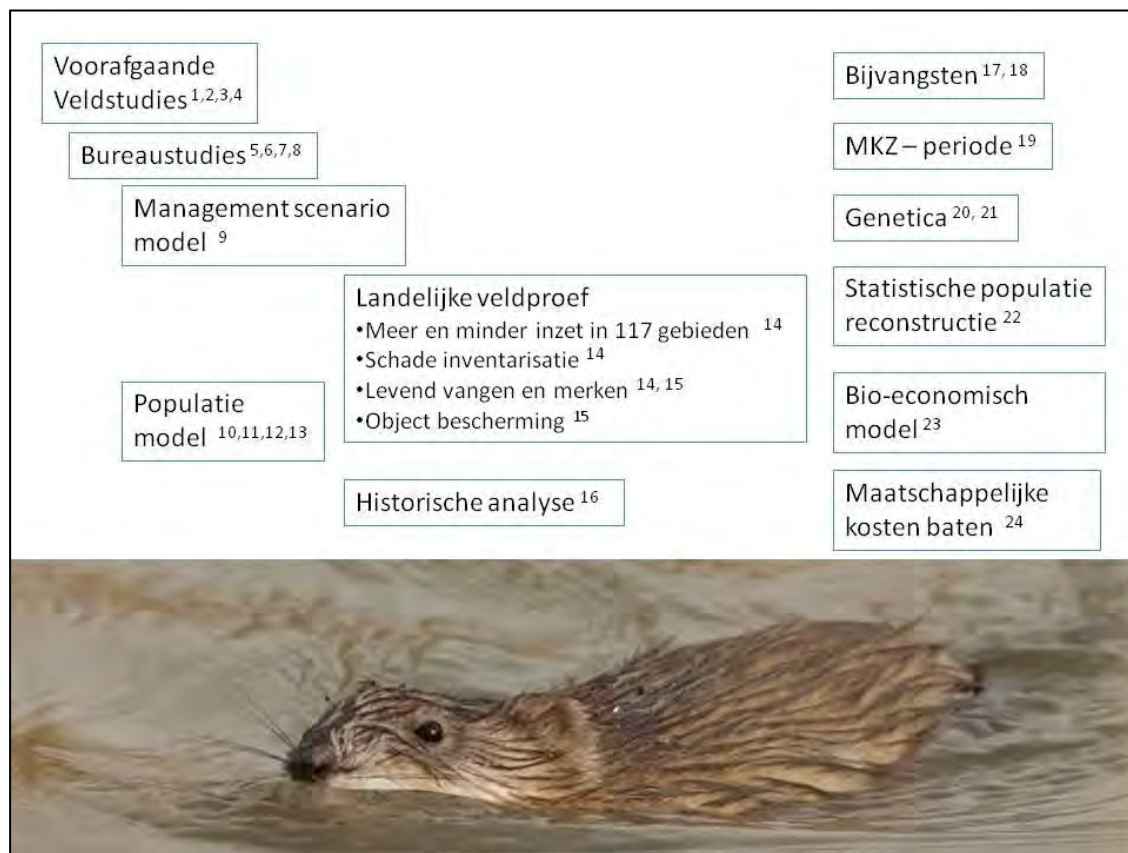
De modulaire benadering maakte het mogelijk om geregeld een pas op de plaats te maken, en op basis van de dan bestaande kennis en inzichten, ook bestuurlijk, keuzes te maken over vervolgstappen en verdiepingsslagen. Met de nu uitgevoerde studies is een belangrijke fase afgesloten, op basis waarvan de meeste hoofdvragen goed beantwoord kunnen worden. Vervolgstappen, met inzet van nieuwe technieken, kunnen zich richten op een voortdurende verhoging van doelmatigheid van gekozen strategieën van bestrijding en buitenlandse samenwerking daarin.

Toegepaste methodes

Bij de beantwoording van de hoofdvragen is gebruik gemaakt van diverse bronnen van informatie. Het gaat om literatuurstudie, velddata en modellen, met betrekking tot biologie en schade aan waterkeringen. Voor elk van deze thema's zijn verschillende aspecten bestudeerd. Zo zijn er theoretische simulatie modellen gemaakt om de principes van de populatiedynamica van de soort te doorgronden, en er zijn statistische modellen gebouwd om variatie in de waargenomen data te begrijpen. Er zijn op uitgebreide schaal veldgegevens verzameld over de vangstontwikkeling in relatie tot inspanning, maar ook over verspreiding en verplaatsingen van muskusratten, hun biologie, genetica en effecten op natuurwaarden. Financieel en economische aspecten komen uitgebreid aan bod in Gronouwe & Bos (in voorb.).

De methodieken hiertoe zijn noodzakelijkerwijs divers. Voor elk aspect is gebruik gemaakt van specifieke protocollen, veldmethodieken of analysetechnieken. Omdat in de genoemde bronnen in detail is terug te vinden hoe de informatie is verzameld en geanalyseerd noemen we de methodes hier slechts kort en verwijzen naar de beschrijvingen in de onderliggende rapportages.

Uitgangspunt van de hieronder beschreven studies is een theoretische exercitie geweest (Bos & Ydenberg 2011), waarin op grond van een literatuurstudie en een scenariomodel is onderbouwd welke veldgegevens verzameld dienen te worden, om een onderbouwde beslissing te kunnen nemen over nut, noodzaak en implementatie van bestrijding. Vervolgens is een grootschalige veldproef uitgevoerd van 2013-2015 met variatie in bestrijdingsinspanning in 117 proefvlakken van elk 25 km² (Bos *et al.* 2016). In al deze gebieden is een systematische bepaling gedaan van schade door graverij van muskusratten. Daarnaast is de bestrijding vrijwel volledig achterwege gebleven in een tweetal grote experimentele gebieden rond Dinteloord en een deel van Lelystad van 2014 tot 2017 (Bos *et al.*, 2018).



Figuur 1. Samenhang in het onderzoek: De onderhavige synthese beoogt kennis die voortvloeit uit de veldproef te integreren met voorafgaande studies en analyses die parallel aan de veldproef zijn uitgevoerd, voor zover ze van belang zijn voor de onderzoeksvragen. Bronnen: 1. Doude van Troostwijk (1976), 2. TAW (1985), 3. Verkaik (1990, 1991), 4. Gaaff et al. (2007), 5. Zandberg et al. (2011), 6. Lammertsma & Niewold (2005), Van Vliet & Lengkeek (2007), 7. BCM (2006, 2007), 8. PWC (2006) 9. Bos & Ydenberg (2011), 10. Matis et al. (1996), 11. Matis & Kiffe (1999), 12. Duijns & Dusseljee (2004), 13. Bos & van Belle (2010), 14. Bos et al. (2016), 15. Bos et al. (in voorbereiding), Heeres & Struijf (2016), 16. van Loon et al. (2017a), 17. Klop et al. (2011), 18. Bos et al. (2017), 19. Bos et al. (2016b), 20. Breit et al. (2018), 21. de Groot & Bos (2018), 22. van Loon et al. (2017b), 23. Bos et al. in prep., 24. Zappeij in Gronouwe & Bos (in voorbereiding).

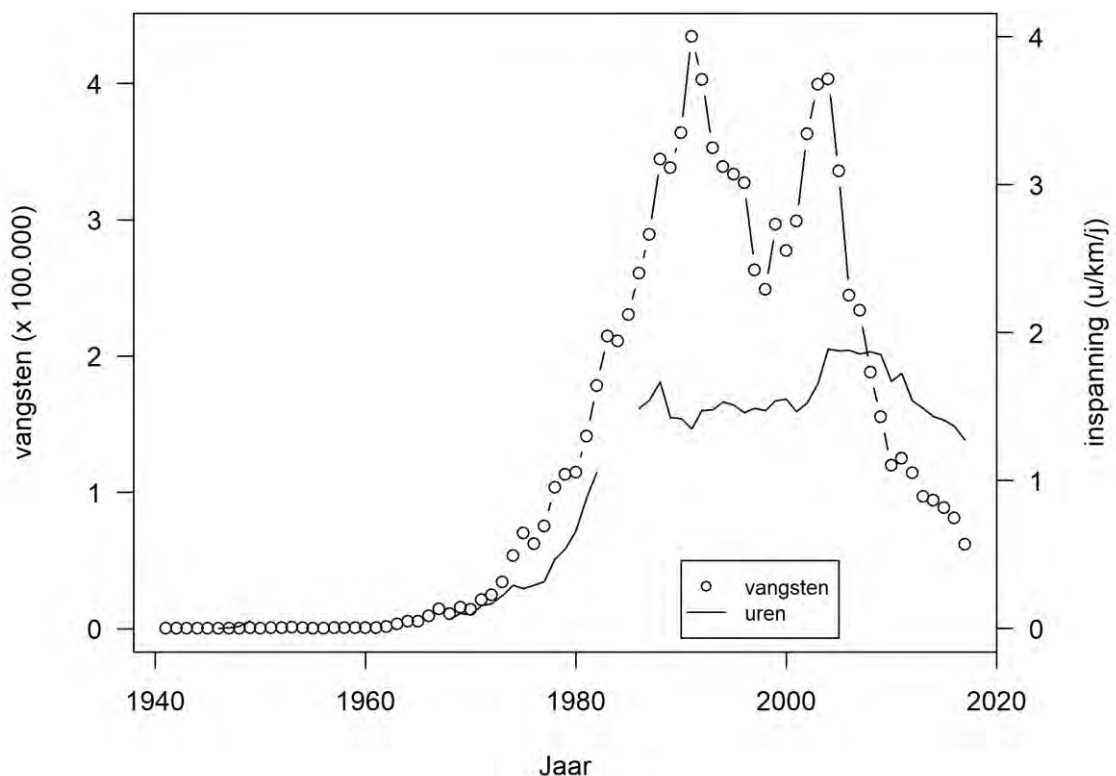
Er is een statistische analyse gemaakt van de historische vangstgegevens van 1941 tot 2013 (van Loon et al. 2017a). De gegevens van de vangstregistratie zijn ook benut om een populatiedynamisch model te kalibreren en te beoordelen welke modelvariant het beste bij die gegevens paste (van Loon et al. 2017b). Er zijn veldgegevens verzameld aan gezenderde en met een oormerk individueel herkenbaar gemaakte muskusratten (Heeres & Struijf 2016). De populatie structuur en het belang van immigratie tussentijdse, is met behulp van geavanceerde genetische techniek verhelderd (de Groot & Bos, 2018).

3 Resultaten

Dit hoofdstuk behandelt in zes paragrafen de verschillende aspecten die nodig zijn om de beoogde afweging te kunnen maken, te weten historische ontwikkelingen (§ 3.1), effecten van muskusrattenvraat, -aanwezigheid en -graverij (§ 3.2), de effecten van bestrijding op aantallen muskusratten (§ 3.3), de rol van dispersie (§ 3.4), alternatieven voor bestrijding (§ 3.5), en verschillen tussen strategieën van bestrijding (§ 3.6). In de tekst van elke paragraaf zelf wordt aangegeven op welke deelstudies de bevindingen zijn gebaseerd.

3.1 Historische ontwikkelingen en de huidige situatie

De eerste muskusratvangst in Nederland dateert uit 1941 en een groot deel van alle vangsten is sindsdien vastgelegd. Dit komt omdat de noodzaak tot bestrijding al ver vóór dat jaar was onderkend door meerdere auteurs en de bestrijding al sinds 1930 wettelijk is georganiseerd. In figuur 2 staan de historische vangsten over de periode 1941 tot 2017. Deze ontwikkelingen zijn goed gedocumenteerd in de jaarverslagen van de verantwoordelijke organisaties. De studies van van Koersveld (1953), van Wijngaarden (1955), Doude van Troostwijk (1976), of Barends (2002) zijn in dat opzicht ook mooie voorbeelden.

