

---

# Wegverlichting en natuur IV

## Effecten van wegverlichting op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren

Auteurs:

J.G. de Molenaar  
R.J.H.G. Henkens  
C. ter Braak  
C. van Duyne  
G. Hoefsloot  
D.A. Jonkers

februari 2003

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte

---

DWW-rapport nr. DWW-2003-012  
ISBN 90-369-5528-9

Alterra-rapport nummer 648  
ISSN-nummer 1566-7197

*Titel en subtitel rapport*  
Wegverlichting en natuur IV.  
Effecten van wegverlichting op het  
ruimtelijk gedrag van zoogdieren  
DWW-Ontsnipperijsreeks deel 44

*Auteurs*

J.G. de Molenaar  
R.J.H.G. Henkens  
C. ter Braak  
C. van Duyn  
G. Hoefsloot  
D.A. Jonkers

*Opdrachtnemer*

Alterra, Research Instituut voor de  
Groene Ruimte  
Postbus 47,  
NL-6700 AA Wageningen  
tel. 0371-47 47 00  
fax 0317-411 90 00  
e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

*Opdrachtgever*

Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en  
Waterbouwkunde  
Postbus 5044,  
NL-2600 GA Delft  
tel. 015-25 18 482,  
fax 015-25 18 555  
email: postmaster@dww.rws.minvenw.nl

*Titel onderzoeksproject*

Effecten van wegverlichting op het  
ruimtelijk gedrag van zoogdieren

*Datum publicatie*

Februari 2003

*Projectleider*

J.G. de Vries

*Aantal bladzijden*

72 pagina's

*© illustraties*

Alterra: kaartmateriaal

*Foto omslag*

R. Henkens

*Trefwoorden*

wegverlichting  
effect  
zoogdieren

*Grafische vormgeving en productie*

Ponsen & Looijen bv  
Wageningen

*Papier*

Biofly 100% kringlooppapier

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat (RWS-DWW) en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van de wetenschap. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hier opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Dit rapport is het resultaat van een onderzoek naar de effecten van wegverlichting op zoogdieren.

De eerder uitgevoerde literatuurstudie en de veldstudie naar de Grutto wezen uit dat kunstlicht invloed heeft op processen van jaarlijkse activiteiten, zoals voortplanting, op de verdeling van dagelijkse activiteiten en op de kwaliteit van het leefgebied t.g.v. aantrekking en/of afstoting. Verlichting kan als gevolg hiervan leiden tot ontregeling van processen en gedragingen, waardoor de afstemming op de omgeving in gevaar komt. De risico's die dit voor de jaarlijkse activiteiten kan hebben, zijn voor een groot deel afgeleid uit laboratoriumexperimenten. De betekenis in de praktijk van verlichting in de natuurlijke omgeving is hierdoor onduidelijk. De resultaten van veldexperimenten die betrekking hebben op dagelijkse activiteiten en ruimtelijk gedrag zijn relevanter. De invloed van wegverlichting is onderzocht aan zoogdieren tijdens voorjaar, zomer en aanvang herfst 2002. De resultaten tonen aan dat wegverlichting sommige zoogdiersoorten aantrekt en andere indifferent laat. Afstoting kon niet worden aangetoond.

---

# Inhoud

.....

Woord vooraf .....	5
Dankwoord .....	7
Samenvatting .....	9
1 Inleiding .....	11
1.1 Algemeen .....	11
1.2 Probleemstelling .....	11
1.3 Vraagstelling en doel van het onderzoek .....	11
2 Methode .....	13
2.1 Algemeen .....	13
2.2 Gebiedskeuze .....	13
2.3 Gebiedsbeschrijving .....	13
2.4 Inrichting van de onderzoekslocaties .....	14
2.4.1 Zilverzandbedden .....	14
2.4.2 Type verlichting en instellingsregime .....	17
2.5 Activiteiten tijdens een waarnemingsronde .....	18
2.5.1 Waarnemingsronden .....	18
2.5.2 Preparatie zandbedden .....	19
2.5.3 Determinatie van sporen .....	20
2.5.4 Registratie .....	20
2.6 Onderhoud .....	21
2.7 Voorlichting voor de bezoeker .....	21
2.8 Statistische analyse .....	21
3 Resultaten .....	25
3.1 Algemeen .....	25
3.2 Resultaten per zoogdiersoort .....	27
3.3 Overige dieren .....	28
4 Discussie .....	29
4.1 Vooraf .....	29
4.2 Uitvoering van het experiment .....	29
4.2.1 Werkwijze .....	29
4.2.2 Gewenning .....	29
4.2.3 Verstoring .....	30
4.3 Diersoorten .....	31
4.3.1 B ruine rat .....	31
4.3.2 Muskusrat .....	31
4.3.3 Egel .....	32
4.3.4 Haas .....	33
4.3.5 Ree .....	34
4.3.6 Bunzing .....	35
4.3.7 Hermelijn .....	35
4.3.8 Wezel .....	36
4.3.9 Vos .....	36
4.3.10 Muis .....	37
4.3.11 Amfibieën .....	37
5 Conclusies .....	39

6 Aanbevelingen .....	41
Literatuurlijst .....	43
Bijlagen .....	47
Bijlage 1: Detailtekeningen van de verschillende locaties .....	47
Bijlage 2: Resultaten van de Luxmetingen .....	52
Bijlage 3: Registratieformulier sporenonderzoek .....	53
Bijlage 4: Gemiddeld aantal passages per ronde per type zandbed .....	54
Bijlage 5: regressie analyse per diersoort en soortgroepen .....	58
Bijlage 6: Ecologische gegevens van waargenomen zoogdieren .....	64

---

## Woord vooraf

---

Openbare verlichting neemt in het functioneren van onze moderne maatschappij een belangrijke plaats in. Niet alleen voor veiligheid, maar ook voor comfort vervult verlichting een belangrijke functie. Die verlichting dringt vanuit de steden en dorpen steeds verder in het buitengebied door. Duisternis wordt hierdoor een schaars goed. Deze uitbreiding van de verlichting blijft in de samenleving, zowel in Nederland als in andere landen, niet onopgemerkt. Er voltrekt zich een bewustwordingsproces. Enerzijds omdat men er psychologische hinder van begint te ondervinden, anderzijds omdat natuurbeschermers de noodklok voor de natuur luiden omdat de natuurlijke afwisseling van licht en donker van groot belang is voor tal van biologische processen. Kunstlicht wanneer het 's nachts van nature donker is, kan tot verstoring van die processen leiden.

De maatschappelijke aandacht heeft ertoe geleid dat het onderwerp op de politieke agenda is gekomen. De Tweede Kamer heeft zich uitgesproken voor terughoudendheid bij verlichtingsplannen in buitengebieden. Daarnaast is door de Kamer bij herhaling aangedrongen op nader onderzoek naar mogelijke effecten van verlichting op de natuur. De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat heeft naar aanleiding daarvan aan Alterra, voorheen het DLO-instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), opdracht gegeven voor een onderzoek naar de invloed van wegverlichting op de natuur, wat neerkwam op in het bijzonder de wilde fauna.

Als eerste resultaat van dat onderzoek verscheen in juli 1997 *“Wegverlichting en natuur, deel I: Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur”*. Vervolgens is eind 1997 *“Wegverlichting en natuur, deel II: Haalbaarheidsstudie aanvullend onderzoek”* gepubliceerd. Dit heeft in 2000 geleid tot de publicatie van *“Wegverlichting en Natuur III. Lokale invloed van wegverlichting op een gruttopopulatie”*.

Als vervolgstudie is een onderzoek uitgevoerd naar het effect van wegverlichting op het ruimtelijke gedrag van zoogdieren in een halfopen landschap. Het vergelijkt de passages van zoogdieren onderlangs wegverlichting die is geplaatst in een natuurgebied, waarbij deze verlichting maandelijks afwisselend aan en uit is.

De resultaten van het project kunnen gebruikt worden om het beleid voor openbare verlichting nader te onderbouwen of zo nodig bij te stellen.

De projectleider namens de Dienst Weg- en Waterbouwkunde,

Hans de Vries



---

# Dankwoord

---

.....

Dit onderzoek kon worden uitgevoerd dank zij de belangstelling voor het onderwerp, het vertrouwen in de uitvoerders en de persoonlijke en welwillende inzet van de opdrachtgever, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat, met name de heer J.G. de Vries. Wij zijn hem daarvoor zeer erkentelijk. Ook voor de bemoeienis van de begeleidingscommissie geldt een woord van dank. De begeleidingscommissie bestond uit ing. J.G. de Vries en drs. G. Veenbaas, projectbegeleider resp. plaatsvervangend projectbegeleider namens de Dienst Weg- en Waterbouwkunde, prof. dr. F.J. Verheijen, ing T.D.J. van de Brink, ing. T. van den Broek, ir. I. 't Hart en ir. E.F.M. van Langen. De experimentele verlichting had niet gerealiseerd kunnen worden zonder de inzet van Hoeflake Electrotechniek bv. die met groot materieel onder lastige, natte veldcondities de lichtmasten en aggregaten wist te plaatsen en onderhield.

Het veldwerk is mogelijk gemaakt door medewerking van de Stichting Het Geldersch Landschap. Niet alleen voor het verlenen van een vergunning voor het verrichten van onderzoek in één van hun terreinen, maar ook voor het meedenken en meewerken van de beheerder ter plaatse, dhr. J. van den Bosch, en zijn medewerkers dhr. A. van Maanen en dhr. H.J. Ettema. Voorts zouden wij graag nog onze dank willen uitspreken voor de inzet en het waarnemen van de projectleiding gedurende de verschillende fases van het onderzoek, door ir. M.A. Hoogstra en ir. H. van Blitterswijk van Alterra.

---



---

# Samenvatting

---

De algemene vraag van het onderzoek Wegverlichting en Natuur luidt: heeft wegverlichting invloed op de natuur? Na een literatuurstudie en haalbaarheidsstudie in 1996/'97 richtten de veldstudies zich op de invloed van wegverlichting op fauna. In 1998/'99 werd daartoe de invloed van wegverlichting op de Grutto onderzocht. In 2000 werd gestart met Wegverlichting en Natuur IV wat als doel heeft om de invloed op zoogdieren te onderzoeken. De studie had uitsluitend ten doel om de aantrekkende of afstotende werking van de wegverlichting te onderzoeken. De werking van licht, geluid en beweging die door de aanwezigheid van een weg en het verkeer daarover aan de orde kan zijn, is er niet in betrokken. Het onderzoek was opgedeeld in een voorbereidingsfase, een testfase en een uitvoeringsfase. De voorbereidingsfase had als doel een onderzoeksgebied te kiezen en de onderzoeksmethode te toetsen. Als onderzoeksgebied werd het gebied 'De Regulieren' gekozen, gelegen onder Culemborg en in beheer bij de Stichting Het Geldersch Landschap. 'De Regulieren' bestaat uit een mozaïek van percelen weiland, griend en opgaand loofbos van elkaar gescheiden d.m.v. sloten. In die sloten liggen dammen waardoor uitwisseling tussen de percelen mogelijk is. Aangezien de dammen als zogenaamde dwangwissels fungeren, kunnen zoogdierpassages hier geconcentreerd plaatsvinden. Uit de testfase bleek dat de gebruikte sporenregistratiemethode met behulp van zilverzandbedden voor alle diersoorten geschikt is, met uitzondering van muizen.

Tijdens de uitvoeringsfase zijn op zes verschillende locaties in het gebied lichtmasten op de dammetjes geplaatst. Per locatie werd de verlichting maandelijks afwisselend in- en uitgeschakeld. Als op de ene helft van de locaties de verlichting een maand brandde, was die op de andere uit. De lampen gingen gelijktijdig met de gangbare wegverlichting aan en uit. Per locatie werden zilverzandbedden aangelegd op de dammetjes en op vier verschillende afstanden van de lichtmast. Het al dan niet passeren van de dammetjes gaf een indicatie van de barrièrewerking van licht, terwijl passage van de overige zandbedden een indicatie gaf over de afstand waarop een effect van licht begint op te treden, de zogenaamde effectafstand.

Van mei tot en met half september zijn 48 waarnemingsronden uitgevoerd, waarbij de sporen in de zilverzandbedden tot op soort werden gedetermineerd. Een waarnemingsronde bestond uit het gladstrijken van de zandbedden in de avond voor zonsondergang en het tellen van het aantal passages van zoogdieren vlak na zonsopkomst. Op de resultaten is een log lineaire regressie-analyse toegepast met behulp van het statistische programma GENSTAT. Voor geen van de soorten is een significant afstotend effect van de gebruikte verlichting aangetoond. De meeste waargenomen roofdiersoorten worden door de gebruikte verlichting aangetrokken: voor Bunzing, Hermelijn en Vos is een statistisch significante toename van het aantal passages nabij deze verlichting aangetoond. Voor de Wezel is geen statistisch significant verschil aangetoond. Het aantal waarnemingen voor deze soort was daarvoor te laag. Bij meer waarnemingen kan verwacht worden dat ook de Wezel door licht wordt aangetrokken.

Voor de Muskusrat is een statistisch zwak significante toename van het aantal passages nabij de gebruikte verlichting gebleken. De verlichting had dus enig aantrekkend effect op het dier.

Het ruimtelijk gedrag van de Bruine Rat lijkt niet door de gebruikte verlichting

---

beïnvloed te worden. Nadere beschouwing sluit echter niet uit dat er sprake kan zijn van een afstotende werking die optreedt op enkele tientallen meters afstand van de lichtmast.

De inrichting van het experiment, mede bepaald door onder meer de terreinomstandigheden, betekende dat de afstand waarop een mogelijk effect optreedt alleen binnen 100 meter aangetoond had kunnen worden. Als er een effect van verlichting is zal er ook een zogenaamde effectafstand zijn, maar die reikt dan kennelijk verder. De aantallen passages over de bedden op grotere afstand van de lantaarns is echter te gering om hier uitspraken over te kunnen doen.

Voor de overige soorten Egel, Haas en Ree is geen statistisch significant verschil tussen het aantal passages in het licht en in het donker aangetoond. Aangenomen mag worden dat de gebruikte verlichting geen invloed heeft op hun ruimtelijk gedrag. Waarschijnlijk geldt dat ook voor de groep muizen, al zou een andere onderzoeksmethode daar uitsluitel over moeten geven.

---

# Inleiding

---

## 1.1 Algemeen

Deze rapportage doet verslag van het vierde onderwerp in de reeks van onderzoeken naar de invloed van licht en wegverlichting op de natuur. Het eerste onderzoek betrof een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur (De Molenaar *et al.* 1997). Hieruit komt naar voren dat licht in principe een complexe en deels zeer fundamentele invloed op dieren heeft, maar dat hierover uit de praktijk nauwelijks iets bekend is. Daarom is als tweede onderwerp een vervolgstudie verricht waarbij de haalbaarheid van nader experimenteel veldonderzoek naar de effecten van wegverlichting op de inheemse fauna is nagegaan (De Molenaar & Jonkers 1997). Naar aanleiding hiervan is een onderzoek gestart naar de mogelijke invloed van wegverlichting op de Grutto, als gidsoort voor weidevogels en grondbroeders van open landschappen in het algemeen (De Molenaar *et al.* 2000). Hierop volgend is een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke invloed van wegverlichting op zoogdieren. Dit onderzoek was opgedeeld in drie fasen, te weten een voorbereidingsfase, een testfase en een uitvoeringsfase. De voorbereidingsfase in 2000 had als doel om een onderzoeksmethode te ontwikkelen en een onderzoeksgebied te selecteren (Henkens *et al.* 2000). Vervolgens is in de testfase in 2001 sporenonderzoek d.m.v. zilverzandbedden uitgevoerd in het gebied 'De Regulieren', in beheer van Stichting Het Gelders Landschap (Henkens *et al.* 2001). Gezien de gunstige resultaten is vervolgens overgegaan tot de uitvoeringsfase. Dit rapport doet verslag van het onderzoek naar de effecten van wegverlichting op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren.

## 1.2 Probleemstelling

Zowel in Nederland als elders wordt steeds meer aandacht geschonken aan het biotoopversnipperend en isolerend effect van wegen en verkeer op dierpopulaties (Natuurbalans 2002, Piepers 2001; Reijnen 1992; Apeldoorn & Kalkhoven 1991). Dit betreft uiteenlopende groepen van dieren. Wat zoogdieren betreft, is hieraan reeds veel onderzoek verricht. Met de toenemende verlichting van autosnelwegen en andere wegen rijst de vraag welke toegevoegde invloed deze verlichting kan hebben op zoogdieren. Maar liefst 97.000 kilometer van de verharde wegen in Nederland is verlicht (ca. 85%; De Vries 1998). De bestaande kennis geeft echter geen uitsluitsel over een effect.

## 1.3 Vraagstelling en doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is het verkrijgen van een antwoord op de vraag of wegverlichting invloed heeft op het ruimtelijke gedrag van zoogdieren. Met de resultaten van het onderzoek kan het huidige beleid voor wegverlichting worden getoetst en zonodig worden aangepast (zie Box 1). Het gebruiksdoel voor de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat is uiteindelijk om te komen tot keuzes – afgewogen tegen andere belangen – om wegen wel, alternatief of niet te verlichten, en van de locatie van faunapassages, met of zonder aanvullende lichtafschermende voorzieningen e.d.

---

### **Box 1 Huidige beleid verlichting natuurgebieden**

Het huidige verlichtingsbeleid is beschreven in de Richtlijn Openbare Verlichting Natuurgebieden (Anoniem 1997). Dit beleid is erop gericht dat alleen wanneer voor de verkeersveiligheid verlichting noodzakelijk is en andere maatregelen geen optie bieden, verlichting in natuurgebieden overwogen kan worden mits deze adequaat is aangepast. Het gaat bij deze richtlijn om het voorkomen van verstoring van natuurgebieden en niet om het beschermen van dieren tegen verkeersongevallen.

Bron: CROW (1997) Publicatie 12

Het onderzoek heeft als vraag:

*heeft wegverlichting invloed op het ruimtelijke gedrag van zoogdieren, en zo ja in welke zin en mate;*

- *wat betreft een barrièrewerking op deze dieren?*
- *wat betreft, algemener, het ruimtegebruik van deze dieren?*

Beide deelvragen hebben betrekking op aantrekking, afstoting of indifferentie. De eerste deelvraag gaat om de constatering van het effect van verlichting zonder meer. De tweede deelvraag heeft betrekking op de afstand tot waarop het effect zich doet gelden, de effectafstand.

Aantrekking en afstoting hebben beide een negatieve invloed op de (deel)populatie. Beide betekenen onder meer een verhoogd risico van isolatie; aantrekking als gevolg van het oproepen van onder meer een verhoogd risico van verkeersslachtoffers en inadequaate gedrag, afstoting als direct gevolg.

- Een afstotende werking van wegverlichting (eventuele invloed op het ruimtegebruik) is praktisch relevant voor de problematiek van:
  - de habitatkwaliteit en de populatiedichtheid van soorten langs wegen door de schaarse natuur in ons land;
  - de effectiviteit van faunapassages (wildviaducten, wildtunnels e.d.) in combinatie met eventuele wegverlichting;
- Een aantrekkende werking, met secundaire barrièrewerking is praktisch relevant voor de problematiek van wegverlichting en verkeersslachtoffers;
- Indifferentie voor wegverlichting heeft weliswaar geen effect op het gedrag van zoogdieren maar wel op het risico van oversteken: dier en weggebruiker zijn door wegverlichting beter en eerder in staat om elkaar op te merken en te ontwijken.

---

# Methode

---

## 2.1 Algemeen

Voor dit onderzoek was geen pasklare methode beschikbaar. Er is dan ook zorgvuldig tijd gereserveerd om in de voorbereidingsfase een juiste methode te ontwikkelen en deze in de volgende fase te testen. In het navolgende zal regelmatig worden teruggegrepen op de uitkomsten van deze fases.

## 2.2 Gebiedskeuze

In de voorbereidingsfase is het onderzoeksgebied bepaald (Henkens *et al.* 2000). Het studiegebied moest onder meer aan de volgende voorwaarden voldoen:

- Het is belangrijk dat er voldoende soorten zoogdieren in het onderzoeksgebied voorkomen. Ook moeten op de geselecteerde locaties genoeg passages van de desbetreffende zoogdieren plaatsvinden;
- In het gebied moet zo min mogelijk wegverlichting reeds aanwezig zijn. Aanwezige wegverlichting zou voor dit onderzoek immers een storende werking kunnen hebben. Naast hemellicht mocht tijdens het onderzoek extra licht alleen afkomstig zijn van verlichting die was aangebracht voor het onderzoek zelf;
- Om de trefkans te vergroten moeten de verplaatsingen van de dieren geconcentreerd plaatsvinden. Hierbij is het belangrijk dat de dieren de mogelijkheid hadden om voor een verlichte of donkere passageplek te kiezen. Een voorbeeld van een plek waar dieren geconcentreerd passeren is een dammetje in een sloot. Bij dit dammetje kan dan een lichtmast worden geplaatst;
- De beheerder van het gebied moet akkoord gaan met de geplande werkzaamheden en de samenwerking moet naar tevredenheid kunnen verlopen.

