

2025

# FACTOREN BEPALEND BIJ HET OPTREDEN VAN GRAVERIJ DOOR BEVERS

EMIEL NUUS

IN SAMENWERKING MET: WATERSCHAP HUNZE & AA'S, HZ-  
UNIVERSITY



# FACTOREN BEPALEND BIJ HET OPTREDEN VAN GRAVERIJ DOOR BEVERS

Afstudeerproject 1

Leeuwarden

17-01-2025

*In opdracht vanuit Van Hall Larenstein <sup>1</sup>, HZ-University <sup>2</sup> en Waterschap Hunze & Aa's <sup>3</sup>:*

Brenda Boerema <sup>3</sup>

Daan Bos <sup>1</sup>

Danny Janssen <sup>2</sup>

Marc Rothengatter <sup>3</sup>

Vana Tsimopoulou <sup>2</sup>

*Auteur:*

Emiel Nuus<sup>1</sup> 000029770

emiel.nuus@hvhl.nl

Bron voorblad: Het Parool (<https://www.parool.nl/nederland/bevers-krijgen-drijvend-vluchtvlot-zodat-ze-van-de-dijken-afblijven~b393017f/?referrer=https://www.google.com/>)

# Dankwoord

Voorafgaand aan dit rapport wil ik graag enkele mensen bedanken voor hun waardevolle steun bij het mogelijk maken van dit onderzoek. Zonder hun hulp was dit niet gerealiseerd.

Graag wil ik Daan Bos, mijn stagebegeleider vanuit Van Hall, bedanken voor de gesprekken, de feedback en de morele steun tijdens dit afstudeerproject. Voor zover mogelijk stond hij altijd voor mij klaar en gaf hij mij de nodige ondersteuning.

Ook wil ik Danny Janssen en Vana Tsimopoulou vanuit HZ-University bedanken voor het begeleiden, meedenken en het feedback geven op mijn werk. Ik heb onze samenwerking als enorm prettig ervaren en jullie inzichten hebben mij ontzettend geholpen met het ontwikkelen van mijn eindproduct.

Verder wil ik Marc Rothengatter en Brenda Boerema voor het bieden van een fysieke werkplek, mij mee hebben genomen in het werkveld en het geven van feedback. Door deze werkplek en de veldwerkzaamheden is mijn afstudeerperiode een stuk leuker geweest, en heb ik veel meer opgestoken dan wanneer ik de hele dag op mijn kamer naar een beeldscherm had zitten kijken. Ook wil ik hier de andere mensen van het waterschap bedanken voor een blik achter de schermen en het creëren van een leuke werksfeer. Wat had ik graag in aanvulling op dit werk ook nog een goede risico/kansen kaart voor jullie willen maken.

Tot slot wil ik Giel Tielen bedanken voor de veld dag in Limburg waar ik de situatie in Limburg mocht meemaken, en het uitwisselen van kennis. En mijn moeder voor het geven van mentale steun en het verbeteren van mijn Nederlands.

Iedereen bedankt en veel leesplezier toegewenst.

# Samenvatting

Van oudsher is de bever aanwezig in Europa, echter door overbejaging waren er in het begin van de 20e eeuw slechts acht kleine populaties over verspreid in Europa met in totaal ongeveer 1200 bevers.

Inmiddels is de bever weer in opmars en dit geldt ook voor de beverpopulatie in Nederland die in 2023 tussen de 5000-6000 individuen zat. Hoewel de bever veel positieve aspecten met zich meebrengt, zijn er ook negatieve gevolgen aan de bever die niet onderschat moeten worden. Vraat- nat- en graafschade zijn de drie types schade die in Nederland kunnen zorgen voor overlast. Van deze drie heeft graafschade het grootste risico op de waterveiligheid. Graverijen in waterkeringen kunnen de dijk verzwakken, hetgeen kan leiden tot bezwijken van de dijk, met alle gevolgen van dien. Het opsporen van bevergraverij is een uitdaging, omdat de ingangen van oeverholten zich onder water bevinden. Daarom is het van belang om meer te weten te komen over de habitatvoorkeuren van de bever zodat er op de juiste manier, beverpreventie kan plaatsvinden. Hier zijn nog geen kwantitatieve onderzoeken naar gedaan.

Om dit vast te stellen is een inventarisatie gedaan van alle (bekende) gevallen van graverij binnen het beheersgebied van waterschap Hunze & Aa's. Hierbij zijn ook een aantal omgevingsfactoren meegenomen, zoals de aanwezigheid van houtige vegetatie, water, beverwerende maatregelen, bebouwing, verkeersinfrastructuur, en de drooglegging. Volgens literatuur en experts kunnen deze factoren mogelijk het graafgedrag van bevers beïnvloeden. Vervolgens is een logistische regressie gedaan om te kijken wat voor effect deze omgevingsfactoren hebben op het optreden van graverij. Uit deze analyse blijkt dat de aanwezigheid van hout, de grondsoorten veen en moerige op zand, de aanwezigheid van bebouwing en verkeersinfrastructuur, het dekkingspercentage hout, het dekkingspercentage bebouwing, de locatie en de drooglegging allemaal een positieve significante impact hebben op de kans op bevergraverij. Dit suggereert in eerste instantie dat deze factoren allemaal een positief lineair verband hebben. Echter is gebleken dat deze relaties een stuk gecompliceerder liggen dan het model suggereert. Deze relaties konden tijdens dit onderzoek niet met zekerheid vastgesteld worden, vanwege de lastig te interpreteren en fluctuerende lijnen en grote foutmarges. Daarom is het van belang dat de relatie van deze factoren met de kans op graverij verder onderzocht wordt.

## Inhoud

Dankwoord .....	2
Samenvatting.....	3
Context en Aanleiding.....	5
Aanleiding .....	5
De bever .....	5
Situatie in Nederland .....	6
Risico's.....	7
Probleem.....	8
Onderzoeksgebied .....	9
Vraag.....	11
Doel .....	11
Materiaal en Methode.....	11
Omgevingsfactoren.....	11
Data preparatie.....	14
Analyse .....	19
Resultaten .....	20
Gevalen van graverij .....	20
Beschrijving van de gebruikte dataset .....	21
Discussie .....	28
Conclusie en Aanbevelingen .....	30
Literatuur .....	32
Bijlage A.....	38
Bijlage B.....	42
Bijlage C.....	43
Bijlage D.....	44

# Context en Aanleiding

## Aanleiding

Dit onderzoek naar graverij door bevers wordt uitgevoerd in opdracht van HZ-University en waterschap Hunze & Aa's binnen het project "Dieren in de dijk". In dit project wordt onderzoek gedaan om de risico's en schade aan dijken door dieren te beperken. Ook ontwikkelen en beoordelen onderzoekers afschrikking-, detectie- en monitoringsmethoden. Hiermee zorgen onderzoekers voor meer wetenschappelijke kennis over het probleem met de bedoeling oplossingen te bieden voor beheerders. Het onderzoeksgebied is gekozen op basis van praktische overwegingen. De groeiende beverpopulatie maakt het mogelijk om selectief habitatgebruik te bestuderen, wat het gebied representatief maakt voor de habitatvoorkeuren van bevers.

## De bever

### ***Verspreiding en historie***

De bever (*Castor fiber*) was ooit overal in Europa en Azië te vinden, hier bezette hij bosgebieden en beboste rivierdalen die reikten tot in de toendra- en steppegebieden. Echter werd, in de meeste landen, de laatste bevers in de 19e eeuw gedood. Aan het begin van de 20e eeuw waren er slechts acht kleine populaties over met in totaal ongeveer 1200 bevers.

De grootste oorzaak van het verdwijnen van de bever was overbejaging. Bevers zijn gemakkelijk op te sporen, vooral in de herfst wanneer ze bomen om knagen en hun burchten, dammen repareren en voedselvoorraden opbouwen, of tijdens de winter als er ijs ligt. De bever werd voornamelijk bejaagd voor zijn vacht, zijn geurklieren (castoreum, gebruikt als medicijn en in parfum) en zijn vlees (Zharkov and Sokolov, 1967; Djoshkin and Safonov, 1972, geciteerd in Nolet & Rosell, 1998).

Inmiddels is de bever weer in opmars. De status van de bever was in 2016 volgens de IUCN index aangegeven als "Least Concern" terwijl dit in 2002 nog "Near Threatened" was. Volgens de IUCN is de populatie zich goed aan het herstellen dankzij de natuurbeschermingsprojecten die gaande zijn in Europa. Ook wordt voorspeld dat de populatie goed instant zal blijven door deze projecten (Batbold et al., 2021).

### ***"ecosystem engineer"***

De bever is een semi-aquatisch zoogdier, wat duidelijk blijkt uit zijn uiterlijk. Zo heeft hij een waterbestendige vacht die varieert van grijs tot donkerbruin, vijf-tenige poten met zwemvliezen aan de achterpoten, kleine oren en een grote platte staart (De Zoogdierverseniging, z.d.).

Bevers zijn in staat om hun leefomgeving te veranderen door het bouwen van dammen, burchten en plassen. De bever is tevens ook het enige zoogdier die een dusdanig breed scala aan constructiegedrag vertoont (Żurowski, 1992). Ze creëren hiermee een habitat met diep, langzaam stromend water, wat ze nodig hebben om de ingangen van hun burchten/holen onderwater te houden en om een winter voedselvoorraad op te slaan (Collen & Gibson, 2001).

Mede hierdoor staat de bever veelal bekend als een "ecosystem-engineer" (Jones et al., 1994). Beveractiviteiten leiden tot veranderingen die onder andere: de geomorfologie en hydrologie van de waterloop veranderen, de retentie van sediment en organisch materiaal vergroten, de nutriëntencyclus en afbraakdynamiek veranderen door bodems te bevochtigen en het hydrologische regime te veranderen en anaerobe zones in bodems en sedimenten te creëren (Naiman et al., 1986).



Naast de hydrologische en geomorfologische eigenschappen waar de bever invloed op heeft, is hij ook in staat om ecologische omstandigheden te veranderen. Door overstromingen, als gevolg van het bouwen van dammen, sterven de meeste houtige plantensoorten en ontstaat er moeras. Bevers creëren open plekken in oeverbossen en kunnen de soortenspreiding van bomen beïnvloeden door bomen te vellen. Positieve effecten zijn onder meer het ontstaan van habitat voor bepaalde vissoorten en voor dieren die de voorkeur geven aan vijvers en moerassen (Collen & Gibson, 2001).

## Situatie in Nederland

### **Geschiedenis in Nederland**

Ook in Nederland is de bever door overbejaging in het begin van de negentiende eeuw uitgeroeid (Wijngaarden & Ouderaa, 1983). In de jaren 50 waren al discussies ontstaan over de kansen van een herintroductie van de bever in Nederland. Hierin kwamen de Biesbosch, de Gelderse Poort, het Beerzedal, het dal van de Drentse Aa, het Leudal, de Weerribben en de Wieden, de Rottige Meenthe, de Oude Venen, het Lauwersmeergebied, de Oostvaardersplassen, verschillende plassen in Holland en Utrecht, de Duurse Waarden en gebieden in Zeeland ter sprake als potentiële leefgebieden voor de bever (Kurstjens & Niewold, 2011). In 1985 gaf de Nederlandse overheid toestemming om de bever te herintroduceren in de Biesbosch, onder voorwaarde dat de bever streng gemonitord werd (Sluiter, 2003).

In totaal zijn er in Nederland 144 bevers op verschillende plekken in Nederland uitgezet tussen 1988 en 2008, waaronder in de Drentsche Aa in 2008. Daarnaast zijn er in deze periode ook zeker 19 bevers via de Roer en de Maas het land binnengekomen (Kurstjens & Niewold, 2011).

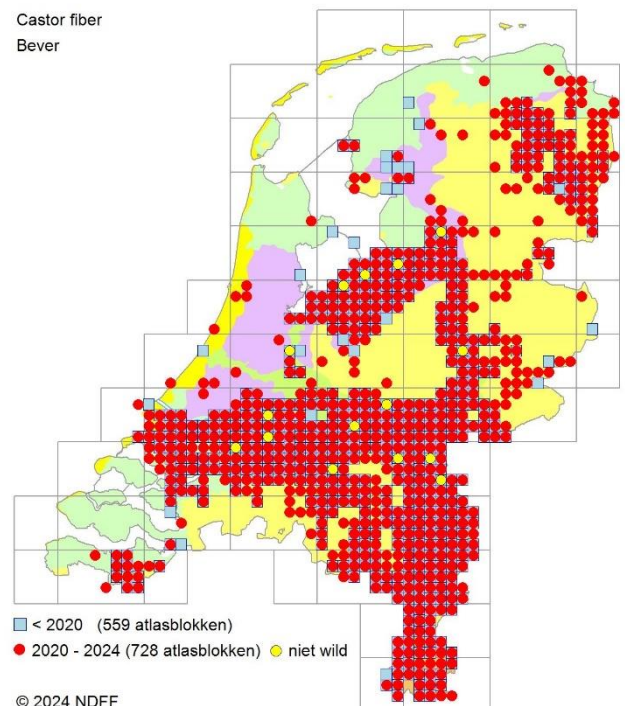
### **Huidige stand van zaken in Nederland**

Inmiddels is de bever al in duizendtallen aanwezig in Nederland. Zo werd er geschat dat de beverpopulatie in 2023 uitgegroeid was naar 5000-6000 aantallen (Seljee et al., 2023). Inmiddels zijn bevers dan ook aanwezig in alle provincies (figuur 1). De mate waarin de bever aanwezig is, verschilt echter per provincie. In Limburg waren in 2017 alle geschikte leefgebieden bezet (Faunabeheereenheid Limburg, 2017), terwijl in Friesland in 2023 pas de derde gevestigde bever werd gesignaleerd (Seljee et al., 2023).

Als initiatief van Het Groninger- en Drentse Landschap zijn in de periode 2008-2009 zeventien bevers uitgezet langs de Hunze en het Zuidlaardermeer. Dit gebeurde met als doel een levensvatbare populatie in Noord-Nederland te creëren. In 2010 zijn voor het eerst in eeuwen beverjongen waargenomen (Stichting Natuurplatform regio Drentsche Aa, z.d.) Binnen het Waterschap Hunze & Aa's wordt er geschat dat het aantal bevers tegen de 500 individuen aanligt (M. Rothengatter & B. Boerema, persoonlijke communicatie, z.d.).

### **Conflicten**

Bevers zijn in grote aantallen aanwezig. Dit betekent dat hun impact niet alleen zichtbaar is in de



Figuur 1 Verspreidingskaart van de bever in 2021 (bron: verspreidingsatlas.nl).

natuurgebieden waar ze zijn uitgezet, maar ook daarbuiten. Hoewel bevers veel positieve effecten hebben, leidt hun natuurlijke gedrag ook tot conflicten.

## Risico's

### **Type schades**

In het rapport van Van Dorst et al. (2024) worden de volgende drie types schade beschreven

1. Natschade: door het bouwen van dammen en het dichtstoppen van duikers ontstaan er problemen in de aan- en afvoer van water;
2. Graafschade: door het graven van holen en burchten in waterkeringen, onder constructies, onder onderhouds- en fietspaden of onder wegen;
3. Vraatschade: schade aan gewassen die bevers eten (bomen, struiken en land-, tuin- en bosbouwgewassen). Dit kunnen monumentale bomen zijn of laanbomen die op wegen vallen.

Met name graafschade kan in de lage delen van Nederland, een dichtbevolkt land met veel polders, voor enorme problemen zorgen als er niet de juiste maatregelen genomen worden om dit soort schade te voorkomen/mitigeren. Bevers kunnen namelijk veel invloed uitoefenen op waterkeringen (Van den Berg, 2022). Zo zorgen gaten in de dijken voor verzwakking waardoor dijken minder goed water kunnen tegenhouden en zelfs kunnen bezwijken. Ook kunnen gaten onder infrastructuur zorgen voor ongevallen (Van Dorst et al., 2024).

Om problemen door graverij zoveel mogelijk te minimaliseren, is het van belang dat er zoveel mogelijk over het graaf gedrag en de voorkeuren van bevers bekend wordt. Dit zal gaan helpen om beter te begrijpen en voorspellen waar en onder welke omstandigheden de kans op graverij groter is. Dit kan volgens Martin (1998) zorgen voor een grotere kans op het succes van populatie beheer programma's, die kunnen leiden tot het tot stand brengen van een duurzame samenleving tussen de mens en bever. Daarnaast zorgt het voor het verminderen van de negatieve effecten zoals veiligheidsrisico's en eventuele kosten zoals herstelkosten, schade vergoeding etc.

### **Risico-inventarisatie**

Om een beter overzicht te creëren van waterkeringen die kwetsbaar zijn voor bevergraverij, zijn er voor verschillende regio's/waterschappen risicoanalyses gemaakt. Het doel van dergelijke analyses was om gebieden in kaart te brengen waar de bever mogelijk graafschade kan aanrichten. Dit werd gebaseerd op de ecologie van de bever, en in welke gebieden dit een groot risico was. Hierin is risico gedefinieerd als kans x impact. Hoe hoger de kans op graafschade en hoe groter de impact van deze schade, hoe groter het risico wordt gedefinieerd. Via deze methode heeft Van de Wouw (2023) een risicoanalyse gemaakt om de kwetsbaarheid van keringen binnen de provincie Fryslân te bepalen. Ook heeft Van Dorst et al. (2024) hetzelfde gedaan voor de kanalen van Rijkswaterstaat in Limburg en Noord-Brabant voor zowel bevers als dassen.

In deze risicoanalyses zijn aannames gedaan over de kans op graverij door de bever in specifieke, kwetsbare gebieden, zoals keringen en dijken. Deze voorspellingen zijn gebaseerd op buitenlandse literatuur en expertkennis. Echter zijn deze voorspellingen niet statistisch getest. Hierdoor is tot op zekere hoogte onzeker hoe sterk en betrouwbaar deze voorspellingen zijn.



