

**EFFECTEN VAN KARAKTERISTIEKEN VAN GEBOUW,  
FORTCOMPLEX, BEHEER EN OMGEVING OP  
OVERWINTERENDE VLEERMUIZEN  
IN DE NIEUWE HOLLANDSE WATERLINIE**

W.F. de Boer, S. van de Koppel & J.J.A. Dekker



2010

Rapport van de Zoogdierverseniging & Resource Ecology, Wageningen UR  
In opdracht van Projectbureau Nieuwe Hollandse Waterlinie



# EFFECTEN VAN KARAKTERISTIEKEN VAN GEBOUW, FORTCOMPLEX, BEHEER EN OMGEVING OP OVERWINTERENDE VLEERMUIZEN IN DE NIEUWE HOLLANDSE WATERLINIE

Rapport nr.:	2010.40
Datum uitgave:	22-3-2010
Auteurs:	W.F. de Boer, S. van de Koppel & J.J.A. Dekker
Illustraties:	Beschrijven en loggers plaatsen in Fort Brakel. Foto: Jasja Dekker.
Productie	<b>Zoogdiervereniging</b> Bezoekadres: Toernooiveld 1 6525 ED Nijmegen Postadres: Postbus 6531 6503 GA Nijmegen Tel.: 024 7410500 <a href="mailto:info@zoogdiervereniging.nl">info@zoogdiervereniging.nl</a> <a href="http://www.zoogdiervereniging.nl">www.zoogdiervereniging.nl</a>
Gegevens opdrachtgever:	Projectbureau Nieuwe Hollandse Waterlinie

Oplage 20

## **Dit rapport kan geciteerd worden als:**

W.F. de Boer, S. van de Koppel, J.J.A. Dekker, 2010. Effecten van karakteristieken van gebouw, fortcomplex, beheer en omgeving op overwinterende vleermuizen in de Nieuwe Hollandse Waterlinie. Rapport 2010.40. Zoogdiervereniging, Nijmegen.

De Stichting VZZ, onderdeel van de Zoogdiervereniging, is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van de Zoogdiervereniging; opdrachtgever vrijwaart de Stichting VZZ voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en de Zoogdiervereniging, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.





## **INHOUDSOPGAVE**

LEESWIJZER .....	2
1. AANLEIDING .....	3
2. WERKWIJZE .....	5
3. RESULTATEN .....	9
4. CONCLUSIES EN BEHEER .....	13
Bijlage .....	15



## **LEESWIJZER**

Voor u ligt een samenvatting van het onderzoek aan bepalende factoren voor de aantallen en soortsamenstelling van overwinterende vleermuizen in objecten van de Nieuwe Hollandse Waterlinie. Een uitgebreidere Engelstalige rapportage, waarin uitvoeriger wordt ingegaan op de ecologische achtergrond van vleermuizen, de keuze voor parameters en de statistische bewerkingen, is op aanvraag verkrijgbaar bij Jasja Dekker van de Zoogdierverseniging.

## 1. AANLEIDING

In veel gebouwen (objecten) van de Nieuwe Hollandse Waterlinie overwinteren vleermuizen. Deze overwinterende vleermuizen vormen één van de bekendere natuurwaarden van de forten. En terecht: samen herbergen de objecten van de Waterlinie zo'n 13% van alle in Nederland bekende overwinterende vleermuizen. Vleermuizen zijn strikt beschermde soorten in het kader van de Flora- en Faunawet, wat bepaalde eisen stelt aan de gebruiker of eigenaar, onder andere dat het gebruik en beheer van de forten, zeker bij wijzigingen daarin, dienen te worden afgestemd op behoud van deze vleermuizen.

Hoe meer bekend is over hoe en waarom de vleermuizen de forten gebruiken, hoe beter we in staat zullen zijn exploitatie, natuurwaarde én cultuurhistorische waarden samen te laten gaan, of goed te bepalen waar het nodig of mogelijk is een van deze waarden voorrang te geven.

Omdat de Nieuwe Hollandse Waterlinie een groot en complex gebied is, verloopt het onderzoek aan de vleermuizen in dit gebied in fasen: in een eerdere studie<sup>1</sup> werd een overzicht gemaakt van de aanwezigheid en het gebruik van de forten door vleermuizen. De functies van deze forten voor vleermuizen verschillen tussen het zomerseizoen en de overwinteringsfase, en deze zijn in een steekproef onderzocht en geanalyseerd. Doel van deze eerste studie was om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van dat gebruik. Dit beeld is dit jaar verder aangevuld<sup>2</sup>.

Een aantal forten werd, vaak naar aanleiding van wisseling van de gebruiker of het gebruik, gedetailleerder bekeken op gebruik door vleermuizen<sup>3</sup>.

