

# **Populatieontwikkeling en veiligheid**

**Nader onderzoek naar de relatie  
tussen graverij van muskusratten en  
de veiligheid van waterkeringen**

## **Populatieontwikkeling en veiligheid**

**Oprachtgever Bestuurlijke Commissie Muskusrattenbestrijding**

**november 2007  
definitief eindrapport**

# Populatieontwikkeling en veiligheid

## Nader onderzoek naar de relatie tussen graverij van muskusratten en de veiligheid van waterkeringen

dossier : B0075.01.001  
registratienummer : WG-SE20070876  
versie : D1

Opdrachtgever Bestuurlijke Commissie Muskusrattenbestrijding

november 2007  
definitief eindrapport

## SAMENVATTING

### Inleiding

De beveiliging tegen overstroming vormt een wezenlijke vereiste voor de bewoonbaarheid van grote delen van ons land. Die veiligheid tegen overstromen wordt verzorgd door middel van waterkeringen. Sinds de jaren '40 van de vorige eeuw komen in Nederland muskusratten en beverratten voor. Graverij door muskus- en beverratten veroorzaakt onder andere schade aan waterstaatkundige werken, zoals waterkeringen. Het algemene doel van de studie is om een *bijdrage te leveren aan een gefundeerde besluitvorming over toekomstige bestrijding van de muskusrat, ten behoeve van veiligheid en voorkomen van schade.*

### Doelstellingen studie

De studie is gericht op het beantwoorden van de volgende vragen:

1. Hoeveel neemt de faalkans van een lengte-eenheid waterkering toe door aanwezigheid van x-aantal muskusratbouwen in deze kering?
2. In hoeverre bestaat er een relatie tussen het aantal vangsten per uur en het aantal aanwezige muskusratbouwen in een bepaalde waterkering, en hoe ziet deze relatie er uit?
3. In hoeverre is er een relatie te onderkennen tussen het aantal vangsten per uur en de veiligheid van waterkeringen en zo ja, hoe laat deze relatie zich omschrijven?

### Aanpak

De beantwoording van de onderzoeksvragen is gefaseerd uitgevoerd:

- fase 1: opzetten van een wiskundig model van de relatie tussen het aantal muskusratbouwen en de (afname van de) veiligheid van verschillende typen waterkeringen;
- fase 2: toepassing van het model voor enkele bestaande dijkeringen, polders, etc.;
- fase 3: analyse naar de relatie tussen de omvang van de populatie en de (afname van de) veiligheid van een gebied.

### Wiskundig model

Voor de bepaling van de invloed van het aantal bouwen in een waterkering op de veiligheid van het beschermde gebied is een wiskundig model ontwikkeld. Dit model berekent voor iedere willekeurige dijkkring (met specifieke lengte en overschrijdingsnorm) de invloed van het aantal bouwen op de faalkans. Belangrijke invoerparameters van dit model zijn:

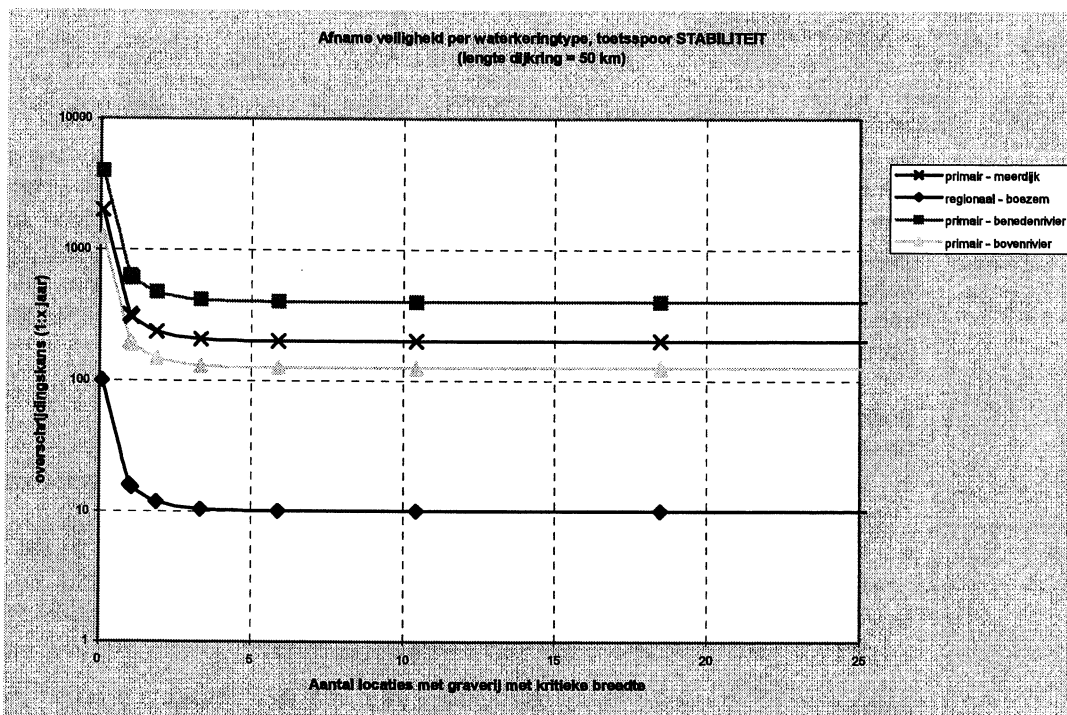
1. de lengte van de dijkkring;
2. de veiligheidsnorm van de dijkkring (overschrijdingskans);
3. de veiligheid van een dwarsprofiel met graverij (overschrijdingskans, aangeduid als minimale waarde);
4. de breedte van graverij; in relatie tot:
5. de minimaal benodigde breedte waarbij het faalmechanisme optreedt (aangeduid als kritieke breedte).

Bij de toepassing van het model gelden enkele beperkingen:

1. alleen faalmechanismen met kwantificeerbare invloed op de veiligheid kunnen worden beschouwd;
2. differentiatie naar positie graverij in dwarsprofiel is niet mogelijk;
3. differentiatie naar verschillende typen waterkeringen in een dijkkring is niet mogelijk.

### Theoretische toepassing

Voor een eerste theoretische toepassing van het model is een standaard lengte van de waterkering van 50 km aangehouden. Belangrijk uitgangspunt hierbij is dat de breedte van graverij gelijk is aan de minimaal benodigde breedte waarbij het faalmechanisme kan optreden. Voor beide kenmerken is een breedte van 20 meter aangehouden. De resultaten zijn gepresenteerd in grafiek 1. De figuur toont dat bij alle beschouwde waterkeringen de veiligheid van een dijk- of kadering afneemt tot een minimale waarde van de veiligheid bij 5 kritieke locaties. Deze minimale waarde betreft de (verlaagde) veiligheid zoals die is berekend op basis van de beschouwing van de invloed van graverij op een dwarsprofiel [DHV, 2006].