Het natuurgebied 'De Regulieren' in beheer van Stichting Het Geldersch Landschap, tussen Culemborg en Geldermalsen, voldeed aan al deze voorwaarden en werd daarom uitgekozen als onderzoeksgebied (Henkens *et al.* 2001).

## 2.3 Gebiedsbeschrijving

De Regulieren is een ca. 180 ha groot terrein in de Betuwe, gelegen tussen Culemborg en Geldermalsen, en is in beheer van Stichting Het Geldersch Landschap. Het betreft een mozaïek van weilanden, grienden en populierenopstand. Deze zijn door brede sloten (ca. 1-2 m) van elkaar gescheiden, maar op verschillende plaatsen via dammen met elkaar verbonden. De sloten, griend- en bosranden geleiden de dieren naar de dammen waardoor passages hier geconcentreerd plaatsvinden. Door gebrek aan alternatieve overgangen fungeren de dammen voor vele dieren als dwangwissels. Figuur 1 geeft een kaart van het gebied. Het terrein wordt doorsneden door de drukbereden Rijksweg tussen Culemborg en Geldermalsen. Wegverlichting is aanwezig op het kruispunt met de (verharde) Beusichemse Broeksteeg. Overige verlichting is afkomstig van een klein aantal huizen langs deze weg.

Zes locaties uit de testfase bleken geschikt voor gebruik in de uitvoeringsfase (Henkens *et al.* 2001). In figuur 1 is een kaartje van 'De Regulieren' weergegeven waarop die locaties zijn aangegeven met de nummers 1 tot en met 6. De Rijksweg deelt De Regulieren in feite in tweeën; het noordoostelijke deel met de dammetjes 1, 2, en 3 en het zuidwestelijke deel met de dammetjes 4, 5 en 6. De paden door het terrein zijn semi-verhard of onverhard en worden extensief gebruikt door wandelaars en ruiters. Het westelijke deel wordt begrensd door de spoorlijn Utrecht-Den Bosch.

Figuur 1.  
Overzichtskaart met de zes locaties van de zilverzandbedden



## 2.4 Inrichting van de onderzoekslocaties

Medio april 2002 zijn de onderzoekslocaties ingericht met zilverzandbedden en lichtmasten.

### 2.4.1 Zilverzandbedden

#### *Locaties zilverzandbedden*

Per locatie werden vijf bedden van zilverzand aangelegd van ca. 5 bij 2 meter (zie figuur 2). Eén zandbed werd op de dam gelegd, direct onder de lichtmast/lantaarnpaal. Dit is dus op een afstand van 0 meter ten opzichte van de lichtbron (zandbed A). Op verschillende afstanden van de lichtmast werden vervolgens vier extra zandbedden aangelegd. Op basis van lux-waarden in de omgeving van de lichtmast, zoals bijgeleverd door de lichtmastfabrikant, zijn de

afstanden gekozen. Twee bedden werden aangelegd, vallend binnen de directe verlichting, op 10 en 30 meter van de lichtmast (respectievelijk bed B en C). De andere twee bedden werden buiten de 'lichtbundel' aangelegd op 60 en 100 meter van de lichtmast (respectievelijk bed D en E), van waaruit de lichtbron zelf zichtbaar is. Hiermee kunnen eventuele verschillen tussen illuminantie (BC) en luminantie (DE) op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren mogelijk worden bepaald. Met illuminantie wordt hier bedoeld de verlichting van het terrein, dus het direct beschenen gebied, met luminantie de vanuit de omgeving zichtbare oppervlaktehelderheid van de lichtbron.

De zandbedden grensden met de korte zijde aan de sloot. Het idee hierachter is dat dieren lijnvormige elementen, zoals sloten en bosranden, in het landschap volgen en deze zandbedden passeren. Langs de sloot is de kans op passages waarschijnlijk dan ook groter dan elders in het veld.

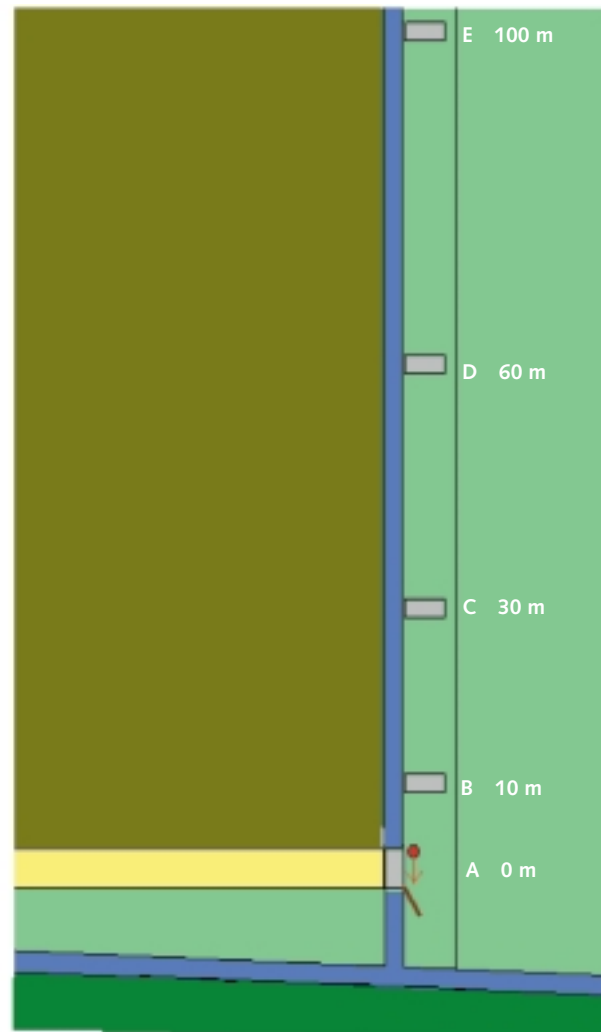
#### Aanleg zilverzandbed

De zilverzandbedden werden aangelegd op een strook worteldoek van 5 bij 2

Figuur 2.  
Situatieschets van locatie 4 (voor overige locaties zie bijlage 1).

### Locatie 4

-  zandbed
-  sloot
-  onverhard pad
-  grasland
-  struweel populier en wilg
-  grasland met meidoorn
-  lantaarnpaal
-  richting lichtkap
-  stroomdraad
-  hek



---

.....  
Figuur 3.  
Barrière om zoogdieren te dwingen  
via het zandbed te passeren.  
Foto: R. Henkens.



meter. De randen van dit doek werden 5 centimeter ingegraven om te voorkomen dat zoogdieren er onder door konden kruipen of graven. Het worteldoek werd op de dammen van oever tot oever uitgespreid, zodat beide uiteinden van het doek tot aan het water reikten. Het worteldoek van de bedden op afstand van de dammen grensde met één zijde aan het water. Op het worteldoek werd vervolgens ca. 1/3 m<sup>3</sup> zilversand uitgespreid. Vervolgens werd er ongeveer 1 kilo norit door het zand geharkt om de reflectie van het witte zilversand te minimaliseren.

De oevers van de slootjes liepen schuin af naar het water, waardoor het zilversand niet tot aan het water aangebracht kon worden. Om te voorkomen dat kleine dieren via de zijkanten zouden passeren, zonder sporen achter te laten, werden hekjes van horgaas met een hoogte van 30 cm tot in het water geplaatst (zie figuur 3).

#### *Hekken en schrikdraad*

Uit de testfase bleek dat er meer passages geteld werden als er in plaats van een hek als veekering een stroomdraadje was geplaatst. Waar mogelijk werden de hekken op de dammen tijdens de uitvoeringsfase geopend. Dit om te voorkomen dat middelgrote zoogdieren (zoals hazen) moeilijk konden passeren. Langs de stroken met zandbedden, parallel aan de slootjes, werden op de zes locaties ook stroomdraadjes gespannen. Ten eerste bleef hierdoor het eventueel aanwezige vee uit de zandbedden en ten tweede konden tijdens het machinaal maaien van de percelen de zandbedden niet worden beschadigd. Deze stroken met zandbedden werden afzonderlijk met een bosmaaier gemaaid.

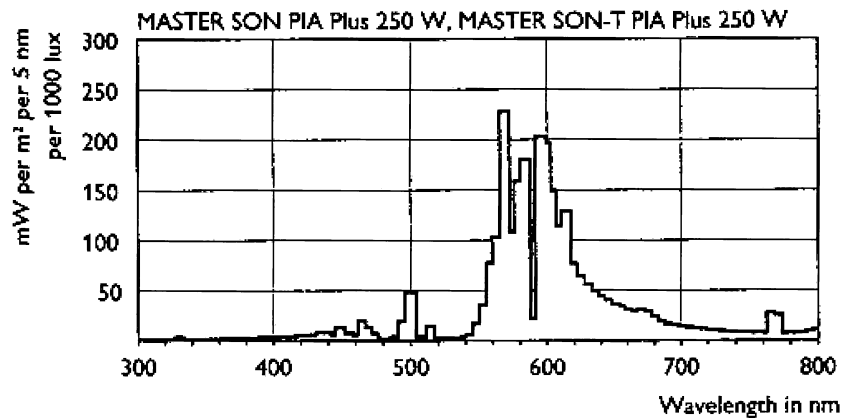


## 2.4.2 Type verlichting en instellingsregime

### Type verlichting

Op de zes geselecteerde locaties werden op de dammetjes bij zandbed A werkvak-lichtmasten van 12 meter hoog geplaatst met een Saffier armatuur (fabrikant Schröder) uitgerust met een 250 W hoge druk natriumlamp. Zie figuur 4 voor de spectrale samenstelling.

Figuur 4.  
Spectrale samenstelling van de 250 W hoge druk natriumlamp (gegevens Philips).



De lichtkappen waren naar het zandbed gericht, dus van de afstandsbedden afgekeerd, zoals ook bij wegverlichting de lichtkappen naar de weg en niet naar het achterliggende landschap zijn gericht (zie figuur 2). De lichtval was dus geconcentreerd op de dam. De dieren naderden op deze manier vanuit het donker een verlichte 'weg' = de dam.

Met behulp van drie geluidsgedempte diesel-electro aggregaten werden de lichtmasten van stroom voorzien. Deze aggregaten waren samen met een voorraadtank diesel van 2400 liter op een afstand van ongeveer 100 meter van de lichtmasten en zandbedden geplaatst. Dit werd op dusdanige wijze gedaan dat door de aanwezige opgaande begroeiing gebruik gemaakt kon worden van extra demping van het geluid. Het geluid van de aggregaten was voor het menselijk oor bij de dichtstbijzijnde dam vrijwel onhoorbaar.

### Instellingsregime

Op de aggregaten zat een tijd klok. Deze was zo ingesteld dat het lichtregime van de lichtmasten in het veld overeen kwam met het lichtregime van de wegverlichting (zie tabel 1).

Per waarnemingsronde waren telkens op drie locaties de lichten aan en op de drie andere locaties uit, waarbij elke maand gewisseld werd tussen de locaties. Dit betekende dat de aggregaten maandelijks werden afgewisseld en verplaatst naar de desbetreffende locaties.

Op deze wijze werd elke locatie getest op het effect van verlichting op de keuze van zoogdieren om daar te passeren. Andere factoren die de resultaten konden beïnvloeden werden hiermee zo goed mogelijk over de licht- en donkersituaties verdeeld.

Vanwege een mogelijk optredende gewenningsperiode werd na plaatsing van de lichtmasten nog tien nachten gewacht alvorens tot de eerste waarnemingsronde werd overgegaan. Ook bij het wisselen van verlicht naar donker en andersom

kon er mogelijk sprake zijn van een gewenningsperiode. De aggregaten zijn daarom telkens op een vrijdag verplaatst, zodat er minstens drie nachten volgden voordat de eerstvolgende waarnemingsronde werd uitgevoerd.

**Tabel 1.**

Lichtregime van de lichtmasten

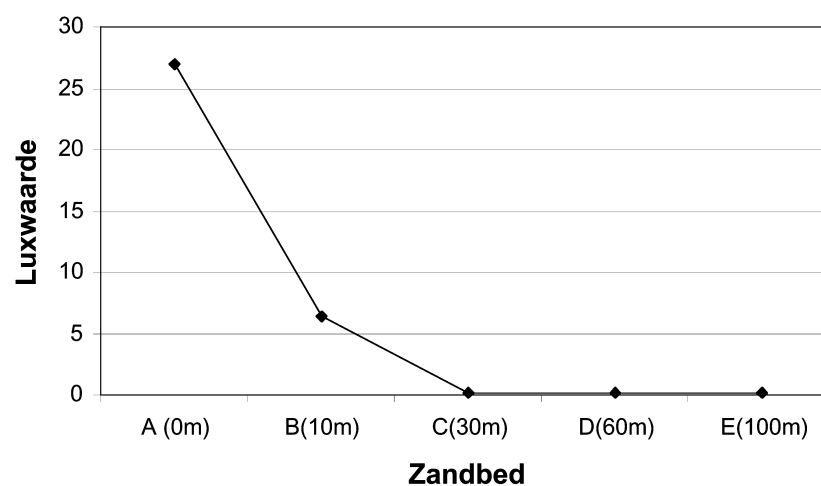
Periode	Lichtregime	Mast 1	Mast 2	Mast 3	Mast 4	Mast 5	Mast 6
01-05/20-05	21.00-06.30	Uit	Aan	uit	Aan	Uit	Aan
31-05/03-07	22.00-05.30	Aan	Uit	Aan	Uit	Aan	Uit
04-07/08-08	21.30-06.00	Uit	Aan	Uit	Aan	Uit	Aan
09-08/13-09	21.00-06.30	Aan	Uit	Aan	Uit	Aan	Uit

#### *Reflectie van de zandbedden*

Door het zilverzand werd noritpoeder gemengd om de 's nachts verlichte zandbedden niet te veel te laten afsteken tegen het gras erom heen. De norit bleek echter niet goed aan het zand te hechten, waardoor een deel ervan in het zand spoelde of weg stoomde, zodat het materiaal bij de preparatie van de bedden weer goed met de bovenlaag van het zand gemengd moest worden. Om na te gaan of de bedoeling ook werkte, is voor ieder zandbed wanneer de lamp van de lichtmast op de desbetreffende locatie brandde één maal een luxmeting uitgevoerd (metertype: Gosse Mavolux Digitaal). De op enkele centimeters boven het zandoppervlak gemeten gemiddelde luxwaarden in de maanden juli en augustus staan weergegeven in figuur 5 (voor afzonderlijk gemeten waarden per locatie zie bijlage 2). De figuur laat zien dat bed C op het randje van de directe verlichting lag. De reflectie van de bedden bleek vergelijkbaar te zijn met die van de omgevende grasmat.

**Figuur 5.**

Gemiddelde luxwaarden boven de zandbedden in de maand augustus.



## 2.5 Activiteiten tijdens een waarnemingsronde

### 2.5.1 Waarnemingsronden

De waarnemingen werden verricht van begin mei tot half september, buiten het weekeinde wanneer het weer het toeliet. In totaal zijn 48 waarnemingsronden uitgevoerd.

---

Een waarnemingsronde bestond uit het prepareren van alle zandbedden voor zonsondergang en het de volgende dag na zonsopkomst (na het uitgaan van de lichtmasten) determineren en tellen van de sporen die er in de tussenliggende nacht door de passanten waren achtergelaten. Een waarnemingsronde werd alleen uitgevoerd indien de weersvoorspellingen voor de desbetreffende nacht gunstig waren. Bij regen of bij stormachtige wind konden de sporen uitgewist worden, waardoor onbetrouwbare resultaten konden worden gescoord. De preparatie mocht niet te ver voor het invallen van de duisternis, en het determineren van de sporen niet te lang na zonsopkomst gebeuren om de passages tijdens de daglichtperiode zoveel mogelijk te voorkomen. Doordat per preparatie- en waarnemingsronde de locaties steeds in de zelfde volgorde werden afgewerkt, bleef de 'vervuiling' met daglicht ongeveer gelijk.

Om de zandbedden te bereiken werd er bij elke waarnemingsronde tussen de sloot en de stroomdraad gelopen om vaste paadjes in stand te houden. Dieren konden deze paadjes gebruiken als wissels om zich door het landschap te verplaatsen. Als de vegetatie op de rest van het perceel hoog was, konden deze paadjes voor veel dieren fungeren als zogenaamde dwangwissels. Dit geldt waarschijnlijk minder voor het Ree omdat dit dier hoog op zijn poten staat en zich daardoor makkelijker door de hoge vegetatie kan bewegen. Of het ook zo werkte, kon niet direct worden nagegaan maar blijkt overigens te worden bevestigd door de statistische analyse van de correlatie tussen vegetatiehoogte en aantallen passages.

### 2.5.2 Preparatie zandbedden

De zandbedden werden geprepareerd door bevochtigen, harken en aanstrijken van het zandoppervlak. Bevochtigen gebeurde alleen als het zand sterk was uitgedroogd. Zeer droog zilverzand hechtte niet goed, waardoor sporen van dieren als het ware instortten

.....  
Figuur 6:  
Aanstrijken van zilverzandbed met  
glad houten plankje.  
Foto: G. Hoefsloot.



---

en daardoor moeilijk determineerbaar werden. Om dit te voorkomen werd het droge zilverzand voor het aanstrijken eerst bevochtigd door met een gieter ca. 10 liter water over het bed te verspreiden. Hiermee kon de gewenste vochtigheid worden bereikt.

Het harken werd gedaan om alle aanwezige sporen uit te wassen en het zand weer los te maken en te verdelen, en als bevochtiging nodig was geweest, het water te mengen met het zand. Het gebeurde ook om de norit weer goed met de bovenlaag van het zand te mengen. De norit bleek niet goed aan het zand te hechten, waardoor een gedeelte van de norit in het zand spoelde of weg stootte. Het gladstrijken van de zilverzandbedden gebeurde met een glad houten plankje waarop een handvat was bevestigd (zie figuur 6). Het werd gedaan om een zo glad oppervlak te creëren waar de sporen, van de daar opvolgende nacht passerende dieren, goed op te zien zouden zijn.

### 2.5.3 Determinatie van sporen

Voor het determineren van de zoogdiersporen werd gebruik gemaakt van een op basis van de eerder waargenomen diersoorten vereenvoudigde determineersleutel, samengesteld uit de diersporen veldgids van Van Diepenbeek (1999).

Omdat er veel variatie bestond in loopsporen en voetprenten van dezelfde soort werd ook de diersporengids van Bang & Dahlstrøm (1992) geraadpleegd. Op deze manier kon een zo betrouwbaar mogelijke determinatie uitgevoerd worden. Daarnaast zijn tijdens het veldwerk insecten, kikkers, padden en salamanders e.d. op het zandbed gezet om meer duidelijkheid te krijgen over moeilijk te determineren sporen.

### 2.5.4 Registratie

Tijdens een waarnemingsronde werden de waarnemingen per locatie op een apart registratieformulier genoteerd (zie bijlage 3). Op dit registratieformulier werden de gedetermineerde sporen (passages) soortsgewijs genoteerd. Als algemene technische informatie werd verder onder andere genoteerd:

- Van hoe laat tot hoe laat de preparatie van het zandbed en determinatie van de sporen hadden plaatsgevonden;
- Hoe laat de zon opkwam en onderging;
- Of het gras heel vochtig was of droger, omdat dit van invloed kon zijn op de keuze van een dier om een bepaalde route te nemen. In zeer nat gras kan de vacht van dieren nat worden, wat voor bepaalde dieren een reden kan zijn om (lang) nat gras te ontwijken;
- De vochtigheid van het zand (in een schaalverdeling van 1 tot 5, waarbij zeer nat zand werd geclassificeerd als 5 en zeer droog zand als 1), omdat dit van invloed was op het feit of lichtere zoogdieren, voornamelijk muizen, een spoor achterlieten of niet;
- Eventuele bijzonderheden wat betreft de locatie, bijvoorbeeld of er vee in de wei liep of dat het gras op het desbetreffende perceel gemaaid was.

Als er tijdens de waarnemingsronden zoogdieren in het veld werden waargenomen, werden de waarnemingslocaties genoteerd. Op deze manier kon een grove indruk verkregen worden van het terreingebruik van de verschillende soorten.

---

## 2.6 Onderhoud

### *Maaien en snoeien*

Begin juli zijn de weilanden waarin zich de zandbedden bevonden gemaaid. Hierdoor ontstond de situatie dat de vegetatie op het perceel veel lager was dan de vegetatie in de uitgerasterde perceelsranden met de zandbedden. Dieren zouden nu mogelijk de voorkeur hebben om over het gemaaide weiland te lopen met de hoge vegetatie rond de zandbedden als beschutting. De zandbedden zouden dan zelf minder of niet worden gepasseerd. Om dit te voorkomen is de hoge vegetatie tussen stroomdraadje en de sloot met een bosmaaier weggemaaid, op de slootrand na. Op deze manier konden de dieren over lage vegetatie lopen én over de bedden, terwijl er aan de slootkant nog een strook met hoge vegetatie was die beschutting gaf. Deze vegetatierand is in 'De Regulieren' 's zomers als regel langs slootkanten aanwezig omdat de maaimachine niet te dicht bij de sloot kan maaien. Deze vegetatierand wordt alleen gemaaid als er een stroomdraad aanwezig is en er vee in de wei staat (om aarding van de stroomdraad door aanliggende vegetatie te voorkomen).