## **Beverbeheer**

Goed beverbeheer, rust op vier pijlers (Bos et al., 2020; Kurstjens & Niewold, 2011). Preventie is één van die pijlers en kan zowel plaatsvinden naar aanleiding van een risico-inventarisatie als bij al aanwezige schade. Afhankelijk van het type schade wat een bever aanricht, kunnen er verschillende maatregelen worden getroffen.

Graafschade kan worden voorkomen door het ongeschikt maken van het gebied door middel van het plaatsen van een damwand, gaas of stenen. Ook kan de oever verlaagd of verflauwd worden. Wanneer een bever al heeft gegraven, zal het hol opgegraven en gedicht moeten worden, waarvoor ontheffing moet worden aangevraagd. Verder wordt aangeraden de bever een alternatieve locatie te bieden. Bij ernstige conflicten kan de bever gedood worden, maar dit is alleen toegestaan als uit een escalatieladder blijkt dat minder ingrijpende maatregelen technisch niet mogelijk zijn of de kosten onevenredig oplopen (Kenniscentrum Bever, z.d.). Er wordt pas over schade gesproken als de bever op ongewenste plaatsen graaft, knaagt of dammen bouwt (Bos et al., 2020).

Natschade komt in de meeste gevallen door het plaatsen van dammen of het verstoppert van duikers en gemalen. In het geval van een dam kan het probleem preventief opgelost worden door grondverwerving, het verlagen van de dam of het verlagen van de waterbodem. In uiterste gevallen kan dit opgelost worden door de dam te verwijderen. Preventieve maatregelen zoals het plaatsen van schrikdraad blijkt niet altijd effectief, vaak weten bevers alsnog het schrikdraad te omzeilen (Bos et al., 2020; Kenniscentrum Bever, z.d.). Ook het weghalen van houtige vegetatie is geen garantie, omdat bevers in staat zijn om andere bouwmaterialen te gebruiken zoals te zien is in figuur 2 (eigen observatie).

Vraatschade is tot nu toe in Nederland nog maar op beperkte schaal opgetreden. Hierbij is het duurste conflict vraat aan landbouw, zoals fruitboomgaarden en gewassen zoals suikerbieten (Bos et al., 2020). Maatregelen hiertegen hebben vooral betrekking op het afweren van bevers door het plaatsen van gaas, rasters, schrikdraad of vraat-werend middel (Bos et al., 2020; Kenniscentrum Bever, z.d.).



*Figuur 2 Beverdam bestaande uit hoog gras en riet (09-2024).*

## **Probleem**

Hoewel de bever al sinds 1988 in Nederland zit (Dijkstra & Hollander, 2016), is het tot nu toe lastig om buiten het riviergebied te voorspellen waar een bever zich gaat vestigen. Vooral graverij is een probleem voor organisaties die infrastructuur beheren zoals de Waterschappen, ProRail, gemeentes, etc. omdat dit naast economische schade ook zorgt voor veiligheidsrisico's.

In de pers (Noorel, 2024) krijgt graverij door bevers aandacht vanwege aansprekende of belangwekkende incidenten, maar een feitelijk overzicht van de mate waarin het optreedt, is niet openbaar beschikbaar. Dit maakt het moeilijk voor beleidsmakers om de urgentie op dezelfde manier in te schatten als mensen uit de praktijk, die het probleem momenteel ervaren.

Onderdeel van het probleem is dat het lastig is om te voorspellen en inspecteren waar een bever gaat graven. Zo is het detecteren van graverij door bevers ingewikkeld, omdat de ingangen van holen zich onderwater begeven en dus niet zichtbaar zijn vanaf de talud (Van den Berg, 2022).

Hoewel er veel onderzoek is gedaan om het vestigingsgedrag van bevers te voorspellen, waaronder Graham et al. (2020) en Huysentruyt et al. (2020), houden deze onderzoeken zich maar zijdelings bezig met de kans op het optreden van graverij, vinden deze onderzoeken plaats in het buitenland of doen ze uitspraken die alleen gebaseerd zijn op bestaande literatuur.

Daarom is in dit onderzoek op een kwantitatieve manier onderzocht welke terreinkenmerken het graafgedrag van bevers beïnvloeden. In deze studie is gekeken naar drie terreinkenmerken: de aanwezigheid van houtige vegetatie, bodemsoort, drooglegging. Graafwerende maatregelen komen zijdelings aan de orde, doordat er nu nog maar in beperkte mate graafwerend-gaas ligt ( $\approx 2$ km) en er ook nog maar een klein aantal bevers zijn weggevangen (10 a 11) (M. Rothengatter & B. Boerema, persoonlijke communicatie, z.d.). De kwantitatieve kennis die op deze manier wordt verzameld over deze verbanden, kan vervolgens worden ingezet om toekomstige en bestaande risicoanalyses te verbeteren en de betrouwbaarheid daarvan te vergroten.

## Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied omvat het beheergebied van Waterschap Hunze & Aa's (zie figuur 3). Dit gebied heeft een oppervlakte van ongeveer 207.000 ha met daarin ongeveer een lengte van 3630 km aan sloten kanalen en beken, en 1.470km aan kades (Waterschap Hunze en Aa's, 2022). Het gebied loopt noordelijk ongeveer tot en met Delfzijl. Het meest zuidelijke punt ligt iets voorbij Emmen, ongeveer ter hoogte van Klazienaveen.

Binnen het onderzoeksgebied wordt geschat dat het aantal bevers in 2024 tegen de 500 individuen aanloopt (M. Rothengatter & B. Boerema, persoonlijke communicatie, z.d.). Deze bevers zijn echter niet overal welkom in het gebied. Het onderzoeksgebied bevat een 'bever-groot-risico' gebied (rode zone), ongeveer ter hoogte van Groningen (figuur 5) (Waterschap Hunze en Aa's, 2024b). Binnen deze zone wordt een nulstand gehandhaafd, wat betekent dat bevers zich niet in dit gebied mogen begeven. De reden dat bevers niet welkom zijn in deze gebieden, heeft te maken met het feit dat hun aanwezigheid leidt tot risico op calamiteiten. Dit komt omdat in dit gebied kwetsbare keringen in laaggelegen gebieden aanwezig zijn (figuur 4), waardoor het bezwijken van een waterkering direct leidt tot grote problemen. Er zijn uit dit gebied sinds 2018 ongeveer 10 bevers weggevangen (M. Rothengatter & B. Boerema, persoonlijke communicatie, z.d.). In de andere zones (groen en geel) zijn bevers wel welkom. Om schade aan kwetsbare waterkeringen te voorkomen buiten het bever-risicogebied, wordt er op een aantal plaatsen graafwerend gaas aangelegd. Dit is nu nog een beperkte lengte, ongeveer 2km (M. Rothengatter & B. Boerema, persoonlijke communicatie, z.d.).

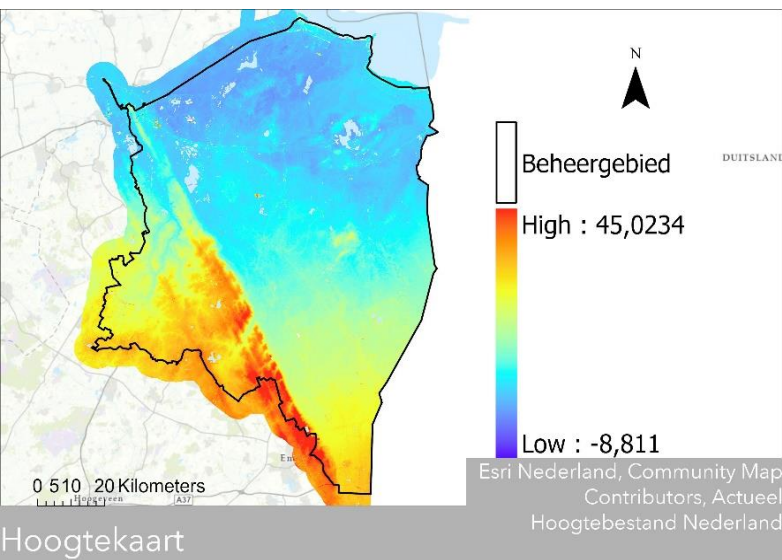
Momenteel worden bevers die zich in risicogebieden bevinden weggevangen en elders uitgezet, als onderdeel van het huidige beverbeheerplan. Echter zijn de gebieden waar bevers uitgezet kunnen worden, nog maar in beperkte mate beschikbaar. Hierdoor zou in de toekomst populatiebeheer door middel van doden van noodzaak zijn (Bos et al., 2020).

De waterwegen bestaan uit sloten, kanalen en beken en bevat dus geen grote rivieren. Het terrestrische landschap langs de waterwegen is een variatie van voornamelijk landbouw, agrarische graslanden, struwelen en diverse natuurgebieden.

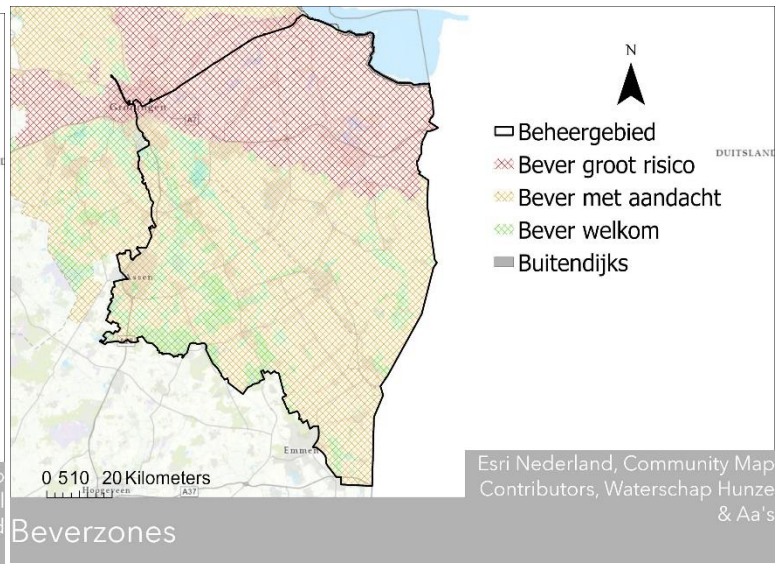
De reden dat dit gebied als onderzoeksgebied is gekozen, is een praktische keuze geweest, gerelateerd aan reistijd en nabijheid. De verwachting is echter dat dit gebied voldoende representatief is voor dit onderzoek. De groeiende beverpopulatie maakt het mogelijk om selectief habitatgebruik te bestuderen, wat het gebied representatief maakt voor de habitatvoorkeuren van bevers.



Figuur 3 Kaart met het beheergebied van waterschap Hunze & Aa's.



Figuur 4 Een hoogtekaart van het onderzoeksbied.



Figuur 5 Een kaart met de verschillende beverzones uit het beverbeheerplan van Groningen en Drenthe.

## Vraag

### **Hoofdvraag:**

- Hoeveel gevallen van graverij hebben er, sinds het vastleggen van beverdata is begonnen in Drenthe, plaatsgevonden en welke factoren zijn bepalend bij het optreden van graverij door de bever in de Hunze & Aa's?

### **Sub-vragen:**

- Hoe vaak is er sinds het uitzetten van de bever in Drenthe sprake geweest van graverij in oevers of keringen?
- Welke factoren hebben de grootste invloed op de keuze van een graaflocatie en hoe sterk zijn de verbanden?
- Waar liggen de gebieden waar de kans op graverij hoog, resp. laag is?
- Waar liggen deze gebieden t.o.v. de gekozen bever risicozones in het beheergebied van Hunze en Aa's?

### **Hypothese:**

- Er zal een grotere kans op graverij zijn bij aanwezigheid van houtige vegetatie (Graham et al., 2020).
- Er zal een grotere kans op graverij zijn bij aanwezigheid van een steile oever (Żurowski, 1992)/ de kans op graverij zal tot op zekere hoogte toenemen naarmate de drooglegging hoger wordt.
- Er zal een grotere kans op graverij zijn bij aanwezigheid van een stevigere grondsoort zoals klei (Ulevičius et al., 2009).
- Er zal een kleinere kans zijn op graverij bij aanwezigheid van beverbeheer
- Bebouwing en verkeersinfrastructuur zal geen significant effect hebben op de kans op bevergraverij

## Doel

Het doel van dit onderzoek was om vast te stellen hoeveel gevallen van graverij er hebben plaatsgevonden in het Hunze en Aa's-beheergebied en welke factoren bepalend zijn voor de graaflocatiekeuze van bevers. Verder streeft dit onderzoek ernaar in kaart te brengen waar deze factoren, die van invloed zijn op graverij, zich bevinden binnen het beheergebied. Deze informatie kan bijdragen aan het scherper identificeren van risicozones.

## Materiaal en Methode

### Omgevingsfactoren

Met data is het effect van omgevingsfactoren op het optreden van graverij getest. Dit is gedaan aan de hand van een logistische regressie/binomial glm, vergelijkbaar met de opzet van Meisinger et al. (2014). Hierin worden de graaflocaties als afhankelijke variabele behandeld en de omgevingsfactoren als onafhankelijk. De kenmerken nabij bestaande graaflocaties worden vergeleken met de controlelocaties waar geen graverij is opgetreden. De variabelen die binnen deze 2 gebieden getest worden zijn hieronder in meer detail beschreven. Om ruimtelijke afhankelijkheid te minimaliseren is er voor gekozen om alle punten op minimaal 100m afstand van elkaar te laten liggen. Locaties die niet aan deze eisen voldeden zijn niet meegenomen in dit onderzoek. 100m is een praktische keuze geweest en daardoor is het mogelijk dat dit niet de



meest gepaste afstand is voor ruimtelijke onafhankelijkheid in dit onderzoek. Met deze 2 soorten locaties is vergeleken welke omgevingsfactoren aanwezig zijn en vormen hierdoor de basis van de analyse. Deze locaties zijn gegeneerd op basis van de bevergeschiktheidskaart. Per zone zijn er 161 locaties gegeneerd.

De afgelopen decennia heeft er, naar aanleiding van de herintroductie van de bever in Europa, in veel verschillende landen onderzoek plaatsgevonden over de habitatsvoorkeuren van de bever. Op basis hiervan en in overleg met experts is ervoor gekozen om de volgende factoren mee te nemen in de analyse:

#### *Grondsoort:*

Een onderzoek van Ulevičius et al. (2009) suggereert dat grond met een hardere kleisamenstelling beter resistent is tegen graverij van een bever dan een lichte turfachtige samenstelling. Ook blijkt dat bevers eerder oevers kiezen met slibgrond en op andere substraten minder te vinden zijn (Pinto et al., 2009). Hierom is besloten grondsoort mee te nemen in het onderzoek.

Voor het bepalen van de grondsoort is de Grondsoortenkaart gebruikt (Wageningen Environmental Research, 2006). Deze kaart geeft tot ongeveer 1,2m diep aan welk bodemtype zich waar bevindt. Ook is er gekeken naar de bodemkaart uit 2014 aangezien deze nauwkeuriger is. Echter is besloten dat deze teveel grondsoorten bevatte in vergelijking met het aantal waarnemingen.

#### *Houtige vegetatie:*

In Zwolicki et al. (2019) wordt genoemd dat bevers voorkeur gaven aan leefgebieden met een hoge beschikbaarheid aan houtige vegetatie. De aanwezigheid loofvegetatie bleek uit het onderzoek van Pinto et al. (2009) als de belangrijkste factor van beveraanzwering. Dit wordt ondersteund door het artikel van Graham et al. (2020). Hierin wordt loofbos, op basis van relevante literatuur, beschouwd als het optimaal leefgebied van de bever. Daarom wordt er in deze analyse gekeken naar de aanwezigheid en het dekkingspercentage van houtige vegetatie binnen 100m van de graaf en controlelocaties.

Voor het vaststellen van houtige vegetatie is de LGN 2023 kaart gebruikt (Wageningen Environmental Research, 2023); de LGN 2023 kaart is makkelijk toegankelijk en komt vaak terug in andere onderzoeken/rapportages. Er is nog gekeken naar alternatieven zoals de "OpenBomenKaart". Dit is een kaart samengesteld door vrijwilligers die individuele bomensoorten en struikgewassen aangeeft. Dit is misschien een goede mogelijkheid om met hoge nauwkeurigheid (per soort) te kijken naar de aanwezige vegetatie, echter is het onbekend hoe deze kaart opgevraagd moet worden. Ook is gekeken naar "SmallWoodyFeatures". Deze kaart is ook makkelijk te verkrijgen en is gebruikt in een vergelijkbaar onderzoek naar bevers van Seljee et al. (2023). Het nadeel van deze dataset is dat het komt uit 2018 waardoor hij inmiddels al 6 jaar oud is. Uit een korte check blijkt dan ook dat de data is verouderd. Hoewel er gewerkt wordt aan een vernieuwde versie is deze niet vrijgekomen tijdens het onderzoek.

#### *Meldpunten:*

Via het waterschap is de bevermeldingen kaart (Waterschap Hunze en Aa's, 2024a) voor dit onderzoek vrijgemaakt. Deze data bestaat uit veldwaarnemingen gedaan door muskusrattenbestrijders van het waterschap vanaf 2018 tot op heden. Dit is gebruikt voor het vaststellen van bestaande graaflocaties en burchten. Deze waarnemingen bevatten ook het jaartal waarin ze gedaan zijn, waardoor jaartal ook eventueel meegenomen kon worden. Het is belangrijk om te noemen dat hoogstwaarschijnlijk niet alle oeverholten en burchten binnen het

gebied gevonden of geregistreerd zijn. De eerste prioriteit van het waterschap is waterveiligheid. Dus worden niet alle gebieden met de zelfde intensiteit gemonitord. Dit zorgt ervoor dat er een onbekend aantal gevallen van graverij ontbreekt aan de dataset en dat observaties deels ook locatie gebonden kunnen zijn. Naast de locaties met bekende graverij en burchten bevat deze dataset ook locaties van beverdammen, dichtgestopte duikers en overige sporen.