Een logische volgende stap was een studie op te zetten naar welke factoren de overwintering door vleermuizen beïnvloeden: zijn dit alleen fysieke factoren (grootte van het object, omgeving), menselijke factoren (gebruik of niet, aantallen bezoekers), of een combinatie van beide? Hoe belangrijk zijn deze factoren, en in welke mate bepalen zij de soortensamenstelling van de

---

<sup>1</sup> Limpens, H.J.G.A., E.A. Jansen & J.J.A. Dekker (2007) *Ondersteboven van de waterlinie: onderzoek naar gebruik door vleermuizen, knelpunten en mogelijkheden tot duurzame ontwikkeling in de Nieuwe Hollandse Waterlinie - Deel 3: onderzoeksrapportage*. Rapport 2006.54.3. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem.

<sup>2</sup> Jansen, E.A., W.G. Overman & S.J. Vreugdenhil, 2010. Overwinterende vleermuizen in de Nieuwe Hollandse Waterlinie - Soorten, aantallen en verspreiding in het seizoen 2009/2010. Rapport 2010.26. Zoogdiervereniging, Nijmegen

<sup>3</sup> Jansen, E.A. & J.B.M. Thissen 2008. *Onderzoek naar de aanwezigheid van vleermuisfuncties op Fort Asperen. De inpassing van nieuwe publieksfuncties in de toren van Fort Asperen*. Rapport 2008.014. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem.

Jansen, E.A. 2006. *De functies van het Kromhoutkazerneterrein Utrecht voor vleermuizen. Een onderzoek naar het voorkomen van deelleefgebieden van Vleermuizen*. Zoogdiervereniging, rapport 2006. 051 VZZ. Arnhem

Jansen, E.A., 2007. *Onderzoek naar de aanwezigheid van vleermuisfuncties op Fort Nieuwe Steeg. De inpassing van publieksfuncties op het fortterrein en in de gebouwen*. Zoogdiervereniging VZZ rapportnr. 2007.045. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem.

Jansen, E.A., 2007. *Het bomvrije wachtlokaal, gebouw LL als vleermuisverblijf. Status, beheer en herstel*. Zoogdiervereniging VZZ rapport 2007.059. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem.





vleermuizen in de objecten en beïnvloeden zij het aantal overwinterende vleermuizen? Zijn er ook factoren waarmee objecten, waar nu weinig dieren overwinteren, aantrekkelijker kunnen worden gemaakt?

In opdracht van het Projectbureau Nieuwe Hollandse Waterlinie werd daarom door de leerstoelgroep Resource Ecology van Wageningen UR en de Zoogdierverseniging een studie uitgevoerd naar de karakteristieken van objecten die het gebruik voor overwintering door vleermuizen bepalen.

De resultaten van deze studie werden neergelegd in een uitgebreid Engelstalig rapport. Dit is in digitale vorm op te vragen bij de auteurs. De wijze van aanpak en de belangrijkste resultaten en conclusies worden gerapporteerd in deze uitgebreide Nederlandse samenvatting.

## 2. WERKWIJZE

Van bijna alle objecten van de Waterlinie zijn telgegevens aanwezig. Via een steekproef van een aantal objecten werden de karakteristieken van deze objecten, die een effect kunnen hebben op de kwaliteit van het object als overwinteringsobject, opgemeten. De effecten van deze karakteristieken op aantallen overwinterende vleermuizen en op de soortenrijkdom (aantal soorten) in een object werden vervolgens statistisch getoetst. Dit gebeurde eerst voor elke karakteristiek afzonderlijk, en vervolgens in combinatie om te zien welke effecten het belangrijkste zijn.

### *Tellingen*

Al sinds 1951 worden door vrijwilligers van lokale vleermuiswerkgroepen en de Zoogdiervereniging overwinterende vleermuizen geteld op (potentiële) overwinteringslocaties. Tegenwoordig gebeurt dit in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring, in opdracht van de Gegevensautoriteit Natuur.

De telobjecten worden tussen 15 december en 15 februari eenmaal bezocht en de vleermuizen worden geteld. Hierbij worden de dieren nooit verstoord door aanraking. Dit zorgt er wel voor dat twee zeer sterk gelijkende soorten bij de wintertellingen niet van elkaar kunnen worden onderscheiden: *Myotis mystacinus* en *Myotis brandti*. Deze soorten worden in de analyses dan ook als een 'combinatiesoort' geanalyseerd.

Voor deze analyse gebruikten we alleen gegevens van de laatste 5 jaar vóór de start van dit project: 2003-2004 tot 2007-2008. Uit deze gegevens werd per object het gemiddeld aantal vleermuizen berekend. Daarnaast keken we naar de soortenrijkdom, het totaal aantal soorten dat tijdens de hele periode gezien werd.

### *Karakteristieken*

Vleermuizen overwinteren tussen oktober en april (sommige soorten overwinteren tot in mei). Hierbij zijn in algemene zin rust, koelte en vocht noodzakelijk. In de keuze voor een overwinteringslocatie wordt vermoed dat ook de directe omgeving en het omliggende landschap een grote rol spelen. Zo kan bijvoorbeeld de aanwezigheid van water of de nabijheid van houtwallen een positieve invloed hebben op het aantal overwinterende vleermuizen in een object.