Alle locaties zijn binnen twee dagen gemaaid om de situatie op de verschillende locaties zoveel mogelijk gelijk te houden.

Overhangende vegetatie boven de zandbedden was nadelig omdat druppels van dauw en regen van de bladeren op het zand met sporen vielen. Dit bemoeilijkt de determinatie van de sporen. De overhangende vegetatie die rond de zandbedden groeide is met behulp van een heggenschaar regelmatig gesnoeid.

### *Onderhoud zandbed*

Ondanks het anti-worteldoek groeiden bepaalde grassen en riet door het anti-worteldoek heen. Deze grassen bemoeilijkten het aanstrijken van het zand en het determineren van de sporen. De grassen konden vaak met wortel en al met de hand worden verwijderd. In het geval van het riet werd een biologisch afbreekbaar herbicide toegepast welke de plant tot in de wortel doodde.

Als de laag zand op de zandbedden te dun werd bemoeilijkt dit het aanstrijken van de zandbedden. In dat geval zijn de betreffende zandbedden aangevuld met zilverzand wat door het al aanwezige zand werd geharkt.

## 2.7 Voorlichting voor de bezoeker

Op de aggregaten en lichtmasten werden bordjes met de tekst "Wetenschappelijk onderzoek, niet verstoren" geplaatst. Eventueel belangstellende mensen werden voor meer informatie verwezen naar een infopaneel bij het beheersgebouw van Stichting Het Gelders Landschap (zie Box 2).

## 2.8 Statistische analyse

De registratieformulieren werden na een waarnemingsronde overgenomen in een Excel-bestand. De analyses zijn uitgevoerd met behulp van GENSTAT. Het effect van licht op het aantal sporen is geanalyseerd met loglineaire regressie

---

### Box 2 Voorlichtingstekst op infopaneel

Door onderzoeksinstituut Alterra in Wageningen wordt van mei tot en met augustus 2002 een wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd naar de effecten van wegverlichting op de natuur. Hiertoe zijn er in 'De Regulieren' op zes locaties lichtmasten geplaatst en zijn er op deze locaties zandbedden aangelegd voor sporenonderzoek naar zoogdieren. Afwisselend zullen telkens drie van deze lichtmasten 's nachts een deel van 'De Regulieren' verlichten. Een verschil tussen het aantal diersporen wanneer het licht aan dan wel uit is, is mogelijk het effect van deze wegverlichting.

Opdrachtgever voor dit onderzoek is de Dienst Weg- en waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat streeft ernaar om de verlichting van het buitengebied terug te dringen, mits de verkeersveiligheid hierbij niet in gevaar komt. De huidige stand van de wetenschap is echter onvoldoende om dit beleid te kunnen ondersteunen. Vandaar dit onderzoek. Voor meer informatie kunt u contact opnemen met de onderzoekscoördinator van Alterra.

Wij vragen uw begrip voor de tijdelijke 'verstoring' met licht van dit natuurgebied, waarvoor dank!

(McCullagh & Nelder 1989; Oude Voshaar 1994). Loglineaire regressie is de moderne standaard voor de statistische analyse van tellingen en biedt veel meer mogelijkheden dan de chikwadraattoets voor kruistabellen die vroeger wel gebruikt werd. Met name kunnen andere variabelen dan licht die mogelijk ook invloed hebben op het aantal sporen, ook worden meegenomen. Dat is belangrijk omdat dergelijke variabelen het werkelijke effect van licht kunnen verstoren of zoveel extra variatie kunnen veroorzaken dat het effect van licht niet meer detecteerbaar is. In deze studie kunnen er ruimtelijke en temporele verschillen bestaan in het aantal dieren dat in de omgeving leeft. Loglineaire regressie kan rekening houden met deze verschillen. Dit wordt bereikt door extra verklarende variabelen op te nemen in het regressiemodel.

Het aantal getelde sporen per bed per ronde is de responsvariabele in de analyse. Elke combinatie van bed en ronde levert dus een waarneming op voor de analyse. Naast licht zijn ook nog vier verklarende variabelen opgenomen, waarvan er twee kwalitatief (factoren) en twee kwantitatief zijn. De twee kwalitatieve verklarende variabelen zijn:

- locatie van het bed: locatie is een factor met zes klassen, voor elke locatie één;
- type bed; type bed is opgedeeld in drie klassen, A, BC en DE. Door een opsplitsing van de bedden in drieën in plaats van in vijven (A, B, C, D en E) wordt het aantal vrijheidsgraden (parameters) beperkt, zonder naar verwachting veel verlies aan verklarende waarde van het model.

De twee kwantitatieve verklarende variabelen zijn:

- weeknummer van de ronde; door zondermeer weeknummer op te nemen in het regressiemodel zouden we alleen een (lineaire) toename of afname in het seizoen kunnen modelleren. Dat is een te beperkt model. Een mogelijkheid is

---

om week als factor op te nemen. Dat geeft veel flexibiliteit voor de seizoensinvloed, maar vergt ook zoveel vrijheidsgraden dat het model slecht schatbaar wordt. Een andere mogelijkheid zou zijn een polynoom in weeknummer op te nemen (een voorbeeld van een polynoom is de kwadratische functie  $ax + bx^2$  met  $x$  het weeknummer en  $a$  en  $b$  regressiecoëfficiënten). Polynomen zijn echter nogal star en hebben de neiging aan het begin en eind van het seizoen merkwaardige aantallen te geven. Een modern goed alternatief vormen 'smoothing splines' (timmermanscurves; Hastie & Thishirani 1990). De flexibiliteit van deze splines kan worden aangegeven met het aantal vrijheidsgraden. We kozen voor drie vrijheidsgraden. Een seizoenseffect dat eerst toeneemt en dan weer afneemt kan daarmee goed worden weergegeven.

- Vegetatiehoogte; de vegetatiehoogte is gemeten en verdeeld in klassen (<30 cm, 30 tot 50 cm). In de analyse zijn de klassenmiddens gebruikt (resp. 15, 25, 40 en 55 cm).

Voor elke soort of groep van soorten zijn aparte loglineaire regressies uitgevoerd. De modelformule voor het meest uitgebreide model dat is toegepast is:

$$\text{Log(Verwacht aantal)} \sim \text{locatie} + S(\text{week};3) + \text{vegetatie\_hoogte} + \text{type\_bed} + \text{licht} + \text{licht.type\_bed}$$

Als er voor een bepaalde soort op een locatie geen enkel spoor is aangetroffen (nulwaarneming), treden er bij het aanpassen van dit model numerieke problemen op. Een dergelijke locatie geeft geen informatie over het effect van de overige variabelen. Het zou kunnen zijn dat er geen dieren van die soort voorkomen in de buurt van die locatie. Daarom zijn deze nulwaarnemingen op de betreffende locatie bij de regressie-analyse voor die soort weggelaten. De verschillende termen in het model zijn getoetst met een 'scaled deviance test' waarbij het verschil in deviantie gedeeld wordt door de dispersie (zie hierna). De toetsingsgrootte is vergelijkbaar met de F-ratio, bekend uit de variantie analyse, en volgt bij benadering de F-verdeling (Jørgenson, 1989). Daartoe zijn de termen in volgorde van bovenstaande formule aangepast. De toets op het effect van vegetatie\_hoogte houdt dus wel rekening met mogelijke effecten van locatie en week maar niet met het type\_bed en licht. De toets op het effect van licht houdt dus rekening met alle voorgaande variabelen en is opgesplitst in een toets op de interactie licht.type\_bed en het hoofdeffect licht.

De essentiële aanname van loglineaire regressie is dat de variantie van de telling evenredig is met de verwachting (het gemiddelde). De evenredigheidsconstante is de bovengenoemde dispersie. Bij een Poisson verdeling (de standaard voor loglineaire regressie) is de dispersie gelijk aan 1. De dispersie is geschat door de Pearson-chikwadraatsom van de residuen van het bovenstaande model te delen door het aantal vrijheidsgraden (McCullagh & Nelder, 1989). Als de dispersie groter is dan 1 is er sprake van overdispersie. De schatting kan ook kleiner dan 1 zijn, maar dan is toch een dispersie van 1 gehanteerd omdat onderdispersie zeldzaam is en omdat kleine aantallen (veel nullen en enen) doorgaans ook leiden tot een dispersie kleiner dan 1 zonder dat er sprake is van onderdispersie. Het gemiddeld aantal sporen per type bed, dat in de grafieken is uitgezet (bijlage 4), is berekend op basis van het bovenstaande model. Dit modelgebaseerde gemiddelde ('predicted value') is betrouwbaarder dan ruwe

---

gemiddelden omdat het rekening houdt met locatieverschillen, seizoensvariatie en vegetatiehoogte. De nauwkeurigheid ervan is aangegeven door middel van 95%-betrouwbaarheidsintervallen<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Deze zijn berekend door een betrouwbaarheidsinterval op log-schaal uit te rekenen als  $\log(\text{gemiddelde}) \pm 2$  standaardfout en vervolgens terug te transformeren. De standaardfout is daarbij gelijk aan de coëfficiënt van variatie op de oorspronkelijke sschaal.



# Resultaten

## 3.1 Algemeen

In tabel 2 zijn de resultaten van de log lineaire regressie-analyse samengevat. Voor deze tabel geldt dat reeds is gecorrigeerd voor de seizoensinvloed en de vegetatie-invloed. In de onderstaande tekst wordt de betekenis van de verschillende kolommen uitgelegd. Hierbij dient de volgende denklijn in gedachten te worden gehouden. Eerst is geanalyseerd of er sprake is van een verschil tussen de bedden (A, B+C, D+E) in de verhouding van aantallen passages bij licht en donker. Bedden verschillen in afstand tot de lichtmast. Hierbij bezien we dus of er een verschil is in waargenomen effecten in relatie tot de afstand tot de lichtmast. Als het verschil niet significant is, zijn vervolgens de passages over alle bedden per ronde samengenomen, en is nagegaan of er sprake was van een algemeen verschil tussen de aantallen passages bij licht en bij donker. Tot slot is bepaald of het hier om een afstotende dan wel een aantrekkende werking van licht gaat. Deze werkwijze leidt tot de statistische grootheden weergegeven in tabel 2 en die hieronder nader verklaard worden.

Tabel 2.

Resultaten van log lineaire regressieanalyse voor alle soorten afzonderlijk (de doorslaggevende significante waardes ( $p = < 0.05$ ) zijn vetgedrukt

Namen	p_interact	p_licht	b_licht	se_licht	p_licht2	dispersie
Bruine rat	<b>0.022</b>	0.541	0.065	0.106	<b>0.046</b>	1.33
Muskusrat	0.281	0.057	1.037	0.570	0.104	2.12
Egel	0.086	0.763	0.070	0.201	0.172	1.45
Haas	0.182	0.582	-0.079	0.142	0.294	1.84
Ree	0.846	0.891	-0.038	0.252	0.950	1.92
Bunzing	0.808	<b>0.006</b>	<b>0.579</b>	0.204	0.046	1.32
Hermelijn	0.102	<b>0.009</b>	<b>1.635</b>	0.749	0.010	1.00
Wezel	1.000	0.293	9.781	52.507	0.775	1.00
Vos	0.877	<b>0.035</b>	<b>0.732</b>	0.342	0.195	1.00
Muis	0.162	0.580	-0.167	0.298	0.268	1.10

### *p\_interact*

De kolom *p\_interact* geeft de overschrijdingskans van de toets op verschil in effect van licht tussen de bedden (A, B+C, D+E). De toets geeft aan of er sprake is van een verschil tussen de bedden in de verhouding van aantallen passages bij licht en donker. In de statistiek wordt dit een toets op interactie genoemd. Wanneer  $p\_interact \leq 0.05$ , is de interactie significant en betekent dit dat het effect van licht afhankelijk is van de afstand tot de lichtmast. Vervolgens wordt dan met *p\_licht2* per zandbed (A, BC of DE) apart bekeken of er op tenminste één type bed een effect is van licht (al wordt uitsluitend om welk specifiek zandbed het gaat pas verkregen in combinatie met de grafiek in bijlage 4). Indien de interactie niet significant is ( $p\_interact > 0.05$ ), bekijken we het algemene effect van licht (zie hiervoor onder *p\_licht*).

### *p\_licht*

Wanneer de interactie niet significant is ( $p\_interact > 0.05$ ) bestaat er dus geen aanwijzing voor interactie, wat betekent dat het effect van licht op alle bedden (A, BC, DE) gelijk is (dus geen aantoonbaar effect van licht in relatie tot de afstand tot de lichtmast). De kolom *p\_licht* geeft dan de overschrijdingskans weer van de toets op een algemeen verschil tussen de aantallen passages bij licht en bij donker. In de statistiek wordt dit een toets op het hoofdeffect genoemd. Als  $p\_licht \leq 0.05$ , is er sprake van een significant hoofdeffect. Dit

---

betekent dat er een significant verschil is tussen de aantallen passages op alle typen bedden in licht en donker. Deze kolom geeft dus weer of er sprake is van een algemeen effect van licht.

*b\_licht*

Met de kolom *b\_licht* wordt weergegeven of er sprake is van significante afstoting of aantrekking als gevolg van licht. In de kolom wordt de natuurlijke logaritme (grondtal  $e$ ) gegeven voor de verhouding tussen het aantal passages in licht en donker. Een positieve waarde geeft aan dat er sprake is van aantrekking als gevolg van licht, een negatieve waarde geeft weer dat er sprake is van afstoting.

*se\_licht*

De waarden in kolom *se\_licht* geven de standaardafwijkingen die horen bij kolom *b\_licht*.

*p\_licht2*

Als sprake is van interactie, zijn er drie regressiecoëfficiënten nodig om het effect van licht weer te geven, één voor de A-bedden, één voor de BC-bedden en één voor de DE-bedden. Er is geen effect van licht op een type bed als de betreffende regressiecoëfficiënt gelijk is aan nul. De kolom *p\_licht2* geeft de overschrijdingskans van de simultane toets die nagaat of tenminste één van de drie coëfficiënten ongelijk is aan nul. De kolom *p\_licht2* geeft dus aan of op tenminste één type bed het effect van licht significant is. De kolom *p\_licht2* kan worden beschouwd als de combinatie van de toetsen op hoofdeffect en interactie weergegeven in de kolommen *p\_licht* en *p\_interact*. De toets op het algemene effect van licht is meer onderscheidend dan de simultane toets, als er geen sterke interactie effecten zijn. Daarom geeft de kolom *p\_licht* de doorslag als *p\_interact* niet significant is ( $>0.05$ ).

*evenredigheidsconstante of dispersie*

Als laatste geeft de kolom dispersie aan of de passages al dan niet gegroepeerd plaatsvonden (bijv. een passage van een groep van 5 dieren in 1 nacht, is wat anders dan de passage van 1 individu gedurende 5 nachten). Een waarde van 1 geeft aan dat dieren bij benadering onafhankelijk passeren per zandbed, zodat er sprake is van een Poissonverdeling van passages. Een getal groter dan 1 geeft aan dat de dieren in groepjes passeerden (overdispersie ten opzichte van de Poissonverdeling).

Extra informatie over andere factoren die ook nog van invloed kunnen zijn op het aantal passages wordt gegeven in bijlage 5: Accumulated analyses of deviance. Bijlage 4 geeft, zoals gezegd, per soort een grafiek voor het gemiddeld aantal passages per type zandbed (A, BC, DE).

---

### 3.2 Resultaten per zoogdiersoort

Tabel 2 geeft de resultaten van de loglineaire regressieanalyse per soort.

#### *Bruine Rat*

Er is aanwijzing voor een effect van licht op een zekere afstand tot de lichtmast ( $p_{\text{interact}}$  en  $p_{\text{licht}2} < 0.05$ , zie ook grafiek bijlage 4). Het effect tussen de bedden verschilt echter zodanig dat er geen algemeen effect van licht kan worden geconstateerd ( $p_{\text{licht}} \gg 0.05$ ).

In de loop van de tijd is er een significante fluctuatie ( $p < 0,001$ ) van het totaal aantal passages wat te wijten is aan het seizoenseffect. Er is ook een significant verschil ( $p < 0,001$ ) in het totaal aantal passages tussen de bedden (AvsBCvsDE). Het effect van vegetatiehoogte is niet significant. Als in de analyse de vegetatiehoogte van de oevers wordt geregistreerd (i.p.v. vegetatiehoogte van het perceel) wordt het effect van vegetatiehoogte wel significant ( $p < 0,001$ ; zie bijlage 5 Bruine Rat).

#### *Muskusrat*

Er is geen aantoonbaar effect van licht in relatie tot de afstand tot de lichtmast ( $p_{\text{interact}} > 0,05$ ). Er lijkt wel een algemeen effect van licht op het totaal aantal passages te zijn al is dit net niet significant ( $p_{\text{licht}} = 0,057$ ).

Ook het seizoenseffect is net niet significant ( $p = 0,086$ ). Er is wel een significant verschil in het totaal aantal passages tussen de bedden ( $p = 0,001$ ). Het effect van vegetatiehoogte is niet significant. Het registreren van de vegetatiehoogte van de oevers (i.p.v. vegetatiehoogte van het perceel) heeft geen verandering in significantie tot gevolg.

#### *Egel*

Voor de Egel is de interactie tussen licht en de zandbedden niet significant ( $p_{\text{interact}} > 0,05$ ). Er is ook geen aanwijzing voor een effect van licht op het aantal passages ( $p_{\text{licht}} \gg 0,05$ ).

De factoren seizoenseffect en vegetatiehoogte hebben een significante invloed op het totaal aantal passages van de Egel (resp.  $p < 0,001$  en  $p = 0,05$ ). Ook is er een significant verschil in het totaal aantal passages tussen de verschillende bedden ( $p < 0,001$ ).

#### *Haas*

De waarden voor  $p_{\text{interact}}$  en  $p_{\text{licht}}$  zijn voor de Haas niet significant ( $p > 0,05$ ). Er is een significant seizoenseffect ( $p < 0,001$ ) en ook is er een significant verschil tussen de zandbedden ( $p < 0,001$ ). Het effect van vegetatiehoogte op het totaal aantal passages van de Haas is bijna significant ( $p = 0,065$ ).

#### *Ree*

De waarden voor  $p_{\text{interact}}$  en  $p_{\text{licht}}$  zijn beide niet significant voor het Ree ( $p > 0,05$ ). Er is wel een significant seizoenseffect ( $p = 0,001$ ). Ook is er een significant verschil tussen het totaal aantal passages op de verschillende bedden ( $p < 0,001$ ).

#### *Bunzing*

Voor de Bunzing is de interactie tussen licht en de zandbedden niet significant ( $p_{\text{interact}} \gg 0,05$ ). De waarde  $p_{\text{licht}}$  is wel significant ( $p_{\text{licht}} < 0,01$ ). Er is dus

een algemeen effect van licht dat voor alle bedden gelijk is. Omdat *b\_licht* positief is, is er sprake van aantrekking. Er is een significant effect van vegetatiehoogte ( $p=0,001$ ) en het seizoen ( $p<0,001$ ) op het totaal aantal passages.

#### *Hermelijn*

De waarde voor *p\_interact* is niet significant. Er is wel een significant effect voor *p\_licht* en voor *p\_licht2* (resp.  $p<0,01$  en  $p=0,01$ ). In dit geval is *p\_licht* meer onderscheidend en doet *p\_licht2* er niet toe. Er is dus een algemeen effect van licht op het aantal passages over alle zandbedden. Omdat *b\_licht* positief is gaat het hier om aantrekking. Er is een significant seizoenseffect ( $p<0,001$ ).

#### *Wezel*

De waarden voor *p\_licht* en *p\_interact* zijn niet significant ( $p>0,05$ ). Het seizoenseffect heeft een significante invloed op het totaal aantal passages van de Wezels ( $p<0,001$ ).

#### *Vos*

De waarde voor *p\_interact* is niet significant ( $p>0,05$ ). Er is wel een algemeen effect van licht op het aantal passages van de Vos ( $p_licht<0,05$ ) Omdat *b\_licht* positief is gaat het hier om een aantrekkend effect van licht. Het seizoen had een significant effect op het totaal aantal passages gedurende ons onderzoek ( $p<0,001$ ). Het totaal aantal passages verschilde significant tussen de verschillende zandbedden ( $p<0,001$ ).

#### *Muis*

De waarden voor *p\_interact* en *p\_licht* zijn beide niet significant voor de muizen ( $p>0,05$ ). Er is een significant seizoenseffect ( $p=0,01$ ). Ook is er een significant verschil tussen het totaal aantal passages op de verschillende bedden ( $p<0,001$ ).