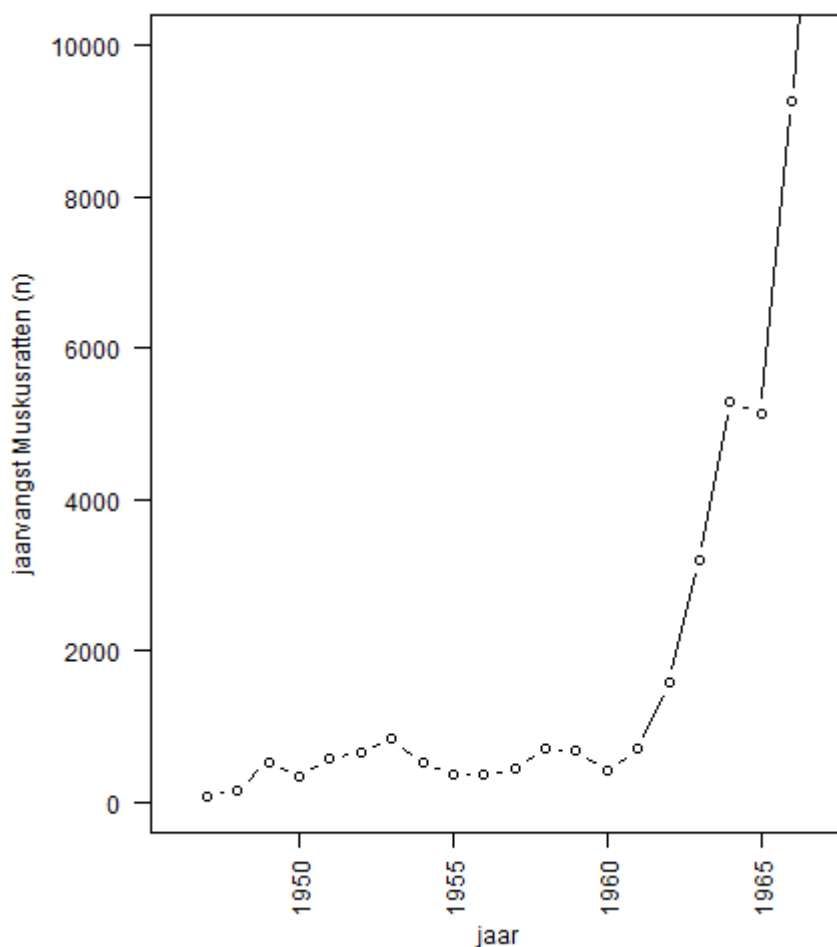


Figuur 2. Trendlijn in vangsten en inspanning (uren/km/j) op nationale schaal van 1941-2017 (data uit jaarverslagen: van Loon et al. 2017a).

Aanvankelijk heeft de bestrijding in Nederland de permanente vestiging van de muskusrat tot 1960 kunnen beteugelen. Tot aan 1960 is de bestrijding van muskusratten beperkt gebleven tot Noord-Brabant, Zeeland, Limburg en een stukje Zuid-Holland. Opvallend is de waarneming van de bestrijding destijds (Anonymous 1964, 1965), dat een samenloop van omstandigheden

ertoe heeft geleid dat de bestrijding na 1962-63 jarenlang achter de feiten aan heeft moeten rennen. In 1955 was van Wijngaarden ervan overtuigd dat de Nederlandse muskusratten bestrijding succesvol was. De vangsten kunnen tot aan het begin van de jaren 1960 duidelijk worden herleid tot immigranten uit bronpopulaties in naburig Vlaanderen. Maar na 1961 steeg de vangst plotseling exponentieel, van honderden tot duizenden en zelfs tienduizenden na 1966 (figuur 3). De periode 1970-1985 werd door Barends (2002) gekenmerkt als 'achter de feiten aanhollen', maar deze interpretatie wordt ook al in de jaarverslagen van 1963 en 1964 gegeven (Anonymous 1964, 1965). Toch werd het aantal bestrijders tot aan 1968 niet echt verhoogd (Commissie Muskusrattenbestrijding 1970; van Loon *et al.* 2016).

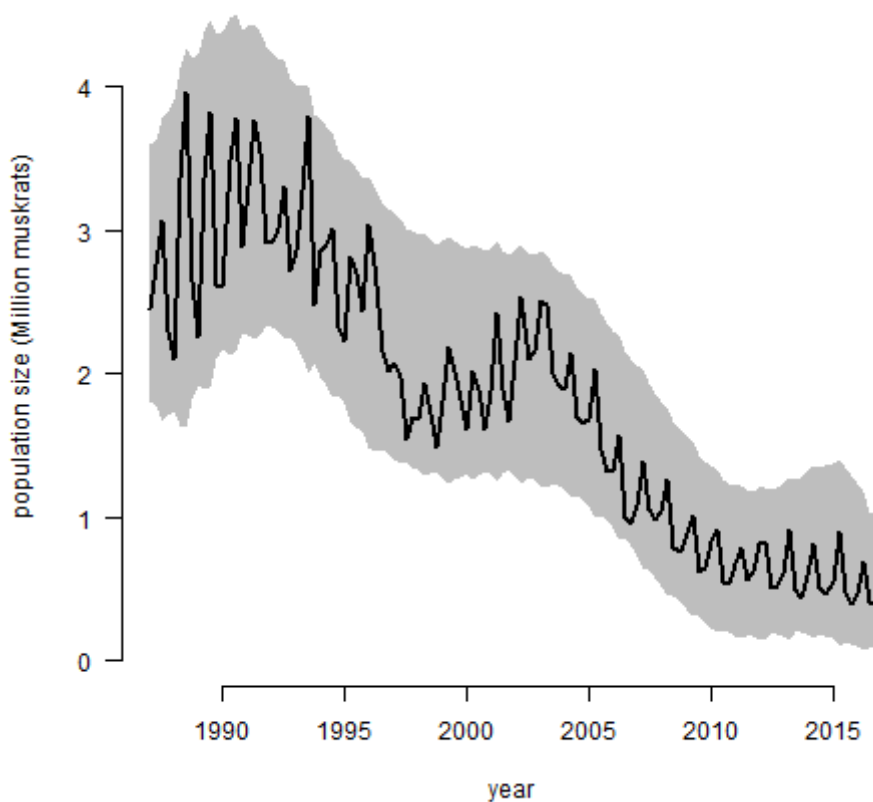
De rapporten uit die periode identificeren verschillende factoren die hebben bijgedragen aan deze situatie van sterke stijgingen in vangsten: 1) de invoering van de vrije zaterdag; 2) hoge waterstanden in de herfst van 1961 en 1962, die een grote verspreiding van muskusratten mogelijk maakte; en 3) de strenge winter van 1962-1963 die een tijdige hervatting van de bestrijding in de winter en het voorjaar vertraagde (Anonymous 1964, 1965). Binnen een paar jaar werden muskusratten over een veel groter gebied gevonden, en was er te weinig tijd om effectief de controle over de populatie te herwinnen.



Figuur 3. De exponentiële ontwikkeling van de vangsten aan het begin van de jaren 1960, na een fase van 20 jaar waarin de bestrijding de instroom uit Vlaanderen voortdurend heeft weten in te tomen (data uit jaarverslagen: van Loon *et al.* 2017a).

De ontwikkeling van de vangsten in de verschillende provincies over de tijd, kenmerkt zich door verschillende fases. Kolonisatie, aanwas tot aan een piek in vangsten, fases waarin de vangsten hoog zijn en de populatie niet onder controle is en fases met meer of minder controle. De laatste zijn fases met fluctuerende en/of dalende aantallen. De duur, de aanvang en het einde van elk van die fases verschilt tussen provincies. Dit is afhankelijk van het jaar van de kolonisatie van een provincie door muskusratten en de investering in tijd die aan bestrijding wordt gependend. Ook de piek in het aantal vangsten valt niet in hetzelfde jaar voor de verschillende provincies. In provincies die eerder werden gekoloniseerd duurde het langer voor de piek in vangsten werd bereikt, dan in provincies die later met muskusratten te maken kregen (van Loon *et al.* 2017). Zij laten zien dat er geen duidelijk ruimtelijk patroon is met betrekking tot de timing van het piekjaar of wanneer de situatie 'onder controle' wordt geacht. Er waren ook geen aanwijzingen voor allesoverheersende effecten van predatie, natuurlijke cycliciteit of periodiciteit in de vangsten. De beschreven ontwikkelingen hingen vooral met de bestrijdingsinzet samen.

Vanaf 2004 is er landelijk een keerpunt. Sinds dat jaar is de daling in vangsten op landelijk niveau waarneembaar. Vorig jaar, in 2017, werden nog maar 61.900 vangsten gemaakt en 7.988 bijvangsten. De statistische populatie reconstructie door van Loon *et al.* (2017b) laat zien dat de aantallen muskusratten in Nederland -historisch gezien- momenteel relatief laag zijn (zie figuur 4).



Figuur 4. Terugvoorspelde ontwikkeling in aantallen muskusratten in Nederland (van Loon *et al.* 2017b). Het grijze vlak verwijst naar het 95% betrouwbaarheidsinterval over de voorspelling.

3.2 Effecten van muskusrattenvraat, -aanwezigheid en -graverij

De Europese Unie heeft uitdrukkelijk haar best gedaan om de 'impact' van muskusratten helder en objectief in beeld te brengen in het kader van het opstellen van de lijst van Invasieve exoten (Deputy Direction of Nature 2015). Er zijn meer overzichten, zoals het Invasive Species Compendium (Triplet 2015), en reviews door Skyriené (2012) en Danell (1996). Een kort-door-de-bocht overzicht is er op de website <http://www.europe-aliens.org/> van (DAISIE 2009). Effecten van muskusratten in Nederland is onderwerp van onderzoek geweest vanaf het eind van de jaren 1960 tot 2013 met werk door Doude van Troostwijk (1976), Litjens (1981), Wijnen (1984), TAW (1985), Gaaff *et al.* (2007) en zijdelings door Guldemon *et al.* (2013). Uit jaarverslagen blijkt een toename in werkelijk optredende schadegevallen en zorg om de risico's daarvan, met het verloop van de invasie over Nederland en sterk toenemende vangsten. De effecten hebben diverse aspecten die we hieronder belichten.

Effecten op habitats en soorten

Uit de literatuur komt naar voren dat de muskusrat een sterke invloed heeft op de vegetatiedynamiek door begrazing (Danell 1996; Kadlec *et al.* 2007). Er is daarmee grote invloed op de habitats voor andere soorten. In de voormalige Sovjet Unie zijn duizenden hectares riet verloren gegaan na introductie van de muskusrat (bron in Skyriené 2012). Kadlec *et al.* (2007) beschrijven enkele cases waaruit de diversiteit en de mate van invloed blijkt.

Vraat kan ertoe leiden dat sommige soorten afnemen en niet-geconsumeerde soorten (bijvoorbeeld zeggensoorten) toenemen. Bernhardt & Schröpfer (bron in: Triplet 2015) hebben aangetoond dat de muskusrat in het Eems-gebied in Duitsland lisdodde doet verdwijnen en de ontwikkeling van cypergras bevordert. Gepubliceerde voorbeelden daarvan uit Nederland hebben betrekking op de invloed op waterplantenvegetatie in de Ooijpolder (Heine & van der Velde 1978), de invloed op moerasontwikkeling in Jan Durkspolder (Friesland, Wymenga 1999) en de rietontwikkeling in de Nieuwkoopse en Reeuwijkse plassen (Barends 2002; Vermaat *et al.* 2016; Van der Burg & Vermaat 2017). Uit het werk van Vermaat & Van der Burg blijkt dat het uitsluiten van de muskusrat tot een forse toename van riet en andere waterplanten leidt. Deze auteurs laten overtuigend zien dat de aanwezigheid van muskusratten het areaal waterriet beïnvloed. Ze laten zien dat de rol van muskusratten onderschat lijkt ten opzichte van bekende factoren als waterkwaliteit, vaste peilen, golfwerking en ganzenvraat. Waterplantenvegetaties en helofytenvegetaties, en in het bijzonder waterriet, zijn sleutelfactoren voor wat betreft de biodiversiteit van watersystemen. Natuurbeschermingsorganisaties en waterschappen investeren onder andere daarom veel geld in de ontwikkeling en stimulering van deze habitats.

Al met al zorgt de soort ervoor dat meren niet dichtgroeien of weer in open water veranderen. De ontsluiting van dichte vegetatiebedden creëert een mozaïek van locaties met verschillende licht- en temperatuurklimaten, waar ecologische processen verlopen met verschillende snelheden en intensiteit (Danell, 1996). Door het reduceren van de staande biomassa en het openwerken van moeras kan er een positief effect zijn op de botanische rijkdom.

Als gevolg van de vegetatieveranderingen kunnen gemeenschappen van ongewervelde waterdieren, vissen en vogels, die daar van afhankelijk zijn van aard veranderen. Afhankelijk van het menselijk belang bij de ontwikkeling van een bepaald wetland, kan de muskusrat daarom zowel worden beschouwd als een waardevol element en als een pestsoort (Danell, 1996). Zo was een biologische boer uit Nieuwegein (pers. med. hr. Kool, juni 2017) zeer tevreden met de huidige effectieve bestrijding en de resulterende lage populaties muskusratten, omdat hij weer allerlei leven in de sloot zag (kleine egelskop, gele plomp, witte

waterlelie etc.). Een andere ingeland daarentegen beschouwde hetzelfde fenomeen als last, en gaf aan meer werk te hebben aan het schonen van de sloot (Ruud Kleinman pers. med.). Muskusratten worden door de beheerders in de Oostvaardersplassen gezien als een verrijking voor de biodiversiteit. Graverij wordt niet als schade gezien maar als toevoeging van kleinschalige variatie die ontwikkeling van natuur bevordert. Reliëf dat door de graverij ontstaat, zorgt voor niches die door allerlei diersoorten worden gebruikt. De winterhutten worden gezien als potentiële broedlocaties voor vogels en broeihopen voor ringslangen. Ook dienen muskusratten als voedsel voor predatoren (pers. med. ZZL).