#### *Drooglegging:*

Drooglegging dient hier als proxy voor oeversteilheid, wat wordt benoemd als een belangrijke omgevingsfactor in (Żurowski, 1992).

Hierin wordt genoemd dat bevers alleen graven in oevers wanneer deze steil genoeg zijn. Omdat er geen geschikte data is gevonden voor oeversteilheid, is besloten dat drooglegging als alternatief te nemen. Drooglegging nabij de oevers is ook van belang voor een bever, aangezien de kamers van een oeverhol/burcht droog moeten blijven (Wilsson, 1971). Drooglegging wordt hier gedefinieerd als de afstand tussen het gehanteerde waterpeil en het maaiveld.

Omdat er tijdens het onderzoek geen geschikte kaart is gevonden, waarop de eigenschappen van de oevers gevonden is, is ervoor gekozen om de drooglegging te gebruiken als vervanging van de oeversteilheid. Drooglegging is de afstand van het waterpeil tot het maaiveld. Hier is alleen gekeken naar het winterpeil aangezien bevers meer bouw activiteit tonen in de herfst als voorbereiding op de winter (Djoshkin and Safonov, 1972, geciteerd in Nolet & Rosell, 1998). Hiervoor is de Droogleggingskaart van het waterschap gebruikt (Waterschap Hunze en Aa's, 2024c).

#### *Bebouwing en verkeersinfrastructuur:*

Omdat bleek uit het Gis analyse dat bevers in sommige gevallen best dicht op bebouwing en verkeersinfrastructuur zitten, is besloten om de aanwezigheid van bebouwing en verkeersinfrastructuur binnen 100m mee te nemen, om te kijken of dit ook invloed heeft op het optreden van graverij.

Ook is de LGN 2023 (Wageningen Environmental Research, 2023) kaart gebruikt om de bebouwing en verkeersinfrastructuur in het onderzoeksgebied in kaart te brengen. Hierbij wordt gekeken op een schaal van 100m rondom de punten, en 20m van de oever af. De 100m is in dit geval gekozen in verband met de onafhankelijkheidseisen om zo veel mogelijk overlap te voorkomen en de 20 van de oever af is gebaseerd op Svanholm Pejstrup et al. (2023) waaruit bleek het meeste foerageer gedrag van de bever zich binnen 20m van de oever begaf.

#### *Beverpreventie:*

Beverpreventiemaatregelen zoals gaas, damwanden en dagelijks beheer, kunnen de kans op graverij beperken (Van den Berg, 2022). Daarom is er voor gekozen om dit mee te nemen in de analyse. Dit bestaat uit 2 kaarten die samengevoegd worden om de beverpreventie in kaart te brengen. De rode zones/nul zones, dit zijn zones uit het beverbeheerplan waarin bevers niet welkom zijn (Waterschap Hunze en Aa's, 2024b), en het graafwerend-gaas (Waterschap Hunze en Aa's, 2024d).

#### *Waterlopen:*

Tot slot is de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) kaart (Kadaster, 2017) gebruikt om alle waterlopen binnen het onderzoeksgebied in kaart te brengen. De aanwezigheid van water is hier als het ware als ingangseis gebruikt, omdat alle bestaande gevallen van graverij nabij water liggen. Daarom zijn de controlelocaties, die vergeleken worden met de bestaande graverij locaties, gegenereerd zijn langs de oevers. Helaas bevatte deze kaart niet de eigenschappen van de waterloop en zijn deze binnen de beschikbare tijd ook niet gevonden.



## Data preparatie

In tabel 1 staat kort weergegeven voor elke parameter, welke kaartbron hiervoor is gebruikt, en op welke schaal deze parameter in ArcGis geoperationaliseerd is.

Tabel 1 Overzicht van de parameters in ArcGis, de bron en op welke schaal deze parameters geoperationaliseerd zijn.

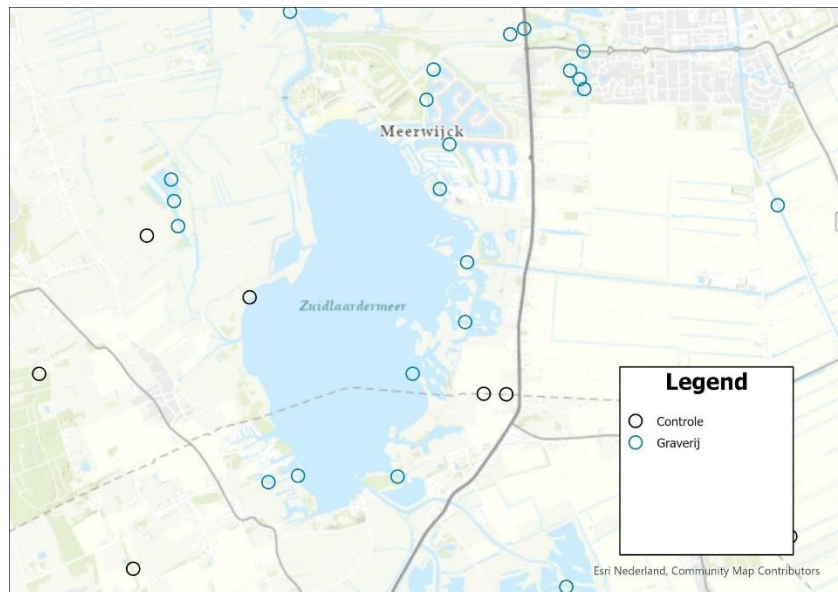
Parameter	Kaartbron	Geoperationaliseerde schaal	Bron
Houtige vegetatie	LGN 2023	100m	(Wageningen Environmental Research, 2023)
Bebouwing en verkeersinfrastructuur	LGN 2023	100m	(Wageningen Environmental Research, 2023)
Graverij	Bevermeldingen (H&A)	Punt	(Waterschap Hunze en Aa's, 2024a)
Grondsoort	Grondsoorten 2006	Punt	(Wageningen Environmental Research, 2006)
Bever-werende maatregelen	Rode zones + graafwerend-gaas	20m	(Waterschap Hunze en Aa's, 2024b)
Waterlopen	Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT)	-	(Kadaster, 2017)
Drooglegging	Drooglegging kaart (H&A)	8m	(Waterschap Hunze en Aa's, 2024c)

## Verwerking in Gis

### Graverij en controlelocaties:

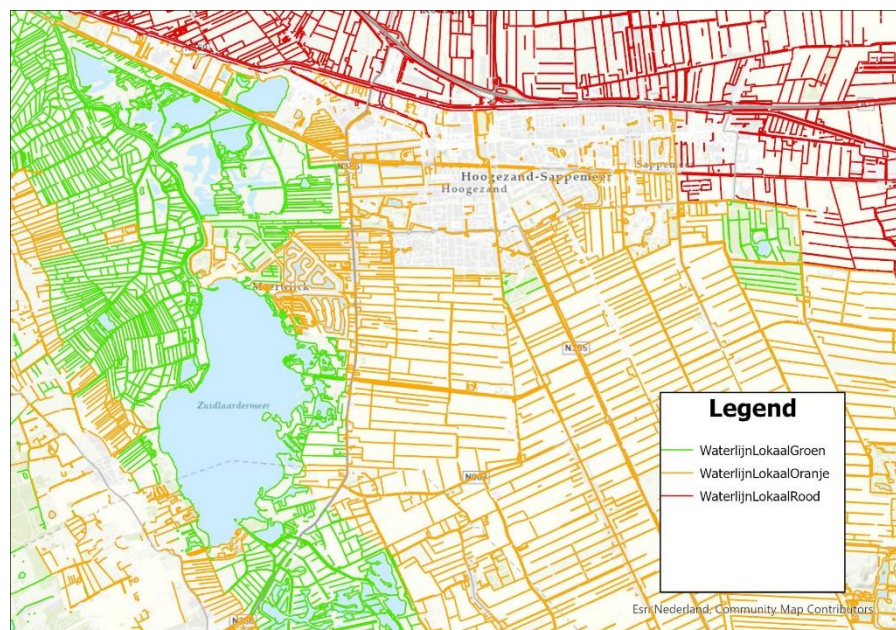
Allereerst waren er een aantal locaties die buiten het onderzoeksgebied lagen, deze zijn verwijderd met de clip tool. Vervolgens zijn alleen de locaties van oeverhol en burcht geselecteerd, en hernoemd tot graaflocatie.

Daarbinnen is een selectie gemaakt van graaflocaties die ruimtelijk minder afhankelijk van elkaar waren door te zorgen dat alle locaties minstens 100m van elkaar verwijderd waren (zie figuur 6; zie Python script in bijlage A). Deze keuze is gemaakt op advies van een ervaren statisticus. Voor dit onderzoek zijn bestaande graaflocaties vergeleken met willekeurige locaties waar geen bevergraverij plaats heeft gevonden (ook gegenereerd met het Python script in bijlage A).



Figuur 6 een voorbeeld kaart van de graverij- en controlepunten.

Ook zijn er per beverzone (groen, oranje, rood) controlelocaties gegenereerd die op 100m afstand van zowel elkaar als de bestaande locaties lagen. Dit is gedaan door eerst het waterpolygon van het hele gebied om te zetten naar een lijnbestand, hierdoor ontstaan er lijnen langs de oever waarop punten gegenereerd kunnen worden. Vervolgens zijn er met het script, te vinden in bijlage A, per zone een gelijk aantal willekeurige punten gegenereerd (zie figuur 7).



Figuur 7 Een kaartje die laat zien hoe de waterlijnen zijn opgedeeld over de verschillende beverzones.

### **Houtige vegetatie, bebouwing en wegen:**

De LGN-kaart bevatte veel legenda eenheden die voor dit onderzoek niet of minder relevant was en is daarom vereenvoudigd. Alle vormen van houtige vegetatie, met uitzondering van naaldbos, zijn samengevoegd, evenals alle vormen van bebouwing. Voor het dekkingspercentage is alleen gekeken naar bebouwing en niet naar verkeersinfrastructuur.

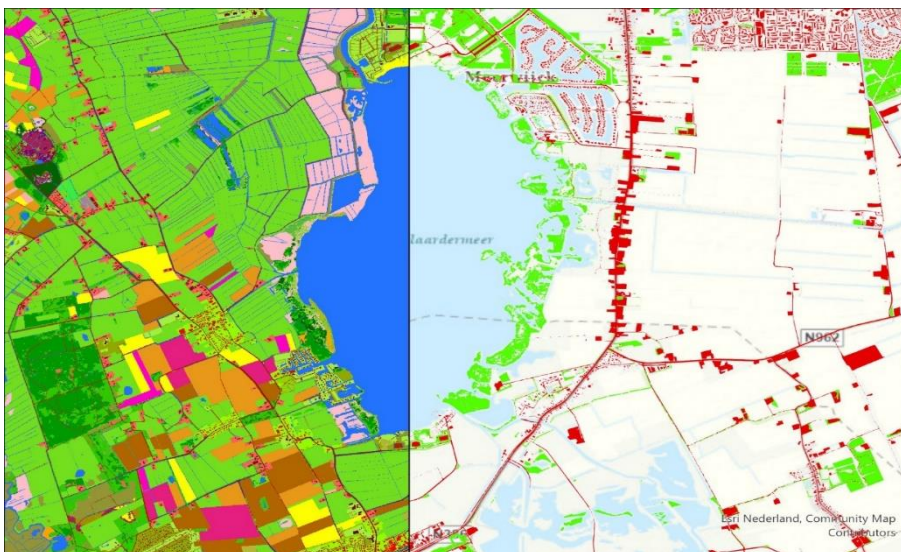
Voor deze aanpassingen is de LGN2023-kaart gebruikt. Deze kaart bevatte veel overbodige informatie die eerst is gefilterd. Na deze filtering van alle 51 categorieën bleven alleen de volgende over:

1. Boomgaarden
2. Loofbos
3. Bebouwing in primair bebouwd gebied
4. Bebouwing in secundair bebouwd gebied
5. Bebouwing in buitengebied
6. Overig grondgebruik in buitengebied
7. Zonneparken
8. Bos in hoogveen
9. Boomkwekerijen
10. Fruitkwekerijen
11. Hoofdinfrastructuur en spoorbaanlichamen
12. Half verharde wegen
13. Smalle wegen
14. Alle vormen van struikvegetatie

Vervolgens zijn de overige klassen onderverdeeld in 3 groepen:

- **Houtige vegetatie** (1, 2, 8, 9, 10, 14)
- **Bebouwing** (3, 4, 5, 6, 7)
- **Verkeersinfrastructuur** (3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13)

Tot slot is de kaart omgezet van raster naar polygoon. In figuur 8 is het verschil tussen de volledige LGN-kaart en de data die uiteindelijk gebruikt is te zien.

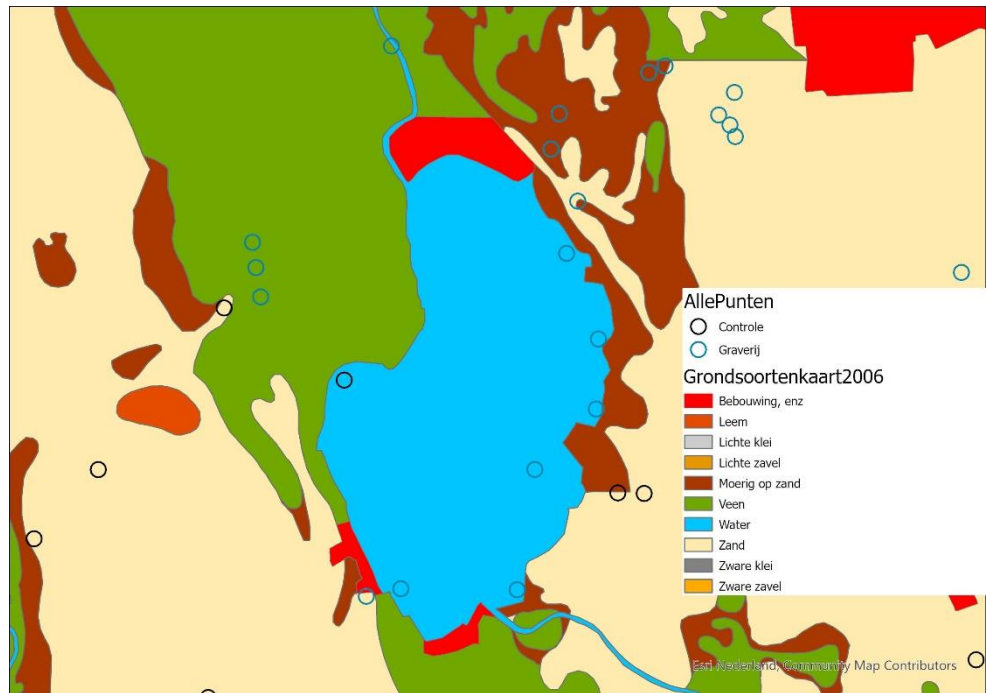


*Figuur 8 een kaart waar het verschil van de volledige LGN-kaart (links) en de geherclassificeerde kaart (rechts) te zien is.*



### Grondsoort:

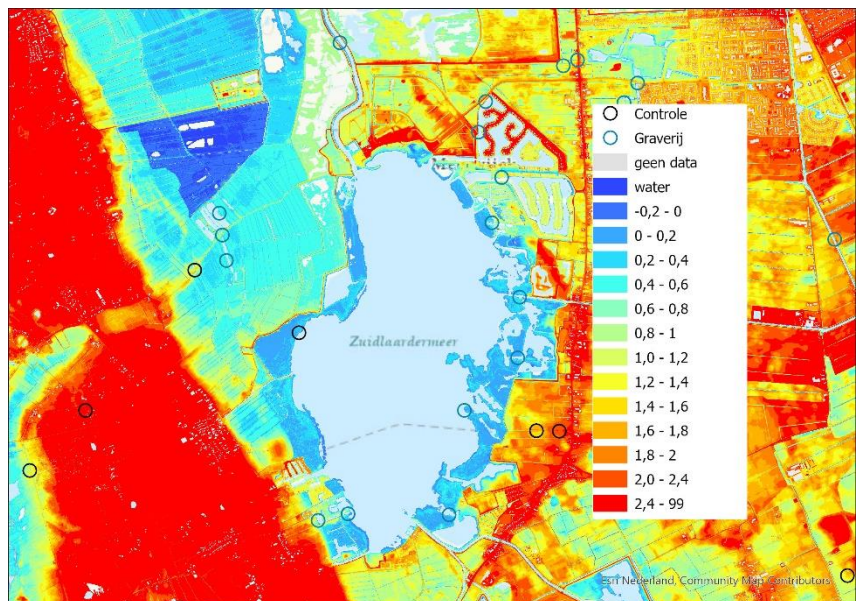
Voor grondsoort is de grondsoortenkaart van 2006 gebruikt (zie figuur 9). Omdat een kwart van de graverij gevallen onder de klasse “water” viel, is water uit de grondsoortenkaart verwijderd. Voor de punten die oorspronkelijk onder “water” viel is in plaats hiervan het dichtstbijzijnde grondsoort aan het punt gekoppeld.



Figuur 9 Een figuur die de grondsoorten laat zien nabij de graaflocaties.

### Drooglegging:

Omdat de meldpunten in de meeste gevallen op de ingang van het oeverhol ligt en omdat er afwijkingen zijn door meetfouten, is ervoor gekozen om binnen een straal van 8m te kijken naar het hoogste punt (zie figuur 10). Acht meter is hier gekozen omdat dit de gemiddelde lengte was van een oeverhol in het onderzoek van Ulevičius et al. (2009).