### 3.3 Overige dieren

Van de overige waargenomen diersporen zal hier alleen de groep van amfibieën worden besproken. Sporen van katten, honden en vogels blijven verder dan ook buiten beschouwing. Uit tabel 3 blijkt dat er aanwijzingen zijn voor een effect van licht op het aantal passages van amfibieën ( $p_licht2 < 0.05$ ;  $b_licht = -0.339$ ). Het effect verschilt zodanig tussen de bedden ( $p_interact < 0.05$ ) dat *p\_licht* niet significant wordt ( $p \gg 0.05$ ). Er is ook een significant seizoenseffect voor amfibieën ( $p<0.001$ ). Voor de vegetatiehoogte kon geen significant verschil worden aangetoond.

**Tabel 3.**  
Resultaten van log lineaire regressieanalyse voor amfibieën (significante getallen in vet gedrukt,  $p < 0.05$ ).

Naam	<i>p_interact</i>	<i>p_licht</i>	<i>b_licht</i>	<i>se_licht</i>	<i>p_licht2</i>	dispersie
Amfibie	<b>0.021</b>	0.274	-0.339	0.306	<b>0.030</b>	1.17

## 4.1 Vooraf

Met nadruk wordt erop gewezen dat het experiment uitsluitend ten doel had om de aantrekkende of afstotende werking van wegverlichting op zoogdieren te onderzoeken. De aantrekkende of afstotende werking van licht, geluid en beweging die door de aanwezigheid van een weg en het verkeer daarover aan de orde kan zijn, zijn er niet in betrokken.

Het blijkt dat verlichting invloed kan hebben op het ruimtelijk gedrag van verschillende diersoorten. Dit is echter niet voor alle soorten het geval, maar dit hoeft niet te betekenen dat verlichting op deze soorten geen invloed heeft. Een gering aantal passages van een soort kan er voor zorgen dat er geen significante invloed van licht op het ruimtelijk gedrag kan worden aangetoond. Dat is in dit onderzoek bijvoorbeeld het geval bij de Wezel.

Verder kunnen verschillende typen verstoring in het onderzoeksgebied van invloed zijn op het ruimtelijk gedrag van dieren. De verstoring kan in sommige gevallen een groter effect hebben op de resultaten dan de invloed van de verlichting. Uiteraard kan het ook zo zijn dat voor sommige soorten het licht inderdaad geen invloed heeft op het ruimtelijk gedrag.

## 4.2 Uitvoering van het experiment

### 4.2.1 Werkwijze

De gebruikte sporenregistratie methode blijkt voor alle diersoorten geschikt, met uitzondering van de als groep tezamen genomen muizen. Voor muizen wordt een alternatieve methode voorgesteld (zie aanbevelingen).

Om technische redenen was het niet mogelijk om bij regenachtige nachten waarnemingsronden uit te voeren. Mogelijk kan het gedrag van verschillende diersoorten beïnvloed worden door regenachtig weer. Danilkin (1996) schrijft dat het foeragegedrag van Reeën alleen beïnvloed wordt bij regen in de vroege ochtend. Echter, regenachtig weer deert de Bunzing minder (Lange *et al.* 1994). De mogelijke verandering in gedrag ten gevolge van het weer is dus niet meegenomen in de tellingen.

De inrichting van het experiment (mede bepaald door onder meer de terrein-omstandigheden), betekende dat een mogelijk effect van licht in relatie tot de afstand tot de lichtmast alleen had kunnen worden aangetoond binnen 100 meter daarvan. Als er sprake is van een effect van verlichting, zal er ongetwijfeld ook een afstand zijn waarop dat effect begint op te treden, de zogenaamde effectafstand. Die reikt dan kennelijk verder dan 100 meter.

### 4.2.2 Gewenning

Gewenning kan een rol spelen bij de invloed van licht op het ruimtelijk gedrag van dieren. Dit betekent dat alleen kort na het veranderen van een verlichte situatie naar een donkere, niet-verlichte situatie, en andersom, een verschil in het aantal passages kan optreden. Na een bepaalde periode zal dit effect dan weer verdwijnen en zal het aantal passages weer normaliseren.

---

In dit onderzoek werd om de maand op elke locatie de situatie gewisseld van verlicht naar niet-verlicht naar verlicht, enz. De dieren werden dus om de maand geconfronteerd met een nieuwe situatie. De vraag is of er inderdaad sprake was van gewenning aan de verlichting en zo ja, hoe snel deze gewenning zich voltrok. Voor de zekerheid is in dit onderzoek rekening gehouden met een eventuele gewenningsperiode. Het wisselen van een donkere naar verlichte situatie of andersom werd altijd op een vrijdag gedaan. Op deze manier waren er altijd minimaal drie nachten waarin geen waarnemingsronden werden uitgevoerd en de dieren konden wennen aan de nieuwe situatie. In de praktijk bleek deze periode vanwege de weersomstandigheden uit te kunnen komen op meer dan drie nachten.

#### 4.2.3 Verstoring

Er is in 'De Regulieren' sprake van een zekere mate van verstoring. Dat kan doen verwachten dat sommige dieren hun activiteit tot de schemering en de nacht opschorten. Guthorl (1994) toonde dit effect aan bij Reeën in een stadsbos in Duitsland. Het omgekeerde is anekdotisch bekend uit de MKZ-periode (zie box 3). Aan de andere kant kan hierbij ook een zekere mate van gewenning optreden.

##### **Box 3. Verandering gedrag wild tijdens MKZ periode**

Tijdens de MKZ periode vertoonden dieren kort na het afsluiten van bosgebieden een waarneembaar ander gedrags- en verspreidingspatroon. Ze kwamen op plekken waar ze voorheen niet werden gesignaleerd. Ook werden er grotere groepen dieren waargenomen en waren ze meer overdag dan 's nachts actief.

Het wild zocht overdag minder de dekking op en vertoonde nauwelijks vluchtgedrag. De dieren lagen of stonden rustig langs de paden en in een enkel geval werden zelfs slapende biggen van wilde zwijnen aan de kant van de weg aangetroffen.

Natuurmonumenten vindt dat het betekent dat bij de inrichting van een gebied de aanleg van paden en observatiepunten moet worden afgestemd op het gedrag van mens en dier en er rustgebieden moeten zijn waar het wild zich ongestoord kan ophouden.

Bron: Utrechts Nieuwsblad 26-11-2001

Er zijn verschillende onregelmatige verstoringen in het gebied 'De Regulieren' geconstateerd, te weten:

- recreatie;
- tijdelijke beheerswerkzaamheden (restauratie eendenkooi, baggeren van sloten);
- loslopende huisdieren (honden en katten);
- tijdelijke agrarische activiteiten (maaien en hooien);
- muskusratten vangen (met behulp van vangkooien);
- jacht om het gebied heen;
- werknemers aan dit onderzoek.

---

Deze factoren kunnen allemaal in meer of mindere mate van invloed zijn op het aantal passages per waarnemingsronde. Door een zo groot aantal mogelijke waarnemingsronden wordt de invloed van deze factoren op de uitkomst van het onderzoek zoveel mogelijk beperkt. Ook zijn tellingen waarbij sprake was van duidelijk aanwezige verstoring weggelaten in de analyse. Zo was er tijdens de eerste twaalf waarnemingsronden op locatie 5 sprake van verstoring veroorzaakt door werkzaamheden aan de eendenkooi. Het weglaten van deze waarnemingsronden bleek overigens geen invloed op de resultaten te hebben.

### 4.3 Diersoorten

Bijlage 6 geeft achtergrondinformatie betreffende de ecologie van de waargenomen zoogdieren.

#### 4.3.1 Bruine Rat

Er is voor de Bruine Rat geen eenduidig effect van verlichting aangetoond op het ruimtelijk gedrag. Het significante interactie-effect wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat er op de verste bedden DE meer passages plaatsvonden met verlichting dan zonder verlichting (zie grafiek in bijlage 4). Dit verschil lijkt onverklaarbaar, en zou zelfs op toeval kunnen berusten, tenzij het zo zou zijn dat de zichtbaarheid van de verlichte ruimte (i.c. de illuminantie) een negatief effect op de dieren heeft en hierdoor bij de bedden DE een zekere mate van stuwing optreedt. De zogenaamde effectafstand zou dan ergens tussen de 30 en 60 meter liggen.

De vegetatiehoogte is significant van invloed op het aantal passages ( $p < 0,001$ ). Dit houdt verband met de toegankelijkheid van de oever, vergelijkbaar met de toegankelijkheid van een perceel voor andere zoogdieren nadat het is gemaaid. Het significante seizoenseffect is lastiger te verklaren. Bruine Ratten kunnen het gehele jaar door voortplanten mits er voldoende voedsel te vinden is. Een kwantitatieve of kwalitatieve variatie in voedselaanbod voor de ratten gedurende het seizoen verklaart mogelijkwerwijs dit significante seizoenseffect.

#### *Eindoordeel*

De statistische resultaten wijzen er in eerste instantie op dat het ruimtelijk gedrag van de Bruine Rat niet door verlichting wordt beïnvloed. Nadere beschouwing sluit echter niet geheel uit dat er sprake kan zijn van een afstotende werking met een beperkte effectafstand. Van alle soorten zijn er van de Bruine Rat de meeste passages geteld (totaal 522). De standaardafwijking voor de Bruine Rat is klein vergeleken met de andere soorten (0,106). De resultaten mogen dan ook betrouwbaar worden geacht.

#### 4.3.2 Muskusrat

De statistische analyse wijst uit dat Muskusratten zwak significant door verlichting worden aangetrokken. De verhouding tussen het aantal passages licht/donker is 2,82. Dit is in tegenstelling met de verwachting dat verlichting de schuwe Muskusrat zou afstoten.

Het is denkbaar dat de resultaten worden beïnvloed doordat op locatie 1 en locatie 5 een muskusratval was geplaatst. De passage van de dieren door de

---

sloot werd hierdoor belemmerd. De vallen waren echter de gehele tijd aanwezig. De meeste passages hebben plaatsgevonden over bed A, wat meteen het significante verschil van het totaal aantal passages tussen de zandbedden verklaart. De Muskusrat verplaatst zich, evenals de Bruine Rat, overwegend door de sloten. Het zandbed A wordt dan gepasseerd als de Muskusrat zijn weg door de sloot wil vervolgen en niet onder de dam door kan zwemmen.

De waarde van dispersie is voor de Muskusrat 2,12. Dit betekent dat er vaak meerdere dieren tijdens een waarnemingsronde passeerden, en dat sommige dieren meer dan eens passeerden. Dit laatste werd ook gesuggereerd door de waarnemingen: op bed A werd vaak zowel een passage heen als een passage terug geteld. Beide passages konden mogelijk door één dier gemaakt zijn. Muskusratten maken gebruik van vaste wissels als ze de sloot verlaten om te foerageren (Van Diepenbeek 1999). Er werden in het veld veel wissels en 'glijbanen' van Muskusratten (en Bruine Ratten) waargenomen. Meestal liepen deze wissels niet over de afstandsbedden. Dit verklaart het lage aantal passages op de afstandsbedden.

De invloed van de vegetatiehoogte is voor de Muskusrat niet significant. Als voor de vegetatiehoogte alleen de oeverbegroeiing wordt genoteerd en geanalyseerd levert dit geen verandering in significantie voor de vegetatiehoogte op. Dit in tegenstelling met de Bruine Rat. Dat er geen verandering in significantie optreedt bij de Muskusrat kan te wijten zijn aan het kleine aantal waarnemingen.

#### *Eindoordeel*

De resultaten voor de Muskusrat zijn ondanks enige kanttekeningen representatief. Uit dit onderzoek blijkt dat de Muskusrat (zwak) significant door licht wordt aangetrokken, ook al zijn er slechts 39 passages geteld en is de standaardafwijking relatief hoog (0,570).

#### **4.3.3 Egel**

Er is een zeer klein verschil tussen het aantal passages bij verlichting en zonder verlichting. Dit verschil is echter niet significant. Het geringe effect van verlichting op het ruimtelijke gedrag zou verklaard kunnen worden door het feit dat de Egel meer gebruik maakt van zijn goed ontwikkelde reukzin, dan van zijn matige gezichtsvermogen (Reeve 1994; Lange et al. 1994). Door de geringe hoogte van een Egel kan ook de vegetatie een grote rol spelen (de vegetatiehoogte is inderdaad significant). Het is dus waarschijnlijk dat Egels helemaal niet beïnvloed worden door de aanwezigheid van de lichtbron. Het iets meer passeren van Egels in het licht (wat b\_licht suggereert) zou dan berusten op puur toeval.

Huijser (2000) concludeerde dat er aanwijzingen zijn dat de aanwezigheid van wegverlichting het barrière-effect van wegen versterkt. Dit is in tegenstelling met onze resultaten waarin dit effect niet waarneembaar is. Bontadina (1991) vond in zijn resultaten wat betreft het ruimtelijk gedrag ook een minimale respons van Egels op wegverlichting.

In het verloop van het onderzoek was het aantal passages van Egels zeer variabel. Hierdoor wordt waarschijnlijk het significante seizoenseffect veroorzaakt. Volgens Reeve (1994) en Lange et al. (1994) verplaatsen Egels zich soms 3 tot 4 kilometer per nacht, met name in de paartijd (mei en juni). Echter,



---

verplaatsingen van enkele honderden meters tot een kilometer per nacht zijn algemener. Wanneer de dieren zich over grote afstanden verplaatsten konden ze tijdelijk van een locatie verdwijnen waardoor het aantal passages variabel werd. Ook hebben mannetjes Egels meerdere overnachtingsplaatsen en worden veel plaatsen in het leefgebied onregelmatig bezocht (Lange et al. 1994; Reeve 1994). Gemaaid gras of platgelopen paadjes zijn voor de Egel waarschijnlijk makkelijker te belopen dan hoog gras. Er zijn totaal meer passages waargenomen over bed A (86 passages), dan over de bedden BC en DE (totaal 41 passages; zie ook grafiek in bijlage 4). De dieren passeren dus wel zandbed A maar kiezen vervolgens een andere route in het veld.

Egels kunnen goed zwemmen. Toch zullen Egels niet snel vrijwillig te water gaan (Zingg 1993). Het hoge aantal passages op de A-bedden wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat hun werking als dwangwissel wordt versterkt door hun ligging: ze liggen in vijf van de zes locaties tussen aan de ene kant open grasland en aan de andere kant bos. De passages over de bedden BC en DE zijn ongeveer gelijk. Vaak werd inderdaad waargenomen (aan de hand van de sporen) dat als de Egels het gemaaide pad langs de sloot volgden, ze daarbij zowel de bedden BC als DE passeerden.

#### *Eindoordeel*

Uit dit onderzoek blijkt dat verlichting géén significante invloed heeft op het ruimtelijk gedrag van Egels. Totaal zijn er 157 passages geteld en de standaardafwijking is vergeleken met de andere soorten relatief laag (0,201). De resultaten mogen dan ook betrouwbaar worden geacht.

#### **4.3.4 Haas**

De verhouding tussen het aantal passages met en zonder verlichting is 0,92. De waarde van  $b_{\text{licht}}$  suggereert dat er mogelijk een afstotende werking van licht zou kunnen zijn op Hazen. De waarde van  $b_{\text{licht}}$  is echter zeer klein (-0,079) en niet significant. Het is dus waarschijnlijk dat Hazen helemaal niet beïnvloed worden door de aanwezigheid van de verlichting.

Het significante verschil tussen de zandbedden wordt verklaard door het hoger aantal passages op bed A ten gevolge van dwangwisseleffect (zie grafiek bijlage 4).

Gedurende het onderzoek was het aantal passages van Hazen op de verschillende locaties variabel, variërend van nul tot enkele passages per zandbed. Hazen hebben een relatief groot leefgebied. Daardoor kunnen ze tijdelijk van een locatie verdwijnen. Dit kan het significante seizoenseffect misschien verklaren. Ook verstoring kan er voor zorgen dat Hazen tijdelijk niet op een locatie worden waargenomen.

De dispersie heeft voor de Haas een waarde van 1,84. Dit betekent dat de dieren vaak in groepjes (van twee of drie dieren) passeerden. Regelmatig werd waargenomen dat er zeer veel passages op een zandbed hadden plaatsgevonden en dat er gaten in het zandbed waren gegraven. Het kon voorkomen dat het sporenbeeld hierdoor zo onduidelijk was dat een schatting moest worden gemaakt van het aantal dieren dat bij de passages betrokken was. Omdat dit maar in enkele gevallen nodig was, heeft dit geen invloed op de betrouwbaarheid van de resultaten.

De bijna significante waarde voor vegetatiehoogte wijst erop dat de

---

vegetatiehoogte invloed heeft op het aantal passages van Hazen. Mogelijk mijden Hazen vochtig lang gras omdat hun vacht hierdoor nat wordt en mogelijk prefereren zij kort gras omdat ze dan makkelijker kunnen foerageren.

#### *Eindoordeel*

Uit dit onderzoek blijkt dat licht géén significante invloed heeft op het ruimtelijk gedrag van Hazen. Totaal zijn er 439 passages van de Haas geteld. Dit hoge aantal in combinatie met de relatief lage standaardafwijking (0,142) betekent dat de resultaten betrouwbaar mogen worden geacht.

#### **4.3.5 Ree**

De verhouding tussen het aantal passages in het licht/donker is 0,96 (b\_licht is -0,038). Dit suggereert een afstotend effect van licht. Het verschil tussen het aantal passages met en zonder verlichting is echter niet significant.

Waarschijnlijker is dus dat het licht de Reeën onverschillig laat of dat ze er snel aan wennen.

Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting dat licht Reeën niet zal beïnvloeden omdat ze relatief sterk gebruik maken van hun gehoor en reukzin. Het onderzoek van Reed & Woodard (1981) wees uit dat wegverlichting het aantal verkeersongelukken met Reeën niet verminderde. Dit geeft ook aan dat wegverlichting het ruimtelijk gedrag van Reeën niet beïnvloedt.

Reichholf et al. (1987) geven aan dat Reeën zich gemakkelijk kunnen aanpassen aan de omstandigheden. Reeën zijn geen typische nachtdieren. Als verstoring in het leefgebied minder is, verschijnen de dieren ook al snel bij daglicht (zie ook Box 3). Dit kan betekenen dat de dieren ook snel kunnen wennen aan een onnatuurlijk verlichte omgeving.

Het significante seizoenseffect kan veroorzaakt worden door het voortplantingsgedrag. In juli en augustus (de bronsttijd) gaan de bokken achter de geiten aan. De geiten worden dan intensief gevolgd en gedreven waarbij mogelijk minder aandacht aan de omgeving (en dus aan de verlichting) wordt besteed. Dit kan een toenemend aantal passages tot gevolg hebben.

De dispersie voor het Ree is 1.92 wat inhoudt dat Reeën vaak in groepjes passeerden. Dit werd ook waargenomen in het veld: vaak werden op een zandbed twee of meer passages geteld (moeder met kalf of verschillende volwassen dieren).

Het significante verschil in het totaal aantal passages tussen de bedden wordt verklaard door een hoger aantal passages over zandbed A. (zie grafiek in bijlage 4). Tijdens het veldwerk is regelmatig waargenomen dat de Reeën in geval van verstoring gemakkelijk over de sloot sprongen. Het zandbed A is voor deze dieren dus geen volledige dwangwissel. In een niet-verstoorte situatie kiezen de dieren blijkbaar toch voor de gemakkelijke weg over de dam.

#### *Eindoordeel*

Uit dit onderzoek blijkt dat licht géén significante invloed heeft op Reeën. Dit is in overeenstemming met resultaten uit andere onderzoeken. De resultaten mogen betrouwbaar geacht worden, gezien het aantal passages (138) en de relatief lage standaardafwijking (0,252).

---

#### 4.3.6 Bunzing

De verhouding van het aantal passages met en zonder verlichting is 1,78 (zie b\_licht; 78 % meer passages bij verlichting). Verlichting heeft dus een aantrekkelijk effect op de Bunzing. Deze aantrekkingskracht blijkt ook uit de grafiek in bijlage 4. Het effect is blijkens de waarde van p\_licht statistisch significant. Het effect kan direct zijn, maar ook (deels) secundair worden veroorzaakt doordat prooidieren (kikkers) mogelijk op licht afkomen.

De vegetatiehoogte is van invloed op het totaal aantal passages van Bunzingen. Dit effect kan veroorzaakt worden doordat de Bunzing zich door hoog gras moeilijker kan verplaatsen. Op locatie 5 verscheen een moeder met minimaal 3 jongen net nadat 2 juli een vegetatiestrook was gemaaid. Er kan een relatie bestaan tussen het verschijnen van de familie en het maaien.

Het seizoenseffect is ook van invloed op het totaal aantal passages van de Bunzing. De geboorte en de verzorging van de jongen in de maanden juni en juli kan een toenemend aantal passages tot gevolg hebben gehad.