Na de literatuurstudie (samengevat in de rapportage) werd besloten een aantal karakteristieken van objecten en hun omgeving te bestuderen, die mogelijk de kwaliteit van een object als overwinteringsobject bepalen (Tabel 1). Deze karakteristieken zijn onder te verdelen in 4 verschillende categorieën:

(I) objectkarakteristieken (zoals volume, aantal kamers, maar ook temperatuur en luchtvochtigheid)

- (II) karakteristieken van de directe omgeving (zoals begroeiing op fortterrein)
- (III) beheer (zoals aantal bezoeker)
- (IV) landschapskarakteristieken (zoals hoeveelheid bos in de omgeving)

De objectkarakteristieken en karakteristieken van de directe omgeving werden beschreven tijdens veldbezoeken, m.b.v. automatische loggers, en aan de hand van bouwplannen en stafkaarten.

Menselijk gebruik in de zomer (1 april - 1 oktober) werd bepaald als aanwezig of afwezig, op basis van gegevens van beheerders en/of de onderzoekers. Toegankelijkheid voor publiek is gescoord als toegankelijk of ontoegankelijk, op basis van gegevens van beheerders en/of de onderzoekers, en werd beschouwd als toegankelijk als er geen toegangshek was, of als het hek altijd open was, en als ontoegankelijk als het hek altijd dicht was, als het object afgesloten was, of als het object alleen toegankelijk was met een gids of beheerders. Het aantal bezoekers in de winter (1 oktober - 1 april) werd bepaald op basis van informatie van de beheerders.

In 44 objecten werden luchttemperatuur en relatieve vochtigheid van 1 november 2009 tot 25 maart 2010 elke 30 minuten gemeten door middel van 72 data-loggers (Voltcraft DL-120TH).

Het landschap kan op verschillende schalen effect hebben op de overwinterende vleermuizen. Daarom werden alle omgevingskarakteristieken verzameld in 7 buffers rond elk object, met een straal van 0,5 km, 1 km, 2 km, 4 km, 8 km, 16 km, en 32 km vanaf het object. De oppervlakte, respectievelijk lengte die wordt ingenomen door diverse landschapsvormen in deze buffers werd bepaald door middel van LGN5 kaarten ('Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland'), waarbij de volgende landschapstypen werden onderscheiden: water, gebouwen, natuur, landbouw, lijnvormige landschapselementen (bomenlanen, heggen, holle wegen, bosranden). Daarnaast werd in deze cirkels het aantal telobjecten, het aantal aanwezige vleermuizen in andere objecten en het aantal soorten bepaald.

Tabel 1. Overzicht van alle gemeten karakteristieken en minimum, maximum en gemiddelde waarden.

<b>Karakteristieken</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Gemiddelde</b>
Totaal volume (m <sup>3</sup> )	7.8	3964.3	403.2
Aantal kamers (#)	1	46	6.2
Aantal verstopplekken (gaten, schoorstenen, etc.)	1	872	86.2
Dikte muur (cm)	37.8	246.4	95.1
Gemiddelde luchttemperatuur (°C)	4.0	11.4	6.5
Maximum luchttemperatuur (°C)	26.3	11.6	13.6
Minimum luchttemperatuur (°C)	-3.3	6.8	1.6
Standaardafwijking van luchttemperatuur (°C)	1.6	4.0	3.0
Winter range air temperature (°C)	5.9	21.8	12.0
Spreading luchttemperatuur binnen etmaal (°C)	0.1	2.2	0.6
Percentage temperatuur onder nul (%)	0.0	21.7	2.3
Gemiddelde luchtvochtigheid (%)	69.8	96.5	84.6
Maximum luchtvochtigheid (%)	86.6	100.0	97.2
Minimum luchtvochtigheid (%)	24.0	81.6	54.0
Standardafwijking luchtvochtigheid (%)	13.9	2.9	7.3
Range luchtvochtigheid (%)	76.0	18.4	43.2
Gemiddelde dagelijkse luchtvochtigheid (%)	1.1	9.8	4.3
Directe instraling zonlicht (%)	0.0	90.0	48.7
Dikte gronddek (cm)	0.0	600.0	130.4
Totaal oppervlak gebouwen op fortterrein (m <sup>2</sup> )	37.4	10869.5	2330.1
Openheid vegetatie (%)	23.0	90.0	45.6
Gebruik door de mens (aan-/afwezig)	0	1	0.4
Toegankelijkheid (1 = toegankelijk, 0 = niet toegankelijk)	0	1	0.3
Aantal bezoekers in winter (#)	10	1300	116.6
Oppervlakte water in a cirkel met straal van X km rond object (%)			
Oppervlakte gebouwen in een cirkel met straal van X km rond object (%)			
Oppervlakte natuurgebied in een cirkel met straal van X km rond object (%)			
Oppervlakte landbouwgebied in een cirkel met straal van X km rond object (%)			
Totale lengte lijnvormige landschapselementen in een cirkel met straal van X km rond object (m)			
Aantal objecten in een cirkel met straal van X km rond object (#)			
Aantal overwinterende vleermuizen in een cirkel met straal van X km rond object (#)			
Aantal soorten overwinterende vleermuizen in een cirkel met straal van X km rond object (#)			

## Data-analyse

De analyse bestond uit een aantal stappen. Eerst werd onderzocht welke variabelen effect hadden op het totaal aantal vleermuizen, het totaal aantal soorten en het aantal dieren van de meest voorkomende afzonderlijke soorten. Dit gebeurde door middel van het berekenen van correlatiecoëfficiënten. Afhankelijk van het type data werden vier verschillende statistische toetsen gebruikt: een lineaire regressie, een Generalized Linear Model (GzLM) met een Poisson-verdeling, een Spearman correlatietest, óf een binaire logistische regressie. De effecten van beheer werden getest met behulp van een t-test of Mann Whitney-U test.