Figuur 10 Een figuur die de drooglegging tegenover de punten laat zien. De drooglegging is hier in meters uitgedrukt.

### **Bever-werende maatregelen:**

Om bever-werende maatregelen in kaart te brengen, is een laag gemaakt waarop de rode zone uit het beverbeheerplan (waar de bevers actief worden beheerd doormiddel van wegvangen etc.) met het graafwerend gaas is gecombineerd. Alle locaties die met een straal van 20m (maximale lengte van een oeverhol (Ulevičius et al., 2009)) in aanraking komen met deze zone, krijgen de waarde 1. Dit geeft aan dat er een vorm van bever-werende maatregelen aanwezig is in de buurt van het punt (zie figuur 5).

### **Koppelen van factoren aan locaties:**

Nadat de omgevingsfactoren geoperationaliseerd waren in ArcGis, zijn rondom alle locaties buffers van 8m, 20m en 100m geplaatst (zie figuur 11). Op deze manier kan er informatie voor elke omgevingsfactor op een gepaste schaal gekoppeld worden aan de locaties. Hierna zijn de omgevingsfactoren aan de locaties gekoppeld met behulp van de tool "spatial join" die kijkt naar overlap tussen de locaties/secties en de omgevingsfactoren en op basis daarvan de informatie koppelt aan het punt. Dit is gedaan voor iedere individuele omgevingsfactor en werd vervolgens aan elkaar gekoppeld doormiddel van een uniek ID die ieder punt toegewezen kreeg.



*Figuur 11 Een kaart die de verschillende buffers laat zien die gebruikt zijn om de factoren te operationaliseren.*

# Analyse

## **Datapreparatie**

Voorafgaand aan de analyse is de data geëxploreerd volgens het protocol van Zuur et al. (2010). Dit is gedaan om zo goed mogelijk te voldoen aan de aannames bij de statistische analyse en zo de kans op het trekken van verkeerde conclusies te verkleinen. Gezien de wens om een binominaal GLM uit te voeren, is specifiek gekeken naar verschillende aspecten: outliers, correlatie en ruimtelijke correlatie. Uit deze test bleek dat dekkingspercentage hout, drooglegging en het dekkingspercentage bebouwing veel outliers hadden. Om de verdeling van bebouwing en drooglegging beter te spreiden zijn deze variabelen geworteltransformeerd. Met het dekkingspercentage houtige vegetatie is besloten niks te doen omdat deze variabele geen zorgwekkende of opvallende patronen vertoonde.

## **Statistische model**

Met de bovengenoemde data is het effect van de geselecteerde omgevingsfactoren op het optreden van graverij getest. Dit is gedaan aan de hand van een Generalized Additive Model (GAM). Een GAM is een statistisch model dat gebruikt wordt om de relatie tussen een afhankelijke variabele en meerdere onafhankelijke variabelen te beschrijven, waarbij het model flexibiliteit biedt om niet-lineaire verbanden te modelleren. Dit is gedaan binnen R-Studio (R Core Team, z.d.; RStudio Team, z.d.) met het R pakket “*mgcv*” (Wood, 2023a). De grafieken zijn gemaakt met behulp van “*ggplot2*” en “*visreg*” (Wickham, 2016; Wood, 2023b) (zie bijlage B voor alle gebruikte R pakketten).

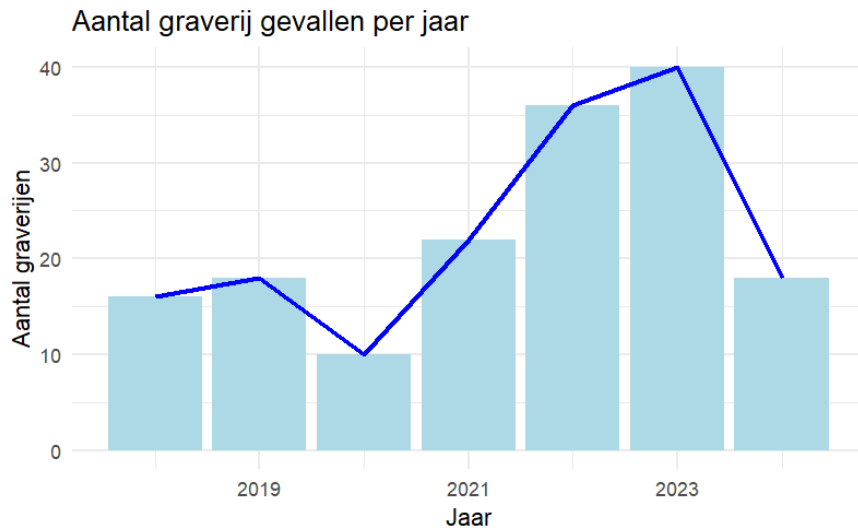


# Resultaten

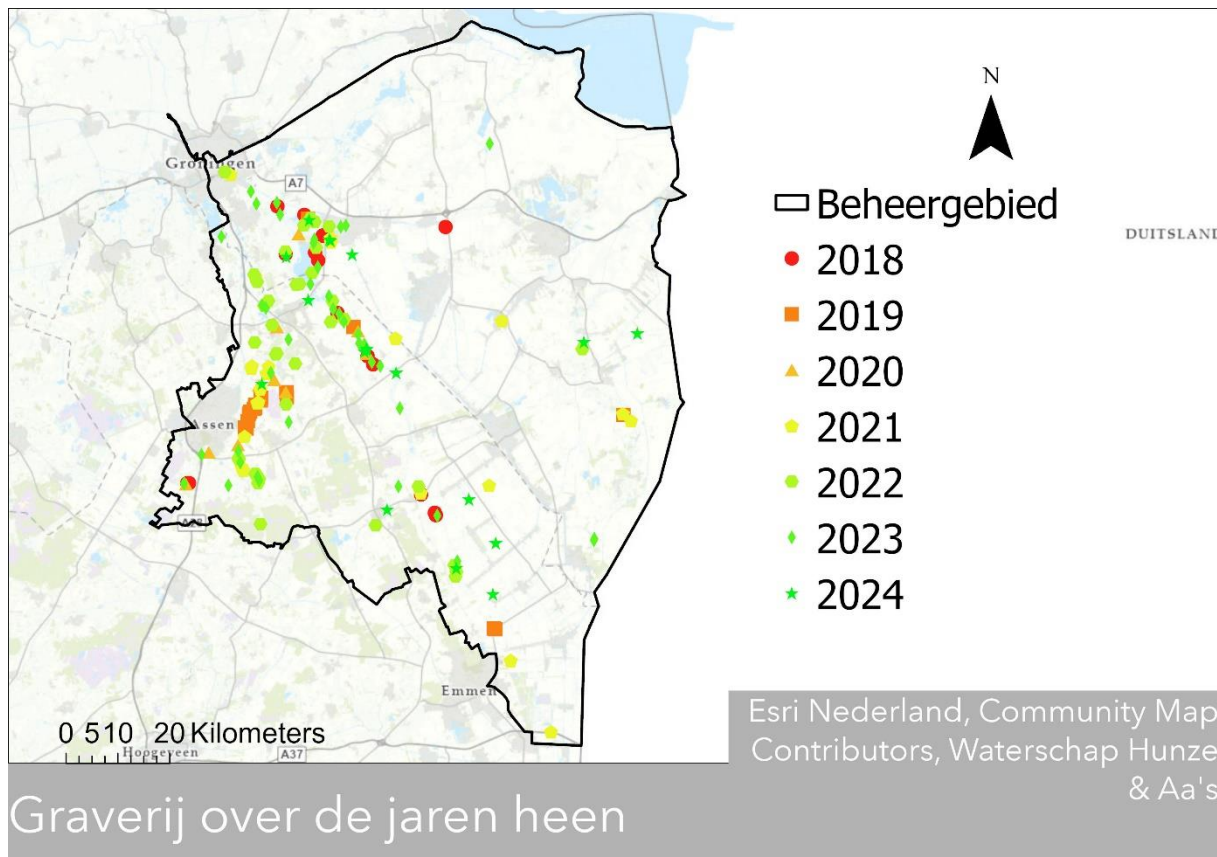
## Gevallen van graverij

Het eerste gedeelte van de hoofdvraag is “Hoeveel gevallen van graverij hebben er, sinds het vastleggen van beverdata is begonnen in Drenthe, plaatsgevonden?”.

Tussen 2018 en 2024 zijn er 315 gevallen van graverij aangetroffen over 3.630km aan beken, kanalen en sloten. In figuur 12 is te zien dat er een algemene opwaartse trend is in het aantal gevallen van ontdekte bevergraverij, behalve in 2024. Dit is echter te verklaren omdat het onderzoek werd gestart terwijl de data voor dat jaar nog niet volledig beschikbaar was. In figuur 13 is te zien hoe de graverij zich over de jaren in de ruimte heeft ontwikkeld. De meeste gevallen liggen in het westen. Er waren vier gevallen in de rode zone en drie gevallen bij graafwerkende maatregelen.



Figuur 12 Het aantal ontdekte gevallen van graverij, binnen Waterschap H&A van 2018 tot 2024 (bron WS H&A) . Het laatste jaar is incompleet.



Figuur 13 een kaart die de gevallen van graverij over de tijd laat zien.

## Beschrijving van de gebruikte dataset

In totaal zijn er 315 gevallen van graverij geconstateerd. De in de hiernavolgende statistische analyse gebruikte dataset is echter kleiner omdat een deel van de punten binnen honderd meter van elkaar lag en daardoor niet als ruimtelijk onafhankelijk kon worden beschouwd (figuur 14). Zeven graaflocaties bevonden zich in de rode zone of op een plek met graafwerende maatregelen. Omdat deze in de eindanalyse niet zijn meegenomen bestaat de uiteindelijke set uit 152 graaflocaties ( 29% ) en 317 (71% van het totaal) controlelocaties. De dataset bevat factor variabelen zoals: aanwezigheid van houtige vegetatie, bebouwing en weginfrastructuur, grondsoort en numerieke variabelen zoals: dekkingspercentages en drooglegging in cm en het dekkingspercentage van houtige vegetatie en bebouwing.

### *Houtige vegetatie:*

Op vrijwel alle locaties komt houtige vegetatie voor binnen 100 m van het punt (zie figuur 15); In de dataset was hout aanwezig op 368 locaties (78,5%) van de 469. Controlepunten hadden gemiddeld een hoger dekkingspercentage (10,4%) dan graverijpunten (4,8%). Het gemiddelde dekkingspercentage van de hele dataset is 8,6%.

### *Bebouwing en wegen:*

Bij bijna twee-derde van alle locaties is wel enige vorm van bebouwing of weg in de buurt (zie figuur 16). In de dataset was op 315 locaties (67,2%) van de 469 locaties bebouwing of wegen aanwezig. Het gemiddelde dekkingspercentage bebouwing in de dataset bedraagt 1,7% Controlepunten hadden ook hier een hoger gemiddeld dekkingspercentage van 2,0%, terwijl graafpunten een lager gemiddeld dekkingspercentage hadden van 1,1%

### *Grondsoorten:*

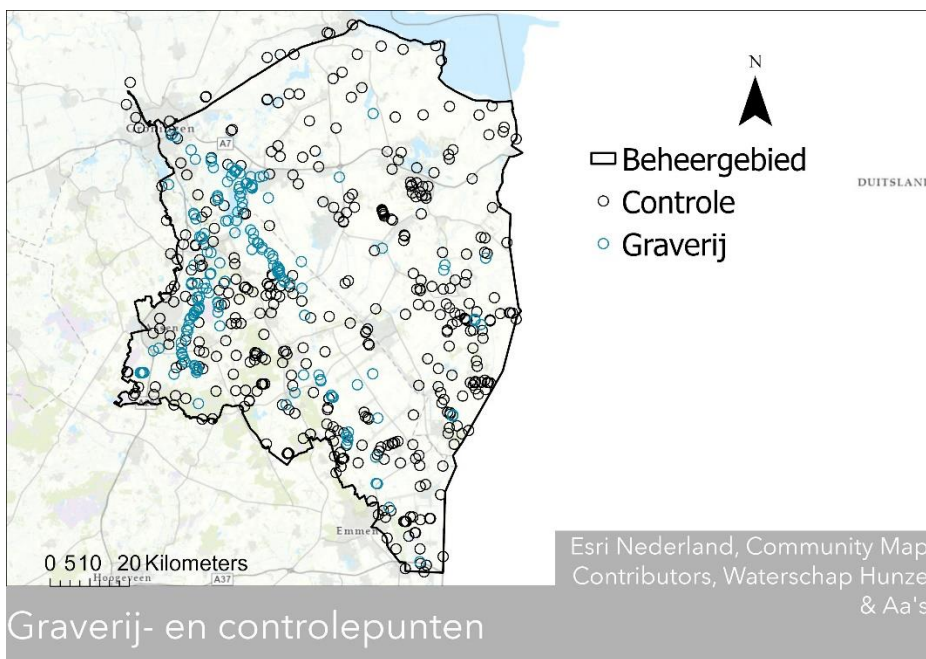
In de dataset was zand het meest voorkomende grondsoort (298 locaties, 63,5%), gevolgd door veen (114 locaties, 24,3%) en bebouwing, enz. (22 locaties, 4,7%). De andere grondsoorten waren afwezig of aanwezig in zeer lage aantallen, zoals lichte klei, lichte zavel, zware klei, en zware zavel. Locaties met graverij worden opvallend vaak nabij veengrond aangetroffen (zie figuur 17). Ondank de beschikbaarheid kwamen de meeste gevallen van graverij voor in veen (89 locaties, 58,6%), gevolgd door zand (37 locaties, 24,4%), moerig op zand (20 locaties, 13,2% en bebouwing enz. (6 locaties, 4%). Dit is terug te zien in figuur 18.

### *Coördinaten:*

De locaties met graverij bevinden zich met name in het westen van het gebied, terwijl de controlepunten over het algemeen een betere spreiding lijken te hebben (zie figuur 14).

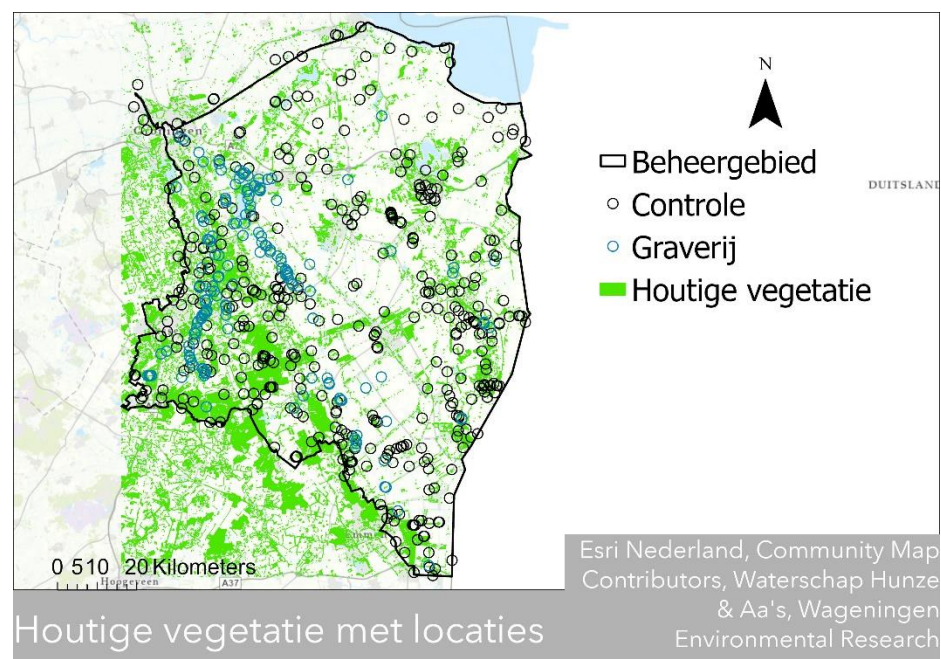
### *Drooglegging:*

Voor controlelocaties varieert de drooglegging van 52cm tot 1728cm, met een gemiddelde van 356,7 cm. (zie figuur 19 en 20). Voor graaflocaties lagen de waardes tussen 12cm en 785cm. Het gemiddelde was 228,9cm. In figuur 21 is te zien dat burchten gemiddeld een lagere drooglegging hebben, gevolgd door oeverholten en tot slot controlepunten met het hoogste gemiddelde.