**Figuur 1 Relatie aantal bouwen en veiligheid waterkering**

#### Breedte van de graverij versus minimaal benodigde breedte

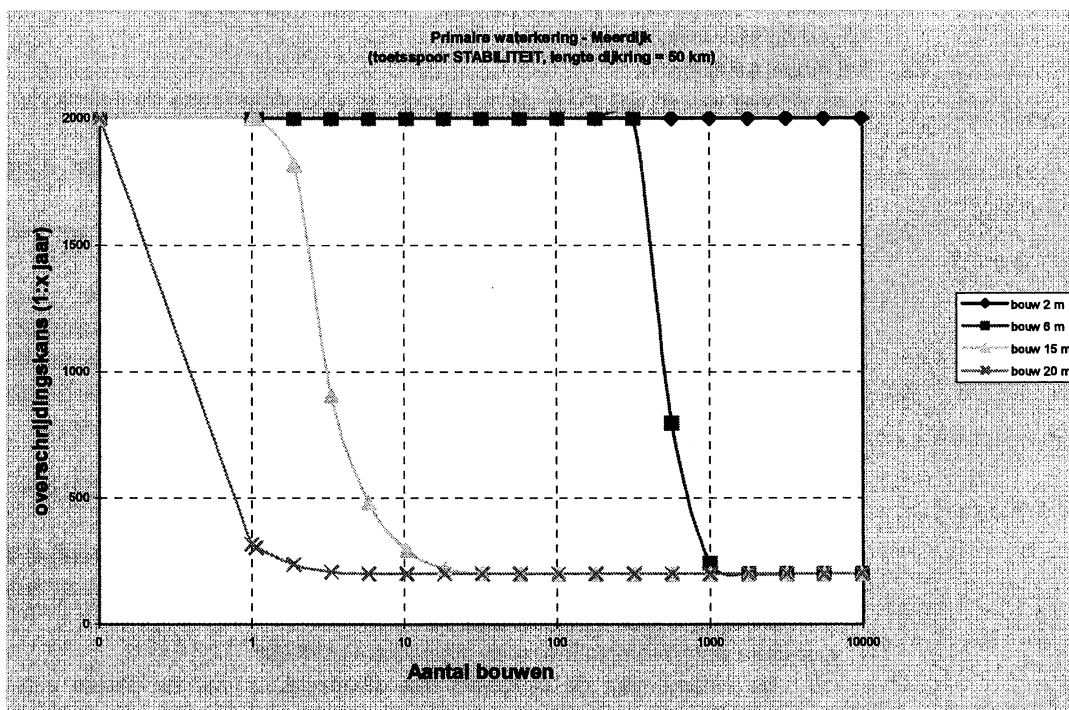
Voor enkele faalmechanismen geldt dat de waterkering over een aanzienlijke breedte moet zijn aangetast alvorens deze daadwerkelijk bezwijkt. Dit geldt bijvoorbeeld voor het faalmechanisme stabiliteit, met name bij waterkeringen met een grote kerende hoogte (en derhalve een breed profiel). In deze situatie is mogelijk een aaneenschakeling van bouwen vereist alvorens de waterkering over voldoende breedte is aangetast. Figuur 2 presenteert een toelichting. Voor een breedte van de bouw van 20 m komt het resultaat overeen met figuur 1 (breedte bouw is gelijk kritieke breedte). Verder toont de grafiek in figuur 2 dat bij een afnemende breedte van de bouw de veiligheid steeds minder snel afneemt door het aantal bouwen. Bij een breedte van een bouw van 15 m wordt de minimum waarde bereikt bij ca. 20 bouwen, terwijl bij een breedte van de bouw van 5 m het aantal van 100 bouwen een geringe afname van de veiligheid veroorzaakt.

Uit deze resultaten blijkt ook de invloed van de dimensie tijd. De initiële omvang van een bouw bedraagt gemiddeld ca. 5 meter, voor de meerdijk in bovenstaand voorbeeld veroorzaakt de aanwezigheid van 10 van dergelijke bouwen nauwelijks een verlaging van de veiligheid. Na één seizoen kan zo'n bouw zijn uitgegroeid tot een breedte van 10 à 15 meter. De aanwezigheid van 10 dergelijke bouwen veroorzaakt een afname van de veiligheid tot ca. 1/400. Een verdere toename van de breedte van de bouw (realiseerbaar in enkele jaren) verlaagt de veiligheid tot 1/200. De veronderstellingen over de groei van een bouw zijn gebaseerd op DHV [2006].

In het kader van deze analyse zijn verschillende combinaties van de breedte van graverij en kritieke breedte van het faalmechanisme beschouwd. Per combinatie is het aantal bouwen of graverijen in de gehele kadering berekend waarbij de veiligheid van de kadering juist is afgenomen tot de minimale waarde. Uit de berekening blijkt dat de veiligheid van een dijk- of kadering afneemt tot de minimale waarde:

- indien een bouw een breedte heeft die gelijk is aan de kritieke breedte:  
bij aanwezigheid van 5 locaties met bouwen (dit geldt voor alle beschouwde kritieke breedtes);
- indien de breedte van een bouw de helft bedraagt van de kritieke breedte:  
pas bij aanwezigheid van ca. 150 à 450 locaties met bouwen (dit geldt bij een breedte van de bouw en kritieke breedte van respectievelijk 25 vs. 50 en 10 vs. 20 m)

- bij een verdere afname van de breedte van een bouw ten opzichte van de kritieke breedte: een sterk toename van het aantal bouwen, bij een kritieke breedte van 20 m en een ca. 2,5 m brede bouw dienen ca. 12.500 bouwen in de waterkering aanwezig te zijn.