In de tweede fase werden de karakteristieken gecombineerd. Dit gebeurde met behulp van een zogenaamde *Ecological-Niche Factor Analysis* (ENFA). Daarbij werden van temperatuur en luchtvochtigheid alleen de gemiddelden en de standaarddeviatie gebruikt. Voor landschapskarakteristieken werd daarbij, per variabele, alleen de meest relevante buffergrootte gebruikt, welke werd bepaald met behulp van de Mahalanobis distance.

We gebruikten de luchtvochtigheid en temperatuur in de objecten in de winter van 2009-2010 werd gemeten, maar de gemiddelde aantallen en aantallen soorten vleermuis van de periode 2003-2008. Stel nu dat de winter van 2010 sterk afweek van de winters in voorgaande jaren ervoor. Dan zouden we appels met peren vergelijken. Om die reden is gecontroleerd in hoeverre de telgegevens van de winter 2009-2010 die aan het eind van dit onderzoek beschikbaar kwamen afwaken van de gemiddelden van 2005-2009. Dit bleek niet het geval te zijn: de aantallen vleermuizen en aantallen soorten die in objecten werden aangetroffen in winter 2009-2010 kwamen sterk overeen met de aantallen van de voorgaande jaren.

Een uitgebreide beschrijving van de statistische analyse, en de achterliggende argumenten voor de keuze van de verschillende analysemethodes vindt u in de Engelse uitgebreide rapportage.

## Aantal objecten

We onderzochten in deze studie een steekproef van 117 objecten van de Waterlinie (Bijlage 1). Deze keuze is gebaseerd op de aanwezigheid van telgegevens, en op het verkrijgen van een zekere variatie in objecttypes, die verschilden in de aantallen overwinterende vleermuizen, hun objectkarakteristieken, en hun ligging over de hele Waterlinie. Landschapskarakteristieken waren beschikbaar voor alle 117 objecten. Objectkarakteristieken met betrekking tot beheer en grootte waren beschikbaar voor 58 objecten, en temperatuur- en relatieve luchtvochtigheidsdata waren beschikbaar voor 44 objecten.

### 3. RESULTATEN

Er werden in de periode 2003-2004 tot 2007-2008 in 79 van de 117 objecten vleermuizen gevonden, met een gemiddelde van 11,9 vleermuizen per object. In alle onderzochte 117 objecten samen overwinterden gemiddeld jaarlijks 1386 vleermuizen. In totaal zijn er in deze periode zeven overwinterende soorten vleermuizen gevonden in de onderzochte objecten van de Waterlinie. Gemiddelde telde elk objecten 1,7 soorten.

In de volgende paragrafen bespreken we de gevonden effecten van de karakteristieken op aantallen overwinterende dieren en op de soortenrijkdom.

#### ***Objectkarakteristieken***

Van de objectkarakteristieken hadden vooral volume, aantal kamers en het aantal verstopplekken een grote positieve correlatie met het totaal aantal vleermuizen: een groter object, meer kamers, of meer verstopplekken zorgden voor meer dieren en meer soorten. Een positief maar kleiner effect was er met de dikte van het gronddek. Voor soortenrijkdom had ook zoninstraling en openheid van de vegetatie een positief effect.

De gemiddelde temperatuur in de winter was hoger (binnen de range 4-11 °C) en stabiel in objecten met een groter volume, met meer kamers, en met een grotere zoninstraling. Maar verrassend genoeg hadden die temperatuur en luchtvochtigheid zelf relatief weinig invloed op de aantallen overwinterende vleermuizen, al nam het aantal vleermuizen licht toe als een object een stabielere temperatuur had. Een object had ook meer soorten bij hogere temperatuur (binnen de gemeten range van 4 tot 11 °C) en de soortenrijkdom nam toe naar mate de temperatuur en luchtvochtigheid kleinere schommelingen vertoonden.

Mogelijk overschaduwden de sterke effecten van volume, aantal kamers, en aantal verstopplekken het effect van andere karakteristieken, zoals het effect van temperatuur op het totaal aantal soorten. We hebben geprobeerd dit ook te onderzoeken, maar een aanvullende analyse waarbij voor het effect van volume werd gecorrigeerd gaf geen versterking van de effecten van de andere objectkarakteristieken op aantallen.