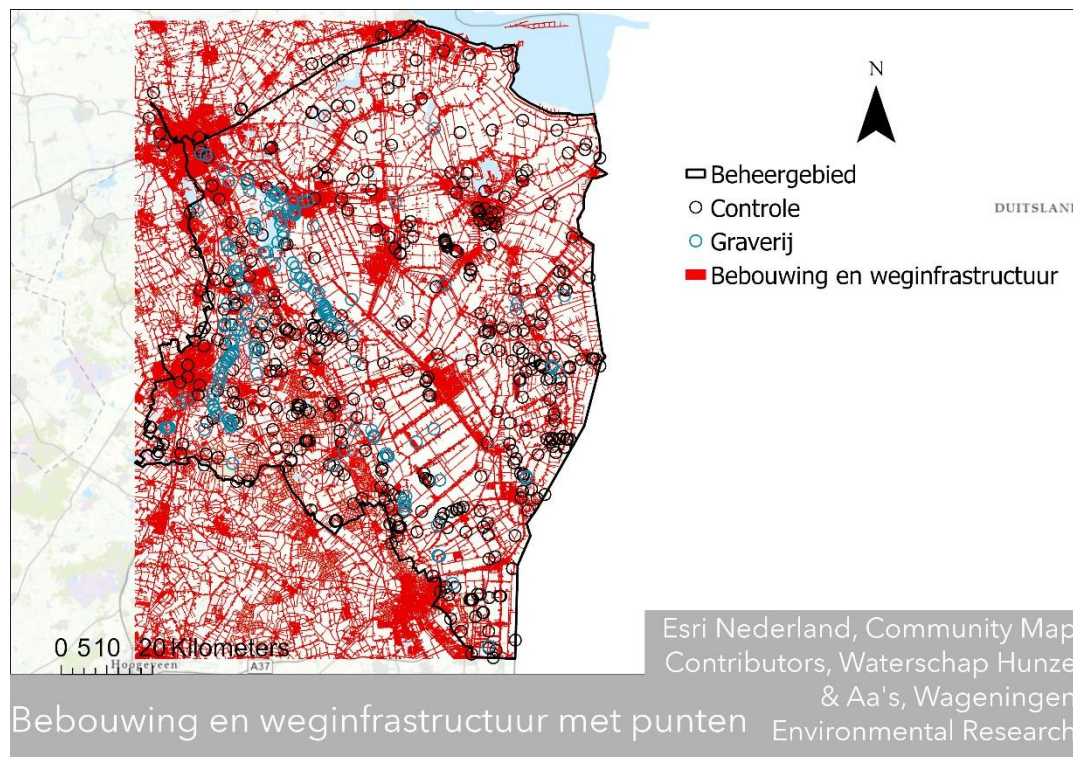
Graverij- en controlepunten

Figuur 14 Een kaart die laat zien waar de graverij en controlelocaties liggen binnen het onderzoeksgebied.



Houtige vegetatie met locaties

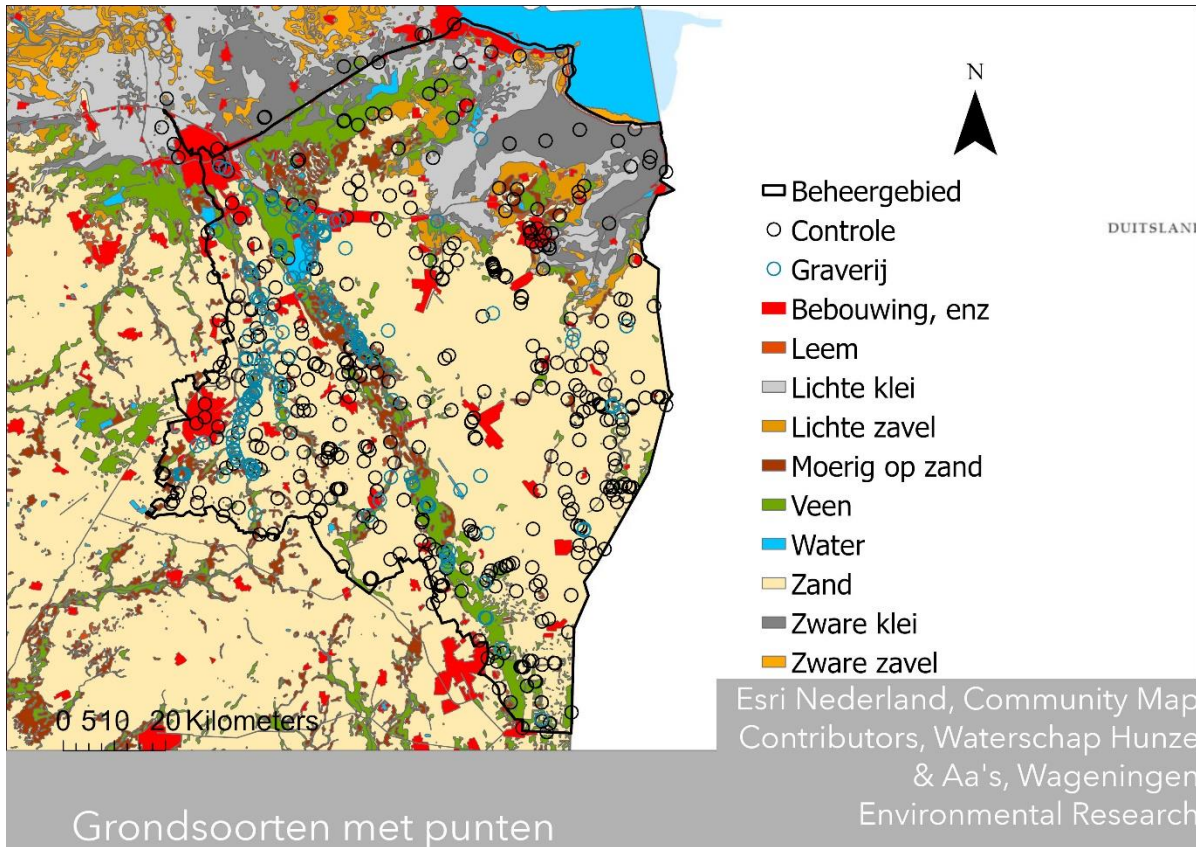
Figuur 15 Een kaart die laat zien hoe de houtige vegetatie tegenover de graaf- en controlelocaties liggen binnen het onderzoeksgebied.



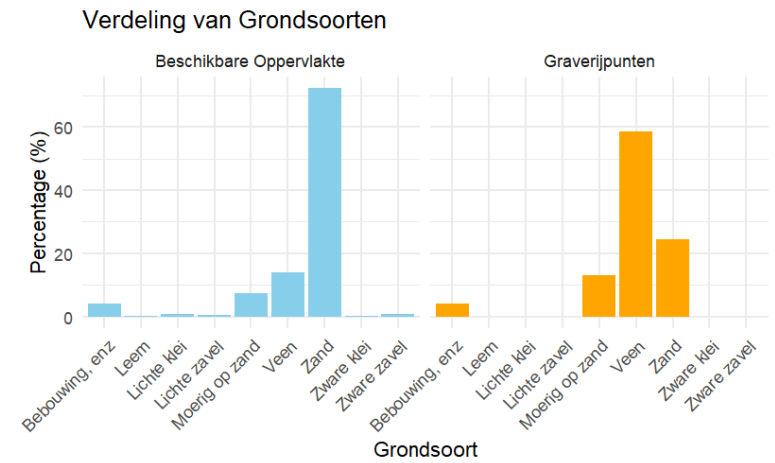
Bebouwing en weginfrastructuur met punten

Figuur 16 Een kaart die de ligging van bebouwing en weginfrastructuur tegenover de graaf- en controlelocaties laat zien.

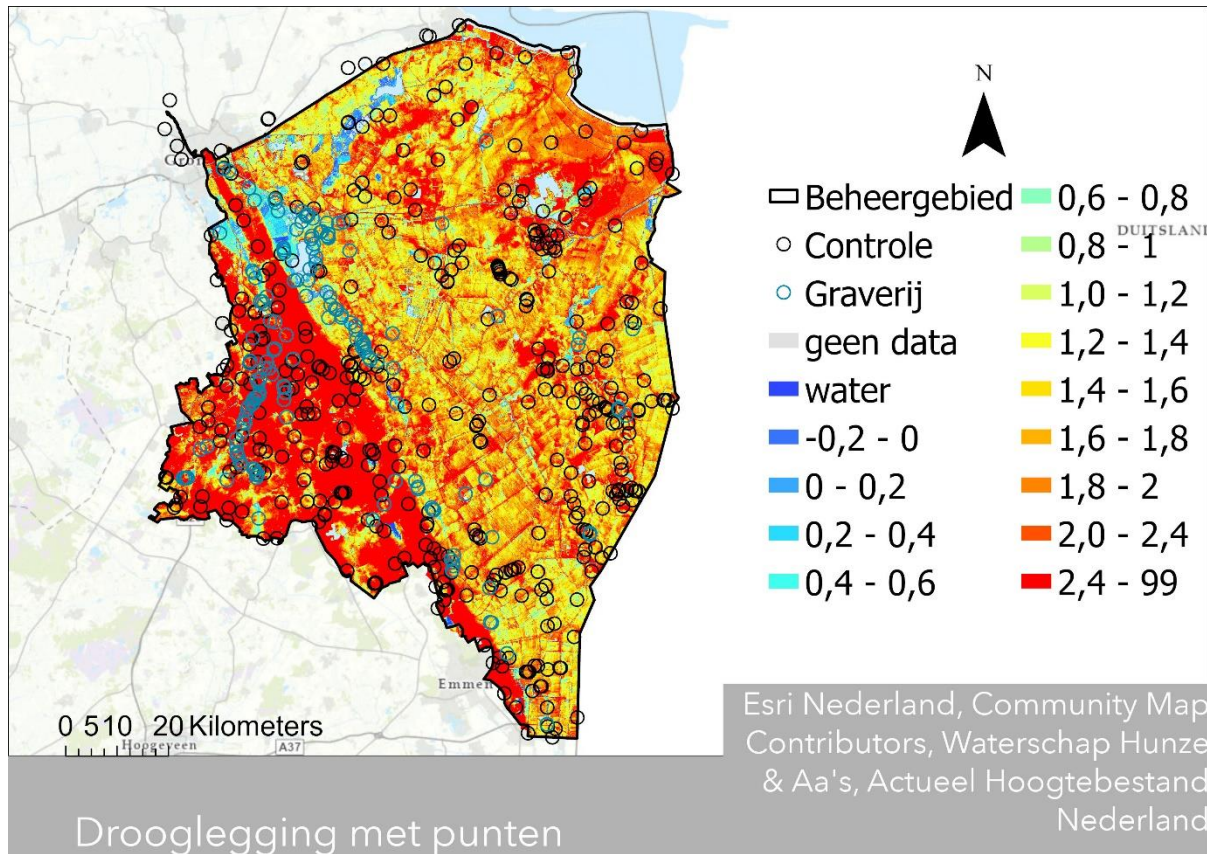




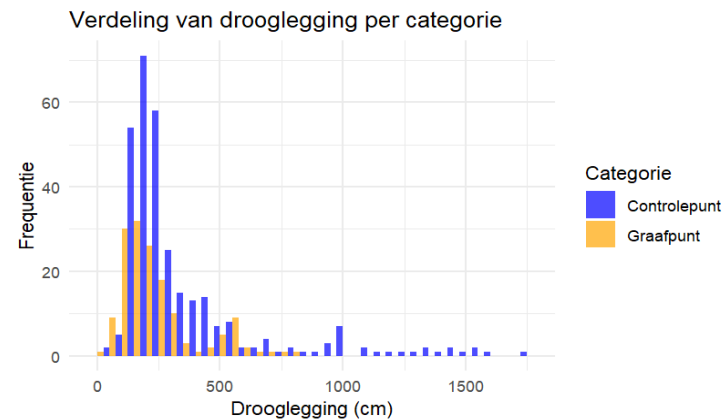
Figuur 17 Een kaart die de ligging van verschillende grondsoorten tegenover de graaf- en controlelocaties laat zien.



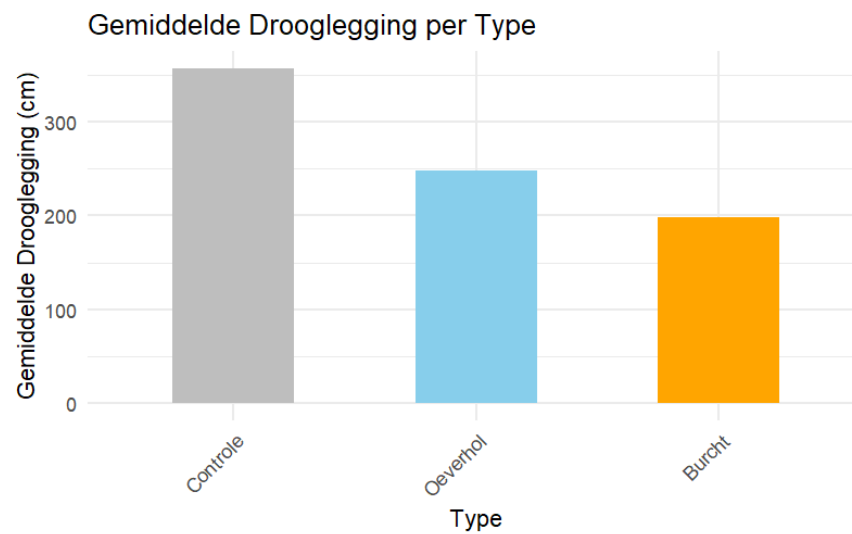
Figuur 18 Een overzicht van het percentage van de grondsoortverdeling in vergelijking met het percentage van de grondsoortverdeling van graverij (voor de beschikbare grondsoorten is er 20m rondom de wateren gekeken en is het rode gebied niet meegenomen).



Figuur 20 Een kaart die de drooglegging laat zien van het gebied met daarbij de graaf- en controlelocaties.



Figuur 19 Een grafiek met de verdeling van drooglegging in cm van de geanalyseerde database.



Figuur 21 Een grafiek die de gemiddelde drooglegging per type graverij laat zien.

## Statistische analyse:

Het uiteindelijk best passende model (GAM met een binomiale familie en een logit linkfunctie) bevatte de volgende variabelen en factoren: aanwezigheid hout, Moerig op zand (grondsoort), Veen (grondsoort), Zand (grondsoort), aanwezigheid bebouwing en verkeersinfrastructuur, dekkingspercentage houtige vegetatie, X-coördinaat, Y-coördinaat, drooglegging en dekkingspercentage bouw (zie tabel 2). Het model verklaarde 51,5% van de deviance, met een aangepaste  $R^2$ -waarde van 0,589. De schattingsfout (UBRE) was -0,31397, wat aangeeft dat het model goed aansluit bij de data.

### *Houtige vegetatie:*

Zowel de aanwezigheid of afwezigheid ( $p < 0.05$ ) als het dekkingspercentage van houtige vegetatie ( $p < 0.05$ ) hadden een significant positief effect op de kans op graverij. Figuur 22 suggereert een lichte daling van de kans op graverij bij lage dekkingspercentages (0-10%), gevolgd door een relatief stabiele kans tussen 10-50%. Bij hogere dekkingspercentages (vanaf 60%) stijgt de kans op graverij echter sterk. Hoewel de foutmarge vanaf 60% te groot wordt om conclusies te trekken.

### *Bebouwing en wegen:*

Zowel de aanwezigheid van bebouwing en wegen ( $p < 0.01$ ) als het dekkingspercentage bebouwing ( $p < 0.05$ ) hebben invloed op de kans op graverij. Uit figuur 24 blijkt dat er een niet-lineaire relatie is. Bij zeer lage dekkingspercentages (0-1%) is de kans op graverij relatief hoog (~20-30%). Tussen 1% en 25% blijft de kans stabiel op een lager niveau (~10-15%). Vanaf 25% stijgt de kans op graverij sterk, met de hoogste waarden bij 40-50%. De foutmarge neemt echter aanzienlijk toe bij hogere dekkingspercentages, waardoor uitspraken over dat bereik minder betrouwbaar worden.

### *Grondsoort:*

De kans op graverij is hoger bij de grondsoorten Moerig op zand ( $p < 0,05$ ) en Veen ( $p < 0.001$ ). Het model concludeerde dat zand ( $p < 1,0$ ) geen significant effect had op de kans op graverij. Hoewel figuur 23 iets anders suggereert. Dit maakt het lastig om een uitspraak te doen over het effect van zand op de kans op graverij. Een aantal grondsoorten, zoals klei, konden niet meegenomen worden in het eindmodel omdat er te weinig waarnemingen waren.

### *Locatie/coördinaten:*

De coördinaten vertonen duidelijke ruimtelijke patronen, wat suggereert dat graverij locatieafhankelijk is. Zowel de x- als de y-coördinaat is significant ( $x: p < 0.001$ ,  $y: p < 0.0001$ ; zie figuur 25 en 27). Voor de x-coördinaat (figuur 25) is de relatie niet-lineair. De kans op graverij is het hoogst bij middelmatige waarden van x (rond 240.000-250.000) en neemt af naarmate de x-waarde verder toeneemt. Dit kan wijzen op een clustering van graverijactiviteiten rond een specifiek bereik van x-coördinaten. Voor de y-coördinaat (figuur 27) is de relatie meer lineair van aard.

Deze resultaten benadrukken het belang van ruimtelijke factoren in het verklaren van de kans op graverij. Graverij wordt voornamelijk aangetroffen in de midden- en benedenlopen van de beekdalen van de Drentse Aa en de Hunze.