De muskusrat bedreigt elders in Europa endemische soorten zoals de desman *Desmana Moschata* (Genovesi 2006), schelpdieren (Skyriené 2012; Stemmer 2017), vissen (bronnen in Skyriené 2012) en broedende nestvogels (Triplet 2015). Vooral bedreigde mosselpopulaties worden getroffen. Stemmer (2017) geeft twee voorbeelden uit Duitsland van situaties waar de vraat van zoetwatermosselen door muskus- en beverrat tot grote effecten op populaties zoetwatermosselen leidde. Het ging om waardevolle populaties waarvoor speciaal natuurbeschermingsmaatregelen waren genomen, die door de invloed van muskusratten weer teniet werden gedaan. Omdat er vissoorten zijn die hun eieren in zoetwatermosselen leggen zijn er ook indirecte effecten. Dit geldt bijvoorbeeld voor een zeldzame vissoort als de Bittervoorn.

Het is duidelijk dat er effecten zijn van muskusratten op de vegetatie, zelfs zodanig dat ze er onder natuurlijke omstandigheden toe leiden dat het leefgebied voor muskusratten van kwaliteit verandert en de aantallen als gevolg daarvan weer afnemen (Sokolov & Lavrov, 1993 in Triplet 2015). Op Europees niveau zijn de beschreven effecten mede reden geweest om de muskusrat op de lijst van Invasieve Exoten te plaatsen. Gezien de huidige inspanningen in het Nederlandse water- en natuurbeheer om verlandingsvegetaties te stimuleren, met de bijbehorende biodiversiteit, lijkt het verdedigbaar om de rol van de muskusrat op habitats en biodiversiteit in Nederland eerder negatief dan positief te benoemen en mede als reden te zien om tot verwijdering te beslissen. Dit in lijn met veel gepubliceerde aanbevelingen en Europees beleid (Stuyck 2008; Simberloff 2013; Deputy Direction of Nature 2015; Triplet 2015; Stemmer 2017; Van der Burg & Vermaat 2017).

Overdracht van ziektes

Muskusratten dienen als een reservoir of een tussengastheer voor bacteriën, virussen, nematoden (10-27 soorten, trematoden (39-41 soorten), en cestoden (13-22 soorten; Hoffmann 1958; Skyriené 2012). De soort wordt geassocieerd met overdracht van verschillende ziekten op mensen (Young *et al.* 1969; Borgsteede *et al.* 2003; Kettunen *et al.* 2009; Ulrich *et al.* 2009; Wobeser *et al.* 2009; Skyriené 2012; Triplet 2015; Uiterwijk *et al.* 2016). Denk bijvoorbeeld aan tularemie, giardia, leptospirose of een echt nare ziekte zoals de vossenlintworm. Deze ziektes zijn weliswaar een reëel probleem, maar het aandeel van de muskusratten daarin is niet bekend en naar de inschatting van het RIVM waarschijnlijk beperkt. Met de beschikbare gegevens is het niet, of moeilijk, te onderbouwen dat muskusratten aanzienlijk zouden bijdragen aan daadwerkelijke uitbraken van dergelijke diergerelateerde ziektes als ze in veel hogere dichtheden dan nu voor zouden komen (M. Maas RIVM, pers. med.).

Schade aan keringen en taluds

Schade door graverij is reëel en is zeer frequent aanwezig waar veel muskusratten zijn. In absolute zin is het gemiddelde schadegeval klein in omvang (Bos *et al.* 2016), maar een enkel geval op de verkeerde plek (TAW 1985; BCM 2006), of meerdere gevallen bij elkaar, kunnen reële kostenposten zijn (Gaaff *et al.* 2007; Gronouwe & Bos in voorb.), of daadwerkelijk risico voor de veiligheid opleveren (Bayoumi & Meguid 2011). Gegraven gaten kunnen groter worden

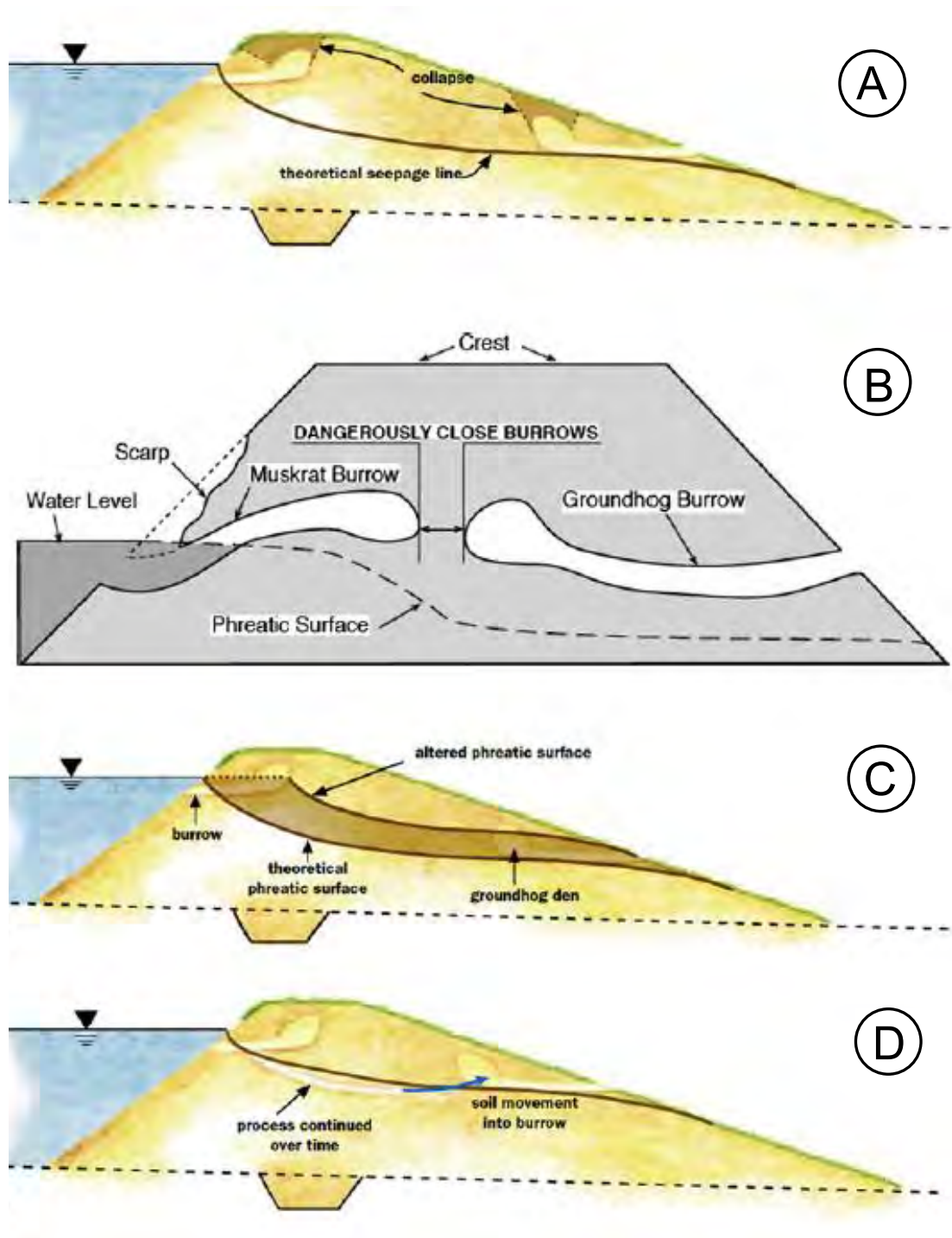
in interactie met waterwerking. Daarbij komt dat maar een beperkt deel van de graverij zichtbaar is zonder speciale hulpmiddelen.

Steevast komt fysieke schade aan oevers (Gaaff *et al.* 2007) en stremmingen van de watergang (Litjens 1981; Gaaff *et al.* 2007) als grootste kostenpost naar voren. Ook de door ons in 2016 ondervraagde boeren, vinden de verzakkingen van de taluds een belangrijk aspect (Bos *et al.* 2016). De betreffende schade is weliswaar eenvoudig en tegen weinig kosten te repareren, maar het gevaar op ongelukken met machines en de stremmingen van de watergangen gaf de respondenten voldoende reden om bestrijding te verwelkomen. Ze waren wat dat betreft éénduidig in hun boodschap, dat continuering van adequate bestrijding gewenst is.



Foto 6. Materiaal in de watergang bij een hoge dichtheid van muskusratten in Made-Drimmelen in 1979 (overgenomen uit Barends 2002).

Wat de veiligheid betreft, gaat het om aantoonbaar en reëel gevaar voor verzakkingen van wegen, taluds, spoorwegen en aantastingen van dijken en kades (TAW 1985; BCM 2006; Bayoumi & Meguid 2011). Opmerkelijk in dit licht is dat deze nadelige effecten ook in Noord Amerika al uitgebreid in de kranten stonden, nog vóórdát de Tsjechische vorst Colleredo-Mansfeld in 1906 acht muskusratten naar Europa bracht (Ritzema-Bos 1917). Ook nu nog wordt graverij door de muskusrat in de VS beschouwd als een direct gevaar voor keringen. De soort staat boven aan de lijst van soorten met een schadelijke invloed op waterstaatswerken, gevolgd door de bever (en op plek zeven de beverrat), en wordt daarom daar ook bestreden.



Figuur 5. Voorbeelden van manieren waarop graverij in keringen de veiligheid beïnvloedt. A) Graverij in keringen leidt tot structurele verandering, zoals inzakking, afschuiving en erosie (oppervlakkig en intern). B) Ook kunnen holen van beide zijden in de kering elkaar gevaarlijk dicht naderen. Of er ontstaan veranderingen in de waterverzadiging van het dijklichaam, zoals C) verandering in de freatische lijn en D) piping. Bron: FEMA (2005).

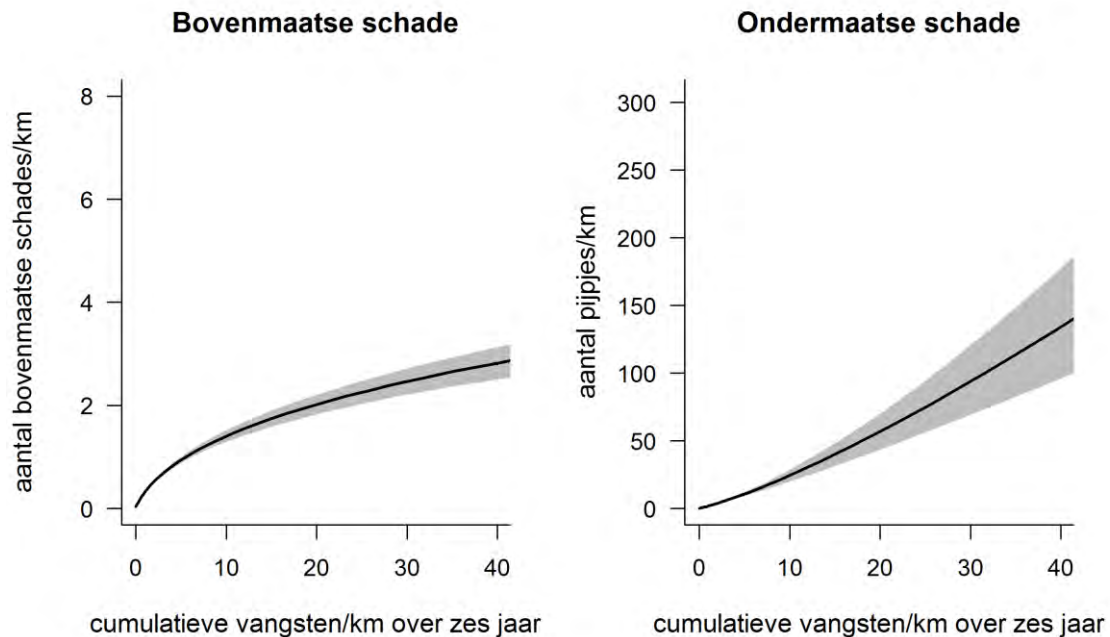


Foto 7. Een uit PUR-schuim opgebouwd model van een muskusratten burcht. In totaal zijn in opdracht van de STOWA circa vijf van dergelijke modellen gemaakt om de omvang van de burchten, de nestkommen en de pijpen te kunnen meten (Akkermans 2014). De waargenomen diameter van de pijpen was ca. 15-25 cm, de nestkommen hadden een diameter van 0.5 m en de pijpen gingen anderhalf tot zes meter de kant in (Foto: D. Moerkens, UvW).