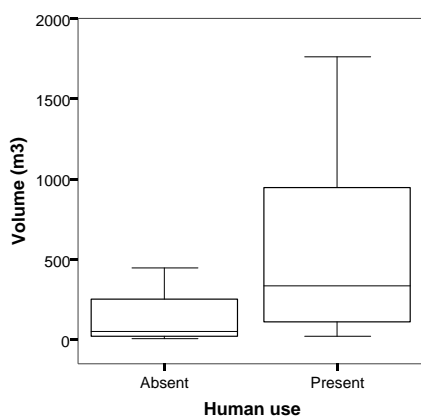
Wanneer alle objectkarakteristieken gecombineerd werden, bleken karakteristieken die te maken hebben met grootte het belangrijkste. Ook klimaatkarakteristieken bleken dan van belang, maar in mindere mate.

#### ***Beheer***

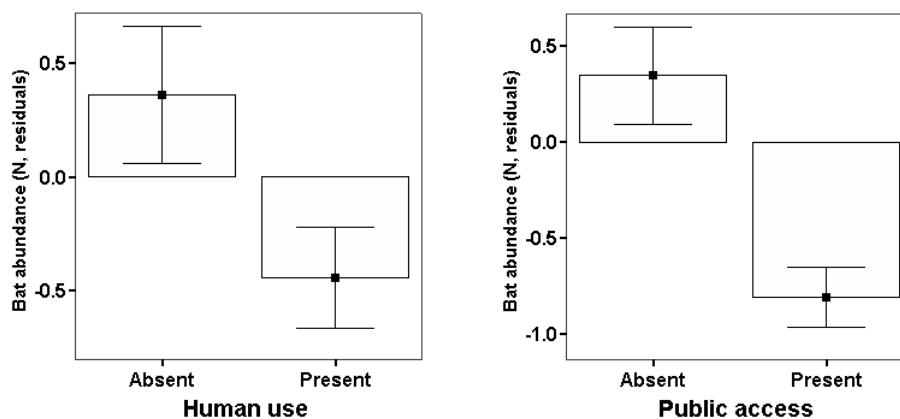
De effecten van gebruik door de mens en de grootte van een object op aantal en soortenrijkdom moesten met een statistische truc worden gescheiden, omdat grotere objecten vaker worden gebruikt (figuur 1). Na correctie voor het effect van grootte bleek dat objecten met gebruik door de mens of die vrij toegankelijk zijn een lagere dichtheid aan overwinterende vleermuizen vertonen dan objecten zonder menselijk gebruik (figuur 2).

Er was geen effect van menselijk gebruik of toegankelijkheid op de soortenrijkdom in een object.

Hoewel drie objecten tijdens de winterperiode werden bezocht door meer dan 1000 mensen, werd bijna 90% van alle objecten door minder dan 100 mensen bezocht, en bijna 65% alleen door de vleermuistellers. Er was geen significante relatie tussen het aantal bezoekers en het aantal overwinterende vleermuizen of de soortenrijkdom. Dat kan komen doordat het aantal bezoekers in de meeste objecten al vrij laag is, of omdat de protocollen die opgezet zijn om de verstoring te reduceren worden nageleefd.



Figuur 1. Menselijk gebruik (human use: absent = afwezig, present=aanwezig) en volume van objecten: door de mens gebruikte objecten zijn groter.



Figuur 2. Negatieve effecten van gebruik door de mens (a) en toegankelijkheid (b) van objecten op het (voor volume gecorrigeerde) aantal overwinterende vleermuizen.

### **Ruimtelijke karakteristieken**

De ruimtelijke karakteristieken hadden soms onverwachte resultaten. Zo had het oppervlakte aan landbouwgebied een positief effect op de aantallen vleermuizen en de soortenrijkdom, terwijl oppervlakte aan gebouwen een negatief effect had. Mogelijk komt dit door versturende werking van menselijke bewoning.

De reden dat het oppervlakte landbouwgrond een positief effect had, is ons niet geheel duidelijk. Mogelijk komt dit doordat landbouw gewoon minder negatief is dan stedelijke omgeving, en gaat het niet alleen om het effect van landbouwgrond, maar daarbij ook om het effect "donker" (dus geen versturende verlichting op vliegroutes) of "geen stad" en "geen menselijke verstoring". Het effect van landbouwgrond is het sterkst in de directe omgeving van de objecten (0.5 en 1 km).

Natuurgebieden speelden vooral een rol op de middel tot kleine schaal (1 tot 4 km rond het object). Verrassend genoeg had het oppervlakte aan natuurgebied rond een object een negatief effect op de vleermuisaantallen en de soortenrijkdom. Mogelijk komt dit doordat "natuurgebied" een te brede karakterisering is voor onze analyse. Natuurgebied in onze dataset varieerde van bos (75% van de natuurgebieden in de buffers) tot veenweide. Aangezien verschillende soorten vleermuizen verschillende habitats gebruiken zou een fijnere verdeling meer inzicht kunnen geven.

De effecten van water, lijnvormige landschapselementen, of het aantal vleermuizen en het aantal soorten in de directe omgeving varieerde tussen de verschillende schalen: op sommige schalen was dit effect negatief, op andere schalen beïnvloedden deze variabelen het aantal vleermuizen en de soortenrijkdom positief. Wanneer alleen naar de belangrijkste schaal (welke dat is varieert per landschapsvariabele) wordt gekeken, was het aantal vleermuizen in een object positief gecorreleerd met de lengte aan lijnvormige landschapselementen in een buffer van 32 km, en de soortenrijkdom in een gebied van 2 km rondom het object.