### *Drooglegging:*

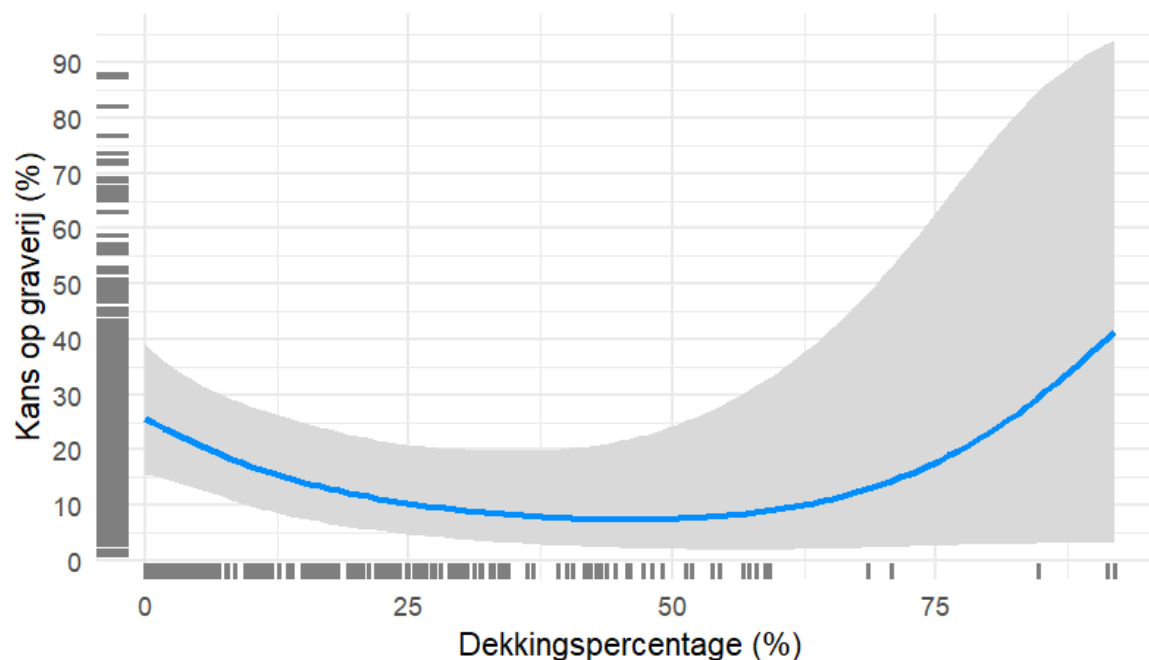
Drooglegging had ook een significante impact op de kans op graverij ( $p < 0.001$ ). Figuur 26 toont een niet-lineaire maar als geheel afnemende relatie tussen drooglegging en de kans op graverij. In gebieden met een lagere drooglegging neemt de kans op graverij sterk toe. Bij hogere drooglegging neemt de kans echter drastisch af.



Tabel 2 De tabel toont resultaten van de GAM-analyse op data van 469 locaties. Significante effecten zijn o.a. grondsoorten, drooglegging, coördinaten en vegetatie. Het \* toont aan dat het effect significant is.

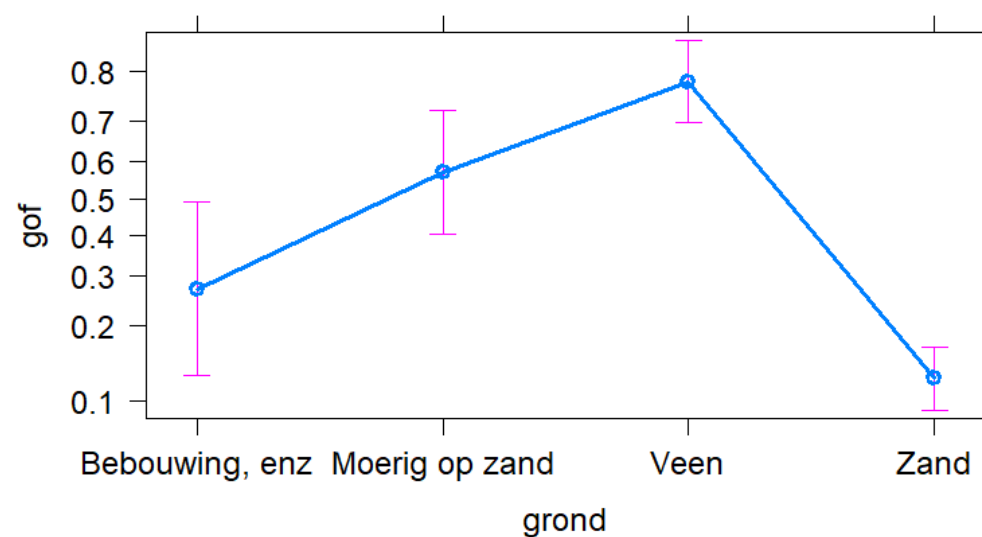
Factoren	Estimate	Std. Error	Z-value	P value
Aanwezigheid hout	1.0465	0.4277	2.447	0.01442*
Moerig op zand (grondsoort)	1.9237	0.8504	2.262	0.02370*
Veen (grondsoort)	3.4656	0.8459	4.097	4.19e-05*
Zand (grondsoort)	0.2470	0.7638	0.323	0.74636
Aanwezigheid bebouwing en verkeersinfrastructuur	1.0330	0.3856	2.679	0.00739*
Variabelen	Edf	Ref df	Chi sq.	P value
Dekkingspercentage hout	2.214	2.679	7.041	0,043202*
X-coördinaat	1.00	1.00	12.431	0.000422*
Y-coördinaat	1.00	1.00	22.534	1.9e-06*
Drooglegging	3.574	3.858	18.028	0.000805*
Dekkingspercentage bouw	2.962	3.446	10.430	0.029474*

Relatie tussen Houtige veg. dekking (%) en kans op graverij



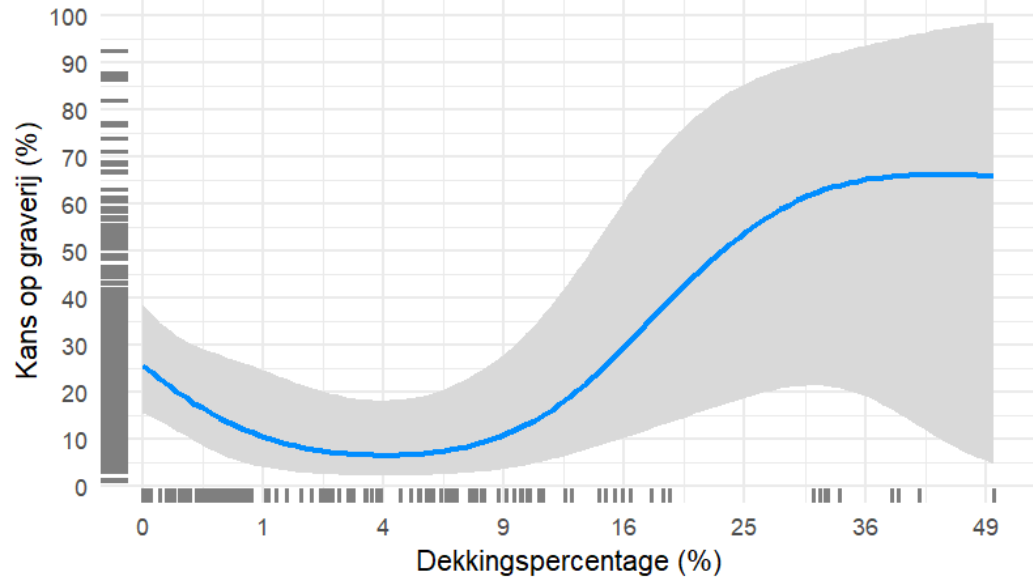
Figuur 22 Voorspelde relatie tussen dekkingspercentage houtige vegetatie (%) op de x-as en kans op graverij (%) op de y-as, met gemiddelde modelvoorspelling (blauwe lijn) en betrouwbaarheidsinterval (grijs).

grond effect plot



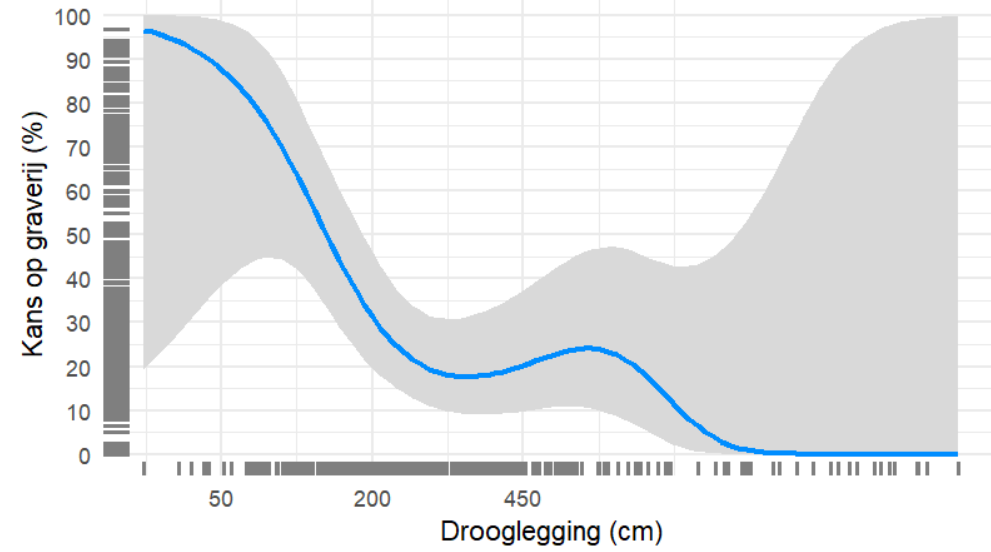
Figuur 23 Effectplot van grondsoort, op de x-as, op kans op graverij (gof) op de y-as, met gemiddelde kans (blauwe lijn) en betrouwbaarheidsintervallen (roze).

Relatie tussen Bebouwingsdekking (%) en kans op graverij



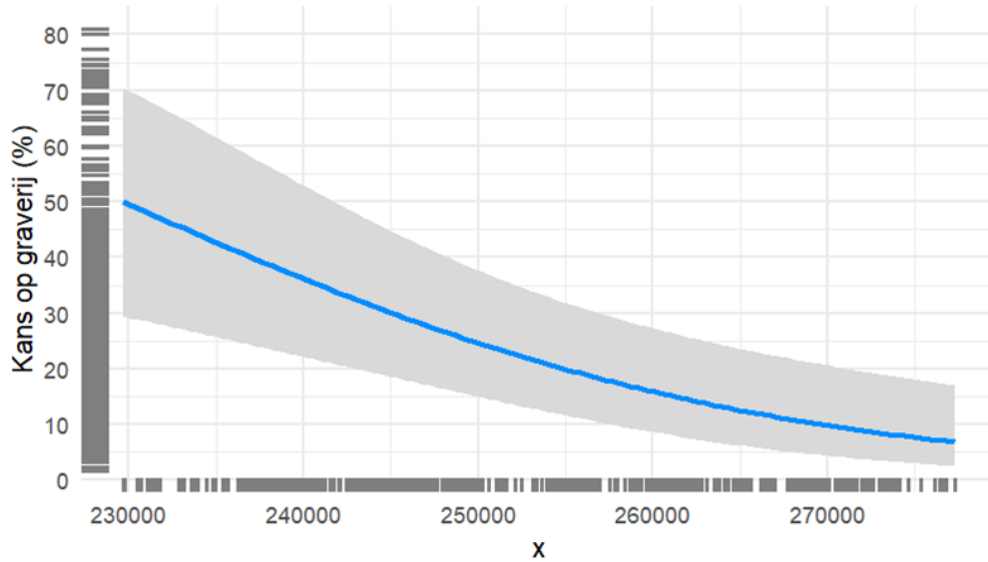
Figuur 24 Voorspelde relatie tussen dekkingspercentage van bebouwing (x-as) en kans op graverij (y-as), met gemiddelde modelvoorspelling (blauwe lijn) en betrouwbaarheidsinterval (grijs).

Relatie tussen drooglegging en kans op graverij



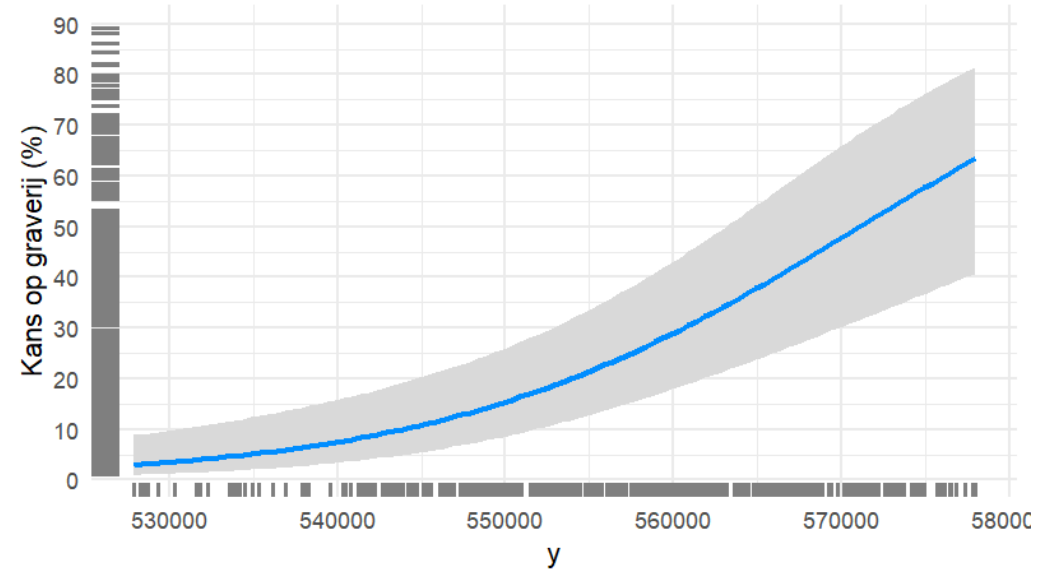
Figuur 26 Voorspelde relatie tussen drooglegging (cm) en kans op graverij (%) volgens het model. De blauwe lijn geeft de geschatte kans weer, met een grijs 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Relatie tussen x-coördinaten en kans op graverij



Figuur 25 Voorspelde relatie tussen de x-coördinaten (°) op de x-as en kans op graverij (%) op de y-as, met gemiddelde modelvoorspelling (blauwe lijn) en betrouwbaarheidsinterval (grijs).

Relatie tussen y-coördinaten en kans op graverij



Figuur 27 Voorspelde relatie tussen de y-coördinaten (°) op de x-as en kans op graverij (%) op de y-as, met gemiddelde modelvoorspelling (blauwe lijn) en betrouwbaarheidsinterval (grijs).

### **Model validatie:**

Om de aannames en de betrouwbaarheid van het model te testen, is deze op verschillende manieren gevalideerd. Het model is gevalideerd met behulp van Dharma (Hartig, 2024), een pakket in R-studio. Er is gekeken naar de volgende aspecten: de uniforme verdeling van de residuen, de aanwezigheid van autocorrelatie in de residuen, overdispersion of onderdispersion in het model en of de residuen voldoen aan de verwachte kwantielen. Deze testen wijzen op het feit dat het model goed past. De resultaten van deze test gaven aan dat het model betrouwbaar is en goed aansluit bij de data (zie bijlage D voor grafieken).

## **Discussie**

De data die is vrijgesteld door het waterschap is mogelijk niet passend voor dit onderzoek. Zoals eerder genoemd monitort het waterschap voor waterveiligheid. Gatens die op plaatsen liggen waar de waterveiligheid niet in geding komt, worden hierom ook niet altijd gemeld. Ook worden deze gebieden minder vaak gemonitord dan gebieden die wel kwetsbaar zijn voor bevergraverij. Hierdoor is de data mogelijk niet volledig en is het waarschijnlijk dat de graverij in dit gebied niet volledig in beeld wordt gebracht.

De aanwezigheid van hout had in het model een positief significant effect. Dit zou de hypothese ondersteunen waarin werd gesteld dat de aanwezigheid van hout de kans op graverij zou vergroten. Het dekkingspercentage vertelt echter een ander verhaal. De kans op graverij is hierbij relatief hoog bij lage dekkingspercentages en neemt daarna langzaam af. Bij 60% lijkt deze trend weer te stijgen, echter is de foutmarge hier te groot om dit te concluderen. Dit spreekt de hypothese in zekere zin juist tegen. Hoewel in andere literatuur studies geconcludeerd wordt dat houtige vegetatie van belang is (Graham et al., 2020; Pinto et al., 2009), lijkt houtige vegetatie minder relevant voor graverij. Echter is er in dit onderzoek enige onzekerheid over de manier waarop houtige vegetatie is geoperationaliseerd. Zo is er voor de houtige vegetatie, raster data gebruikt (5m x 5m). Door de onnauwkeurige aard van rasterdata kunnen de dekkingspercentages afwijken van de realiteit. Ook zou de 100m mogelijk een verklaring kunnen zijn voor dit onverwachtse resultaat. Zoals eerder in dit rapport ter sprake is gekomen is dit een arbitraire keuze geweest.

De aanwezigheid van bebouwing en weginfrastructuur en het dekkingspercentage van bebouwing vergrote volgens het model allebei de kans op graverij. De fluctuerende lijn en de hoge foutmarge van de grafiek maken het echter lastig om dit effect goed te kunnen interpreteren. Er van uitgaande dat het model correct is in het concluderen van dit positieve effect, zijn er een aantal onderzoeken die dit effect mogelijk kunnen verklaren. Zo blijkt dat bepaalde knaagdieren graag rondom wegen graven omdat dit de kans dat het hol overstroomt vermindert (Brock & Kelt, 2004). Het zou mogelijk zijn dat de drooglegging hier een rol in speelt. De rol van drooglegging in dit onderzoek kan echter ook niet met zekerheid vastgesteld worden door de hoge foutmarge in de grafiek. Ook wordt in een ander onderzoek genoemd dat vossen hun holen graven onder bomen naast wegen (Carter et al., 2012). Het zou kunnen dat er een verband is tussen houtige vegetatie, bebouwing en weginfrastructuur. Hoewel dit model suggereert dat er voordelen zijn voor bevers die in de buurt van bebouwing en weginfrastructuur graven, is deze relatie aan de hand van dit onderzoek niet goed vast te stellen. De onzekerheid in deze parameter kan net zoals bij houtige vegetatie aan de operationalisering liggen, doordat de 100m niet ecologisch onderbouwd is.

Verder blijkt uit het onderzoek dat de kans op graverij door bevers hoger is in veen en moerige zandgronden. Dit ondersteunt de hypothese dat de kans op graverij toeneemt bij stevigere grondsoorten. Het effect van zand op graverij is lastig vast te stellen. Hoewel het model aangeeft dat zand geen significant effect heeft op de kans op graverij, lijkt de grafiek juist aan te tonen dat deze kans op zandgronden afneemt.