Graverij leidt tot structurele verandering, tot erosie (oppervlakkig en intern) en tot veranderingen in de waterverzadiging van het dijklichaam (zie figuur 5, FEMA 2005), met effecten op macro- en microstabiliteit (Kuipers 2005) en overstromingskansen (TAW 1985; BCM 2006). Onder de grond kan een heel stelsel van gangen en nestkommen zitten (zie foto 7).

Er zijn in Nederland jaren geweest waarin ongevallen met voertuigen en doorbraken van zwakkere (niet primaire) kades, herhaaldelijk voorkwamen (samenvatting jaarverslagen in Bos *et al.* 2016). Uit het buitenland is een calamiteit bekend, die aan graverij door muskusratten wordt toegewezen. Dit betrof het falen van een dijk bij Winfield (Missouri) in 2008 (Bayoumi & Meguid 2011), waarbij 150 huizen werden overspoeld en 3000 ha gewas werd geïnundeerd door water van de rivier de Missisipi. De kosten werden op een miljard dollar geraamd. Deze, en andere doorbraken als gevolg van graverij door dieren, laten zien dat de schade niet onderschat moet worden omdat zeer kostbare dijkdoorbraken kunnen optreden.

In de veldproef zijn de omvang en aantallen van schades die zijn toe te wijzen aan graverij door muskusratten gekwantificeerd, en is de verspreiding ervan door Nederland inzichtelijk gemaakt. Voor het eerst is er een verband aangetoond tussen het aantal schades en een index van aanwezige aantallen muskusratten (figuur 6). Deze bevinding is waardevol, omdat het onderdeel is van de primaire argumentatie om te investeren in muskusrattenbestrijding.



Figuur 6. De relatie tussen het aantal waargenomen schades en de som van de vangsten over de jaren 2010-2015 per uurhok voor het jaar 2016. De schades zijn onderverdeeld naar bovenmaatse (linker paneel) en ondermaatse (rechter paneel) schades, op basis van tevoren opgestelde criteria over omvang, geschatte kosten voor herstel of gevaar voor de veiligheid. Waargenomen schades boven de gedefinieerde drempel worden bovenmaats genoemd en andersom. De som van de vangsten zijn een index van aanwezige aantallen muskusratten in het recente verleden (verantwoording in Bos et al. 2016). De lijn geeft het aangepaste model door de datapunten en het grijze vlak verwijst naar het 95% betrouwbaarheidsinterval.

Overige economische schade

Schade aan beroepsvisserij is in het verleden duidelijk aanwezig geweest in aantallen meldingen, maar werd ook in tijden van grote muskusratvangsten al slechts als 'hinderlijk' omschreven. Tegenwoordig is dit verwaarloosbaar, mede door de toepassing van kunstvezels in de netten (Lammertsma & Niewold 2005) en de afname van de economische omvang van de sector.

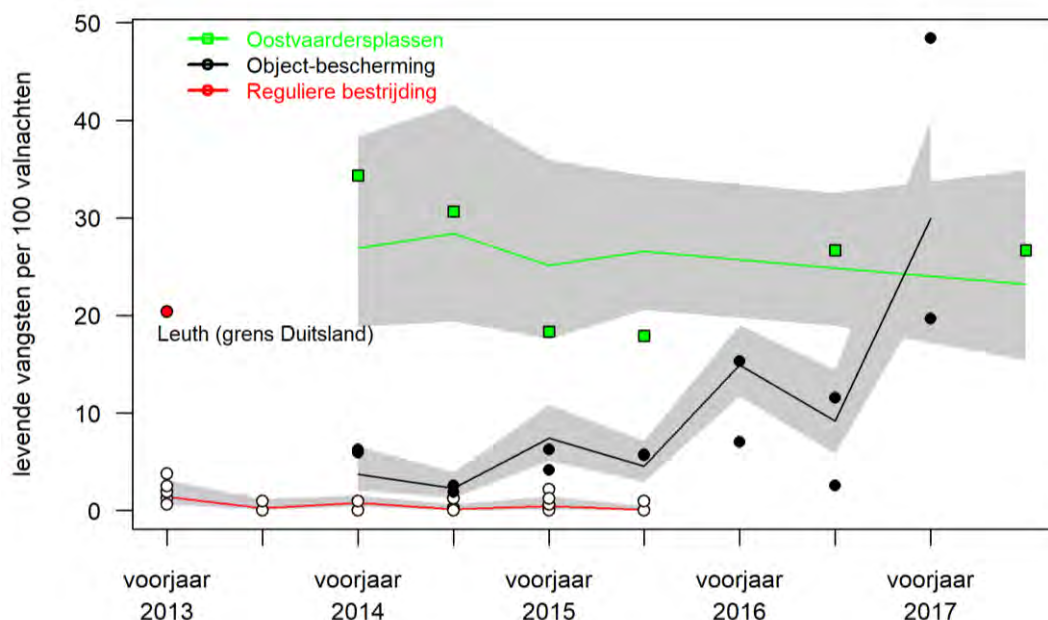
Gerapporteerde schade aan landbouwgewassen is nooit hoog geweest. Ook in periodes en regio's van grote aantallen muskusratten zijn geen vraatplekken met een omvang groter dan enkele tientallen vierkante meters gedocumenteerd. Dit is in overeenstemming met de vele opmerkingen in de jaarverslagen, dat gewasschade optreedt maar een ondergeschikte rol speelt. Dit is consistent met de waarnemingen in Gaaff *et al.* (2007) en Guldemond *et al.* (2013), alsmede met de bevindingen uit een enquête in onze studie. Vraatschade aan gewas is gering en onbetekenend in verhouding tot vraatschade door andere diersoorten. Het gaat om beperkte oppervlaktes en daarmee verwaarloosbare inkomstenderving (Bos *et al.* 2016).

3.3 Bestrijding beïnvloedt de aantallen

Voorafgaand aan de grootschalig opgezette veldproef in het kader van deze studie, was er nog weinig gepubliceerd bewijs dat bestrijding de aantallen muskusratten daadwerkelijk kon beïnvloeden. Buiten de mensen uit de praktijk bestond soms twijfel aan de effectiviteit van bestrijding onder de destijds gangbare niveaus van inzet (bijvoorbeeld Pelz 1996; Zandberg *et al.* 2011).

Proef object bescherming en levend vangen

Nu, vijf jaar verder, zijn er in het kader van de onderhavige studie veldmetingen die onomstotelijk laten zien dat muskusratten in onbestreden gebied in Nederland in hogere dichtheden aanwezig zijn dan in bestreden gebied, over een periode van meerdere jaren (figuur 7). Ook is duidelijk geworden dat de aantallen sterk toenemen wanneer bestrijding tijdelijk achterwege wordt gelaten. Dat laatste is belangrijk, omdat het laat zien dat ook in het huidige tijdsgewricht ziekte, predatie en voedselgebrek geen limiterende factoren zijn voor de populatie muskusratten. Het is experimenteel bewijs voor een effect van bestrijding op de populatie, afkomstig van de objectbeschermingsgebieden Lelystad en Dinteloord. De toename in aantallen in object beschermingsgebied wordt uitgebreid gedocumenteerd in Bos *et al.* (in voorb.). Dat de populatie sterk is gegroeid gedurende de proefperiode blijkt niet alleen uit bovenstaande ontwikkelingen in levende vangsten per vangnacht, maar ook uit de aantallen dood gevangen dieren na afloop van de proef (respectievelijk 706 en 542 in Dinteloord en Lelystad in de eerste drie maanden na hervatting van de bestrijding) en state-of-the-art overlevingsmodellen op grond van individueel gemerkte dieren. De populatie dichtheden worden geschat op 2,1 tot 3,1 dieren per km watergang.



Figuur 7. Gemeten indices van muskusrat aanwezigheid (levende vangsten/100 valnachten) in tien onderzoekslocaties in Nederland. De zwarte stippen hebben betrekking op objectbeschermingsgebieden DLO en LLS. De groene vierkanten zijn gemeten in de moeraszone van de Oostvaardersplassen, waar al sinds 2006 geen bestrijding meer is geweest. De open witte cirkels komen van zes bestreden gebieden. De rode cirkel tenslotte verwijst naar een gebied aan de grens met Duitsland bij Leuth (minder doelmatige bestrijding in Duitsland, wel bestrijding in Leuth). De lijnen en grijze vlakken representeren de voorspelde waardes en betrouwbaarheidsintervallen op grond van het best passende statistische model. Nadere verantwoording in Bos *et al.* (in voorb.).

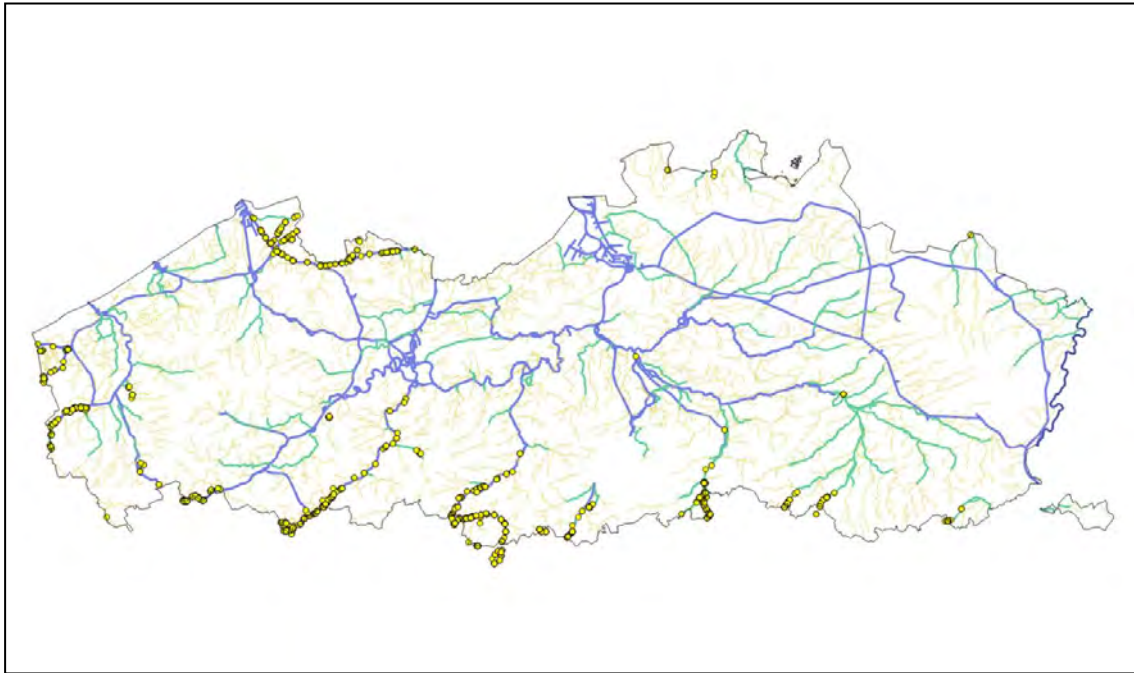
Historische analyse en modellen

De resultaten onderschrijven die van de historische analyse door van Loon (2017a), dat bestrijding kan leiden tot dalende aantallen muskusratten, mits de inspanningen in verhouding staan tot de grootte van de populatie. Een meer indirecte lijn van bewijs volgt uit de modellen voor populatie reconstructie door Matis *et al.* (1996; 1999), Bos *et al.* (2010) en van Loon *et al.* (2017b). Deze modellen kunnen de patronen in vangsten kwantitatief beter verklaren als er rekening wordt gehouden met de bestrijdingsinspanning, hetgeen geïnterpreteerd wordt als goede aanwijzing dat bestrijding effect heeft op de achterliggende populaties.

Voorbeelden uit de praktijk

De uitkomsten zijn geen verrassing voor de direct betrokkenen bij de bestrijding. Zij weten uit de praktijk, dat de aantallen toenemen in een gebied waar de bestrijding niet had gefunctioneerd. Het is belangrijk dat een aantal van de voorbeelden nu zijn gedocumenteerd (zie bijlage 6 in Gronouwe & Bos (in voorb.)). Op Schiermonnikoog, Ameland, Terschelling en Texel is de bestrijding dermate effectief geweest, dat er al jaren geen muskusratten meer voorkomen. En er zijn ook verschillende goede voorbeelden op het vasteland (schaal van individuele vanggebieden, zie kaart en tabel in Gronouwe & Bos in voorb.). Het sterkste daarvan is wellicht de Alde Feanen in Friesland. Hier ligt optimaal muskusratten leefgebied, met meren, petgaten, rietlanden, ruigten, struwelen en moerasbossen. Het Natura 2000-gebied is in beheer van het Fryske Gea, een natuurorganisatie die vroeger bestrijders in dienst heeft gehad (Commissie Muskusrattenbestrijding 1982), en op lokaal niveau soms een gezamenlijk belang ziet om de populatie muskusratten laag te houden. In 2007 waren er: 1.719 muskusrattenvangsten (2,1 v/km) en 2.244 velduren 2.8 (u/km). Er is in die jaren bewust veel arbeid ingezet om de muskusrat uit de Alde Feanen te verwijderen (pers. med. Siebe Dol, WF). Vanaf 2012 is het aantal vangsten er laag, staan er minder middelen uit en worden véél minder uren en bijvangsten gemaakt. Deze situatie is stabiel gebleven tot op heden. In 2017 werden met 0.44 u/km, nul vangsten gerealiseerd.