Water had een relatief klein effect op het aantal vleermuizen en de soortenrijkdom. Het effect was positief op kleine schaal, maar negatief op grotere schalen. Het positieve effect op kleine schaal bevestigt het vermoeden dat water van belang is om te jagen, vóór of net na de overwintering.

Het effect van lijnvormige landschapselementen was negatief op kleine schaal en positief op grotere schaal. We verwachtten echter dat deze elementen ook positief, of minstens neutraal zouden werken op kleinere schaal. Mogelijk nemen op kleinere schaal bosschages, dijklichamen, etc., de rol van lijnvormige landschapselementen als 'baken' in het landschap over.

De afstand tot andere potentiële overwinteringslocaties (de aantallen objecten, het aantal vleermuizen, en het aantal soorten in de omgeving) had verschillend effect op de vleermuisaantallen en de soortenrijkdom van een object. Het aantal soorten, en in mindere mate ook de aantallen vleermuizen in de omgeving hadden een positief effect op de vleermuisaantallen en de soortenrijkdom van een object. Kennelijk clusteren vleermuizen zich in bij elkaar liggende objecten.

Verrassend genoeg had het totaal aantal objecten in de omgeving een negatief effect op de soortenrijkdom en de aantallen vleermuizen. Dit zou een methodische reden kunnen hebben: de ligging van sommige objecten was niet altijd exact bekend, en sommige forteneilanden zaten als cluster in de dataset. Sommige belangrijke forten werden daarom niet geteld als bijvoorbeeld 1 fort



plus 7 bunkers, maar als 1 clusterobject, waardoor het aantal gebouwen in de buffer is onderschat.

### ***Ruimtelijke en niet-ruimtelijke karakteristieken***

Ook in de gecombineerde analyse van effect van alle karakteristieken samen was volume het belangrijkste, en verklaarden verschillen in volume het beste de variatie in het aantal vleermuizen. Daarnaast hadden ook het aantal kamers en het aantal verstopplaatsen een positief effect op het aantal vleermuizen in een object. Directe instraling van licht, openheid van de vegetatie en het aantal soorten in een 2 km buffer rond het object hadden een positief effect op het aantal vleermuizen, en gebruik door de mens en toegankelijkheid een negatieve. Een toename van de temperatuur en vochtigheid, of een afname van de fluctuaties van beide had een mild positief effect.

Het was bij de analyse van gecombineerde effecten op de soortenrijkdom niet mogelijk te corrigeren voor volume. Mede daarom waren karakteristieken die te maken hadden met objectgrootte (volume, aantal kamers, en verstopplekken) de belangrijkste karakteristieken voor geschiktheid van overwintering. Toch had ook het aantal soorten in een omgeving van 2 km rondom de objecten een positief effect, en had het totaal aantal vleermuizen in de omgeving een negatief effect op de soortenrijkdom van een object.

#### 4. CONCLUSIES EN BEHEER

Aantallen vleermuizen en soortenrijkdom in objecten van de Nieuwe Hollandse Waterlinie zijn afhankelijk van een groot aantal factoren, op verschillende ruimtelijke schalen. Van deze factoren bleken interne factoren het meest belangrijk te zijn voor geschiktheid van een object als overwinteringslocatie. De voornaamste interne factoren waren grootte(in volume), aantal kamers en aantal verstopplekken. Die zorgden voor grotere aantallen en meer soorten in een object. Deze karakteristieken zijn duidelijk aan elkaar gerelateerd: in een groter object is meer plek, er is meer variatie in microklimaat, en dus meer geschikte plekken voor overwinterende vleermuizen. Daarbij bleken grotere objecten ook gebufferd te zijn tegen variatie in microklimaat: ze hebben een stabiel klimaat, wat belangrijk is voor een ongestoorde winterslaap. Hierbij gaat het mogelijk niet alleen om stabiel in de zin dat er minder snel op de temperaturen buiten wordt gereageerd, maar ook dat het verloop van de verandering in de variaties in microklimaat in de loop van de winter, steeds weer op een zelfde wijze verlopen. Juist doordat grootte ook staat voor een aantal andere gunstige objectkarakteristieken en variatie in die karakteristieken, en omdat een groot object onevenredig veel meer vleermuizen telt dan kleinere, kan een groot object slecht worden gecompenseerd door meerdere kleinere in te richten voor vleermuizen, zelfs als die kleine samen evenveel volume hebben als die grote.

Ook ruimtelijke karakteristieken, op verschillende ruimtelijke schalen, bleken van belang te zijn voor overwinterende vleermuizen. Ze hadden een sterke relatie met de totale aantallen en soortenrijkdom van overwinterende vleermuizen in de objecten. Het belang van de effecten van de directe omgeving, de karakteristieken op en rond het fort of bunker zelf zijn niet helemaal duidelijk en zouden in meer detail onderzocht moeten worden om eenduidige conclusies te kunnen trekken.