Omdat andere grondsoorten, zoals klei en zavel, nauwelijks in het onderzoeksgebied voorkomen of in het rode gebied liggen, is het onduidelijk wat het effect van deze en andere grondsoorten is op de kans op graverij. Daarnaast blijkt uit veldwerk langs de Hunze dat de samenstelling van veengronden binnen een gebied sterk kan variëren.

Aangezien de bevers zijn uitgezet in gebieden met voornamelijk veengrond, kan dit verklaren waarom bevers vaker in deze grondsoorten hebben gegraven. Dit betekent echter niet dat veen per se de voorkeur heeft, maar dat de keuze aan grondsoorten beperkt is. Omdat de populatie nog groeit en zich verder verspreidt, kan meer variatie in toekomstige gegevens helpen om deze voorkeuren beter te begrijpen. Onderzoek in gebieden met andere grondsoorten en nauwkeurigere bodemanalyses bieden mogelijk meer inzicht in de relatie tussen verschillende grondsoorten en de kans op graverij.

De kans op graverij is momenteel nog erg locatie gebonden, dit bleek uit de analyse waarin X- en Y coördinaten een significant effect hebben op de kans op graverij. Dit kan deels verklaard worden door middel van tijd en deels door de verdeling van water en geschikt habitat over het studiegebied. De bevers in dit gebied zijn vanaf 2008 uitgezet op specifieke locaties in het gebied. Dit is vooral gebeurd rondom de Hunze en de Drentse Aa. Dit is ook terug te zien in de gis-analyse omdat de meeste gevallen van graverij zich bevinden in het westen. Omdat de populatie zich nog niet in grote aantallen heeft gevestigd in het oosten, zijn er hier ook minder gevallen van graverij. Hoewel tijd niet meegenomen kon worden in het eindmodel, is dit wel een mogelijke verklaring waarom graverij in dit gebied zo locatie afhankelijk was. De verwachting hier is dan ook dat naarmate de tijd verstrijkt en de bevers meer gebieden bezetten deze locatieafhankelijkheid afneemt. Dit zal echter in een vervolgonderzoek aangetoond moeten worden.

Tot slot bleek drooglegging ook een significante factor. Maar het resultaat komt niet overeen met de hypothese waarin werd gesteld dat de kans op graverij zal toenemen naarmate de drooglegging hoger wordt. De plekken waar graverij wordt aangetroffen hebben gemiddeld een geringere drooglegging dan de controlelocaties. Dit kan echter verklaard worden door het feit dat burchten ook mee zijn genomen als graverij. Volgens de literatuur maken bevers burchten wanneer er in de omgeving geen geschikte plaatsen zijn voor oeverhopen of andere schuilplaatsen. Wat hoogstwaarschijnlijk het geval is in laag-liggend moerassig land. Dit zou verklaren waarom de kans op graverij bij lage drooglegging nog zo hoog is bij uitermate lage waarden. Ook figuur 21 laat zien dat burchten gemiddeld een lagere drooglegging hebben dan oeverhopen hoewel dit verschil niet extreem groot lijkt te zijn.

## Conclusie en Aanbevelingen

Uit de resultaten blijkt dat graverij door bevers beïnvloed wordt door verschillende omgevingsfactoren. De aanwezigheid van hout heeft een positief significant effect op de kans op graverij, hoewel het effect van het dekkingpercentage minder eenduidig is mogelijk door beperkingen in de operationalisering en meetmethoden. Bebouwing en weginfrastructuur vergroten eveneens de kans op graverij, maar ook hier zijn fluctuaties en foutmarges aanwezig die interpretatie bemoeilijken.

De kans op graverij blijkt hoger in veen- en moerige zandgronden, wat kan samenhangen met de historische uitzetlocaties van bevers in deze gebieden en de relatieve beschikbaarheid van dergelijke grondsoorten. Hoewel zand geen significant effect heeft, lijkt graverij op zandgronden juist af te nemen. Locatie blijkt een belangrijke factor, met graverij voornamelijk geconcentreerd in het westen van het gebied. Dit wordt deels verklaard door de uitzetlocaties van de bevers en de tijd die nodig is voor populatie-uitbreiding. De relatie tussen drooglegging en graverij is complex; hoewel graverij vaker voorkomt bij lage drooglegging, kan dit worden toegeschreven aan het gebruik van burchten in laaggelegen, moerassige gebieden. Kortom er is meer onderzoek nodig om een beter beeld te krijgen tussen deze relaties.

De lage dekkingpercentages van zowel houtige vegetatie als bebouwing suggereren mogelijk dat deze te parameters op een te grote schaal geoperationaliseerd zijn. Voor graverijen is het mogelijk beter om de omtrek van 100m te verminderen naar iets wat ideaal ecologisch te onderbouwen is. Een kaart die de onzekerheden van rasterdata mogelijk kan verhelpen is de woody vegetation kaart. Wanneer de versie van 2024 uitkomt is echter nog onbekend. Het combineren van meerdere kaarten zoals Graham en Seljee hebben gedaan, kan tekortkomingen van individuele datasets mitigeren.

Voor een aantal factoren is het mogelijk dat het scheiden van oeverholten en burchten meer inzicht kan geven. Zoals eerder genoemd zou er verschil kunnen zijn in de drooglegging van oeverholten en burchten die niet uit dit onderzoek is gebleken omdat deze zijn gecombineerd. Ook zou het kunnen dat burchten sneller optreden op losse, minder stevige grondsoorten. Hoewel dit voor nu enkel theorieën zijn, is het voor een vervolgonderzoek alsnog interessant om te testen.

Het effect van bebouwing en weginfrastructuur is uit dit onderzoek lastig te concluderen. Naast het verfijnen van de operationalisatie zou het onderscheid maken tussen bebouwing en weginfrastructuur meer inzicht kunnen bieden op het effect op de kans van bevergraverij.

Tijdens dit onderzoek was het verkrijgen van data in sommige gevallen tijdsintensief. Hoewel dit niet ongewoon is voor een onderzoek, zou het maken van een zogeheten “beverdatabase” van heel Nederland kunnen helpen met de efficiëntie hiervan. Het centraliseren van benodigde data zoals bevermeldingen en parameters zorgt ervoor dat er meer tijd besteed kan worden aan andere dingen zoals veldwerk en analyses. Naast tijdbesparing zou dit ook een goede mogelijkheid zijn om de beverdata van waterschappen en andere organisaties die zich bezighouden met het monitoren van graverij te combineren. Op deze manier is er direct meer data aanwezig die de kwaliteit van vervolgonderzoeken vergroot.

Deze zou aangevuld kunnen worden met andere parameters die in dit onderzoek niet mee zijn genomen maar volgens literatuur wel van belang zijn. Dit zijn parameters zoals:

waterloopeigenschappen (diepte, breedte, etc.) en oeversteilheid. Als informatie over parameters ontbreekt of niet gevonden kan worden, zou het nuttig zijn om veldwerk te verrichten om zo gerichte data te verzamelen.

Het effect van beverwerende maatregelen kon in dit onderzoek niet getest worden. De prioriteit van dit onderzoek lag in eerste instantie bij het vaststellen van invloedrijke factoren. Door een gebrek aan tijd kon de effectiviteit van beverpreventiemaatregelen niet meer getest worden. Hier speelt ook mee dat de data om dit te testen tot nu toe nog redelijk beperkt is omdat er in het gebied ongeveer 2km aan graafwerend-gaas ligt en dit redelijk recent is geïnstalleerd. Ook is het aantal bevers wat is weggevangen uit de rode zone tot nu toe nog beperkt (10 a 11 individuen). Om de effectiviteit van deze maatregelen beter te beoordelen is een grotere steekproef nodig.



# Literatuur

- Andri, S. (2024). *DescTools: Tools for Descriptive Statistics* (Versie 0.99.58) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://CRAN.R-project.org/package=DescTools>
- Batbold, J., Batsaikhan, N., Shar, S., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsainas, G., & Palomo, L. (2021). Castor fiber, *Eurasian Beaver* (amended version of 2016 assessment) (The IUCN Red List of Threatened Species 2021). International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20211.RLTS.T4007A197499749.en>
- Bos, D., de Jong, R., van Hemert, H., Dijkstra, V., & Kurstjens, G. (2020). *Beverbeheerplan Groningen en Drenthe 2021-2025* (p. 98). Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv.
- Breheny, P., & Burchett, W. (2023). *Visualization of Regression Models Using visreg* (Versie 2.7.0) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/package=visreg>
- Brock, R. E., & Kelt, D. A. (2004). Influence of roads on the endangered Stephens' kangaroo rat (*Dipodomys stephensi*): Are dirt and gravel roads different? *Biological Conservation*, 118(5), 633-640. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.10.012>
- Carter, A., Luck, G. W., & Wilson, B. P. (2012). Ecology of the red fox (*Vulpes vulpes*) in an agricultural landscape. 1. Den-site selection. *Australian Mammalogy*, 34(2), 145. <https://doi.org/10.1071/AM11038>
- Collen, P., & Gibson, R. J. (2001). The general ecology of beavers (*Castor* spp.), as related to their influence on stream ecosystems and riparian habitats, and the subsequent effects on fish – a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 439-461. <https://doi.org/10.1023/A:1012262217012>
- De Zoogdierverseniging. (z.d.). *Bever* | *De Zoogdierverseniging*. De Zoogdierverseniging. Geraadpleegd 26 september 2024, van <https://www.zoogdierverseniging.nl/zoogdiersoorten/bever>

- Dijkstra, V., & Hollander, H. (2016). *Bevers in regionale watersystemen* (p. 65). het Bureau van de Zoogdiervereniging.
- Faunabeheereenheid Limburg. (2017). *Faunabeheerplan Bever 2017-2020* (p. 61).  
Faunabeheereenheid Limburg.
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *car: An {R} Companion to Applied Regression* (Versie 3.1-1) [R]. Sage. <https://www.john-fox.ca/Companion/>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2023). *effects: Effect Displays for Linear Models* (Versie 4.2-2) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/package=effects>
- Frank Huysentruyt, Kristof Baert, Jim Casaer, Siege Van Ballaert, Joris Vernailen, Daniël Van Der Beeck, Jan Vercammen. (2020). *Onderzoek naar het habitatgebruik van bever (Castor fiber) in relatie tot schadebeheer* (p. 35). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.  
<https://doi.org/10.21436/inbor.18039745>
- Graham, H. A., Puttock, A., Macfarlane, W. W., Wheaton, J. M., Gilbert, J. T., Campbell-Palmer, R., Elliott, M., Gaywood, M. J., Anderson, K., & Brazier, R. E. (2020). Modelling Eurasian beaver foraging habitat and dam suitability, for predicting the location and number of dams throughout catchments in Great Britain. *European Journal of Wildlife Research*, 66(3), 42. <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01379-w>
- Hartig, F. (2024). *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models* (Versie 0.4.7) [R]. R Foundation for Statistical Computing.  
<https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>
- Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994). Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos*, 69(3), 373. <https://doi.org/10.2307/3545850>
- Kadaster. (2017). *Basisregistratie Grootschalige Topografie* [Openbare dataset].  
<https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bgt>

- Kurstjens, G., & Niewold, F. (2011). *De verwachte ontwikkelingen van de beverpopulatie in Nederland: Naar een bevermanagement*. Kurstjens, ecologisch adviesbureau & Niewold Wildlife Infocentre.
- Larmarange, J. (2024). *ggstats: Extension to 'ggplot2' for Plotting Stats (Versie 0.7.0)* [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://CRAN.R-project.org/package=ggstats>
- Lele, S. R., Keim, J. L., & Solymos, P. (2023). *ResourceSelection: Resource Selection (Probability) Functions for Use-Availability Data (Versie 0.3-6)* [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://CRAN.R-project.org/package=ResourceSelection>
- Martin, K. (1998). The Role of Animal Behavior Studies in Wildlife Science and Management. *Wildlife Society Bulletin*, 26(4,), 911-920.
- Meisingset, E. L., Loe, L. E., Brekkum, Ø., & Mysterud, A. (2014). Targeting mitigation efforts: The role of speed limit and road edge clearance for deer–vehicle collisions. *The Journal of Wildlife Management*, 78(4), 679-688. <https://doi.org/10.1002/jwmg.712>
- Naiman, R. J., Melillo, J. M., & Hobbie, J. E. (1986). Ecosystem Alteation of Boreal Forest Streams by Beaver (*Castor Canadensis*). *Ecology*, 67(5), 1254-1269. <https://doi.org/10.2307/1938681>
- Navarro, D. (2015). *Learning statistics with R: A tutorial for psychology students and other beginners. (Version 0.6)* (Versie 0.5.1) [R]. University of New South Wales. <https://learningstatisticswithr.com>
- Nolet, B. A., & Rosell, F. (1998). Comeback of the beaver *Castor fiber*: An overview of old and new conservation problems. *Biological Conservation*, 83(2), 165-173. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00066-9)
- Noorel, A. van. (2024, oktober 2). Gravende bever zorgt wéér voor werk bij kanaal langs Epe: 'Liefst schade voorkomen'. *destentor.nl*. <https://www.destentor.nl/epe/gravende-bever-zorgt-weer-voor-werk-bij-kanaal-langs-epe-liefst-schade-voorkomen~a30eb8ca/>

- Pinto, B., Santos, M. J., & Rosell, F. (2009). Habitat selection of the Eurasian beaver (*Castor fiber*) near its carrying capacity: An example from Norway. *Canadian Journal of Zoology*, 87(4), 317-325. <https://doi.org/10.1139/z09-015>
- R Core Team. (z.d.). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. The R Project for Statistical Computing. Geraadpleegd 4 oktober 2024, van <https://www.R-project.org/>
- Rothengatter, M., & Boerema, B. (z.d.). *Kennis uitwisseling expert* [Persoonlijke communicatie].
- RStudio Team. (z.d.). *RStudio: Integrated Development for R*. *RStudio*. RStudio IDE. Geraadpleegd 4 oktober 2024, van <https://posit.co/products/open-source/rstudio/>
- Seljee, F., Ward, S. F., Sijtsma, I., & de Jong, R. (2023). *Prognose populatieontwikkeling van de bever in Fryslân. Hoeveel bevers kunnen er op termijn in Fryslân leven?* (No. A&W-rapport 23-073; p. 57). Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Sluiter, H. (2003). The reintroduction and the present status of the beaver (*Castor fiber*) in the Netherlands: An overview. *Lutra*, 46(2), 129-133.
- Stichting Natuurplatform regio Drentsche Aa. (z.d.). *Project van DUINWEG tot BEEKDAL ~ Informatiepagina's en presentaties*. Natuurplatform~Drentse Aa. Geraadpleegd 18 december 2024, van [https://www.natuurplatform-drentsche-aa.nl/Aa\\_themas/-bever.html](https://www.natuurplatform-drentsche-aa.nl/Aa_themas/-bever.html)
- Svanholm Pejstrup, M., Andersen, J. R., & Mayer, M. (2023). Beaver foraging patterns in a human-dominated landscape: Effects on woody vegetation and mammals. *Forest Ecology and Management*, 528, 120645. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120645>
- Ulevičius, A., Jasiulionis, M., Jakštienė, N., & Žilys, V. (2009). Morphological alteration of land reclamation canals by beavers (*Castor fiber*) in Lithuania. *Estonian Journal of Ecology*, 58(2), 126. <https://doi.org/10.3176/eco.2009.2.06>
- Van de Wouw, N. (2023). *Kwetsbaarheid van keringen voor graverij door de bever (Castor fiber) binnen de provincie Fryslân*. Hogeschool Van Hall Larenstein.



- Van den Berg, F. (2022). *Veiligheidsraamwerk dierlijke graverijen in waterkeringen* (p. 29). Deltares.
- Van Dorst, M., Van der Linden, J., & Groot, S. (2024). *Risicoanalyse en maatregelen bever en das. Rijkswaterstaat kanalen Noord-Brabant en Limburg* (Nos. 059-23-BWZ; p. 94). BWZ ingenieurs.
- Wageningen Environmental Research. (2006). *Grondsoortenkaart 2006* [Openbare dataset]. <https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/api/records/364b6596-89d2-4ab5-85c5-d2c86c32d14c/formatters/xsl-view?view=dutchprofile&portalLink=>
- Wageningen Environmental Research. (2023). *Landelijk grondgebruik Nederland* [Openbare dataset]. <https://lgn.nl>
- Waterschap Hunze en Aa's. (2024a). *Bevermeldingen* [Niet-openbare dataset].
- Waterschap Hunze en Aa's. (2024b). *De beverzones van het beverbeheerplan Groningen/Drenthe* [Openbare dataset].
- Waterschap Hunze en Aa's. (2024c). *Drooglegginskaart* [Kaart gebaseerd op publieke dataset].
- Waterschap Hunze en Aa's. (2024d). *Kaart van het graafwerend-gaas binnen waterschap Hunze en Aa's* [Niet-openbare dataset].
- Wei, T., & Simko, V. (2024). *R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix* (Versie 0.95) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (Versie 3.3.5) [R]. Springer-Verlag. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham, H., & Bryan, J. (2023). *readxl: Read Excel Files* (Versie 1.4.3) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). *Dplyr* (Versie 1.1.4) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wijngaarden, A. van, & Ouderaa, A. van der. (1983). De invloed van Bevers (*Castor fiber L.*) op hun milieu. *Huid en haar*, 2(3), 105-109.