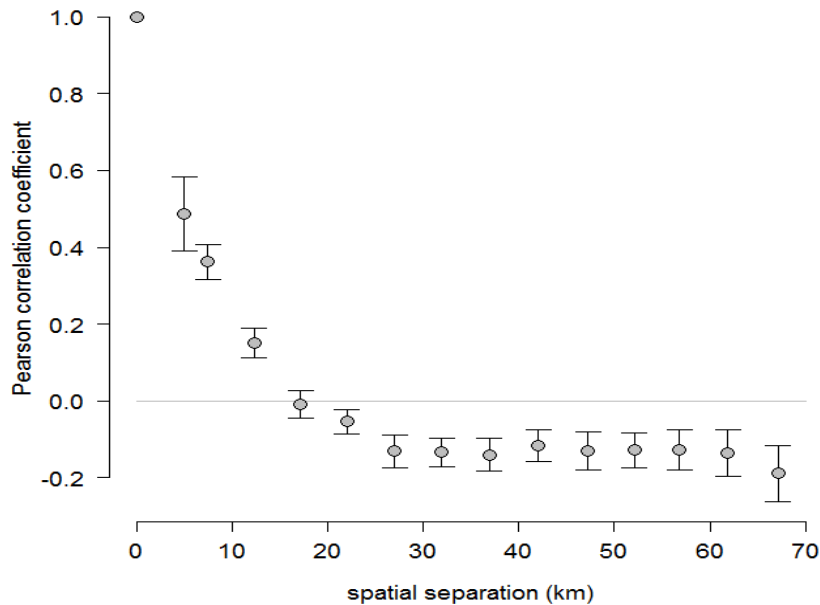
Uit het Verenigd Koninkrijk was al bekend, dat bestrijding tot uitroeiing van muskusratten populaties kan leiden (Gosling & Baker 1989). Dat is ook vergaand gelukt in Vlaanderen (Stuyck 2008; VMM 2010; pers. med. M. Vanderweeën). De verspreiding van recente vangsten is wat dat betreft heel illustratief (figuur 8). Tegenwoordig worden alle vangsten langs de grens gedaan of langs waterwegen die het gewest binnenstromen, terwijl er overal bestreden wordt. Dit toont aan dat er wel muskusratten kunnen zijn (er is aanvoer), maar dat dit effectief door bestrijding wordt voorkomen. In datzelfde licht moet ook het datapuntje van de levende vangsten uit Leuth in figuur 7 worden gezien. Terwijl levend vangen in bestreden gebied in het binnenland van Nederland nauwelijks resultaat oplevert, komt het aan de grens regelmatig voor dat er dieren in de val lopen. Dit illustreert een verschil van muskusratten aanwezigheid aan beide zijden van de grens, en een hogere populatie in Duitsland dan in Nederland.



Figuur 8. kaart met de locaties van de muskusratvangsten in Vlaanderen door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) van januari tot november 2017 (bron VMM).

Veldproef

De veldproef zelf vestigt de aandacht ook op andere aspecten van de bestrijdingsinzet dan alleen kwantiteit van de inzet. Een belangrijke bevinding is dat ruimtelijke schaal en samenhang veel belangrijker zijn dan tevoren gedacht. De veldproef is uitgevoerd conform de voorwaarden van een goed wetenschappelijk experiment en daarom kon er goed mee worden achterhaald wat het relatieve belang was van verschillende factoren. Het is gebleken dat de vangsten in omliggende uurhokken erg bepalend waren voor de vangsten in een proefuurhok. Vangsten en vangstsnelheden correleren over meer dan tien kilometer met elkaar (zie figuur 9) en de gemiddelde vangstsnelheid in omliggende uurhokken is de beste voorspeller van die in een uurhok zelf. Dit heeft met dispersie en migratie te maken (zie § 3.4). Er was geen effect van de experimentele behandelingen op ontwikkeling in de vangstsnelheid, hetgeen wel de verwachting was. De gekozen variatie in vangstinspanning in de veldproef was daarvoor achteraf gezien naar alle waarschijnlijkheid te klein, gegeven de schaal van de proefuurhokken.



Figuur 9. Ruimtelijke autocorrelatie tussen het aantal vangsten in de uurhokken waarvan vangstdata bekend zijn ($n=1521$) in het jaar 2015. De grafiek laat zien dat vangsten tot een afstand van ca. 10 km zijn gecorreleerd aan naburige uurhokken.

Daarnaast is er veel duidelijker zicht gekomen op de rol van de kwaliteit van de inzet, waarvan veel aspecten door het management kunnen worden beïnvloed. Het resultaat van bestrijding met hoge kwaliteit (met kwantitatief gezien voldoende inzet) is een situatie waarbij er geen muskusratten achterblijven. Het gaat erom dat er overall vaak genoeg wordt gespeurd, met focus op belangrijkere locaties, goede logistiek, correcte herkenning van speurbeelden, de juiste vangmiddelen die correct worden geplaatst, waarbij back-up vallen zijn geplaatst, er een goede samenwerking bestaat met collega's en er plezier is en motivatie in het werk.

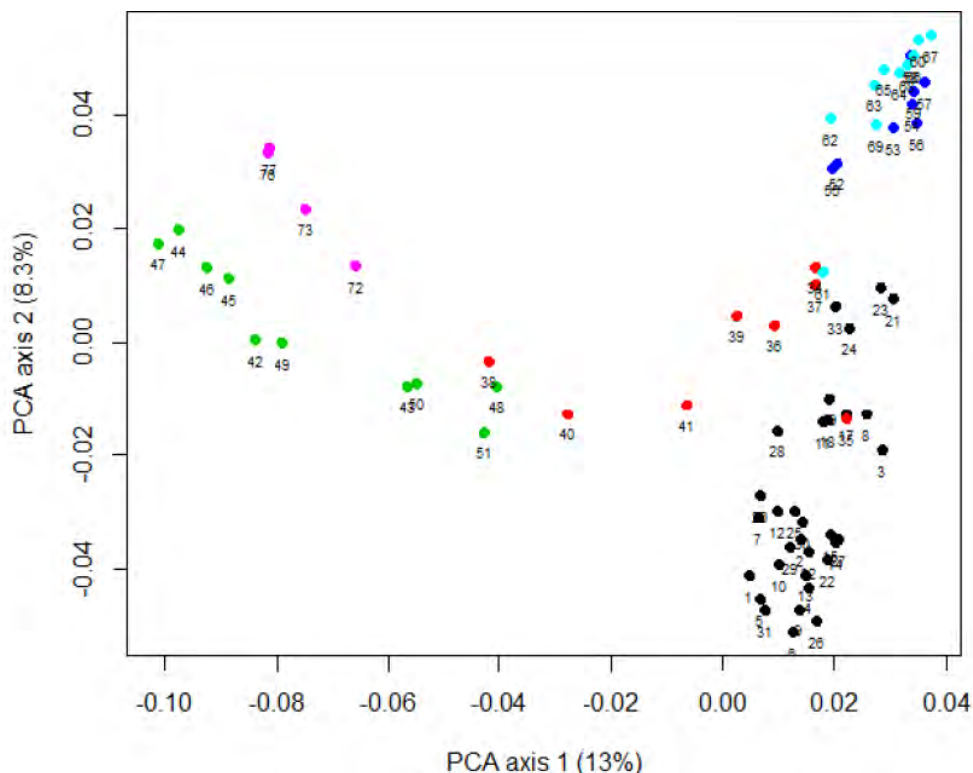
3.4 De rol van dispersie

Met dispersie wordt bedoeld, dat (al dan niet jonge) dieren zich in het landschap verspreiden op zoek naar nieuw leefgebied om zich te vestigen; dit is een proces dat samenhangt met de dichtheid van de populatie. Het is belangrijk om te weten hoe muskusratten gebruik maken van het Nederlandse landschap, omdat het uitmaakt voor de schaal waarop bestrijding wordt georganiseerd. Het helpt ook om in te schatten hoeveel tijd en geld het kost om uitzonderingen toe te staan op een overigens vlakdekkende strategie.

De rol van immigratie blijkt niet te verwaarlozen. Dat blijkt uit de praktijkervaringen van bestrijders, historische jaarverslagen, de model analyses, de veldproef, onze velddata met betrekking tot levend vangen en merken en de genetische analyse (de Groot & Bos 2018). Een individuele muskusrat legt in het algemeen maar kleine afstanden af (Bos *et al.* 2016). Een deel van de populatie beweegt echter over afstanden van tientallen kilometers (Mallach 1971). Vooral in de trektijd is er een meetbare instroom uit matig of onbestreden gebied naar bestreden gebied. Langs het dichte netwerk van waterwegen kunnen muskusratten in Nederland zich gemakkelijk verplaatsen. Uit de literatuur is in meer algemene zin bekend hoe

indrukwekkend de natuurlijke verspreiding kan zijn (van den Bosch *et al.* 1992; Triplet 2015). In een fase van expansie van de muskusrat kan het front met een snelheid van 0,9 tot 25,4 km/jaar voortbewegen (Kadlec *et al.* 2007).

Vangsten en vangstsnelheden blijken sterk gekoppeld te zijn aan de situatie in omliggende buurgebieden, zo blijkt uit de analyse van de veldproef (zie § 3.3). Ook de modelstudies die in de loop der jaren zijn uitgevoerd wijzen er stevast op dat uitwisseling (migratie) tussen gebieden (Matis & Kiffe 1999) of atlasblokken (van Loon *et al.* 2017b) niet verwaarloosd kan worden. Historisch gezien konden vangsten allemaal tot watergangen en beken uit Vlaanderen worden herleid (Wijngaarden 1955), maar tegenwoordig is het andersom en komen ze Vlaanderen binnen vanuit Nederland en Wallonië (zie figuur 8). Het aantal vangsten per valnacht in levend vangende kooien langs de grens is in de trekperiodes vergelijkbaar met de vangst in onbestreden gebied (zie figuur 7, datapunt Leuth). De resultaten van een geavanceerde genetische pilot-studie in het kader van deze overkoepelende studie, wijzen op duidelijke ruimtelijke verschillen (figuur 10), maar met geleidelijke overgangen als gevolg van uitwisseling over afstanden van meestal enkele kilometers (de Groot & Bos 2018). Deze techniek blijkt veelbelovend om meer zicht te krijgen op o.a. a) de plekken in het landschap die fungeren als opening of barrière voor migratie, b) de meest gebruikte dispersieroutes naar en binnen Nederland, c) de afstand waarover dieren verspreiden.



Figuur 10. Grafische weergave van één van de resultaten van de pilot genetische analyse van verspreidingspatronen bij muskusratten. De grafiek toont resultaten van een zogenaamde Principal Component Analyse (PCA) op een dataset van genetische profielen van 78 individuele muskusratten in 2017. Elk punt geeft een individu weer, waarbij nummers en kleuren de identiteit en herkomst duiden. Zwart = Zuiderzeeland, rood = WMNL, groen = Brabantse Waterschappen, donkerblauw = Noordoost Nederland, lichtblauw = Niedersachsen, paars = Vlaanderen. Nadere verantwoording in de Groot & Bos (2018).

Het loont om instroom tijdig te onderkennen en de dieren op te vangen. Daarmee kan herkolonisatie worden voorkomen, en hoeven later minder dieren te worden gedood. Dit dwingt tot extra inzet langs de grenzen in een zone van 5-50 km rond het bekende verspreidingsgebied. De nadruk moet hierbij vooral op de eerste 5 km liggen. De bestrijding wordt gericht ingezet met een focus op geschikt leefgebied langs routes van dispersie. Hier hebben de bestrijdingsorganisaties in Noord Holland en langs de grens al veel ervaring mee.

3.5 Alternatieven voor bestrijding

De maatregelen die getroffen kunnen worden ter preventie van onveilige situaties door graverij zijn al in 1984 door de TAW (1984) en in 2007 door de BCM (2007) op een rij gezet. Het gaat erom graven onmogelijk of onaantrekkelijk te maken of de kering zó in te richten dat graverij getolereerd kan worden.