**Figuur 2** Invloed aantal bouwen op de veiligheid

### Toepassing voor enkele dijk- en kaderingen

In deze fase is het model toegepast voor enkele dijkringen. Voor deze gebieden zijn door medewerkers van de muskusrattenbestrijding gegevens over waargenomen graverijen en bouwen geïnventariseerd. De belangrijkste kenmerken zijn in onderstaande tabel weergegeven.

**Tabel I:** Overzicht belangrijkste kenmerken beschouwde gebieden

Gebied	Type waterkering	Lengte waterkering	Aantal graverijen	Gemiddelde breedte
Noord-Holland	Primair - Meerdijk	50 km	9	6 m
Noord-Holland	Boezemkade	20 km	1	2 m
Zuid-Holland	Primair - benedenrivier	35 km	99	2 m
Zuid-Holland	Boezemkade (>2m)	4 km	7	*1
Friesland	Boezemkade (<2m)	12,5 km	36	5,5 m
Gelderland	Primair - bovenrivier	65 km	18	7 m
Gelderland	Primair - bovenrivier	28 km	9	8,5 m

\*1 Deze case is aanvullend ter illustratie aangeleverd. De resultaten zijn algemeen gebruikt voor beeldvorming over de aard van graverij. Gegevens over de breedte zijn onvoldoende specifiek. Toch is gekozen aanvullend de modeltoepassing ook voor deze case uit te voeren, hierbij is de gemiddelde breedte van alle cases gehanteerd.

### Resultaten en conclusies

Ten aanzien van de relatie tussen het aantal muskusratbouwen en de faalkans van waterkeringen wordt geconcludeerd dat:

1. het mogelijk is de invloed van het aantal bouwen in een waterkering op de veiligheid van een lengte-eenheid van de betreffende waterkering (= een dijk- of kadering) te berekenen, met behulp van een opgesteld wiskundig model;
2. het model berekent:
  - de afname van de veiligheid van een lengte eenheid waterkering als functie van het aantal kritieke locaties in een waterkering;
  - de kans op een kritieke locatie als functie van het aantal bouwen (door aaneenschakeling van bouwen);
3. uit berekeningen met het model blijkt algemeen dat iedere locatie met graverij een afname van de veiligheid van een waterkering veroorzaakt, waarbij geldt dat:
  - de veiligheid reeds sterk afneemt bij aanwezigheid van één kritieke locatie;
  - bij ca. 5 kritieke locaties de veiligheid is afgenomen tot een bijna constante minimumwaarde;
  - bij meer dan 5 kritieke locaties de veiligheid nog slechts heel langzaam verder afneemt;
4. het aantal muskusratbouwen in een waterkering waarbij 5 kritieke locaties aanwezig zijn is afhankelijk van het type waterkering en de positie van de bouwen in het dwarsprofiel, waarbij:
  - voor kleine waterkeringen (boezemkaden) geldt dat:
    - de afname van de veiligheid niet afhankelijk is van de positie van een bouw in het dwarsprofiel;
    - ten aanzien van de faalmechanismen hoogte, macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts, piping, bekleding en microstabiliteit bij 5 bouwen de veiligheid van een dijk- of kadering afneemt tot een minimum waarde;
  - voor grote waterkeringen (rivier- en meerdijken) geldt dat:
    - de afname van de veiligheid niet afhankelijk is van de positie van een bouw in het dwarsprofiel;
    - ten aanzien van de faalmechanismen hoogte, macrostabiliteit buitenwaarts, bekleding en microstabiliteit bij 5 bouwen de veiligheid van een dijk- of kadering afneemt tot een minimum waarde;
    - ten aanzien van de faalmechanismen macrostabiliteit binnenwaarts en piping de minimum waarde van de veiligheid pas wordt bereikt bij een hoger aantal bouwen, omdat een aaneenschakeling van bouwen benodigd is voor het ontstaan van een kritieke locatie . Dit komt vanwege de grotere zgn. kritieke breedte van het faalmechanisme bij dit type waterkeringen, afhankelijk van de lengte van de waterkering wordt de minimum waarde pas bereikt indien tot wel honderden locaties met graverij aanwezig zijn (in een waterkering met een lengte van 50 km).