Gebruik door de mensen en toegankelijkheid hadden een sterk negatief effect op het aantal overwinterende vleermuizen. Gebruik en mate van openstelling voor bezoekers zijn dé factoren waar beheerders en eigenaren directe een logistiek eenvoudige invloed op hebben.

Het is zaak de positieve kanten van exploitatie, openstelling en excursies (van voorlichting over vleermuizen en over cultuurhistorische waarden tot inkomsten door exploitatie) af te wegen tegen negatieve effecten van verstoring van de vleermuizen.

Oplossingsrichtingen zijn het alleen gebruiken en openstellen van kleinere maar interessante objecten en objecten met weinig dieren. Hierbij moet ook gedacht worden aan de verschillende timing van verstoring in zomer en winter en de verschillende 'soorten' verstoring. Een excursie is iets anders dan een object verwarmen voor een vergadering.

Het is vanuit het oogpunt van bescherming van de vleermuizen wenselijk voor vleermuizen belangrijke en vrij toegankelijke objecten in de voor vleermuizen gevoelige tijden af te sluiten voor ongewenste bezoekers (vandalen, hangjeugd,

'vuurtje stokers') en toegang te beperken tot bepaalde perioden in het jaar, onder toezicht van eigenaar, beheerder of excursieleider. Deze gang van zaken is voor veel objecten al de dagelijkse praktijk. Mogelijk kan ook de wijze van gebruik en bezoek (type en periode gebruik, grootte van groep en route) zo aangepast worden dat gebruik en bezoek doorgang kunnen vinden, maar een verwaarloosbare impact hebben op de overwinterende vleermuizen. Het is zaak dergelijke experimenten aan te gaan en de effecten op de vleermuizen zeer nauwkeurig te monitoren.

We bevelen dan ook aan gebruik en bezoek nader te onderzoeken, om te zien of aanpassingen in bezoek, gebruik en toegankelijkheid van sommige objecten gevolgen heeft voor de ontwikkelingen van aantallen overwinterende vleermuizen op de lange termijn, gescheiden van de andere factoren die op de aantallen overwinterende dieren inwerken. Met die kennis kan de bezoeks vorm nader worden afgestemd op behoud van de natuurwaarde.

Dit onderzoek zou kunnen door gebruik te maken van de tellingen die afgelopen jaren zijn uitgevoerd. Deze gebeuren in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring Overwinterende vleermuizen, die wordt uitgevoerd door de Zoogdiervereniging en haar vrijwilligers.

Ook begroeiing en openheid van vegetatie op en rond het object zijn te manipuleren. Van eerdere studies weten we dat objecten met groen eromheen aantrekkelijker zijn voor zomer- en wintergebruik. Anderzijds had in deze studie directe zoninstraling en openheid van vegetatie op het object ook positieve effecten, mogelijk door betere toegankelijkheid en een warmer intern klimaat. Dit zou onder andere kunnen komen door het afremmen van koude oostenwind in de winter. Opener maken aan de zuidkant, en het "ingepakt" houden van de noord- en zuidwest kant zou bijvoorbeeld optimaal zijn. Het zou, zeker ook vanwege de wens om vanwege cultuurhistorie of beleefbaarheid op sommige forten vegetatie te verwijderen, goed zijn deze effecten op de vleermuizenstand nader te onderzoeken.

Het is enorm belangrijk bij geplande veranderingen op de objecten van de waterlinie niet alleen het object, maar ook de omgeving (en ook aanwezige soorten in nabije objecten, en het landgebruik) in ogenschouw nemen.

Concluderend: deze studie wijst als de belangrijkste variabelen die het aantal overwinterende vleermuizen in de Nieuwe Hollandse Waterlinie bepalen aan: de grootte van de objecten, mate van openheid van de vegetatie op het object, het aantal soorten in de directe omgeving, en gebruik door de mens.

Al deze factoren hadden positieve effecten op de vleermuisaantallen, behalve het gebruik door de mens. Temperatuur en vochtigheid zoals hier gemeten, waren minder belangrijk dan de objectkarakteristieken die te maken hadden met grootte.