Preventieve maatregelen

Gewone oeverbescherming, d.w.z. oeverbescherming die niet speciaal is aangelegd als maatregel tegen graverij, is niet effectief als preventieve maatregel. Sterker nog, als dieren zich erachter kunnen verschansen, zoals in het geval van betonmatten of basalt stenen (Heeres & Struijf 2016) is het zelfs contraproductief. Preventieve maatregelen moeten zó goed worden uitgevoerd dat er geen dieren achter kunnen gaan zitten, en zo een kade lek maken, of er helemaal niet willen graven (TAW 1984; BCM 2007). Dat betekent veelal dure ingrepen, zeker in combinatie met de grote lengte waterkering die in Nederland aanwezig is. Volgens Burghause (1996) kunnen preventieve maatregelen de "meest succesvolle" vorm van indirecte beheersing van muskusratschade zijn, maar zijn het ook de duurste. De kosten voor het uitvoeren van dergelijke maatregelen bij bestaande keringen worden geschat op € 25-100 per meter lengte (Bronsveld *et al.* 2010). Bij de proef met preventieve maatregelen in de provincie Zuid Holland over drie stukken van 100 m, lagen de meerkosten voor betonnen bekleding, gaas en stenen schanskorven respectievelijk € 225, € 45 en € 75 per meter. Dit ondanks het feit dat er werk met werk werd gemaakt en nog los van geplande kosten voor onderhoud. De waterschappen geven aan dat het wellicht in een klein deel van de keringen soms technisch niet mogelijk is om zware preventieve maatregelen zoals kades of betonstortingen aan te leggen. Het aanbrengen of ingraven van gaas zal vaak wel mogelijk zijn.

Toepassing van preventieve maatregelen langs de keringen is derhalve kostbaar vanwege de aanzienlijke lengtes (17.800 km). Bedenk ook dat het materiaal misschien onderhouden moet worden, en na enkele tientallen jaren afgeschreven zal zijn. In het verlengde van de keringen is er overigens nog een grote lengte watergangen in stedelijk en ruraal gebied (exacte lengte onbekend, maar veel meer dan 100.000 km) waar schade aan taluds kan optreden. Met name bij landbouwkundig gebruik en ter plaatse van infrastructuur (zoals bijvoorbeeld wegen en spoortaluds) dwingt schade daar tot herstelmaatregelen.

Ziekten of natuurlijke oorzaken

Een theoretisch alternatief voor bestrijding is om te wachten op een uitbraak van ziekte, of het verdwijnen van het probleem door een andere natuurlijke oorzaak. Gezien de hoge vangstaantallen in recente jaren in bijvoorbeeld Groningen of de hoge aantallen muskusratten in de Oostvaardersplassen, waar veel in dit verband relevante predatoren voorkomen, lijkt een overheersend effect van predatie onwaarschijnlijk. Ook in Noord Amerika bereiken muskusratten populaties regelmatig hoge dichtheden ondanks aanwezigheid van natuurlijke predatoren. Maar er zijn voorbeelden uit Europa van gebieden waar de muskusrat uit zichzelf sterk in aantallen is gedaald. Deze voorbeelden zijn aangehaald in (Bos *et al.* 2016). Inzicht in

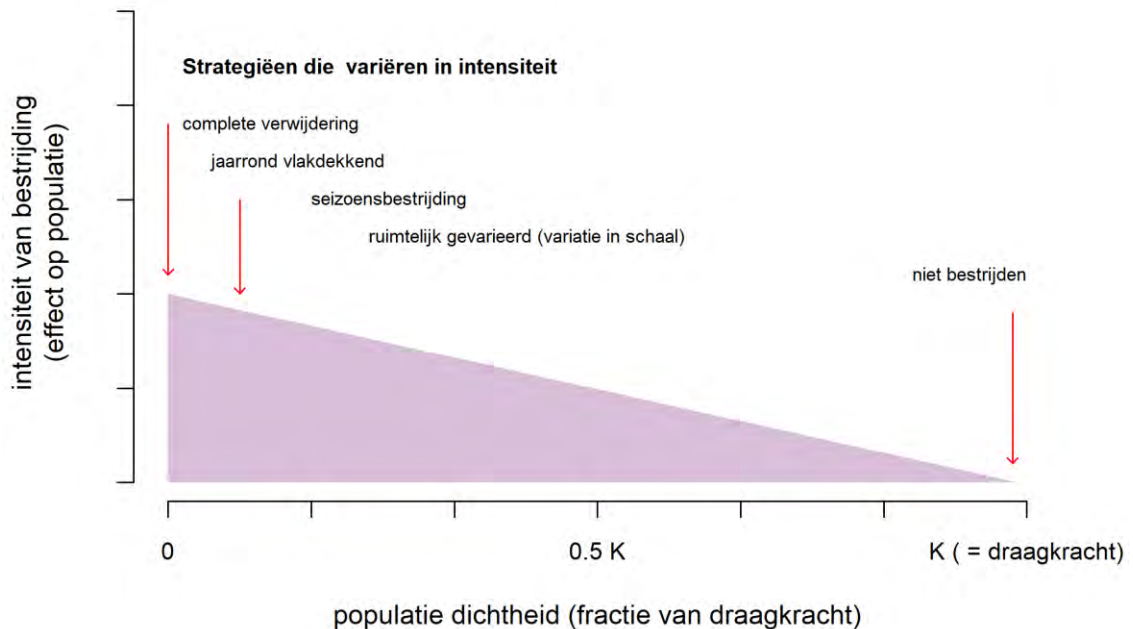
de werkelijke oorzaken achter deze trends is zeer wenselijk en het is zeker de moeite waard om dit gezamenlijk met partners in deze landen verder uit te zoeken. Om echter te wachten op het spontaan verdwijnen van de soort door een nog onbekende natuurlijke oorzaak wordt afgeraden (Simberloff 2013). Alles wijst erop dat in Nederland de aantallen in reactie op het staken van bestrijding fors zullen toenemen, waarmee de investering van de afgelopen decennia teniet wordt gedaan. Ook in Zweden, waar door een nog onbegrepen fenomeen de verspreiding van muskusratten sterk is beperkt, wordt nu gekozen om ook de resterende populaties door bestrijding uit te roeien (Zweden, voorjaar 2018, pers. med. P-A Åhlén).

3.6 Verschillen tussen strategieën van bestrijding

Er zijn verschillende strategieën denkbaar om de waterveiligheid te waarborgen tegen graverij door muskusratten en om te gaan met de economische schade die met muskusratten samenhangt (Bos & Ydenberg 2011). De hoofdvragen van de veldproef gingen over jaarrond vlakdekkende bestrijding met variatie in de bestrijdingsinzet, of varianten daarvan met meer nadruk op bestrijding in ruimte of tijd. Maar het gehele spectrum aan alternatieven omvat ook de meest extreme vormen waarbij helemaal geen bestrijding plaatsvindt of waarbij de inzet zó systematisch wordt uitgevoerd dat er geen muskusratten meer over zijn.

Het is nuttig de verschillende strategieën te schalen in termen van 'intensiteit van bestrijding', uitgedrukt in het aantal dieren dat achterblijft (zie figuur 11). Niet-bestrijden en volledige verwijdering zijn de uitersten op de schaal van aantal dieren dat achterblijft. Uitroeijing (alle muskusratten zijn permanent verwijderd; Bomford & O'Brien 1995) is niet mogelijk op het vasteland van Europa. Zolang elders op het vasteland van Europa nog populaties aanwezig zijn, blijft er namelijk een reëel risico van herkolonisatie bestaan. Volledige verwijdering met grensbewaking (Robertson *et al.* 2016) is in Nederland daarom het hoogst haalbare.

Seizoensbestrijding en object bescherming zijn extensievere varianten van bestrijding die verschillen in kwantiteit van arbeidsinzet, en de mate waarin er spreiding is in de ruimte (object bescherming) of in de tijd (seizoensbestrijding). Deze strategieën kunnen op veel manieren worden uitgevoerd, maar omdat er plaatsen of momenten zullen zijn waarop dieren aan vangst kunnen ontsnappen en zich in die tijd voort kunnen planten zullen er in het algemeen meer dieren achterblijven. De intensiteit van bestrijding is cruciaal, en daarom kan jaarrond aanwezigheid van bestrijders gewenst zijn. Ieder seizoen biedt namelijk zijn eigen kansen om speurbeelden op te pikken en dus extra dieren weg te vangen. Bestrijding kan het beste zonder uitzonderingen in ruimte en tijd worden uitgevoerd. Seizoensbestrijding is overigens wel zinvol wanneer ze niet absoluut wordt gezien, maar wordt geïmplementeerd in de vorm van een verschuiving van het zwaartepunt van de besteding van uren naar winter en voorjaar.



Figuur 11 Strategie en intensiteit van bestrijding. Denkbare strategieën zijn geordend op een schaal van achterblijvende populatie dichtheid, hetgeen samenhangt met 'intensiteit van bestrijding' (van hoog tot laag).

Omdat iedere muskusrat door zijn activiteiten in potentie bijdraagt aan schade door graverij, verschillen de strategieën in het risicoprofiel van de keringen, het onderhoud aan de watergangen en de schade aan derden. Er zijn ook verschillen in aantallen te doden dieren, andere aspecten van dierenwelzijn, kans op bijvangsten en kosten tussen de verschillende strategieën (Bos *et al.* 2016). Op deze onderdelen scoort de variant met intensieve vlakdekkende bestrijding veelal beter dan seizoensbestrijding of object bescherming (Bos & Ydenberg, 2011). In een verkennende studie over volledige verwijdering door Gronouwe & Bos (in voorb.) zullen een maatschappelijke kosten en baten analyse en een meer abstracte economische optimalisatie analyse gepresenteerd worden. In beide analyses worden drie relevante bestrijdingsstrategieën (niet bestrijden, huidige doelstelling en volledige verwijdering) met elkaar vergeleken.

4 Discussie

4.1 Verdieping van de inzichten in nut en noodzaak van muskusrattenbestrijding

Het debat over de noodzaak en de effectiviteit van muskusrattenbestrijding wordt al decennia lang gevoerd. Tot het begin van de jaren 1980 was er een breed draagvlak voor de bestrijding. In de vijftiger en zestiger jaren van de vorige eeuw was er een brede overtuiging dat de muskusrat hier niet geduld kon worden (Litjens 1986). Naast de overheden en semioverheden, provincies, waterschappen, rijksdiensten als het RIJP en Defensie zetten ook natuurorganisaties zoals It Fryske Gea en Staatsbosbeheer personeel in voor muskusrattenbestrijding (Commissie Muskusrattenbestrijding 1982). In 1975 is het officiële standpunt van de Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Dieren (de Dierenbescherming) dat men respect heeft voor de verantwoorde werkwijze, maar dat men hoopt dat in de toekomst acceptabelere methoden worden gevonden om ‘overpopulaties’ te bestrijden, of liever nog om deze te voorkomen (Commissie Muskusrattenbestrijding 1976).

Na de hoge aantallen vangsten rond de eeuwwisseling (figuur 2) wordt echter kritischer naar de bestrijding gekeken. Verschillende organisaties zetten vraagtekens bij het nut en de noodzaak van de bestrijding, en de roep om onafhankelijk onderzoek naar de effectiviteit van bestrijding wordt luider. In 2011 wordt sterker stelling genomen en stelt de Dierenbescherming samen met De Faunabescherming en de Bont voor Dieren dat het doden van muskusratten niet noodzakelijk en niet nuttig is (Zandberg *et al.* 2011). Parallel hieraan zien Bos & Ydenberg (2011) mogelijkheden de onderbouwing te verbeteren. Zij stellen dat er veel winst te behalen is door de bestrijdingsstrategie te optimaliseren. Hiertoe werd een gerichte verzameling van informatie uit de Nederlandse veldsituatie wenselijk geacht. Die gedachte was overigens ook al geformuleerd in vrijwel alle deelrapportages van de nut en noodzaakonderzoeken (Lammertsma & Niewold 2005; BCM 2007; Gaaff *et al.* 2007; van Vliet & Lengkeek 2007). Er waren destijds duidelijke kennislacunes, waardoor een goed onderbouwde besluitvorming over bestrijding werd gehinderd.