Op de zandbedden van locatie 5 werden na de waarneming van de familie Bunzingen zeer regelmatig sporen van ravottende Bunzingen waargenomen. Er werden gaten in de zandbedden gegraven en het aantal passages was vaak niet nauwkeurig te bepalen. Meestal werd het aantal passages op een dergelijk bed geschat op twee of drie dieren (het aantal jongen dat was waargenomen). Het weglaten van deze schattingen, waarbij zeker was dat geen nauwkeurige telling gemaakt kon worden, had voor geen van de p-waarden veranderingen in significantie tot gevolg, ook niet voor vegetatiehoogte.

#### *Eindoordeel*

Uit dit onderzoek blijkt dat de Bunzing significant wordt aangetrokken door licht. Het aantal passages is relatief hoog (totaal 150) en de standaardafwijking relatief laag (0,204).

#### 4.3.7 Hermelijn

De waarde van b\_licht betekent dat de verhouding tussen het aantal passages met en zonder verlichting 5,12 is. Het verschil is significant. De dieren worden dus aange-trokken door verlichting.

De aantrekkende werking wordt misschien veroorzaakt door het feit dat de Hermelijn erg nieuwsgierig kan zijn (Reichholf et al. 1987). Als dat zo is, dan zou kunnen worden verwacht dat bij voortdurende verlichting gewenning optreedt en de aantrekkingskracht op den duur over gaat in indifferentie. Ook kan het zijn dat de Hermelijn meer prooidieren kan (of verwacht te) vinden in het licht.

Wanneer de Hermelijn door zijn woongebied trekt maakt hij veel gebruik van heggen, oeverlijnen, rietzomen e.d. (Lange et al. 1994). Het feit dat er geen significant verschil in het aantal passages is bij de verschillende bedden kan daardoor verklaard worden. Als de Hermelijn de dam oversteekt en de slootkant volgt passeert hij ook de bedden B, C, D en E.

De significantie van het seizoenseffect kan veroorzaakt worden doordat een aantal passages van de Hermelijn in een korte tijd plaatsvond op verschillende locaties.

Op locatie 5 kan een aantal maal sporen van een Hermelijn verward zijn met bunzingsporen. Het onderscheid tussen een pootafdruk van een jonge Bunzing

---

(of een kleine vrouwelijke Bunzing) en van een volwassen Hermelijn is soms moeilijk te maken.

#### *Eindoordeel*

Uit dit onderzoek blijkt dat de Hermelijn significant wordt aangetrokken door verlichting, ook al is het totaal aantal getelde passages van Hermelijnen laag (25) en is de standaardafwijking vergeleken met de andere soorten hoog (se\_licht 0,749).

#### **4.3.8 Wezel**

Er zijn zeer weinig Wezels gepasseerd gedurende het onderzoek (totaal 7 verspreid over 2 locaties). De standaard afwijking is dan ook zeer groot (se\_licht 52,507). Het aantal waarnemingen is te klein om een betrouwbare analyse uit te voeren en verantwoorde conclusies te trekken. Bovendien werden zij gedaan op slechts twee van de zes locaties. Vanwege het lage aantal waarnemingen is er geen grafiek gemaakt voor de Wezel.

Alle dieren passeerden in het licht. Dit is een indicatie voor een mogelijke aantrekkende werking van verlichting op de Wezel. Dit ligt wel enigszins in de lijn der verwachting en is in overeenstemming met het effect van wegverlichting op de ook ecologisch nauw verwante Hermelijn.

Hierbij moet wel in overweging genomen worden dat alle zeven passages in de laatste maand plaatsvonden waarbij het licht op de betreffende locaties aan was. Het is daarbij niet uitgesloten dat de vijf passages op locatie 1 en de twee passages op locatie 3 ieder toegeschreven zouden kunnen worden aan één dier.

#### *Eindoordeel*

Het aantal passages van de Wezel in dit onderzoek was te laag om betrouwbare conclusies op te baseren.

#### **4.3.9 Vos**

De verhouding tussen het aantal passages met en zonder verlichting is 2,07. Dit verschil is significant. Verlichting heeft dus een aantrekkende werking op deze dieren. Het is mogelijk dat Vossen direct door verlichting worden aangetrokken omdat ze misschien nieuwsgierig van aard zijn, en/of dat ze secundair worden aangetrokken omdat zij in het licht meer prooidieren verwachten.

Het significante seizoenseffect kan verklaard worden doordat Vossen een groot leefgebied hebben (tussen de 100 en 1000 ha in Nederland; Van Oort 1978). Hierdoor komen de Vossen minder vaak op dezelfde locatie langs, waardoor waarnemingen onregelmatig worden. Doordat de weidevogelstand, de hazenstand en de muizenstand in 'De Regulieren' laag was (mondelijke mededeling beheerders Regulieren) kan het foerageergebied van de Vos relatief groot zijn geweest (Lange et al. 1994). Voor de vos geldt verder dat als er jongen geboren worden, de ouders meer en vaker op pad gaan om genoeg voedsel te kunnen vinden. Dit kan in een bepaalde periode een toename in het aantal passages tot gevolg hebben.

Gedurende een aantal weken zijn gedurende de nacht een tweetal honden over verschillende zandbedden op locatie 1,2 en 3 gepasseerd. Omdat de prenten van de hond en de Vos soms lastig te onderscheiden zijn, heeft dit de determinatie van sporen enigszins bemoeilijkt.

---

#### *Eindoordeel*

Uit dit onderzoek blijkt dat Vossen significant worden aangetrokken door verlichting, ook al was het totaal aantal getelde passages relatief laag (43) en de standaardafwijking relatief hoog (0,342).

#### **4.3.10 Muis**

De *b\_licht* waarde voor muizen is  $-0,167$ . Dit betekent dat de verhouding tussen passages met en zonder verlichting 0,85 is. Dit kan een indicatie zijn voor mogelijke afstoting veroorzaakt door licht. Het verschil is echter niet significant.

Muizen waren niet tot op soort determineerbaar. Verschillende muizensoorten hebben een van elkaar verschillende ecologie en kunnen dus ook uiteenlopend op licht reageren. Echter, alle muizen zijn prooidieren en daarom is het voorstelbaar dat ze verlichting wellicht mijden vanwege het risico van predatoren die er juist op afkomen.

De muizen zijn vanuit de achtergrond van de onderzoeksvraag niet de belangrijkste dieren. Het is ook onderzoektechnisch een problematische groep: bij erg nat zand waren muizensporen niet waar te nemen. Het bleek dat muizensporen eigenlijk alleen op zandbedden met een vochtigheidsklasse van 1 tot en met 3 goed waren waar te nemen. De zandbedden waren ook niet altijd homogeen in hun vochtigheid. Hier-door was een spoor vaak moeilijk te volgen en alleen op bepaalde plaatsen zichtbaar. Muizensporen die wel zichtbaar waren vielen snel uit elkaar. Sporen die vroeg in de nacht waren gemaakt waren mogelijk de volgende ochtend al niet meer zichtbaar. Ook bleken de muizen vaak onder de bedden door te gaan in plaats van er over heen, ondanks de ingegraven randen van het worteldoek. Al deze factoren hebben invloed gehad op de tellingen.

#### *Eindoordeel*

De methode van dit onderzoek is niet geschikt om de sporen van muizen, als groep met nogal uiteenlopende soorten, goed te kunnen vaststellen. Er kan dus geen duidelijke conclusie worden getrokken. De ver-gaarde gegevens wijzen er overigens wel op dat verlichting géén significant effect heeft op het ruimtelijk gedrag van muizen.

#### **4.3.11 Amfibieën**

De gebruikte onderzoeksmethode was bedoeld voor sporenonderzoek naar zoogdieren. Passages van individuen van andere diergroepen waren vaak moeilijk te zien en niet altijd determineerbaar tot op soort. Passages van amfibieën zijn tijdens de waarnemingsronden wel geregistreerd om een idee te krijgen of licht invloed heeft op het ruimtelijk gedrag van deze dieren, omdat het hierbij duidelijk was dat het ging om kikkers en padden. Deze konden echter niet afzonderlijk worden onderscheiden.

Er is een significant effect van licht op het aantal passages van de amfibieën. De verhouding tussen het aantal passages in de verlichting en in het donker verschilt tussen de zandbedden echter sterk van elkaar ( $p_{\text{interact}} < 0,05$ ).

---

De  $b$ -waarde suggereert dat er een afstotend effect zou kunnen zijn. Dit is echter niet significant aangetoond. Uit De Molenaar et al. (1997) blijkt dat verlichting juist wél een evidente aantrekkende werking op padden (en salamanders) heeft. Omdat de groep amfibieën zowel uit padden als uit kikkers bestaat, suggereert dit dat kikkers tegengesteld aan padden op verlichting reageren.

Tijdens de eerste weken van het onderzoek zijn veel kikkers en padden geteld op locatie 1. Dit kan verband houden met de paartijd van deze dieren. In deze periode was ook het licht uit op deze locatie. In het verdere verloop van het onderzoek werden niet meer zulke hoge concentraties van amfibieënpassages geteld. Het significante seizoenseffect wijst ook op een grote variatie in het aantal passages van die dieren in de tijd. Dit kan van invloed zijn op de uitkomst van de analyse.

#### *Eindoordeel*

Voor de amfibieën, waarbij het voornamelijk gaat om kikkers en padden tezamen, is geen statistisch significant verschil aangetoond tussen het aantal nachtelijke passages met verlichting en zonder verlichting. Gelet op wat bekend is over het aantrekkende effect op padden, doet het gevonden resultaat erop speculeren dat kikkers door verlichting worden afgestoten.

---

# Conclusies

---

## Vooraf

- Het experiment had uitsluitend ten doel om te onderzoeken of, en zo ja in hoeverre, wegverlichting invloed heeft op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren. De werking van licht, geluid en beweging die door de aanwezigheid van een weg en het verkeer daarover aan de orde kan zijn, is er niet in betrokken.
- De gebruikte sporenregistratie methode bleek voor alle diersoorten geschikt, met uitzondering van de als groep tezamen genomen muizen. Voor muizen wordt een alternatieve methode voorgesteld, zie de paragraaf aanbevelingen.
- Het is niet uitgesloten dat er bij wegverlichting in de praktijk op langere termijn een zekere mate van gewenning kan optreden, die de effecten wat kan doen afzwakken.

## Reactie op verlichting in het experiment

- De meeste waargenomen roofdiersoorten worden door verlichting aangetrokken: voor Bunzing, Hermelijn en Vos is een statistisch significante toename van het aantal passages nabij de verlichting aangetoond.
- Voor de Muskusrat is een bijna statistisch significante toename van het aantal passages nabij de verlichting gebleken. De soort ondervond dus een aantrekkende werking van licht. Er moeten echter meer waarnemingen gedaan worden om een meer betrouwbare conclusie te kunnen formuleren.
- Voor de Wezel is geen statistisch significant verschil tussen het aantal passages in het licht en in het donker aangetoond. Het aantal waarnemingen is te klein. Het lijkt echter waarschijnlijk dat bij meer waarnemingen zal blijken dat de Wezel hetzelfde effect vertoont als de Hermelijn.
- Het ruimtelijk gedrag van de Bruine Rat lijkt niet door verlichting beïnvloed te worden. Nadere beschouwing sluit echter niet volledig uit dat er sprake kan zijn van een afstotende werking.
- Er is geen statistisch significant verschil tussen het aantal passages in het licht en in het donker aangetoond voor de soorten Egel, Haas en Ree, en voor de als groep samengenomen muizen.

## Effectafstand

- Voor alle soorten, met uitzondering van de eerder genoemde Bruine Rat, geldt dat geen verschil is aangetoond in de reactie op licht op verschillende afstanden van de lichtbron. De inrichting van het experiment, mede bepaald door onder meer de terreinomstandigheden, betekende dat een effectafstand alleen binnen 100 meter aangetoond kon worden. Voor de soorten die een effect vertoonden (m.u.v. de Bruine Rat) reikt de effectafstand dus kennelijk verder.

---



---

# Aanbevelingen

---

---

## Proefopzet

Het zilverzand droogde snel uit op warme en droge dagen. Om dit te voorkomen is met een gieter water uit de sloot over het zand verspreid. Als water niet voorhanden is op een onderzoekslocatie kan dit een probleem zijn. Het gebruik van calciumchloride om vocht vast te houden is volgens Boer (2001) geschikt om het zand langer vochtig te houden, maar dit alternatief moet nog verder geoptimaliseerd worden.

Het gebruik van polymeren die vocht vasthouden kan wellicht ook een alternatief bieden. Deze methode wordt in de sierteelt toegepast om potgrond langer vochtig te houden. Waarschijnlijk levert dit echter problemen op met de structuur van zilverzandbedden, waardoor geen goed afleesbare sporen worden verkregen.

Het gebruik van Norit om de zandbedden donkerder te maken had een aantal nadelen. De Norit hechtte niet goed aan het zand waardoor de Norit bij het aanstrijken stuift. Ook spoelde de Norit bij regen in het zand waardoor opnieuw mengen noodzakelijk was. Momenteel wordt er gezocht naar mogelijkheden om het zand te kleuren (Boer, 2002). Hierbij is het belangrijk dat er geen schadelijke stoffen in het milieu terecht kunnen komen. Overigens bestaat uit het veld de indruk dat de herkenbaarheid van sporen het beste is op helder wit zilverzand zonder meer.

## Geschiktheid methode

Bij de uitvoering van het onderzoek bleek dat muizen vaak zeer onduidelijke sporen achterlieten. Bovendien waren de sporen van muizen niet tot op soort determineerbaar. Om muizensporen beter zichtbaar te maken kan een andere methode voor sporenwaarneming gebruikt worden.

Wanneer men het effect van licht op muizen wil onderzoeken, kan gebruik gemaakt worden van bestaande sporenregistratiemethoden. Bijvoorbeeld de sporenbuis methode gebruikt door Apeldoorn *et al.* (1993). Deze methode zou dan wel aangepast moeten worden om het effect van licht te kunnen onderzoeken. Er zou bijvoorbeeld een lichtdoorlatende buis gebruikt kunnen worden, met voorzieningen om de muizen te dwingen door die buis te gaan. Een alternatief, ook voor de andere zoogdiersoorten, is wellicht ook het gebruik van videocamera's (Sips *et al.* in voorber.).

## Uitvoering

Veel dieren die wel de A-bedden passeren gaan niet over de afstandsbedden. Om toch alle dieren welke op bepaalde afstanden van de lichtbron lopen, te kunnen tellen, zouden rond de lichtbron halve cirkels van zand in het veld aangelegd kunnen worden. Het aanstrijken van deze halve cirkels kost wel veel tijd. Een optie lijkt dan om minder lichtmasten te plaatsen en de zandcirkels op minder verschillende afstanden aan te leggen. Het levert echter meer werk en minder gegevens op.

Uit de gevonden resultaten bleek voor de Bruine Rat dat de oeverbegroeiing

---

meer invloed heeft op het ruimtelijk gedrag, dan de vegetatie op het perceel. Als bij eventuele vervolgonderzoeken de invloed van vegetatie van belang is, dan wordt aanbevolen om voor de Bruine Rat de oeverbegroeiing te registreren.

Mogelijk is de reactie van dieren op licht onder regenachtige omstandigheden anders. Dit effect is echter moeilijk te onderzoeken met de gebruikte methode, omdat de sporen worden uitgewist door regen. Om ook bij regen het effect van licht te kunnen onderzoeken is registratie met infrarood gevoelige videocamera's mogelijk een optie (Smit 1996, Sips *et al.* in voorbereiding).

In het algemeen geldt dat als er meer passages van de verschillende soorten zijn geteld, de resultaten ook betrouwbaarder zijn. Door een dergelijk onderzoek voor een langere tijd uit te voeren kunnen meer passages geteld worden.

De invloed van licht op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren kan in een ander studiegebied mogelijk verschillen. 'De Regulieren' is een halfopen landschap. In een ander gebied (bijvoorbeeld bosgebied) kan de ervaring van wegverlichting door zoogdieren anders zijn. Het is dus een aanbeveling om ook in andere typen gebieden het effect van wegverlichting te onderzoeken. Tevens is er dan de mogelijkheid om het effect van licht op andere soorten zoogdieren (zoals Edelherten, Wilde zwijnen en Dassen) te bestuderen.

---

# Literatuurlijst

---

- .....
- Anoniem, 1997. Richtlijn openbare verlichting in natuurgebieden Publicatie 112. Ede, CROW/NSW,1997.
- Apeldoorn, R. van & J. Kalkhoven. 1991. De relatie tussen zoogdieren en infrastructuur; de effecten van habitatfragmentatie en verstoring. Intern rapport. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum .160p.
- Apeldoorn, R. van, M. el Daem, K Hawley, M. Kozakiewicz., G. Merriam, W. Nieuwenhuizen & J. Wegner. 1993. Footprints of small mammals. A field methode of sampling data for different species. *Mammalia* **3**: 407-422.
- Bang, P. & P. Dahlstrøm. 1992. Tirion Diersporengids. Tirion Uitgeverij BV, Baarn.
- Boer, G. 2001. Onderzoek naar een middel om vocht in zand vast te houden in verband met sporenonderzoek bij viaducten. Dienst Weg- en Waterbouwkunde Rijkswaterstaat, Delft. 13p.
- Boer, G. 2002. Speurtocht naar alternatieven voor zilverzand dat gebruikt wordt bij sporendetectie ten behoeve van het project SNIP/LICHT. rapportnummer DWW-2002-097. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft. 15 pp.
- Böttcher, M. 2001. Auswirkungen von Fremdlicht auf die Fauna im Rahmen von Eingriffen in Natur und Landschaft. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. Bonn – Bad Godesberg. 192p.
- Bridges, C.D.B. & T.A.. Quilliam. 1973. Visual pigments of men, moles and hedgehogs. *Vision Res.* 13: 2417-2421.
- Bontadina, F. 1991. *Stassenüberquerungen von Igel (Erinaceus europaeus)*. Diplomarbeit. Zoologisches Institut der Universität Zürich
- Broekhuizen, S. 1982. Hazen in Nederland. Proefschrift Landbouwhogeschool, Wageningen. 90p.
- Danilkin, A. 1996. Behavioural ecologie of Siberian and European roe deer. Chapman & Hall, London. 277p.
- Diepenbeek, A. van. 1999. Veldgids diersporen. KNNV Uitgeverij, Utrecht. 403p.
- Ewer, R.F. 1973. The carnivores. Cornell University Press, New York. 494p.
- Hastie, T., & R. Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. Chapman and Hall, London.
- Henkens R.J.H.G., M.A. Hoogstra, D.A. Jonkers & J.G. de Molenaar, 2000. Wegverlichting en natuur IV. Lokale invloed van wegverlichting op bodemlevende zoogdieren; onderzoeksopzet. Intern rapport. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. 22p.

- 
- Henkens, R.J.H.G., D.A. Jonkers & J.G. de Molenaar. 2001. Wegverlichting en natuur IV. Effecten van wegverlichting op zoogdieren; testfase. Intern rapport. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. 37p.
- Herter, K. 1965. Hedgehogs, a comprehensive study. Phoenix House.
- Holley, A.J.F. 2001. The daily activity period of the brown hare (*Lepus europaeus*). *Mammalian Biology* 66 (6): 357-364.
- Huijser, M.P. 2000. Life on the edge. Hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape. Proefschrift. Ponsen & Looijen, Wageningen. 165p.
- King, C. 1989. The natural history of weasels and stoats. Christopher Helm, London. 253p.
- Lange, R., P. Twisk, A. van Winden & A. van Diepenbeek. 1994. Zoogdieren van West-Europa. Stichting Uitgeverij van de KNNV en VZZ, Utrecht. 400p.
- Lloyd, H.G. 1980. The red fox. B.T. Batsford Ltd, London. 320p.
- McCullagh, P., & Nelder, J.A. 1989. Generalized linear models (second edition). Chapman and Hall, London.
- Mitchell-Jones, A.J., Amori, G., Bogdanowicz, W., Krystufek, B., Reijnders, P.J.H., Spitzenberger, F., Stubbe, M., Thissen, J.B.M., Vohralík, V. & Zima, J. 1999. The atlas of european mammals. Academic Press, London. 484p.
- Molenaar, J.G. de, D.A. Jonkers & R.J.H.G. Henkens. 1997. Wegverlichting en natuur I. Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur. DWW Ontsnipperijsreeks deel 34, Delft. 292p.
- Molenaar, J.G. de & D.A. Jonkers, 1997. Wegverlichting en natuur II. Haalbaarheidsstudie aanvullend onderzoek. IBN-rapport, IBN-DLO, Wageningen. 106p.
- Molenaar, J.G. de, D.A. Jonkers & M.E. Sanders. 2000. Wegverlichting en Natuur III. Lokale invloed van wegverlichting op een gruttipopulatie. DWW Ontsnipperijsreeks deel 38, Delft. 96p.
- Natuurbalans 2002. 2002. Kluwer, Alphen a/d Rijn. 172p.
- Oort, G. van. 1978. De Vos. Uitgeverij Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen. 183p.
- Oude Voshaar, J.H. 1994. Statistiek voor onderzoekers met voorbeelden uit landbouw en milieuwetenschappen. Wageningen Pers, Wageningen.
- Piepers, A.A.G. (eindred.), 2001. Infrastructuur en natuur: versnippering en ontsnippering. Nationaal overzicht in het kader van COST-actie 341. DWW, Delft. 184p.