Ten aanzien van deze resultaten gelden enkele beperkingen van het model, te weten:

- niet alle faalmechanismen worden verdisconteerd;
- het model is enigszins onnauwkeurig omdat de positie van graverij in het dwarsprofiel en de invloed daarvan op een specifiek faalmechanisme buiten beschouwing wordt gelaten;
- lokale overdimensionering wordt buiten beschouwing gelaten.

Zodoende wordt meer algemeen gesteld dat de belangrijkste conclusies zijn:

- elke aantasting van een waterkering door graverij door een muskusrat veroorzaakt een afname van de veiligheid van de waterkering;
- het aantal locaties met graverij dient laag te worden gehouden;
- de omvang van een locatie met graverij dient beperkt te worden gehouden, omdat:
  - bij intensieve graverij de veiligheid van de betreffende locatie verder afneemt;
  - bij toename van de breedte van graverij reeds bij een kleiner aantal bouwen 5 kritieke locaties aanwezig kunnen zijn.

Ten aanzien van de relatie tussen aantal vangsten en de faalkans van een waterkering wordt geconcludeerd dat:

- een relatie tussen het aantal vangsten en het aantal graverijen kan niet worden aangetoond;
- een relatie tussen het aantal vangsten en de faalkans kan niet worden aangetoond, vanwege het ontbreken van een eenduidige relatie tussen het aantal vangsten in een gebied en het aantal graverijen in een waterkering.

### **Aanbevelingen**

Vooraleerst wordt algemeen aanbevolen te voorkomen dat zich schade door graverij in een waterkeringen bevindt. Reeds bij een enkele schade is sprake van een sterke afname van de veiligheid van de waterkering. Meer specifiek dient te worden voorkomen dat gelijktijdig op 5 locaties schade door graverij aanwezig is (tijdens het optreden van hoogwatersituaties). Hierbij wordt geen uitspraak gedaan of deze situatie wordt nagestreefd en / of gerealiseerd door intensieve bestrijding of intensieve inspectie van de waterkering en herstel van schade, eventueel in combinatie met preventieve maatregelen.

Bij grotere waterkeringen neemt de veiligheid ten aanzien van het falen door stabiliteitsverlies of piping minder snel af bij een toenemend aantal bouwen. Pas bij een groot aantal bouwen wordt een minimale waarde van de veiligheid bereikt. Dit aantal is onder andere afhankelijk van de breedte van een bouw. Zodoende dient niet alleen het aantal bouwen laag te worden gehouden, maar dient tevens de gemiddelde breedte van een bouw beperkt te worden gehouden. Dit vereist snelle ontdekking van de bouw en herstel van de schade. Aanbevolen wordt de inspectiefrequentie mede te baseren op de aangetroffen breedte van bouwen. Indien grote breedtes worden aangetroffen, dient de frequentie te worden verhoogd.

Om de kennis over de relatie tussen het aantal vangsten en de afname van de veiligheid te vergroten wordt aanbevolen om proefvakken aan te wijzen en het aantal vangsten nauwkeurig bij te houden gedurende een aantal jaren. Indien ook het aantal schades in deze dijkvakken goed gedocumenteerd wordt, is het wellicht mogelijk om de relatie tussen het aantal vangsten en het aantal bouwen vast te stellen.

Voor een eventueel gewenste toekomstige aanscherping van de conclusies wordt aanbevolen:

- registratie van de omvang van de graverij, alsmede de positie in het dwarsprofiel;
- de populatiedichtheid in het gebied waarin de waterkering zich bevindt te registreren;
- inzicht te verkrijgen in de actuele sterkte van de waterkering waarop het model wordt toegepast, zoals:
  - eventuele overdimensionering van dijkvakken;
  - het eventueel lokaal niet relevant zijn van bepaalde faalmechanismen
  - typen waterkering in de dijkkring
- verbetering van de beperkingen van het model.

Verder geldt als belangrijke onzekerheid bij deze resultaten de onbekendheid ten aanzien van de graafcapaciteiten van een muskusrat, bijvoorbeeld wanneer deze tot uitersten wordt gedwongen door gebrek aan vestigingsmogelijkheden en voedsel. Om een betere indruk te verkrijgen verdient het aanbevelingen meer inzicht te verkrijgen in deze capaciteiten, bijvoorbeeld door tenminste extreme vormen van graverij te registreren (qua intreediepte, indringing in de waterkering, breedte / intensiteit van graverij).