Nu, tien jaar na de nut en noodzaakonderzoeken liggen de kaarten fundamenteel anders. Er is een Europese richtlijn gekomen over de omgang met invasieve exoten. De bestrijdingsorganisaties zijn overgegaan naar de Waterschappen en de muskusratvangsten vertonen al meer dan tien jaar in grote delen van Nederland een dalende lijn. In Nederland is een adaptief programma opgezet, waarin op basis van modellen gerichte veldinformatie is verzameld, waarmee de basisaannames zijn getoetst en de modellen zijn verfijnd. Het is met de verzamelde informatie nu mogelijk om een antwoord te formuleren op de hoofdvragen van de veldproef (zie inleiding, en § 4.2) en te bespreken in hoeverre er effectievere manieren zijn om de veiligheid van de waterkeringen te waarborgen, voor wat betreft graverij door muskusratten dan het huidige beheer (§ 4.3).

De veldproef heeft aan het licht gebracht dat het belangrijk is om goede en goed toegankelijke data te hebben en heeft innovatie extra aangewakkerd, zowel in de bestrijding als door onderwijs en wetenschap. Als spin-off van de veldproef zijn er innovatieve trajecten gestart met adaptief beheer, slimme vallen en toepassing van genetische technieken. Er zijn enkele bescheiden wetenschappelijke publicaties afgerond en daarmee zijn weer externe bronnen van informatie aangeboord.

Er is nu voldoende kennis om een goede afweging te maken en te besluiten op welke onderdelen zinvol verdere stappen kunnen worden gezet. Daarop komen we terug in de aanbevelingen (§ 4.4), verderop in dit hoofdstuk.

4.2 Antwoorden op de hoofdvragen

Hoofdvraag 1, *populatie- en vangstontwikkeling*

Vraag: Wat is de populatie- en de (verwachte) vangstontwikkeling bij verschillende bestrijdingsstrategieën?

- *Vlakdekkend-jaarrond bestrijden bij verschillende intensiteit van bestrijden,*
- *Seizoensbestrijding,*
- *Objectbescherming, ook wel objectbestrijding genoemd.*

Antwoord: De populatie neemt sterk toe als de bestrijdingsdruk onvoldoende groot is om de natuurlijke aanwas te compenseren. Het aantal vangsten per tijdseenheid neemt bij een dergelijke beperkte bestrijdingsdruk eveneens sterk toe.

De hoofdvraag van de veldproef ging over de populatie- en vangstontwikkeling bij verschillende bestrijdingsstrategieën. Bij de ene strategie blijven minder dieren achter dan bij de andere. Onder niet-bestrijden bereikt de muskusratpopulatie gemiddeld de hoogste dichtheid. Dan volgen varianten van bestrijding die verschillen in kwantiteit van arbeidsinzet, en de mate waarin er spreiding is in de ruimte (object bescherming) of in de tijd (seizoensbestrijding). Hoe meer arbeidsinzet en hoe beter die in ruimte en tijd wordt ingezet, hoe lager de achterblijvende populatie. Het is gebleken dat bij zeer lage populatiedichtheden de status quo met minder inzet gehandhaafd kan blijven dan bij hoge populatiedichtheden. Volledige verwijdering is de strategie waarbij er geen dieren meer achterblijven. Zolang elders op het vasteland (van Europa) nog populaties aanwezig zijn, is dit in Nederland het hoogst haalbare.

Bij alle varianten kunnen betere resultaten worden geboekt als de kwaliteit van de inzet van bestrijding wordt verhoogd. Samen met kwantiteit van de inzet is dit de tweede stuurknop voor het management om tot een effectieve bestrijding te komen.

Hoofdvraag 2, *schade aan waterkeringen en taluds van watergangen*

Vraag: In welke mate treedt er schade op aan waterkeringen en taluds van watergangen bij deze verschillende strategieën?

Antwoord: Als er meer dieren achterblijven treedt er meer schade op aan waterkeringen en taluds van watergangen. Onder de meest intensieve variant van bestrijding is de minste schade te verwachten. De schades zijn een reëel risico voor de waterveiligheid.

Uit de metingen in de veldproef blijkt een relatie tussen de index van aantallen muskusratten en aantallen schades in keringen en taluds. De schades zijn zódanig dat zorg om de waterveiligheid reëel is. Het is met name deze zorg die maakte dat er gedurende de gehele twintigste eeuw, nog vóór de eerste waarneming in Nederland, door menig auteur stelling was genomen over de noodzaak tot bestrijding. In hun optiek waren de gevaren en de problemen die zouden volgen door aanwezigheid van de muskusrat in Nederland dermate duidelijk, dat de noodzaak tot intensieve bestrijding geen nadere discussie zou behoeven (Ritzema-Bos 1917; Kluyver 1937; Thijssen 1937; van Koersveld 1953; Doude van Troostwijk 1976; Barends 2002). Deze optiek is ook in het licht van de nieuwe informatie goed verdedigbaar. Er is nu een goede bewijslast voor de verschillende onderdelen van de redenering.

Hoofdvraag 3, effectiviteit van reeds bestaande preventieve maatregelen

Vraag: Wat is de effectiviteit van reeds bestaande preventieve maatregelen (graafwerende voorzieningen) in deze situaties?

Antwoord: Preventieve maatregelen kunnen de belangrijkste risico's ondervangen, maar niet alle vormen van schade voorkomen. Oeverbescherming die niet speciaal is aangelegd als maatregel tegen graverij, is niet effectief als preventieve maatregel.

Preventieve maatregelen moeten zó goed worden uitgevoerd dat er geen dieren achter kunnen gaan zitten, dat ze er helemaal niet willen graven óf dat het niet uitmaakt als ze er in graven. Dat betekent veelal dure ingrepen, zeker in combinatie met de grote lengte waterkering die in Nederland aanwezig is. Het zijn met name de verwachte kosten voor preventieve maatregelen die maken dat een beheer scenario zonder bestrijding veel duurder is dan scenario's met bestrijding.

4.3 Zijn er effectievere manieren om met bestrijding om te gaan dan de huidige?

Alles wijst erop dat de strategie 'volledige verwijdering' een effectievere manier zal zijn om met bestrijding om te gaan dan de bestrijding onder huidige 'controle' doelstelling bij 0,15 v/km.

Bij aanvang van de veldproef was volledige verwijdering als strategie niet expliciet in beeld. Verschillende auteurs hadden twijfels geuit over de effectiviteit van muskusrattenbestrijding bij de toenmalige niveaus van inzet en kwaliteit (Pelz 1996; Zandberg *et al.* 2011). De modelstudie van Bos & Ydenberg (2011) wees er weliswaar op dat de meest intensieve variant van bestrijding (vlakdekkend jaarrond met een hoog percentage gedode dieren per seizoen) de gunstigste kosten-baten verhouding had, maar zij vroegen zich expliciet af of dergelijke intensieve bestrijding in de praktijk wel haalbaar was. Dat beeld is echter bijgesteld met de in deze studie verzamelde informatie. Na de tussenrapportage van de veldproef muskusratten (Bos *et al.* 2016) is daarom opdracht gegeven is om 'volledige verwijdering' met twee andere voor de hand liggende strategieën van bestrijding onderling te vergelijken op relevante aspecten. De resultaten van deze studie verschijnen in de loop van 2018.

4.4 Aanbevelingen

Bestrijding

Zie de huidige lage populatie niveaus in grote delen van Nederland en in Vlaanderen als het resultaat van een grote investering van mensen en middelen, en een jarenlange opbouw van kennis over de bestrijding. Het in stand houden van de huidige situatie, of het nog verder terugdringen van de muskusratten, vereist competente, professionele bestrijders die goed samenwerken en de juiste middelen tot hun beschikking hebben. Schroef deze capaciteit dus niet ondoordacht terug.

Op grond van de in deze studie verzamelde informatie is het sterk aan te bevelen om volledige verwijdering als strategie te overwegen, en het huidige praktijkdoel van de bestrijding bij te stellen (bij volledige verwijdering nul vangsten per kilometer in het binnenland van Nederland). Stem de organisatie hier op af en zet in op verdere verbetering van de kwaliteit van bestrijding en voldoende omvang van de inspanning. Het is belangrijk om te investeren in maatschappelijk draagvlak, onder meer door transparant kennis en informatie te delen.

Het is nu en in de toekomst noodzakelijk te blijven beschikken over een flexibel team van breed inzetbare buitenmensen, die de kennis in huis hebben om speurbeelden te herkennen, en de juiste vallen op de juiste wijze te plaatsen. Investeer in de competentie van de mensen die betrokken zijn bij de bestrijding, rekening houdend met natuurlijk verloop en taakverbreding. Help hen hun capaciteit ten volle te benutten in een ruimtelijk samenhangende tactiek met hun collega's, door een goede organisatie en aansturing op resultaat.

Ga voort op de reeds ingeslagen weg van innovatie en transparantie. Blijf werken aan sociaal en politiek draagvlak door een transparante informatie voorziening over redenen van bestrijding en de wijze waarop dat gebeurt. Muskusrattenbestrijding is weliswaar een taak van de Waterschappen, maar gaat ook anderen (natuurbeheerders, LTO, provincies, Bij12, NVWA, RIVM, en onze buurlanden) aan. Stimuleer wetenschappelijke interactie over de bevindingen en draag ze uit.

Gewenst onderzoek

Organiseer structurele wetenschappelijke begeleiding bij de bestrijding. Bestrijding is een serieus vak, waar grote belangen spelen en waar veel valt te winnen in termen van draagvlak in de samenleving, arbeidsmotivatie, invulling van kennislacunes, en bedrijfsmatige efficiency. Wetenschappelijk onderzoek draagt daar aan bij.

Mits de goede vragen worden gesteld, kan de kennis die wordt vergaard ook van belang zijn vanuit fundamenteel wetenschappelijk oogpunt en heeft het toegepaste waarde in andere systemen (soortbescherming, beheer van plaagsoorten en productie systemen). Het is daarom logisch om krachten van verschillende partijen (zie boven) hierin te bundelen. Goed onderzoek en verslaglegging in internationale tijdschriften hierover, draagt bij aan de status van Nederland als kennisland op het gebied van waterbeheer.

Het onderzoek moet kennis verdiepen over de sturende processen achter de populatie dynamiek, het begrip van het terreingebruik en de kennis over migratie en dispersie vergroten. Onderzoek draagt zo mogelijk ook praktisch bij aan het efficiënter opsporen en vangen van muskusratten en het kunnen inzetten van uren op de beste plekken. Aanbevolen wordt daarom om

- voort te bouwen op de populatie dynamische modellen en er contrasterende hypothesen mee te testen;
- de inzet van genetische technieken (snippets) en LoRa sensor technologie verder te exploreren, om te begrijpen waar dieren vandaan komen en te voorspellen waar dieren langs zullen trekken;
- de toepassing van eDNA in praktijk te brengen, om fors te besparen op speurtijd;
- andere nieuwe methodes uit te proberen om aanwezigheid van dieren te ontdekken, denk aan beeldherkenning;
- en nieuwe methodes om efficiënter te vangen, te ontwikkelen en te testen.

5 Literatuur

- Akkermans M (2014) Muskrat digging capacity. STOWA, Amersfoort.
- Anonymous (1964) De bestrijding van de Muskusrat (*Ondatra zibethica* L.) in Nederland in het jaar 1963. Plantenziektkundige dienst, Wageningen.
- Anonymous (1965) De bestrijding van de Muskusrat (*Ondatra zibethica* L.) in Nederland in het jaar 1964. Plantenziektkundige Dienst, Wageningen.
- Barends F (2002) The Muskrat (*Ondatra zibethicus*): expansion and control in the Netherlands. *Lutra* 45:97–104.
- Barends F (2007) Bestrijding van Muskusrat en Beverrat. LCCM en TCM, Den Haag
- Bayoumi A, Meguid MA (2011) Wildlife and safety of earthen structures: A review. *J Fail Anal Prev* 11:295–319. doi: 10.1007/s11668-011-9439-y.
- BCM (2006) Gevolgen van graverij door muskusratten en beverratten voor de veiligheid van waterkeringen. DHV, Amersfoort.
- BCM (2007) Preventieve maatregelen tegen graverij van muskusratten en beverratten. DHV, Amersfoort
- Bomford M, O'Brien P (1995) Eradication or control for vertebrate pests. *Wildl Soc Bull* 23:249–255. doi: 10.1002/jwmg.358
- Borgsteede FH., Tibben JH, van der Giessen JW. (2003) The musk rat (*Ondatra zibethicus*) as intermediate host of cestodes in the Netherlands. *Vet Parasitol* 117:29–36. doi: 10.1016/j.vetpar.2003.07.015
- Bos D, E. Klop, Hemert H van, *et al.* (2016) Beheer van Muskusratten in Nederland. Effectiviteit van bestrijding op grond van historie en een grootschalige veldproef. Deel 1 & 2 - Samenvatting en Achtergrondstudies. tussenrapportage. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Bos D, Hollander H, Klop E, Ydenberg RC (2017) Bijvangsten bij de muskusrattenbestrijding. Ontwikkeling tussen 2007 en 2016. *Zoogdier* 28:23–25.
- Bos D, Timmerman F, Ydenberg RC (2016b) Muskusrattenbestrijding tijdens de MKZ-crisis in 2001. *Lutra* 59:33–48.
- Bos D, Tuijl M, van Loon (in voorb.) Technische rapportage "Objectbescherming en analyse ontwikkelingen in de proefuurhokken". A&W-rapport 2462. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden, the Netherlands.
- Bos D, van Belle J, van Wieren S, *et al.* (2010) Naar objectieve schatting van aantallen Muskusratten in Nederland. *Levende Nat.* 111:94–99.
- Bos D, van Loon EE., Ydenberg RC (in prep.). Bio-economic model of Muskrat control in the Netherlands. Bijlage 1 van Gronouwe & Bos (in voorb.).
- Bos D, Ydenberg R (2011) Evaluation of alternative management strategies of muskrat *Ondatra zibethicus* population control using a population model. *Wildlife Biol* 17:143–155. doi: 10.2981/09-115
- Bos D, Ydenberg RC, Hergarden I (2012) Proefopzet veldproef Muskusratten. Unie van Waterschappen, Den Haag.
- Bosma N, Huissink T (2010) Businesscase Muskusrattenbestrijding. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.
- Boutin S, Birkenholz DE (1987) Muskrat and Round-tailed Muskrat. In: Novak M, Baker JA, Obbard ME, Malloch B (eds) *Wild Furbearer Management and Conservation in North America*. Ontario Trappers Association, Toronto, pp 315–325.
- Breit TM, Dekker R, Ootes C (2018) Operationaliseren eDNA technieken voor het opsporen van bever-en muskusratten. Onderdeel 3 – Praktijktoets muskusrat & traceren beverrat. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Bronsveld J, van Poelwijk H, Prudon B (2010) Beverprotocol (Castor fiber) Waterschap Rivierenland. Tiel.
- Burghause F (1996) 40 Jahre Bisam in Rheinland-Pfalz. Die Bedeutung eines eingewanderten Nagers und die Bemühungen, seinen Schaden einzudämmen. *Mainzer Naturwiss Arch* 34:119–138.