- Wilsson, L. (1971). A Study in the Development of Phylogenetically Adapted Behaviour in a Highly Specialized Mammal. *Swedish Sportsmen's Association*, 26.
- Wood, S. N. (2023a). *mgcv: Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic Smoothness Estimation* (Versie 1.8-40) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/package=mgcv>
- Wood, S. N. (2023b). *mgcViz: Visualizing the Effects of Generalized Additive Models* (Versie 0.1.1) [R]. R Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/package=mgcViz>
- Żurowski, W. (1992). Building activity of beavers. *Acta Theriologica*, 37, 403-411. <https://doi.org/10.4098/AT.arch.92-41>
- Zwolicki, A., Pudełko, R., Moskal, K., Świdorska, J., Saath, S., & Weydmann, A. (2019). The importance of spatial scale in habitat selection by European beaver. *Ecography*, 42(1), 187-200. <https://doi.org/10.1111/ecog.03621>

## Bijlage A

Scripts gebruikt in ArcGis:

### **Beverlocaties 100m onafhankelijk van elkaar maken:**

```
import arcpy

# Pad naar de workspace
workspace = r"C:\LokaleGDB\LokaleGDB.gdb"
arcpy.env.workspace = workspace

# Input en output bestanden
beverpunten = "BeverpuntenLokaal" # Bestaande beverpunten
afstand = 100 # Minimum afstand in meters

# Hulpfunctie om een uniek ID-veld toe te voegen
def add_custom_id_field(feature_class, field_name="CustomID"):
    if field_name not in [f.name for f in arcpy.ListFields(feature_class)]:
        arcpy.management.AddField(feature_class, field_name, "LONG")
        with arcpy.da.UpdateCursor(feature_class, field_name) as cursor:
            for idx, row in enumerate(cursor, start=1):
                row[0] = idx
                cursor.updateRow(row)

# Stap 1: Voeg een uniek ID toe aan de beverpunten
add_custom_id_field(beverpunten)

# Stap 2: Bereken afstanden tussen beverpunten
near_table = "NearTable_Beverpunten"
arcpy.analysis.GenerateNearTable(
    in_features=beverpunten,
    near_features=beverpunten,
    out_table=near_table,
    search_radius=f"{afstand} Meters",
    closest="ALL"
)
print("Afstanden tussen beverpunten berekend.")

# Stap 3: Identificeer en verwijder dubbele en te dicht bij elkaar gelegen punten
points_to_remove = set()
with arcpy.da.SearchCursor(near_table, ["IN_FID", "NEAR_FID", "NEAR_DIST"]) as cursor:
    selected_points = set()
    for in_fid, near_fid, dist in cursor:
        if in_fid != near_fid and dist < afstand:
            # Houd één punt uit elk paar, de rest wordt verwijderd
            if in_fid not in selected_points and near_fid not in selected_points:
                selected_points.add(in_fid)
```

```

        points_to_remove.add(near_fid)

# Verwijder de overbodige punten
if points_to_remove:
    query = f"CustomID IN ({','.join(map(str, points_to_remove))})"
    arcpy.management.MakeFeatureLayer(beverpunten, "Beverpunten_Layer")
    arcpy.management.SelectLayerByAttribute("Beverpunten_Layer", "NEW_SELECTION",
query)
    arcpy.management.DeleteFeatures("Beverpunten_Layer")
    print(f"{len(points_to_remove)} punten binnen 100 meter van elkaar verwijderd.")

print("Proces voltooid: Beverpunten zijn nu minimaal 100 meter onafhankelijk van elkaar.")

```

**Random punten genereren langs de oeverlijn die 100m onafhankelijk zijn van elkaar en de bestaande punten:**

```

import arcpy
import random

# Pad naar de geopackage
workspace = r"C:\LokaleGDB\LokaleGDB.gdb"
arcpy.env.workspace = workspace

# Input en output bestanden
waterlijn = "WaterlijnLokaal" # Oeverlijn
graverij_punten = "BeverpuntenLokaal" # Graverij-punten
bestaande_random_punten = "BestaandeRandomPunten" # Bestaande random punten
random_punten_output = "NieuweRandomPunten" # Output bestand voor nieuwe random
punten

# Parameter: minimum afstand tussen punten
minimum_afstand = 100
aantal_punten = 161

# Hulpfunctie om een uniek ID-veld toe te voegen
def add_custom_id_field(feature_class, field_name="CustomID"):
    if field_name not in [f.name for f in arcpy.ListFields(feature_class)]:
        arcpy.management.AddField(feature_class, field_name, "LONG")
        with arcpy.da.UpdateCursor(feature_class, field_name) as cursor:
            for idx, row in enumerate(cursor, start=1):
                row[0] = idx
                cursor.updateRow(row)

# Willekeurige punten genereren (overgenereren)
arcpy.management.CreateRandomPoints(
    out_path=workspace,
    out_name=random_punten_output,

```

```

    constraining_feature_class=waterlijn,
    number_of_points_or_field=aantal_punten * 10, # Overgenereren
    minimum_allowed_distance=minimum_afstand
)
print(f"{aantal_punten * 10} willekeurige punten gegenereerd langs de waterlijn.")

# Uniek ID toevoegen aan nieuwe random punten
add_custom_id_field(random_punten_output)

# Combineer graverij-punten en bestaande random punten voor exclusie
combined_exclusion_features = "ExclusiePunten"
arcpy.management.Merge(
    inputs=[graverij_punten, bestaande_random_punten],
    output=combined_exclusion_features
)
print("Graverij-punten en bestaande random punten gecombineerd voor exclusie.")

# Bereken afstanden tot exclusiepunten
near_table_exclusie = "NearTable_Exclusie"
arcpy.analysis.GenerateNearTable(
    in_features=random_punten_output,
    near_features=combined_exclusion_features,
    out_table=near_table_exclusie,
    search_radius=f"{minimum_afstand} Meters",
    closest="ALL"
)
print("Afstanden tot exclusiepunten berekend.")

# Verwijder nieuwe random punten binnen 100m van exclusiepunten
random_ids_to_remove = set()
with arcpy.da.SearchCursor(near_table_exclusie, ["IN_FID"]) as cursor:
    for row in cursor:
        random_ids_to_remove.add(row[0])

if random_ids_to_remove:
    random_query = f"CustomID IN ({','.join(map(str, random_ids_to_remove))})"
    arcpy.management.MakeFeatureLayer(random_punten_output, "RandomPunten_Layer")
    arcpy.management.SelectLayerByAttribute("RandomPunten_Layer", "NEW_SELECTION",
    random_query)
    arcpy.management.DeleteFeatures("RandomPunten_Layer")
    print(f"{len(random_ids_to_remove)} punten binnen 100 meter van exclusiepunten
    verwijderd.")

# Bereken afstanden tussen de overgebleven random punten
near_table_random_self = "NearTable_Random_Self"
arcpy.analysis.GenerateNearTable(
    in_features=random_punten_output,

```



```

near_features=random_punten_output,
out_table=near_table_random_self,
search_radius=f"{minimum_afstand} Meters",
closest="ALL"
)
print("Afstanden tussen nieuwe random punten berekend.")

# Verwijder nieuwe random punten die te dicht bij elkaar liggen
random_self_ids_to_remove = set()
with arcpy.da.SearchCursor(near_table_random_self, ["IN_FID", "NEAR_FID"]) as cursor:
    selected_points = set()
    for in_fid, near_fid in cursor:
        if in_fid != near_fid:
            if in_fid not in selected_points and near_fid not in selected_points:
                selected_points.add(in_fid) # Kies een punt uit het paar
                random_self_ids_to_remove.add(near_fid)

if random_self_ids_to_remove:
    random_self_query = f"CustomID IN ({','.join(map(str, random_self_ids_to_remove))})"
    arcpy.management.SelectLayerByAttribute("RandomPunten_Layer", "NEW_SELECTION",
random_self_query)
    arcpy.management.DeleteFeatures("RandomPunten_Layer")
    print(f"{len(random_self_ids_to_remove)} punten binnen 100 meter van elkaar
verwijderd.")

# Selecteer precies 161 random punten uit de resterende punten
remaining_count = int(arcpy.management.GetCount(random_punten_output)[0])
if remaining_count > aantal_punten:
    all_ids = [row[0] for row in arcpy.da.SearchCursor(random_punten_output, ["CustomID"])]
    selected_ids = random.sample(all_ids, aantal_punten)
    selection_query = f"CustomID NOT IN ({','.join(map(str, selected_ids))})"
    arcpy.management.SelectLayerByAttribute("RandomPunten_Layer", "NEW_SELECTION",
selection_query)
    arcpy.management.DeleteFeatures("RandomPunten_Layer")
    print(f"Het aantal random punten is teruggebracht naar precies {aantal_punten}.")
elif remaining_count < aantal_punten:
    print(f"Waarschuwing: Er zijn maar {remaining_count} punten beschikbaar na filtering.")

print(f"Nieuwe random punten ({aantal_punten}) succesvol gegenereerd en opgeslagen in:
{random_punten_output}.")

```

## Bijlage B

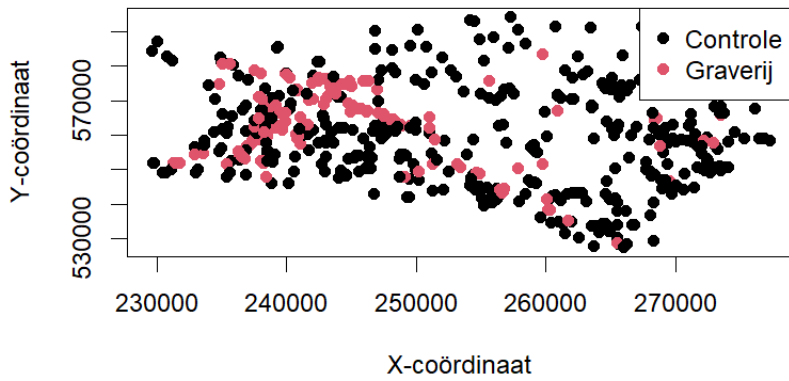
B 1 Een tabel met de benutte R pakketen en de bijbehorende bronnen.

<b>R pakket</b>	<b>Bron</b>
<b>Readxl</b>	(Wickham & Bryan, 2023)
<b>Dplyr</b>	(Wickham et al., 2023)
<b>Ggplot2</b>	(Wickham, 2016)
<b>Corrplot</b>	(Wei & Simko, 2024)
<b>Car</b>	(Fox & Weisberg, 2019)
<b>ResourceSelection</b>	(Lele et al., 2023)
<b>DHARMa</b>	(Hartig, 2024)
<b>DescTools</b>	(Andri, 2024)
<b>Mgcv</b>	(Wood, 2023a)
<b>Effects</b>	(Fox & Weisberg, 2023)
<b>Visreg</b>	(Breheny & Burchett, 2023)
<b>mcViz</b>	(Wood, 2023b)
<b>Ggstats</b>	(Larmarange, 2024)
<b>Lsr</b>	(Navarro, 2015)

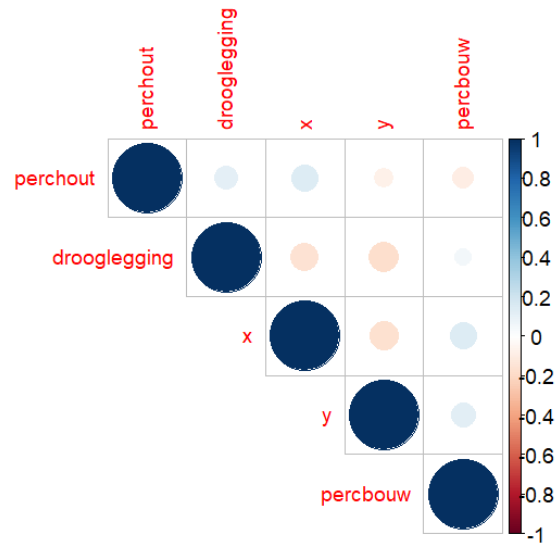
# Bijlage C

## Datapreparatie grafieken:

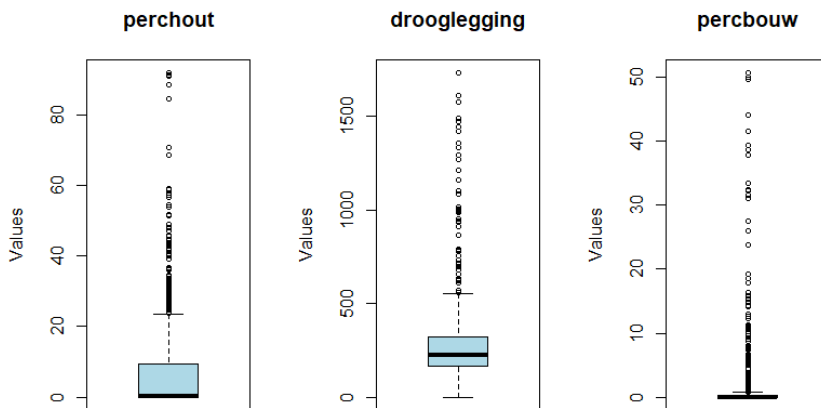
Relatie tussen X- en Y-coördinaten



C 2 Een dotchart waarop de x- en y-coördinaten zijn geplott om de ruimtelijke verdeling te laten zien. De verdeling van graverijpunten lijkt op deze grafiek naar links te neigen.



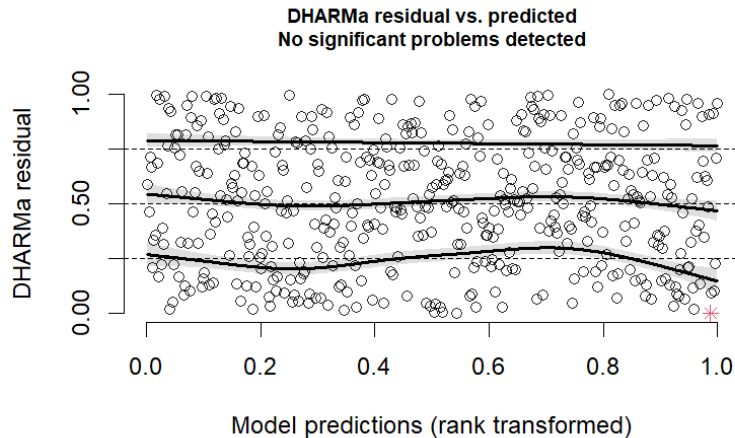
C 1 Een correlatiematrix van de numeriek variabelen. Een grote vel gekleurde stip duid op een hoge correlatie. De kleine lichtgekleurde cirkels duiden op weinig correlatie.



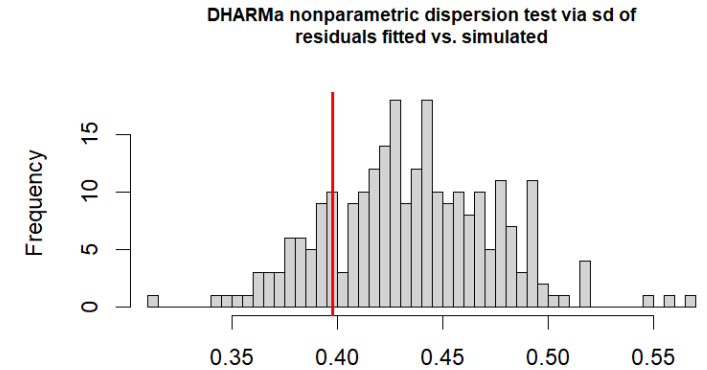
C 3 Drie boxplots van het percentage hout, de drooglegging en het percentage bouw. Elke stip is een outlier. Alle drie de variabelen bevatten veel outliers.

# Bijlage D

Modelvalidatie uitkomsten:



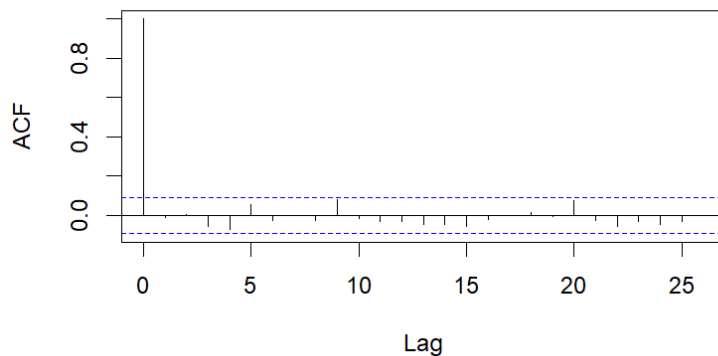
D 2 Een grafiek die residuen tegen model voorspellingen uitzet. Een p-waarde van 0.3691 suggereert dat er geen significante afwijkingen zijn in de verdeling van de residuen ten opzichte van de verwachte kwantielen.



Simulated values, red line = fitted model. p-value (two.sided) = 0.352

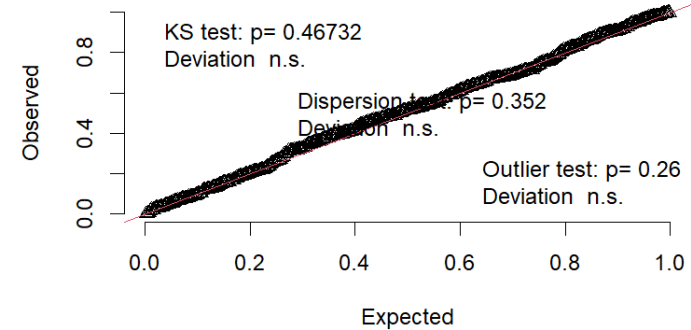
D 1 Een histogram die de verdeling van de residuen laat zien. ( $p > 0.05$ ) geeft geen aanwijzing voor significante overdispersie of onderdispersie in het model

## Autocorrelation of Residuals



D 4 Een AFC-plot die de autocorrelatie van residuen laat zien. bijna alle autocorrelatie waarden binnen de 95% betrouwbaarheidsgrenzen (gestippelde blauwe lijnen) liggen, wat aangeeft dat er geen significante autocorrelatie aanwezig is in de residuen.

## QQ plot residuals



D 3 Een residuenplot die de geobserveerde waardes tegenover de verwachte waarde zet. De test toont aan dat de residuen geen significante afwijking van uniformiteit vertonen ( $p > 0.05$ ).