

Factoren die een rol spelen bij aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (programma BO-02-013-Actief Soortenbeleid) en van de Vereniging Natuurmonumenten te 's-Graveland.

**Factoren die een rol spelen bij aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe**

G.W.T.A. Groot Bruinderink<sup>1</sup>, D.R. Lammertsma<sup>1</sup>, P.W. Goedhart<sup>2</sup>, W.G. Buist<sup>2</sup>, R.M.A. Wegman<sup>1</sup> & G.J. Spek<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alterra, Wageningen University and Research Centre, P.O. Box 47, NL-6700 AA Wageningen

<sup>2</sup> Biometris, Wageningen University and Research Centre, P.O. Box 100, NL-6700 AC Wageningen

<sup>3</sup> Spek Fauna-Advies, Elburgerweg 146, NL-8171 RJ, Vaassen

## REFERAAT

G.W.T.A. Groot Bruinderink, D.R. Lammertsma, P.W. Goedhart, W.G. Buist, R.M.A. Wegman & G.J. Spek 2009. Factoren die een rol spelen bij aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe. Alterra rapport. 46 pag.; 13 fig.; 8 tab; 70 ref.

De trend van de aantallen wilde hoefdieren op de Veluwe is de laatste jaren positief voor edelhert en wild zwijn en stabiel voor ree. Het aantal aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe neemt toe, het duidelijkst met ree en wild zwijn. Om onderzoek te doen naar factoren die een rol spelen bij deze aanrijdingen, werd de dataset van de Vereniging Wildbeheer Veluwe geanalyseerd. Het blijkt dat de aanrijdingen een weerspiegeling zijn van de dichtheid aan hoefdieren, hun seizoen- en dagritmen en de daarmee samenhangende voedseltochten. Het geslacht en de leeftijd van de dieren kunnen daarbij een rol spelen, maar ook het aanbod aan mast. Ook hangt het risico van een aanrijding samen met de aanwezigheid van het habitatype 'bos' in de nabijheid van de weg, met de breedte van de weg en met het verkeersvolume. Een verband met de verkeerssnelheid en de jachtdruk kon niet worden aangetoond. In het slothoofdstuk worden aanbevelingen voor het beheer gedaan.

Trefwoorden: Veluwe, aanrijdingen, wild zwijn, edelhert, ree

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice).

© 2009 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## **Inhoud**

1	Samenvatting.....	7
2	Inleiding.....	9
3	Materiaal en methoden.....	12
4	Resultaten.....	19
4.1	Aantallen	19
4.2	Tijdspatronen	20
4.3	Modelleren van aanrijdingen	28
5	Bespreking van de resultaten.....	31
6	Aanbevelingen.....	36
7	Dankwoord.....	39



## 1 Samenvatting

De wilde hoefdieren op de Veluwe worden elk jaar geteld onder auspiciën van de Vereniging Wildbeheer Veluwe. Deze vereniging voert tevens de administratie van het afschot van en de aanrijdingen met wilde hoefdieren. De precisie van de telling is onbekend, maar ze levert wel een betrouwbare trend op, omdat ieder jaar op dezelfde wijze en veelal door dezelfde deskundigen wordt geteld. Die trend is de laatste jaren positief voor edelhert en wild zwijn en stabiel voor ree. Vanaf ongeveer 1992 neemt het aantal aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe toe, het duidelijkst met reeën en wilde zwijnen. Deze studie is gericht op de vraag welke factoren een rol spelen bij deze aanrijdingen. Daarbij werd gebruik gemaakt van de dataset van aanrijdingen van de Vereniging Wildbeheer Veluwe over de periode 1979-2008.

De aanrijdingen weerspiegelen de dichtheid aan hoefdieren, hun seizoen- en dagritmen en de daarmee samenhangende trekbewegingen. Het geslacht en de leeftijd van de dieren kunnen daarbij een rol spelen. Trekbewegingen in de vorm van voedseltochten worden op de Veluwe o.a. bepaald door het aanbod aan mast en, in het geval van wilde zwijnen, het voedselaanbod in wegbermen. Ook hangt het risico van een aanrijding samen met de aanwezigheid van het habitatype 'bos' in de nabijheid van de weg, de breedte van de weg en het verkeersvolume. Vanwege de geringe variatie in de gemeten gemiddelde snelheid kon een relatie tussen aanrijdingen en verkeerssnelheid niet worden aangetoond. Een relatief hoge jachtdruk op doordeweekse dagen in vergelijking met weekend dagen en op zaterdag in vergelijking met zondag, wordt niet weerspiegeld in het aantal aanrijdingen. Ook vallen pieken en dalen in de maandelijkse jachtdruk niet samen met de pieken en dalen in het maandelijks aantal aanrijdingen.

Gelet op de aangetoonde relatie tussen het aantal aanrijdingen en de dichtheid van de wilde hoefdieren, dient wellicht het beleidsdoel van grotere aantallen edelherten en damherten te worden heroverwogen. Ook is onderzoek op zijn plaats naar het effect van het afschot op de dichtheid van de hoefdiersoorten. Modelleren van de populatiedynamiek van wilde hoefdieren vormt hiervan een onderdeel. Ten grondslag hieraan en aan de voorgestelde experimenten ligt een gedegen analyse van afschot- en telstatistieken over de afgelopen 20 jaar. Daarnaast dient onderzoek plaats te vinden naar het effect van jachtactiviteiten op bewegingen van wilde hoefdieren en naar de mogelijkheid om de nauwkeurigheid van de inventarisaties te vergroten.