---

Reed, D.F. & T.N. Woodard. 1981. Effectiveness of highway lighting in reducing deer-vehicle accidents. *Journal of Wildlife Management* 45 (3): 721-726.

Reeve, N. 1994. Hedgehogs. T & A D Poyser, London, UK. 313p.

Reichholf, J., G. Steinbach & H. Reichholf-Riemh. 1983. Europese zoogdieren. Mosaik Verlag GmbH, München. 287.

Reijnen, M.J.S.M., G. Veenbaas & R.P.B. Foppen. 1992. Het voorspellen van het effect van snelverkeer op broedvogelpopulaties. DWW & DLO-IBN. NIVO, Delft 92p.

Schinkelshoek, P. 1990. Het gebruik van ultrasone communicatie door hazen: biologisch fenomeen of artefact? Doctoraalverslag Landbouwuniversiteit Wageningen. 35p.

Sips, H., G.F.J. Smit & G. Veenbaas, in voorber. De toepasbaarheid van automatische videoregistratie bij faunapassages. DWW Ontsnipingsreeks, deel 42, Delft.

Smit, G.F.J. 1996. Het gebruik van faunapassages bij rijkswegen. DWW Ontsnipingsreeks Deel 29, Delft. 66p.

Vries, J.G. de. (redactie) 1998. Zicht op licht. Lichthinder aangepakt. DWW, Delft. 28p.

**Websites:**

WWW1: <http://users.pandora.be/micromacro/ratarchie/wild1.html>

WWW2: <http://home.wxs.nl/~havix/home.html> (Ree en Vos)

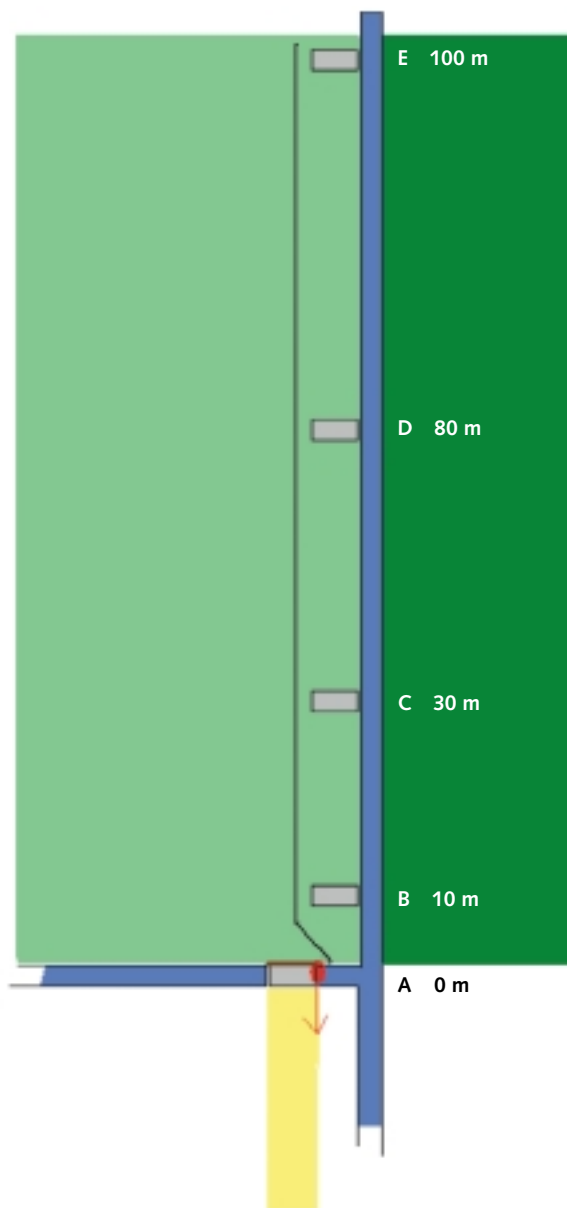
WWW3: <http://vzz.nl>

---

# Bijlage 1: Detailtekeningen van de verschillende locaties

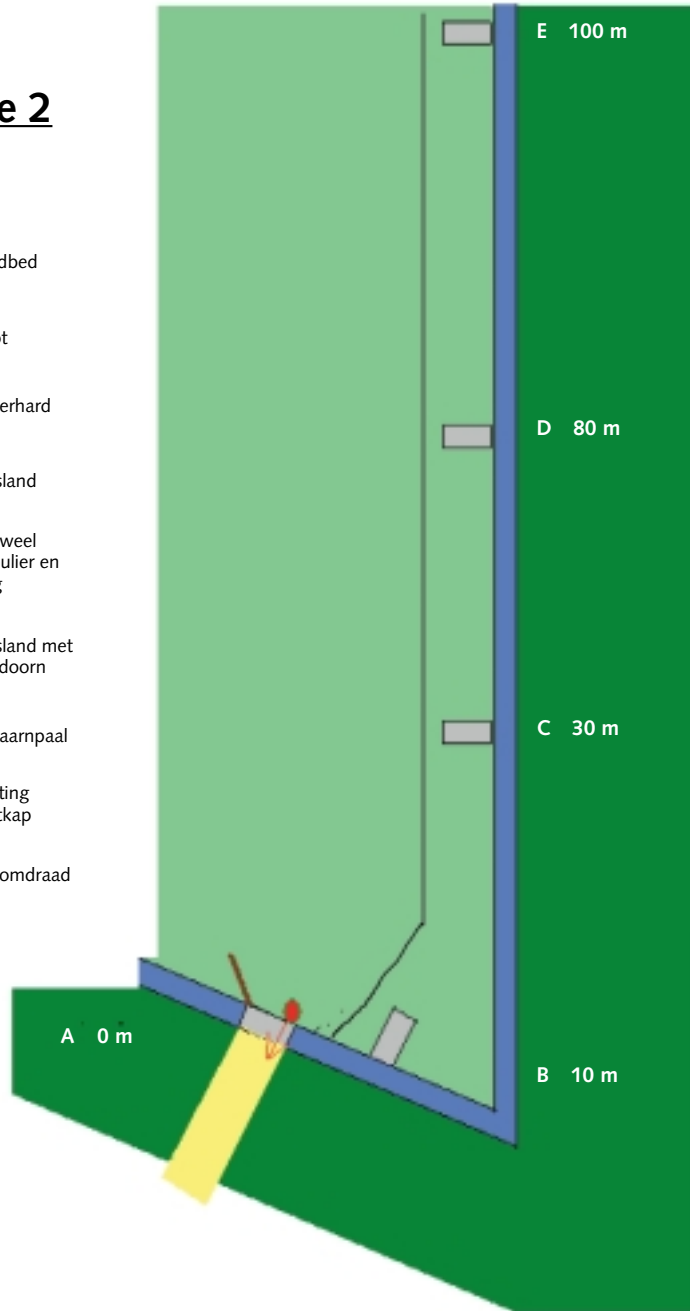
## Locatie 1

-  zandbed
-  sloot
-  onverhard pad
-  grasland
-  struweel populier en wilg
-  lantaarnpaal
-  richting lichtkap
-  stroomdraad
-  hek



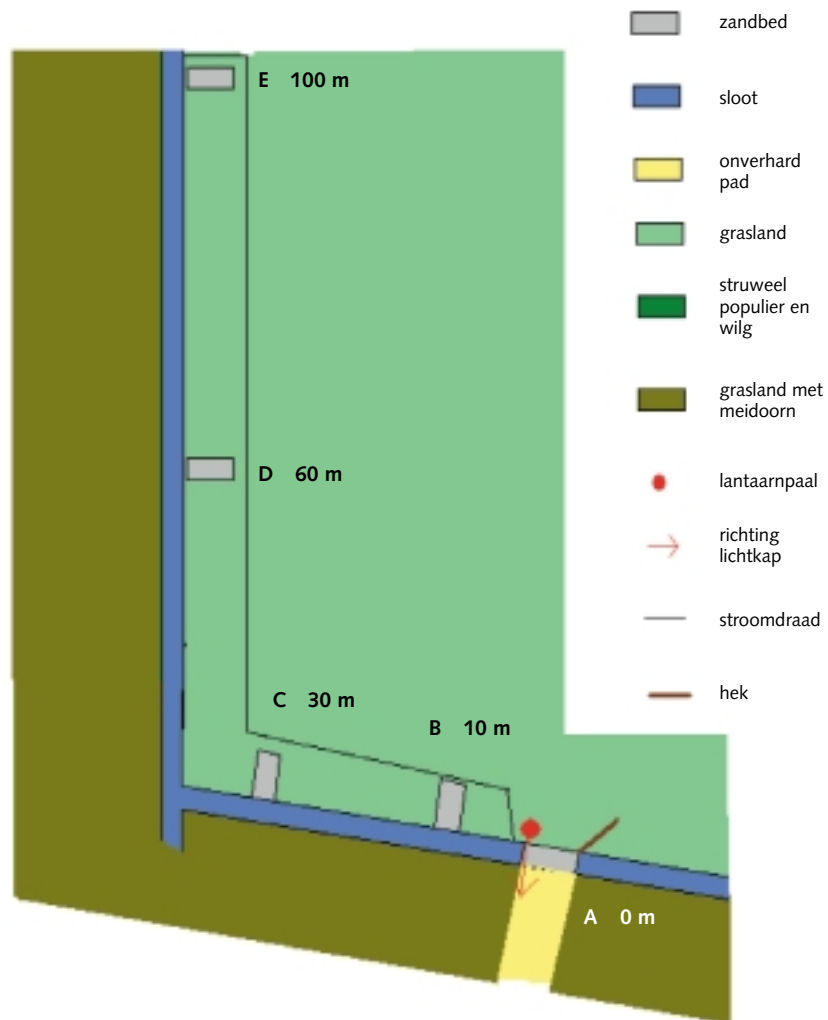
## Locatie 2

-  zandbed
-  sloot
-  onverhard pad
-  grasland
-  struweel populier en wilg
-  grasland met meidoorn
-  lantaarnpaal
-  richting lichtkap
-  stroomdraad
-  hek



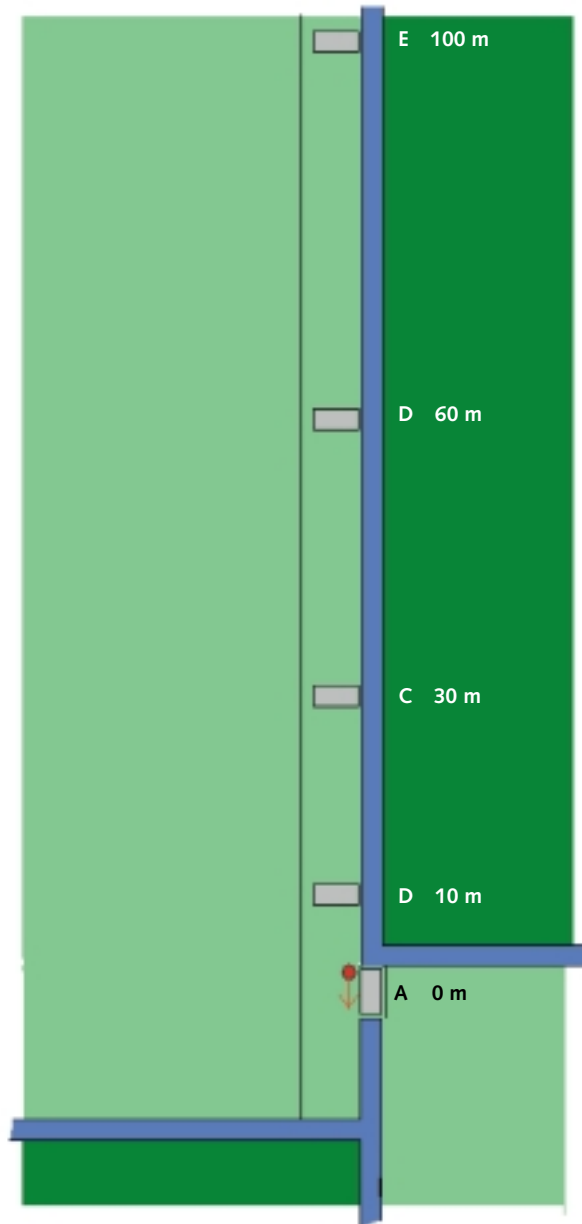


## Locatie 3



## Locatie 5

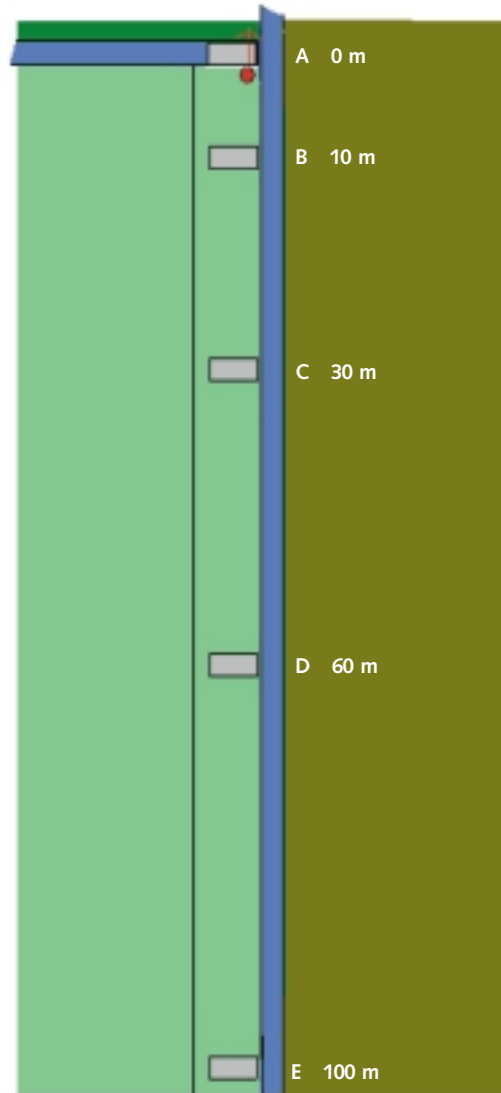
-  zandbed
-  sloot
-  onverhard pad
-  grasland
-  struweel populier en wilg
-  lantaarnpaal
-  richting lichtkap
-  stroomdraad
-  hek



---

## Locatie 6

-  zandbed
-  sloot
-  onverhard pad
-  grasland
-  struweel populier en wilg
-  grasland met meidoorn
-  lantaanpaal
-  richting lichtkap
-  stroomdraad
-  hek



---

## Bijlage 2: Resultaten van Luxmetingen

---

.....

Locatie	Zandbed A	Zandbed B	Zandbed C	Zandbed D	Zandbed E
1	28,4	4,8	0,2	0,1	0,1
2	26,1	10,3	0,3	0,1	0,1
3	26,5	4,4	0,2	0,1	0,1
4	28,7	6,3	0,3	0,1	0,1
5	26,0	6,3	0,2	0,1	0,1
6	26,3	6,1	0,1	0,1	0,1

Alle Luxmetingen zijn uitgevoerd minimaal twee uur na zonsondergang.

Locaties 2, 4 en 6 gemeten op 5 augustus 2002.

Locaties 1, 3 en 5 gemeten op 22 augustus 2002.

Luxwaarde onverlicht zandbeeld: 0,1 lux.

## Bijlage 3: Registratieformulier Sporenonderzoek

.....

### Uitvoeringsfase effect wegverlichting op zoogdieren

Locatie	
datum/tijd (van/tot)	preparatie: controle:
licht aan/uit	
weer	
maanstand	
zand (droog = 1; nat = 5)x	

Bednummer	A 0 m	B 10 m	C 30 m	D 60 m	E 100 m
-----------	-------	--------	--------	--------	---------

Bosmuis					
Bruine Rat					
Bunzing					
Egel					
Haas					
Hermelijn					
Kat					
Konijn					
Mol					
Muskusrat					
Muis					
Ree					
Vos					
Wezel					
Woelrat					

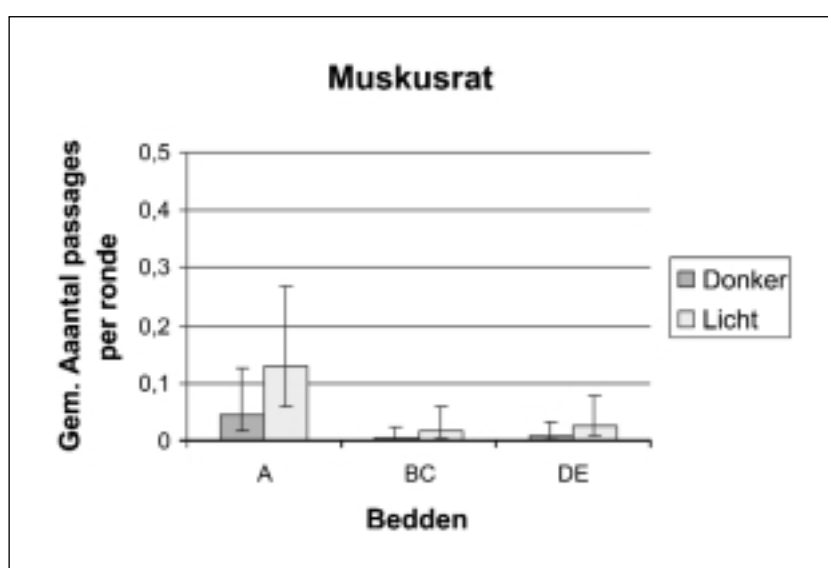
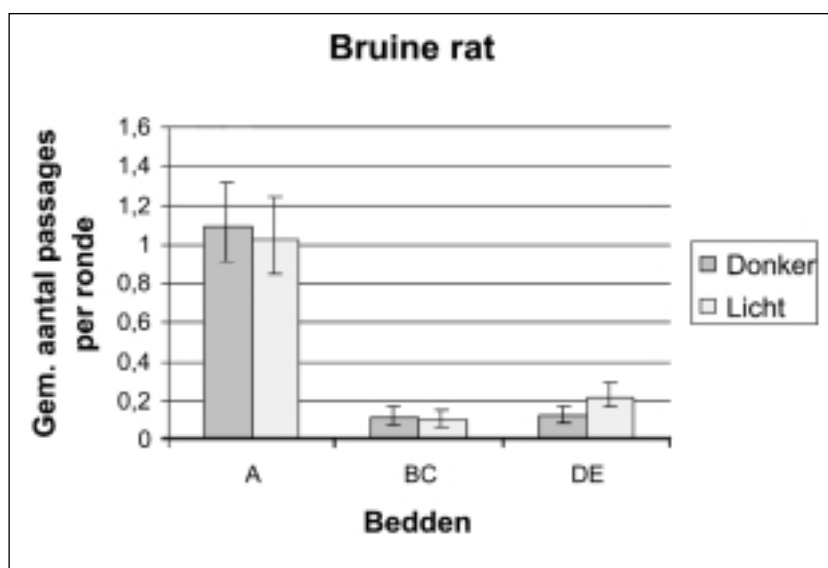
Totaal					
--------	--	--	--	--	--