## **BIJLAGE: ONDERZOCHE OBJECTEN**

ZV- Objectnummer	Object	Logger
159	Fort Leerdam-Diefdijk	x
160	Fort Asperen	
161	Bunkers nabij Asperen	x
162	Hogere verdieping Loevestein	
164	Fort Vuren	x
168	Fort Everdingen	
225	Fort Brakel	x
226	Fort Poederoyen	x
238	Fort Nieuwesteeg	
239	Bunker op fort Vuren	x
262	Bunker Diefdijk/A2	x
301	Fort Abcoude	
309	Fort Ruigenhoek	
319	Reduit I Fort Vechten	
332	Reduit Fort Rhijnauwen	
333	Fort Rhijnauwen overige	
341	Fort Waalse Wetering	x
342	Fort Honswijk	
343	Fort Korte Uitweg	
352	Bomvrij wachtlokaal Vossegat	
365	Fort Hemeltje	
387	Stelling Griffensteyn	
391	Groepsschuilplaats I Blauwkapel	x
392	Groepsschuilplaats II Blauwkapel	x
393	Groepsschuilplaats III Blauwkapel	
394	Groepsschuilplaats IV Blauwkapel	x
395	Groepsschuilplaats V Blauwkapel	x
396	Groepsschuilplaats VI Blauwkapel	x
397	Groepsschuilplaats VII Blauwkapel	x
466	Kazemat Promers P	
467	Kazemat Promers T	
468	Kazemat Promers U	
469	Kazemat Oud Molen I'	
470	Kazemat Oud Molen K'	
472	Kazemat Oranje K	
482	Bunker U14, Naardermeer	
483	Bunker U15, Naardermeer	
484	Bunker U17, Naardermeer	
485	Bunker U18, Naardermeer	
486	Bunker U20, Naardermeer	
487	Bunker U21, Naardermeer	
500	Fort Hinderdam geheel	
501	Fort Kijkuit	x
502	Fort Uitermeer, mansch.verb.	
503	Fort Uitermeer, torenruine	
732	Papsluis	
733	Fort Giessen I, hoofdgebouw	x
734	Fort Giessen II, vleermuisreservaat	x

ZV- Objectnummer	Object	Logger
735	Fort Giessen Kelder	x
1031	Rever N Fort Lunetten I	
1032	Groepsschuilplaats I de Bilt	
1033	Mitrail Kazemat Fort Lunetten I	x
1034	Remise III de Bilt	
1035	Mitraill. kazemat II de Bilt / dodenbunker	
1036	Remise IV de Bilt	
1037	Groepsschuilplaats II de Bilt	x
1038	Groepsschuilplaats III de Bilt	x
1039	Schuilplaats III Blauwkapel	x
1041	Grpsschuilpl ZW Fort Lunetten I	x
1044	Remise S Fort Vechten	x
1048	Grpsschuilpl ZO Fort Lunetten I	
1056	Groepsschuilplaats VIII Blauwkapel	
1059	Toren Nieuwersluis	
1061	Remise NW Nieuwersluis	
1063	Remise ZW Nieuwersluis	x
1066	Dubbele remise II de Bilt	x
1067	Schuilplaats I Blauwkapel	x
1068	Remise I blauwkapel	
1070	Remise II Blauwkapel	x
1071	Remise Q Fort Vechten	
1075	Schuilplaats II Blauwkapel	x
1076	Remise I de Bilt	
1077	Mitraill. Kazemat I de Bilt	
1081	Toren Fort de Klop	x
1082	Rever N Fort Lunetten III	
1083	Remise II/Gang Fort Voordorp	
1084	Mitr Kazemat Fort Lunetten III	x
1086	Rever Z Fort Lunetten III	
1087	Mitr Kazemat Fort Lunetten IV	
1092	Remise III Fort Voordorp	
1093	Groepsschuilplaats W de Klop	
1095	Grsch.NW Fort Voordorp	
1096	Groepsschuilplaats N de Klop	
1097	Groepsschuilplaats NO de Klop	x
1098	Groepsschuilplaats ZO de Klop	
1100	Verbruiksm. Fort Voordorp	
1102	Bomvrije Kazerne Fort Voordorp	
1103	Chaponiere Fort Voordorp	
1106	Wachtlokaal N Fort Vechten	x
1112	Remise P Fort Vechten	x
1113	Flankbatterij D Fort Vechten	x
1114	Reverbatterij G Fort Vechten	x
1115	Flankbaterij C Fort Vechten	x
1117	Remise I Vechten	
1118	Rever Z Fort Lunetten I	
1119	Remise K Fort Vechten	x
1121	Flankbaterij F+M Fort Vechten	x

ZV- Objectnummer	Object	Logger
1122	Wachtlokaal 210 Fort Vechten/wachtlokaal O	
1123	Remise T Fort Vechten	x
1124	Bomvrije kazerne, flank A en Flank B Fort Vechten	
1125	Rever N Fort Lunetten II	
1126	Rever Z Fort Lunetten II	x
1146	Fort Ronduit (Nw Holl Waterl)	
1164	Bunker Werkendam Bakkerskil	x
1284	Nieuw Molen kazemat F	
1335	Bunkers Zuider Lingedijk (I)	x
1336	Bunkers Lingedijk Asperen	
1337	Bunkers Lingeos-1 (noord) Broekse sluis	
1338	Bunkers Lingeos-2 (zuid)	x
1386	Poterne vesting Loevestein	
1403	Poterne naast kazemat T (J00 J03)	
1761	Dubbele mitr. kazemat Beatrixsluizen	
1772	Bunker (2de) Zuider Diefdijk	
1781	Bijgebouwen Everdingen (5 obj)	
1793	Fort Giessen waterkelder 1	
1833	Fort Giessen, waterkelder 2	
9001	Wachtgeb3 Rijnauwen	
9002	Flankbat4 Rijnauwen	
9003	Remise6 Rijnauwen	
9004	Bunkers Zuider Lingedijk (II)	