- Commissie Muskusrattenbestrijding (1970) Landelijk jaarverslag over de periode maart 1968 t/m februari 1969.
- Commissie Muskusrattenbestrijding (1982) Jaarverslag 1981.
- DAISIE (2009) Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. <http://www.europe-aliens.org>
- Danell K (1996) Introductions of aquatic rodents: Lessons of the muskrat *Ondatra zibethicus* invasion. *Wildlife Biol* 2:213–220.
- de Groot A, Bos D (2018) Pilot genetische analyse van verspreidingspatronen bij muskusratten. Wageningen Environmental Research (WENR), Wageningen.
- Deputy Direction of Nature (2015) *Ondatra zibethicus* risk assesment. EU, Strassbourg.
- Doude van Troostwijk WJ (1976) The Muskrat (*Ondatra zibethicus* L.) in the Netherlands, its ecological aspects and their consequences for man. Rijksuniversiteit Leiden, Leiden.
- Duijns S, Dusseljee S (2004) De populatie dynamica van de Muskusrat (*Ondatra Zibethicus* L.). van Hall Instituut/Wetterskip Fryslân, Leeuwarden/Sneek.
- Errington PL (1963) Muskrat populations. Iowa State University Press, Ames Iowa, USA.
- FACE (2014) Best practices guidelines for trapping of mammals in Europe. *Ondatra zibethicus* 2013/2014. FACE.
- FEMA (2005) Technical Manual for Dam Owners: Impacts of Animals on Earthen Dams. Management Agency (FEMA) and the Association of State Dam Safety Officials.
- Gaaff A, de Gaaff R, Michels R, *et al.* (2007) Economische schade als gevolg van graverij en vraat door Muskusratten. LEI, Den Haag.
- Genovesi P (2006) *Ondatra zibethicus*. <http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet>.
- Gosling LM, Baker SJ (1989) The Eradication of Muskrats and Coypus from Britain. *Biol J Linn Soc* 38:39–51.
- Gronouwe J, Bos D (in voorbereiding) Toekomst van het muskusrattenbeheer in Nederland. De mogelijkheden onderzocht. A&W-rapport 2461. Altenburg & Wymenga/DosPisos, Veenwouden/Rhenen.
- Guldmond JA, den Hollander HJ, van Well EAP, Keuper DDJ (2013) Kosten en baten voor de landbouw van schadesoorten. CLM Onderzoek en Advies, Culemborg.
- Heeres RW, Struij MS (2016) Muskusratten bouwen in oevers. Afstudeerrapport van Hall. Waterschap Zuiderzeeland.
- Heine M, van der Velde G (1978) De Muskusrat in de Ooypolder bij Nijmegen en zijn invloed op de nymphaeide vegetaties. *Levende Nat* 81:122–128.
- Hoffmann M (1958) Die Bisamratte. Ihre Lebensgewohnheiten, Verbreitung, Bekämpfung und Wirtschaftliche Bedeutung. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K. G., Leipzig, Germany.
- Kadlec RH, Pries J, Mustard H (2007) Muskrats (*Ondatra zibethicus*) in treatment wetlands. *Ecol Eng* 29:143–153. doi: 10.1016/j.ecoleng.2006.06.008.
- Kettunen M, Genovesi P, Gollasch S, *et al.* (2009) Technical support to EU strategy on invasive alien species (IAS)-Assessment of the impacts of IAS in Europe and the EU. *Inst Eur Environ Policy* 44.
- Klop E, van der Heide JE, Schoppers E (2011) Bijvangsten muskusrattenbestrijding Trends, oorzaken en maatregelen. Royal Haskoning, Groningen.
- Kluyver HN (1937) De Bisamrat. Versl en Meded van Plantenziektkundige D te Wageningen 85:1–32.
- Kuipers JJ (2005) Invloed grote gravers op taludstabiliteit van bandijken Verantwoording. Waterschap Rivierenland, Tiel.
- Lammertsma DR, Niewold FJJ (2005) Muskusrattenbestrijding in Nederland: een quick scan naar nut noodzaak en alternatieven. Alterra, Wageningen.
- Litjens BEJ (1981) Damage by musk-rats in agriculture. in: Conclusions and recommendations of the working party on the muskrat. Paris.
- Mallach N (1971) Markierungsversuche zur Analyse des Aktionsraums und der Ortsbewegungen des Bisams (*Ondatra zibethica* L.). *Anzeiger für Schädlingsskd Pflanzenschutz Umweltschutz* 9:129–136.
- Matis JH, Kiffe TR (1999) Effects of immigration on some stochastic logistic models: A cumulant truncation analysis. *Theor Popul Biol* 56:139–161.

- Matis JH, Kiffe TR, Hengeveld R (1996) Estimating Parameters for Models From Birth-Death-Migration Abundance Data : Case of Spatio-Temporal Muskrat Spread in the Netherlands. *J Agric Biol Environ Stat* 1:40–59.
- Moens R (1978) Étude bio-écologique du Rat musqué en Belgique. *Parasitica* 34:57–121.
- Pelz (199) Zur Geschichte der Bisambek mpfung Deutschland. *Mitt Biol Bundesanst Land-Forstwirtschaft* 317:219–234.
- PWC (2006) Effectieve en efficiënte bestrijding van de muskusratten in Nederland gebaat bij een landelijke organisatie onder de vlag van de waterschappen. Onderzoek naar de organisatie van de muskusrattenbestrijding in Nederland. Price WaterhouseCoopers, Utrecht.
- Ritzema-Bos J (1917) De Muskusrat, Bisamrat of Ondatra (*Fiber zibethicus* L.). *Tijdschr over Plantenziekten* 23:1–79.
- Robertson PA, Adriaens T, Lambin X, *et al.* (2016) The Large-Scale Removal of Mammalian Invasive Alien Species in Northern Europe. *Pest Manag Sci*. doi: DOI: 10.1002/ps.4224
- Simberloff D (2013) *Invasive species. What everyone needs to know*. Oxford University Press, Oxford
- Skyrienė G (2012) Distribution of invasive muskrats (*Ondatra zibethicus*) and impact on ecosystem. *Ekologija* 58:357–367
- Stemmer B (2017) Bisam und Nutria als Gefahr fuer Grossmuschelbestaende. *Natur NRW* 4:
- Stuyck J (2008) Muskusrattenbestrijding in Vlaanderen. Bevalt de nieuwe aanpak. *Zoogdier* 19:18–19
- TAW (1984) Onderzoek Muskusratten inundatieschade en preventieve maatregelen. Centrum Onderzoek Waterkeringen.
- TAW (1985) De muskusrat en zijn gevaren voor de waterkering. TAW, Delft.
- Thijssse JP (1937) De Muskusrat. *Levende Nat* 41:348–349.
- Triplet P (2015) Triplet, P. 2015 (update – original text 2009). *Ondatra zibethicus* CABI. Invasive Species Compendium. Alien Species Factsheet. In: *Invasive Species Compend*. Wallingford, UK CAB Int. www.cabi.org/isc. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/71816>.
- Uiterwijk M, De Rosa M, Friesema I, *et al.* (2016) Staat van Zoönosen 2015. Bilthoven.
- Ulrich RG, Heckel G, Pelz H-J, *et al.* (2009) Nagetiere und Nagetierassoziierte Krankheitserreger. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 52:352–369. doi: 10.1007/s00103-009-0798-4.
- Unie van Waterschappen (2012) *Handboek Muskus- en Beverrattenbestrijding*. Unie van Waterschappen, Den Haag.
- Unie van Waterschappen (2017a) *Landelijk jaarverslag 2016. Muskus- en beverratten*. Unie van Waterschappen, Den Haag.
- Unie van Waterschappen (2017b) *Gedragscode Wet natuurbescherming voor waterschappen*. Unie van Waterschappen, Den Haag.
- van den Bosch F, Hengeveld R, Metz JAJ (1992) Analyzing the Velocity of Animal Range Expansion. *J Biogeogr* 19:135–150.
- Van der Burg PJJ, Vermaat JE (2017) Waarom verdwijnt waterriet? *Levende Nat* 118:188–192.
- van Koersveld E (1953) De Muskusrat, *Ondatra zibethica* L., in Nederland en zijn bestrijding. *Plantenziektekundige Dienst*, Wageningen.
- van Loon E, Bos D, van Hellenberg Hubar C, Ydenberg R (2017a) A historical perspective on the effects of trapping and controlling the muskrat (*Ondatra zibethicus*) in the Netherlands. *Pest Manag Sci* 73:305–312. doi: 10.1002/ps.4270.
- van Loon EE, Ydenberg RC, Bos D (2017b) Statistical estimation of Musk rat abundance. Altenburg & Wymenga /Universiteit van Amsterdam, Veenwouden/Amsterdam.
- van Vliet F, Lengkeek W (2007) *Alternatieve strategieën voor de bestrijding van muskusratten. Haalbaarheidsstudie en voorbereiding veldexperimenten*. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Verkaik AJ (1990) Onderzoek naar de dispersie van muskusratten *Ondatra zibethicus*. *Lutra* 33:79–80.
- Verkaik AJ (1991) Verspreidings- en verplaatsingspatronen van muskusratten in Flevoland. R.I.N., Arnhem.

- Vermaat JE, Bos B, Van Der Burg P (2016) Why do reed beds decline and fail to re-establish? A case study of Dutch peat lakes. *Freshw Biol* 61:1580–1589. doi: 10.1111/fwb.12801.
- VMM (2010) Ratten op Vlaamse wijze. Vlaamse Milieumaatschappij-VMM, Erembodegem.
- Wijnen (1984) Is de muskusrat schadelijk voor de Nederlandse landbouw? Bennekom.
- Wijngaarden A van (1955) De bestrijding van de muskusrat (*Ondatra zibethica* L) in 1955 - landelijk jaarverslag. Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen.
- Wobeser G, Campbell GD, Dallaire A, McBurney S (2009) Tularemia, plague, yersiniosis, and Tyzzer's disease in wild rodents and lagomorphs in Canada: A review. *Can Vet JOURNAL-REVUE Vet Can* 50:1251–1256.
- Wymenga E (1999) Nije sompen yn "e Alde Feanen. Vegetatie en broedvogels acht jaar na inrichting van nieuwe moerasgebieden. Altenburg & Wymenga bv, Veenwouden.
- Young LS, Bicknell DS, Archer BG, *et al.* (1969) Tularemia Epidemic: Vermont, 1968 — Forty-Seven Cases Linked to Contact with Muskrats. *N Engl J Med* 280:1253–1260.
- Zandberg F, de Jong P, Kraaijeveld-Smit F (2011) Muskusrat. Op alternatieve wijze schade voorkomen. Bont voor Dieren, De Faunabescherming, Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Dieren, Den Haag.

Adres
Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl