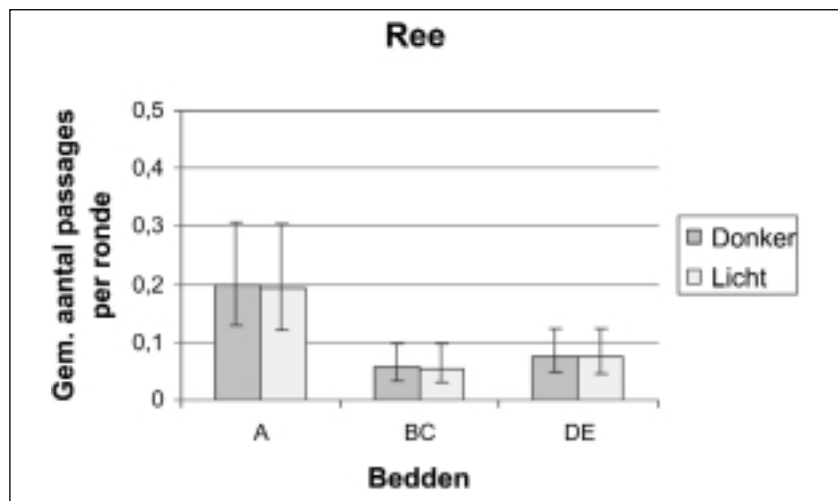
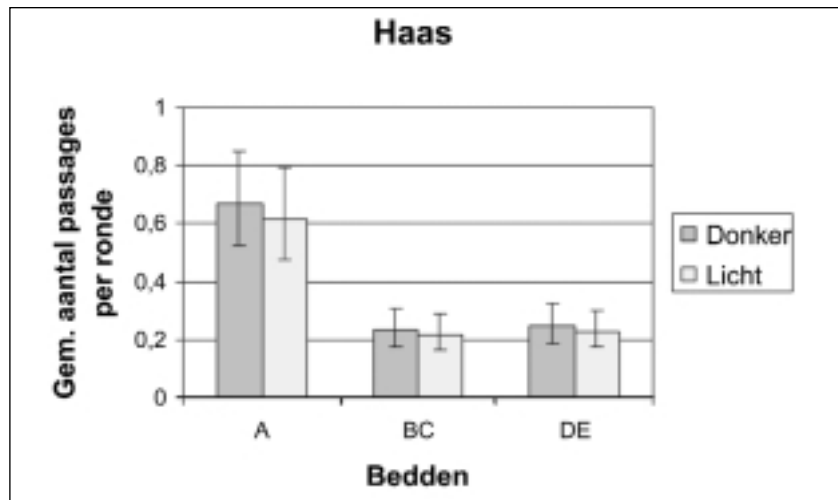
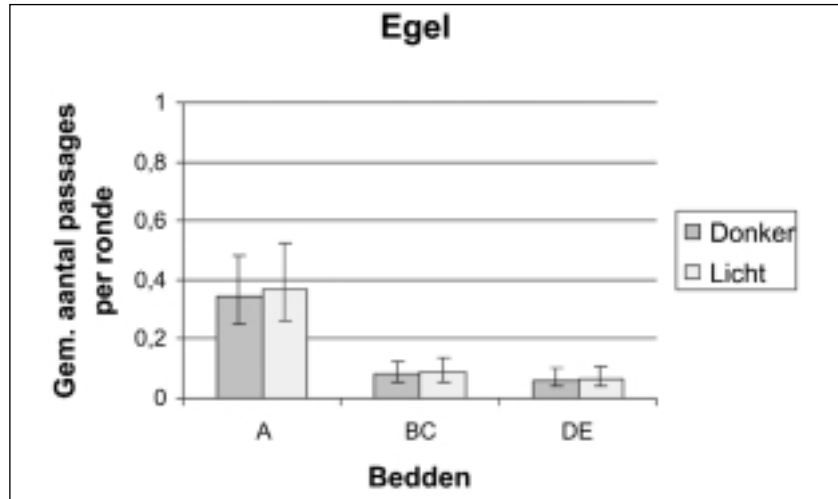
### Overig

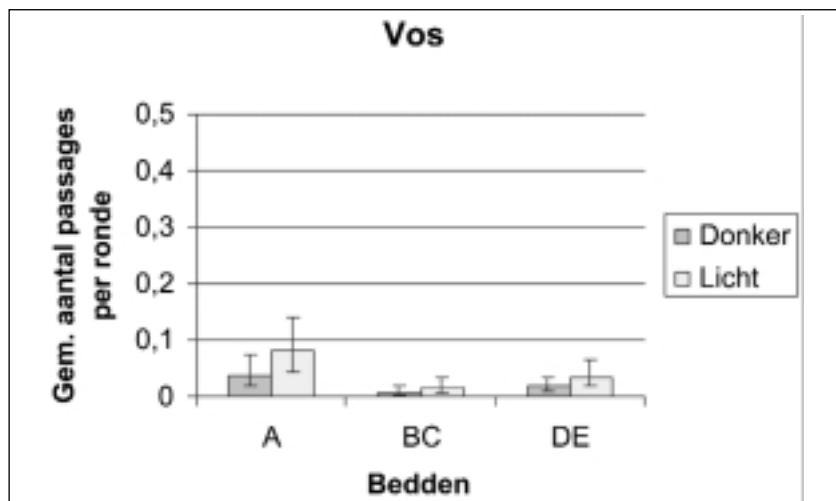
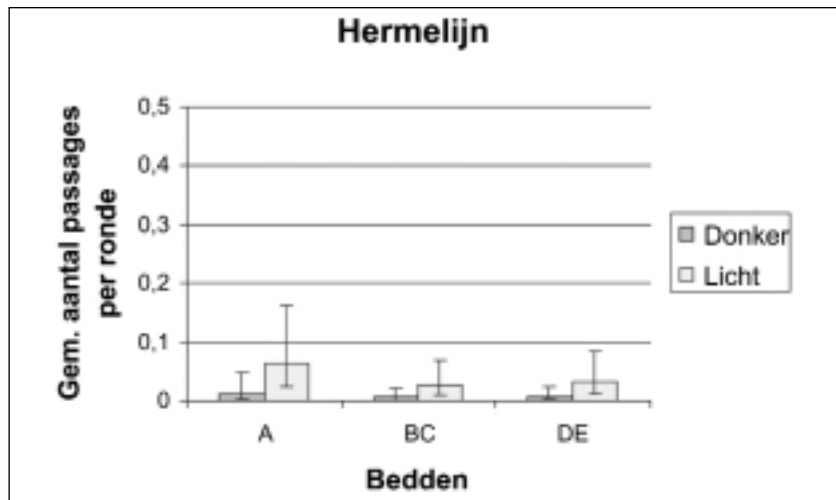
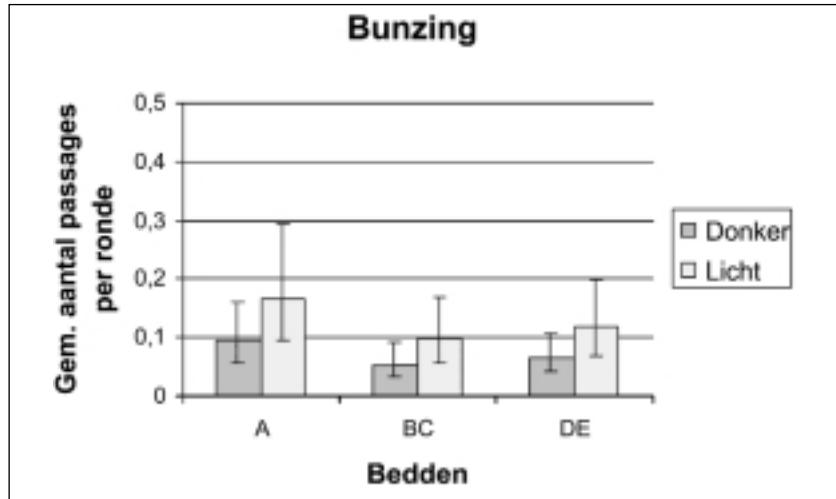
Opmerkingen					

## Bijlage 4: Gemiddeld aantal passages per ronde per type zandbed

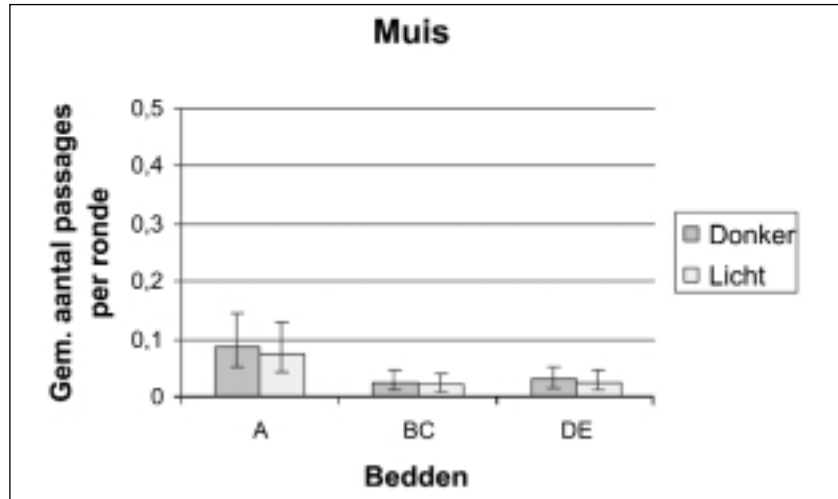
De getallen waarop de grafieken zijn gebaseerd staan in bijlage 5. Op de x-as staan de verschillende zandbedden, waarbij de zandbedden B en C zijn samengenomen, evenals de zandbedden D en E. Op de y-as staat het gemiddeld aantal passages per ronde en het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Deze gemiddelde waarden zijn berekend op basis van het statistische model. Als voor een diersoort een significant interactie effect is aangetoond, worden in de grafiek de gemiddelden berekend met het model met interactie. In dit model wordt ervan uitgegaan dat er een interactie is tussen het effect van licht en de verschillende bedden. De grafiek van de Wezel is vanwege het kleine aantal passages niet opgenomen in deze bijlage.











## Bijlage 5: Regressie analyse per diersoort en soortgroepen

De term 'locatie' in onderstaande tabellen geeft het verschil in passages van alle soorten tussen de verschillende locaties aan. Deze is voor de analyse van de resultaten niet van belang.

Het seizoenseffect en het effect van vegetatiehoogte worden respectievelijk weergegeven met de termen 'week' en 'Veghoogte'. De term 'AvsBCvsDE' zegt iets over het verschil in passages tussen de zandbedden A, BC en DE. Hierbij wordt gekeken naar het totaal aantal passages (geen onderscheid in passages in licht en donker).

De termen 'Lantaarn' en 'AvsBCvsDE.Lantaarn' komen overeen met respectievelijk de termen p\_licht en p\_interact in tabel 2. De laatste kolom in de tabel 'Accumulated analyses of deviance' (approx chi pr) geeft de overschrijdingskans (significantie) weer voor de bovengenoemde factoren.

### Bruine Rat

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.8669	1.0305	1.2249	0.9268	1.0997	1.3049
1.000	0.0776	0.1052	0.1424	0.0831	0.1122	0.1516
2.000	0.1257	0.1620	0.2088	0.1344	0.1729	0.2224

### Veghoogte: vegetatiehoogte perceel

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approx chi pr
+ locatie	5	309.2345	61.8469	46.36	< .001
+ week	3	125.7728	41.9243	31.43	< .001
<b>+ veghoogte</b>	<b>1</b>	<b>0.1418</b>	<b>0.1418</b>	<b>0.11</b>	<b>0.744</b>
+ AvsBCvsDE	2	522.8885	261.4443	195.99	< .001
+ Lantaarn	1	0.4983	0.4983	0.37	0.541
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	10.2005	5.1002	3.82	0.022
Residual	1415	1000.6583	0.7072		
Total	1429	1969.3947	1.3782		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.33

### Veghoogte: vegetatiehoogte oeverbegroeiing

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approx chi pr
+ locatie	5	309.2345	61.8469	49.70	< .001
+ week	3	125.7728	41.9243	33.69	< .001
<b>+ veghoogte</b>	<b>1</b>	<b>15.9943</b>	<b>15.9943</b>	<b>12.85</b>	<b>&lt; .001</b>
+ AvsBCvsDE	2	514.6356	257.3178	206.78	< .001
+ Lantaarn	1	0.0965	0.0965	0.08	0.781
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	13.4226	6.7113	5.39	0.005
Residual	1415	990.2383	0.6998		
Total	1429	1969.3947	1.3782		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.24

---

### Muskusrat

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.016613	0.04564	0.12539	0.06148	0.12869	0.2694
1.000	0.001437	0.00606	0.02555	0.00486	0.01708	0.0600
2.000	0.002959	0.01009	0.03438	0.01038	0.02844	0.0779

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approx chi pr
+ locatie	5	26.6892	5.3378	2.52	0.027
+ week	3	13.9559	4.6520	2.20	0.086
+ veghoogte	1	1.8441	1.8441	0.87	0.351
AvsBCvsDE	2	28.6010	14.3005	6.75	0.001
+ Lantaarn	1	7.6835	7.6835	3.63	0.057
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	5.3820	2.6910	1.27	0.281
Residual	1415	231.175	0.1633		
Total	1428	315.2633	0.2206		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 2.12

### Egel

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.2487	0.3462	0.4819	0.2643	0.3714	0.5220
1.000	0.0526	0.0812	0.1252	0.0561	0.0871	0.1351
2.000	0.0387	0.0625	0.1010	0.0413	0.0671	0.1090

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approx chi pr
+ locatie	5	36.8915	7.3783	5.07	< .001
+ week	3	112.5691	37.5230	25.80	< .001
+ veghoogte	1	5.5516	5.5516	3.82	0.051
+ AvsBCvsDE	2	92.77759	46.3879	31.89	< .001
+ Lantaarn	1	0.1325	0.1325	0.09	0.763
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	7.1435	3.5718	2.46	0.086
Residual	1415	592.7181	0.4189		
Total	1429	847.7822	0.5933		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.45

### Haas

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.5219	0.6663	0.8505	0.4783	0.6157	0.7922
1.000	0.1768	0.2339	0.3096	0.1627	0.2162	0.2873
2.000	0.1881	0.2472	0.3250	0.1729	0.2285	0.3018

---

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change			mean	deviance	approax
	d.f.	deviance	deviance	ratio	chi pr
+ locatie	5	216.7473	43.3495	23.59	< .001
+ week	3	53.5780	17.8593	9.72	< .001
+ veghoogte	1	6.2660	6.2660	3.41	0.065
+ AvsBCvsDE	2	100.5398	50.2699	27.36	< .001
+ Lantaarn	1	0.5560	0.5560	0.30	0.582
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	6.2789	3.1394	1.71	0.181
Residual	1415	1281.0903	0.9054		
Total	1429	1665.0563	1.1652		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.84

### Ree

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.12873	0.1987	0.3067	0.12051	0.1913	0.3036
1.000	0.03274	0.0563	0.0968	0.03094	0.0542	0.0950
2.000	0.04737	0.0767	0.1240	0.04464	0.0738	0.1220

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change			mean	deviance	approax
	d.f.	deviance	deviance	ratio	chi pr
+ locatie	5	23.7432	4.7486	2.48	0.030
+ week	3	29.5645	9.8548	5.14	0.001
+ veghoogte	1	5.1607	5.1607	2.69	0.101
+ AvsBCvsDE	2	338.9262	19.4631	10.15	< .001
+ Lantaarn	1	0.0363	0.0363	0.02	0.891
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	0.6427	0.3213	0.17	0.846
Residual	§1415	694.9441	0.4911		
Total	1429	793.0176	0.5549		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.92

### Bunzing

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.05503	0.09342	0.1586	0.09490	0.1666	0.2926
1.000	0.03275	0.05465	0.0912	0.05646	0.0975	0.1683
2.000	0.04016	0.06581	0.1078	0.06915	0.1174	0.1992

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approax chi pr
+ locatie	3	223.5564	74.5188	56.38	< .001
+ week	3	136.6523	45.5508	34.46	< .001
+ veghoogte	1	13.4670	13.4670	10.19	0.001
+ AvsBCvsDE	2	6.3321	3.1661	2.40	0.091
+ Lantaarn	1	10.0515	10.0515	7.60	0.006
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	0.5644	0.2822	0.21	0.808
Residual	939	369.4021	0.3934		
Total	951	760.0258	0.7992		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.32

### Hermelijn

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.003261	0.012327	0.04660	0.02456	0.06326	0.1630
1.000	0.001255	0.004999	0.011991	0.00937	0.02565	0.0702
2.000	0.001691	0.006427	0.02442	0.01286	0.03298	0.0846

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approax chi pr
+ locatie	5	5.7270	1.1454	1.15	0.334
+ week	3	53.3300	17.7767	17.78	< .001
+ veghoogte	1	0.0252	0.0252	0.03	0.874
+ AvsBCvsDE	2	3.2158	1.6079	1.61	0.200
+ Lantaarn	1	6.8609	6.8609	6.86	0.009
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	4.5645	2.2822	2.28	0.102
Residual	1415	142.4672	0.1007		
Total	1429	216.1906	0.1513		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1

### Wezel

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.0001	0	0.000000348	1.5787E+39	0.000002436	0.006150	15.528
1.000	0	0.000000116	5.2796E+38	0.000000778	0.002050	5.400
2.000	0	0.000000116	5.2792E+38	0.000000778	0.002050	5.400

\*\*\*\*\* Warning (Code CA 7). Statement 65 in For Loop

Command: calc lvpred[0,1], lvmea[0,1], llower[0,1], lupper[0,1]= log\*vpred[],  
vm Invalid value for argument of function

The first argument of the LOG function in unit 1 has the value 0.0000

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approax chi pr
+ locatie	1	1.30330	1.30330	1.30	0.254
+ week	3	18.19778	6.06593	6.07	< .001
+ veghoogte	1	1.36151	1.36151	1.36	0.243
+ AvsBCvsDE	2	1.87739	0.93869	0.94	0.391
+ Lantaarn	1	1.10651	1.10651	1.11	0.293
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	0.00068	0.00034	0.00	1.000
Residual	467	38.05723	0.08149		
Total	477	61.90440	0.12978		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1

### Vos

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.01980	0.03844	0.07465	0.04528	0.07993	0.14110
1.000	0.00291	0.00711	0.01738	0.00649	0.01478	0.03370
2.000	0.00872	0.01725	0.03413	0.01990	0.03586	0.06462

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approax chi pr
+ locatie	5	17.0292	3.4058	3.41	0.004
+ week	3	39.1617	13.0539	13.05	< .001
+ veghoogte	1	0.5487	0.5487	0.55	0.459
+ AvsBCvsDE	2	16.9619	8.4810	8.48	< .001
+ Lantaarn	1	4.4439	4.4439	4.44	0.035
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	0.2634	0.1317	0.13	0.877
Residual	1415	242.3631	0.1713		
Total	1429	320.7719	0.2245		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1

### Muis

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.05305	0.08780	0.14533	0.04279	0.07432	0.12910
1.000	0.01324	0.02473	0.04617	0.01079	0.02093	0.04059
2.000	0.01677	0.02995	0.05349	0.01363	0.02536	0.04718

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approax chi pr
+ locatie	5	8.1917	1.6383	1.49	0.188
+ week	3	12.3020	4.1007	3.74	0.011
+ veghoogte	1	0.5046	0.5046	0.46	0.498
+ AvsBCvsDE	2	17.4790	8.7395	7.97	< .001
+ Lantaarn	1	0.3356	0.3356	0.31	0.580
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	3.9933	1.9966	1.82	0.162
Residual	1415	337.7647	0.2387		
Total	1429	380.5708	0.2663		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.10

---

**Amfibie**

data voor grafieken

A_BC_DE	lower[0]	vpred[0]	upper[0]	lower[1]	vpred[1]	upper[1]
0.000	0.04034	0.07321	0.1329	0.02749	0.05219	0.09906
1.000	0.03675	0.06046	0.0995	0.02488	0.04310	0.07466
2.000	0.02314	0.04100	0.0726	0.01576	0.02922	0.05419

\*\*\* Accumulated analysis of deviance \*\*\*

Change	d.f.	deviance	mean deviance	deviance ratio	approax chi pr
+ locatie	5	66.5360	13.3072	11.36	< .001
+ week	3	39.3847	13.1282	11.20	< .001
+ veghoogte	1	0.3703	0.3703	0.32	0.574
+ AvsBCvsDE	2	3.3130	1.6565	1.41	0.243
+ Lantaarn	1	1.4027	1.4027	1.20	0.274
+ AvsBCvsDE.Lantaarn	2	9.1345	4.5672	3.90	0.020
Residual	1415	353.2289	0.2496		
Total	1429	473.3701	0.3313		

\* MESSAGE: ratios are based on dispersion parameter with value 1.17

---

## Bijlage 6: Ecologische gegevens van waargenomen zoogdieren

---

Dieren die 's nachts de verlichte dammen passeren hebben te maken met het lichtschijnsel van de lichtmast, maar zij zullen de werking daarvan niet allemaal op dezelfde manier ervaren. Dit heeft te maken met de ontwikkeling van bepaalde zintuigen en de verschillende levensstrategieën (bijvoorbeeld predator of herbivoor).

De reactie van zoogdieren op licht kan per seizoen verschillen.

Seizoensgebonden activiteiten, zoals voortplanting hebben invloed op de mate waarin dieren activiteiten vertonen. Voortplantingsrituelen bijvoorbeeld leiden tot een ander ruimtelijk gedrag in het leefgebied. Het uitzwerven van jongen kan het aantal passages van een soort doen toenemen.

Het aantal passages is ook afhankelijk van het aantal dieren dat in het onderzoeksgebied leeft. Hierover is voor 'De Regulieren' geen gedetailleerde informatie bekend. De homerange van de verschillende diersoorten en de wijze waarop zij zich door het terrein verplaatsen spelen hierbij natuurlijk ook een rol.

Om de resultaten van dit onderzoek beter te kunnen verklaren is voor de verschillende soorten kennis over de ecologie en het gebruik van zintuigen nodig. Van diersoorten waarvan sporen tijdens de uitvoeringsfase van dit onderzoek zijn waargenomen, staan in de navolgende paragrafen ecologische bijzonderheden die van belang zijn beschreven. Aandacht wordt besteed aan de ecologie, de levenswijze en het gebruik van zintuigen.

De bronnen voor de ecologische gegevens zijn Lange *et al.* 1994 en Reichholf *et al.* 1987, tenzij anders vermeld.

### **Bruine Rat**

Bruine Ratten leven langs dichtbegroeide oevers en in rietvelden in de buurt van water, maar ook in en nabij bebouwingen (boerderijen, woningen, enz). Ze zijn vooral 's nachts actief, met activiteitspieken in en direct na de avond- en ochtendschemering. Voor hun verplaatsingen in het onderzoeksgebied maken zij grotendeels gebruik van sloten. Dammen worden alleen gepasseerd als zij daar niet onderdoor kunnen.

De Bruine Rat heeft bijzonder gevoelige zintuigen. Hij is vooral afhankelijk van zijn gehoor en zijn reukzin, maar zijn smaak- en tastzin zijn ook bijzonder gevoelig.

Omdat zicht niet het belangrijkste zintuig is voor de Bruine Rat is het niet waarschijnlijk dat licht het ruimtelijk gedrag van het dier veel zal beïnvloeden. Hoewel de Bruine Rat bijziend is, zijn de ogen goed aangepast aan zijn leven als schemerdier. Vooral bewegingen worden goed opgemerkt. De ogen van de Bruine Rat bevatten waarschijnlijk in verhouding meer staafjes dan kegeltjes. Bruine Ratten zijn goede zwemmers en duikers en kunnen ook redelijk klimmen. Ze verplaatsen zich voornamelijk via sloten (Mitchell-Jones *et al.* 1999). Hun actieradius is meestal minder dan 100 meter. Bij schaarste aan voedsel verplaatsen ze zich vaak over grotere afstanden.

Voortplanting vindt gedurende het gehele jaar plaats, mits er voldoende voedsel aanwezig is. De draagtijd bedraagt 3 weken en de jongen worden ongeveer 3 weken gezoogd. In het najaar vindt er geregeld migratie plaats van vooral jonge dieren.



Ecologie van Bruine Rat

Bruine Rat		Jaarritme											
Activiteit	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Paring	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	X	X	
Geboorte jongen	X	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	X	
Uitzwerven jongen	X	X	X	X	X	X	X	X	XX	XX	XX	X	

Bruine Rat		Dagritme			
Activiteit	Ochtendschemer	Dag	Avondschemer	Nacht	
Foerageren	XX	X	XX	X	
Rusten		XX		X	

Bruine Rat		Overige kenmerken	
Voedsel		Omnivoor	
Homerange		Actieradius 100 meter	

### Muskusrat

De Muskusrat is voornamelijk actief in de namiddag en vroege avond, maar soms ook wel 's nachts en 's ochtends vroeg. In rustige gebieden en tijdens de trekperiode kunnen ze ook wel overdag waargenomen worden. Ze komen voor langs begroeide oevers met langzaam stromend water, zoals vijvers, plassen, sloten en kanalen. Zij begeven zich vrijwel allen over dammen als zij vanuit de lengterichting de dam naderend daar niet onderdoor kunnen. Muskusratten hebben een slecht ontwikkeld gehoor en een fijne reukzin. Over het gezichtvermogen van een Muskusrat is weinig bekend. Van april tot oktober kan de Muskusrat meerdere (2 à 3) keren per jaar 5-9 jongen werpen. De draagtijd is ongeveer 4 weken. De jongen worden 3 weken gezoogd. In de loop van de zomer wordt het aantal dieren in het leefgebied steeds groter, doordat de jongen tot aan de herfst in het ouderlijk territorium blijven rondhangen. In het voorjaar en najaar vindt migratie plaats van de jonge dieren. De volwassen mannetjes gaan overwegend in het voorjaar op zoek naar een nieuw territorium.

Ecologie van de Muskusrat

Muskusrat		Jaarritme											
Activiteit	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Paring			X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X			
Geboorte jongen				X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X		
Uitzwerven jongen			XX	XX				X	X	XX	XX		

Muskusrat		Dagritme			
Activiteit	Ochtendschemer	Dag	Avondschemer	Nacht	
Foerageren	X	X	XX		
Rusten		X		X	

Muskusrat		Overige kenmerken	
Voedsel		Herbivoor	
Homerange		1000-5000 m <sup>2</sup>	

---

## Egel

De meeste activiteiten van deze soort vinden plaats in de periode waarin ook het onderzoek is uitgevoerd.

Van oktober tot en met april/mei, als de temperatuur onder de 10° C blijft, houden Egels een winterslaap. Deze winterslaap wordt soms voor korte tijd onderbroken. Als de Egel uit zijn winterslaap ontwaakt in het voorjaar is zijn lichaamsgewicht sterk afgenomen. Egels eten en drinken dan veel om dit verlies in lichaamsgewicht weer aan te vullen. Ze lopen kilometers in het rond om te foerageren en de vetreserves weer op te bouwen. Een volwassen mannetje kan per nacht wel drie kilometer afleggen. Egels zwemmen bij hoge uitzondering en om in gebieden met sloten andere percelen te kunnen bereiken maken zij gebruik van oversteekplaatsen, waaronder dammen.

De Egel komt voor in een grote verscheidenheid van biotopen. Hij vertoont een sterke voorkeur voor een biotoop met ruime schuilmogelijkheden in de vorm van lage begroeiing en een niet te drassige bodem. De Egel komt ook voor dicht bij bebouwing en vindt vaak ook een geschikt habitat in stedelijk gebied waar groenstroken aanwezig zijn. Belangrijke habitats zijn onder andere tuinen, bosranden, houtwallen, struweel en loofbos.

Egels zijn voornamelijk actief in de schemering en 's nachts. Overdag trekken ze zich terug in hun schuilplaats.

Egels kunnen waarschijnlijk goed genoeg zien om in het maanlicht vormen en bewegende objecten te onderscheiden. Hun retina bevat alleen staafjes en ze missen de kegeltjes die nodig zijn voor volledig kleuren zien (Bridges & Quilliam 1973). Toch kunnen Egels onderscheid maken tussen bepaalde kleuren. Mogelijk hebben sommige staafjes kegelachtige eigenschappen (Herter 1965), die ervoor zorgen dat Egels in goed licht de mogelijkheid hebben om verschillende kleuren van elkaar te onderscheiden.

Omdat Egels nachtdieren zijn en dicht bij de grond leven is een goed gezichtsvermogen niet van groot belang. Door de vegetatie is het toch al moeilijk om op grote afstand te zien. Ze hebben daarom ook niet de grote ogen die andere nachtdieren hebben.

Gezichtsvermogen en tastzin zijn belangrijk voor Egels, maar hoogstwaarschijnlijk zijn reuk en gehoor de dominante zintuigen. Omdat de Egel onder andere insecten op zijn menu heeft staan kan het dier mogelijk worden aangetrokken door een verlichte omgeving. Het is namelijk bekend dat verschillende insecten sterk door licht worden aangetrokken (Böttcher 2001; De Molenaar *et al.* 1997; Verheijen 1958). Een hogere prooidichtheid kan de Egel, net als vleermuizen ertoe brengen het licht op te zoeken waardoor in een verlichte omgeving meer passages zullen worden geteld.

De Egel speurt zijn woongebied 's nachts af op zoek naar voedsel. Het voedsel van de Egel bestaat uit ongewervelde dieren zoals kevers, rupsen, regenwormen en slakken en ook amfibieën en kleine zoogdieren. Verder worden eieren en reptielen, zoals slangen en hagedissen gegeten.

De voortplantingstijd begint direct na de winterslaap en duurt tot in juli/september. De piek van de paartijd valt in juni en augustus. Voornamelijk mannelijke Egels leggen dan grote afstanden af. In deze periode vallen ook de meeste verkeersslachtoffers (Huijser 2000). De draagtijd is ongeveer 31 tot 35 dagen. Meestal is er één worp van 2 tot maximaal 10 jongen (gemiddeld 5 jongen). De moeder zoogt de jongen totdat ze zes weken oud zijn.

Ecologie van de Egel		Egel											
		Jaarritme											
Activiteit	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Paring					X	XX	XX	XX	X				
Geboorte jongen						X	X	X	X	X			
Uitzwerven jongen							X	X	X	X	X		
Activiteit	Dagritme												
	Ochtendschemer			Dag	Avondschemer			Nacht					
Foerageren		X						X				X	
Rusten					X								
		Overige kenmerken											
Voedsel	Insectivoor (eet vooral regenwormen en slakken)												
Homerange	Mannetjes 20-40 ha, vrouwtjes 10-20 ha												

### Haas

Voorals kleinschalig agrarisch landschap met verschillende gewassen en veel schuil- en rustplaatsen zoals bosranden, windkeringen, ruigtezomen en heggen zijn ideale biotopen voor Hazen. Ook komt de Haas in grote open terreinen voor zoals graslanden. Meestal verplaatsen Hazen zich niet meer dan 500 meter en migraties van meer dan 1 km zijn uitzonderlijk (Broekhuizen 1982). In open gebieden met sloten springen Hazen daar overheen. Brede wateren steken zij alleen bij gevaar over. In halfopen gebieden maken zij gebruik van dammen en andere oversteekplaatsen om zo weer een ander open gebied te bereiken.

Ecologie van de Haas		Haas											
		Jaarritme											
Activiteit	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Paring	X	X	XX	XX	X	X	X	X				X	
Geboorte jongen		X	X	X	X	X	X	X					
Uitzwerven jongen			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Activiteit	Dagritme												
	Ochtendschemer			Dag	Avondschemer			Nacht					
Foerageren					(X)			XX				XX	
Rusten					X								
		Overige kenmerken											
Voedsel	Herbivoor												
Homerange	26 ha tot 38 ha (mogelijk tot 300 ha in Nederland en Engeland)												

De Haas is het meest actief tijdens de ochtend- en avondschemering, maar gedurende het gehele etmaal zijn er actieve Hazen waar te nemen (Schinkelshoek 1990). Dit patroon verandert met de seizoenen. In de winter zijn Hazen meestal 's nachts actief, maar in de zomer worden ze dat ook overdag (Holley 2001).

De ogen van de Haas staan aan de zijkant van zijn kop. Hiermee is het dier in staat een zeer wijd gebied waar te nemen (ongeveer een gezichtsveld van 360 graden).

Verreweg het grootste deel van de dagelijkse activiteit bestaat uit foerageren. In de voortplantingsperiode (december tot augustus) leveren de mannetjes gevechten om de bronstige vrouwtjes. Tussen februari en oktober zijn er na een draagtijd van 41 tot 44 dagen ongeveer 3 worpen. Een worp bestaat ongeveer

uit 1 tot 5 jongen, de grootste worpen vinden plaats in april - mei. Jonge haasjes worden nog ongeveer 30 dagen gezoogd.

### Ree

Reeën hebben een voorkeur voor parklandschap: bebost gebied, afgewisseld met akkers en weilanden. Boszomen zijn favoriet, omdat ze hier over zowel voedsel (weiland, kruidenzomen) als vluchtmogelijkheden (de dekking van het bos) beschikken. De belangrijkste momenten van voedselopname zijn normaal de avondschemering en de vroege ochtend.

Eind maart, begin april beginnen vooral de oude bokken een grondgebied af te bakenen. In de maanden april en mei worden dagelijks inspectietochten door het territorium gemaakt. In de maand juni wordt dit gedrag minder waargenomen, maar omstreeks half juli, begin augustus is het met al zijn hevigheid weer aanwezig.

Tijdens de bronst worden de geiten intensief gevolgd en gedreven door de bokken. De kalfjes worden in het volgend voorjaar, meestal in mei, geboren. Er worden dan 1 of 2 jongen geworpen. De zoogtijd bedraagt 3 maanden, maar de jongen blijven bij hun moeder tot de volgende lente.

Reeën zijn in het voorjaar en in de zomer in het algemeen zeer gevoelig voor verstoring.

Bij het Ree is de reuk het belangrijkste zintuig. Het gehoor en zicht stellen het Ree wel in staat om een verstoring waar te nemen, maar precieze informatie over een verstoring verkrijgt het door te ruiken (Danilkin 1996).

.....  
Ecologie van het Ree

Ree		Jaarritme											
Activiteit		Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Paring								X	X				
Geboorte jongen						X	X						
Uitzwerpen jongen				X	X								
Activiteit		Dagritme											
		Ochtendschemer			Dag	Avondschemer			Nacht				
Foerageren		XX				XX			X				
Rusten					X								
		Overige kenmerken											
Voedsel		Herbivoor											
Homerange		Tot enkele honderden ha afhankelijk van het jaargetijde en populatiedichtheid											

### Predatoren: algemeen

Sommige predatoren jagen met behulp van hun reuk, andere zijn afhankelijk van hun gezichtsvermogen en voor weer anderen is een goed gehoor het belangrijkste. Veel carnivoren hebben ogen die aangepast zijn om te functioneren bij dag en bij nacht (Ewer 1973). Bij de meeste carnivoren is in het oog achter de lichtgevoelige cellen in de retina een reflecterende laag, het *tapetum lucidum*, aanwezig.

Van de vastgestelde roofdieren in 'De Regulieren' zijn de Vos en de Bunzing

voornamelijk in het donker of de schemering actief. De Wezel en de Hermelijn zijn echter gedurende het hele etmaal actief (King 1989; Lange *et al.* 1994).

### Bunzing

De Bunzing stelt weinig specifieke eisen aan zijn biotoop. Mits er genoeg dekkingsmogelijkheden zijn zoals houtwallen, greppels, akker- en boszomen komt dit dier in een breed scala aan landschappen voor. Voor zijn verplaatsingen over sloten maakt hij evenals Vos, Hermelijn en Wezel gaar gebruik van planken, dammen en ander oversteekmogelijkheden. De Bunzing heeft een voorkeur voor waterrijke gebieden. Dichte bossen worden gemeden.

De Bunzing is voornamelijk in de schemering en 's nachts actief. De perioden van de grootste activiteit liggen tussen 21 en 23 uur en tussen 2 en 5 uur. In de periode juni en september wordt de Bunzing soms ook overdag gezien. De ogen van de Bunzing hebben een hoge gevoeligheid voor licht, het onderscheidend vermogen is laag (Ewer 1973). Dit betekent dat de ogen in verhouding meer staafjes dan kegeltjes bevatten.

Ecologie van de Bunzing

Bunzing		Jaarritme											
Activiteit	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Paring			X	X									
Geboorte jongen			X	X	X								
Uitzwerven jongen								X	X	X	X		

Activiteit		Dagritme			
	Ochtendschemer	Dag	Avondschemer	Nacht	
Foerageren	X		X		
Rusten		X			

Overige kenmerken	
Voedsel	Carnivoor
Homerange	8-1000 ha, variabel over seizoenen en jaren.

Waarschijnlijk lokaliseert de Bunzing zijn prooi in eerste instantie voornamelijk op geur en geluid. Als er een effect van licht is op het ruimtelijk gedrag van de Bunzing zou dit mogelijk een aantrekkend effect zijn. Kikkers en padden staan op het menu van de Bunzing en bij verschillende onderzoeken is aangetoond dat deze dieren door licht aangetrokken worden (De Molenaar *et al.* 1997).

De ranstijd valt in maart en april. Het mannetje onderneemt dan lange tochten op zoek naar een vrouwtje. De draagtijd duurt ongeveer 7 weken en per jaar is er maar één worp. Hierbij worden gemiddeld 4 tot 6 jongen geboren. Na 3 maanden (ongeveer in augustus) gaan de jongen op zoek naar een eigen leefgebied. Vaak blijven de vrouwtjes in het gebied van hun moeder terwijl de mannetjes verder weg trekken.

## Hermelijn

De Hermelijn komt voor in een breed scala aan landschappen, van bebost terrein en houtwallen tot aan polders. Ook in vochtige terreinen, zoals slootkanten, rietvelden en broekbossen, maar minder in korenvelden en uitgestrekte bossen. Hij leeft in gebieden waar veel knaagdieren (voedsel) aanwezig zijn.

Een Hermelijn moet de hele dag jagen om te kunnen voorzien in zijn energiebehoefte (King 1989; Reichholf *et al.* 1987). Zijn ogen zijn dan ook aangepast aan zowel het dag- als nachtleven. De retina's van zijn ogen bevatten zowel staafjes als kegeltjes. De pupil kan zich verticaal vernauwen om zo verblinding te voorkomen. Voor het jagen in holen zijn gehoor en geur belangrijk om een prooi te vinden, maar ook goed zicht is nodig om een prooi goed te kunnen vangen en doden (King 1989).

De paring vindt plaats in de zomer (maart tot juni), maar de jongen worden pas in het daaropvolgende voorjaar (april/mei) geboren. Er zijn 6-7 jongen per worp en er is 1 worp per jaar. Na 3-4 maanden zijn de jongen zelfstandig.

Ecologie van de Hermelijn

Activiteit	Jaarritme											
	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Paring			X	XX	XX	X						
Geboorte jongen				XX	XX							
Uitzwerven jongen						X	X	X	X			

Activiteit	Dagritme			
	Ochtendschemer	Dag	Avondschemer	Nacht
Foerageren	X		X	
Rusten				X

Voedsel	Overige kenmerken	
	Homerange	
		Carnivoor 4-50 ha

## Wezel

Wezels komen overal voor, zoals in bossen, moerassen, duinen en wei- en akkerland. Ook wel in de buurt van behuizing. De Wezel houdt zich meestal in iets drogere gebieden op dan de Hermelijn.

De Wezel jaagt de hele dag. Hij kan zowel in het donker als in het licht goed zien. De retina's van hun ogen bevatten zowel staafjes als kegeltjes. De pupil kan zich verticaal vernauwen om zo verblinding te voorkomen. Voor het jagen in holen zijn gehoor en geur belangrijk om een prooi te vinden, maar ook goed zicht is nodig om een prooi goed te kunnen vangen (King 1989).

Paringen kunnen het hele jaar door plaatsvinden, maar de piek valt in de periode van februari tot april. De draagtijd is 35-37 dagen en de meeste geboortes vinden in mei plaats. Een worp bestaat uit 4-6 jongen en er kunnen, bij voldoende voedselaanbod, twee worpen per jaar zijn. Zelfs in de wintermaanden kunnen er jongen geboren worden. De jongen zijn na twee tot drie maanden zelfstandig.

.....  
Ecologie van de Wezel

		Jaarritme											
Activiteit	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Paring	X	XX	XX	XX	X	X	X	X	X	X	X	X	
Geboorte jongen	X	X	X	X	XX	X	X	X	X	X	X	X	
Uitzwerven jongen	X	X	X	X	X	X	XX	XX	X	X	X	X	

		Dagritme			
Activiteit	Ochtendschemer	Dag	Avondschemer	Nacht	
Foerageren	X	X	X	X	
Rusten					

		Overige kenmerken	
Voedsel	Carnivoor		
Homerange	Mannetjes 1-25 ha, vrouwtjes 1-7 ha		

### Vos

De Vos komt in veel verschillende terreinen voor. Het is belangrijk dat er in het gebied een hol gegraven kan worden en uiteraard dat er voldoende voedsel te vinden is. Ook moet er voldoende dekking in het gebied zijn in de vorm van houtwallen, struwelen en hoge vegetatie (ook maïsakkers). Daarnaast houdt de Vos zich op in stedelijk gebied en in de buurt van dorpen, rond vuilnisbelten en campings.

In de winter gaat de Vos pas bij het vallen van de nacht naar buiten om pas bij dageraad, of nog later, terug te keren. Tijdens de paartijd en in de zomer en het voorjaar is er veel variatie in het tijdstip waarop de Vos buiten het hol actief is. De pupil van de Vos is rond bij weinig licht en versmalt tot een verticale streep bij helder licht. Op deze manier controleert de Vos de hoeveelheid licht dat het oog inkomt. De retina van de Vos bevat zowel kegeltjes als staafjes, waarschijnlijk meer van de laatste. Overdag kan de Vos goed zien op korte afstand, tijdens het voortbewegen kan hij de omgeving goed inschatten. Zijn gezichtsvermogen overdag is eerder gericht op het detecteren van beweging, dan het herkennen van vormen. 's Nachts kan de Vos goed zien, maar is juist het waarnemen van beweging minder. Reuk en gehoor spelen dan ook een grote rol (Lloyd 1980).

.....  
Ecologie van de Vos

		Jaarritme											
Activiteit	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	
Paring	X	X										X	
Geboorte jongen		X	XX	X									
Uitzwerven jongen									X	X			

		Dagritme			
Activiteit	Ochtendschemer	Dag	Avondschemer	Nacht	
Foerageren	XX	X	XX	XX	
Rusten		X			

		Overige kenmerken	
Voedsel	Carnivoor		
Homerange	100-400 ha		

---

De paring vindt in januari of februari plaats. De draagtijd bedraagt 52 tot 55 dagen. Er vindt één worp per jaar plaats. Afhankelijk van het voedselaanbod en de dichtheid aan vossen, worden 3 tot 8 en bij uitzondering tot zelfs 11 jongen geboren. In september-oktober zijn de jongen geheel zelfstandig. Jonge mannetjes trekken in hun eerste herfst en winter vaak tientallen kilometers weg op zoek naar een nieuw territorium. Afhankelijk van het voedselaanbod blijven soms wel 2 tot 6 vrouwtjes in hun geboortegebied. Andere vrouwtjes trekken weg uit hun geboortegebied maar vaak niet zo ver als de mannetjes.