De gevonden resultaten rechtvaardigen de uitvoering van experimenten als:

- een verlaging van het nachtelijk verkeersvolume;
- het terugbrengen van de verkeerssnelheid in de nachtelijke uren;

- aandacht bij het afschot voor dichtheid, leeftijd en geslacht;
- beïnvloeding van het oversteekgedrag door habitatmanipulatie (wegbreedte, habitatype 'bos');
- het ontwikkelen van een waarschuwingssysteem voor de periode september - december van een slecht mastjaar.

Aanbevolen wordt om het op de Veluwe ontwikkelde systeem voor de registratie van aanrijdingen met wilde hoefdieren uit te rollen over Faunabeheereenheden elders in Nederland. Op die manier ontstaan naar verloop van tijd ook datasets voor minder bosrijke gebieden die geschikt zijn voor statistische analyse.



## 2 Inleiding

Overall in Europa, Japan en Noord Amerika werden in de afgelopen eeuw de eertijds wijd verspreide populaties wilde hoefdieren teruggedrongen tot subpopulaties op laatste bolwerken, veelal van elkaar gescheiden door een netwerk aan wegen en andere infrastructuur (Putman & Moore 1998; Groot Bruinderink *et al.* 2003). Het is bekend dat wegen negatieve effecten kunnen hebben op ecosystemen. Belangrijke algemene effecten die voortkomen uit de interacties tussen het ruimtegebruik van de mens en het wilde hoefdier zijn verkeersslachtoffers onder de dieren en verandering van hun gedrag (Trombulak & Frissell 2000; Michael 2004; Farrell & Tappe 2007).

Ofschoon voor de meeste populaties wilde hoefdieren geldt dat sterfte als gevolg van aanrijdingen een gering onderdeel vormt van de totale jaarlijkse sterfte, vormen de aanrijdingen met een wild hoefdier een ernstige en toenemende bedreiging voor de verkeersveiligheid en het dierenwelzijn (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996; Sullivan & Messmer 2003; Geisser & Reyer 2005). De complexiteit en variabiliteit van het probleem, de factoren die er een rol bij spelen en de mogelijke oplossingen of mitigerende maatregelen vergen lange termijn en grootschalige evaluatieprojecten. In veel landen worden de statistieken niet of slecht bijgehouden (Romin & Bisonette 1996; Sullivan & Messmer 2003). Literatuurstudies door Groot Bruinderink & Hazebroek (1996) en Knapp (2004) tonen aan dat bij een aanrijding in alle gevallen dierlijke, menselijke en omgevingsfactoren een rol spelen.

### *Het dierlijk aspect*

De aanrijdingen met wilde hoefdieren zijn een afspiegeling van de ruimtelijke en tijdelijke patronen in hun verspreiding en activiteit (Mallick *et al.* 1998; Myrnerud 2004; Seiler 2005). De meeste ongelukken gebeuren in de ochtend- en avondschemering of in de nachtelijke uren met piekwaarden bij zonsopkomst en enkele uren na zonsondergang. Dit bimodale patroon mag worden toegeschreven aan activiteitspatronen van wilde hoefdieren. Op jaarbasis wordt veelal een piekwaarde geconstateerd tijdens het voortplantingsseizoen en op het moment waarop jonge dieren dispergeren (Allen & McCullough 1976; Groot Bruinderink & Hazebroek 1996; Staines *et al.* 2001; Madsen *et al.* 2002; Dodd *et al.* 2005).

### *Het menselijk aspect*

Hoge snelheid is een van de belangrijkste factoren bij aanrijdingen (Pojar *et al.* 1975; Case 1978; Hartwig 1993; Groot Bruinderink & Hazebroek 1996a). Daarmee hangt samen de constatering dat er per eenheid van afstand in het algemeen meer aanrijdingen gebeuren op snelwegen dan op provinciale en lokale wegen (Staines *et al.* 2001; Hubbard *et al.* 2000; Langevelde & Jaarsma 2004; Seiler 2005; Farrell & Tappe 2007). Het is bekend dat hoefdieren de oversteek van een weg kunnen vermijden gedurende perioden met het grootste

verkeersvolume (> 100 voertuigen/h; Dodd *et al.* 2005; Gagnon *et al.* 2007). Een beperking van het verkeersvolume kan dan ook leiden tot minder aanrijdingen (Cole *et al.* 1997; Finder *et al.* 1999). Reeën *Capreolus capreolus* kunnen wegen met een relatief laag verkeersvolume (30 voertuigen/h) zelfs geheel opnemen in hun home range, terwijl wegen met een groter verkeersvolume (500 voertuigen/h) kunnen functioneren als grens van hun activiteitsgebied (Burnand *et al.* 1986).

#### *Het omgevingsaspect*

Aanrijdingen zijn niet random gelokaliseerd, maar het type en de structuur van het habitat kunnen een belangrijke rol kunnen spelen als het gaat om de plaats van een aanrijding. Een grotere openheid van het landschap vergroot de wederzijdse zichtbaarheid van voertuig en hoefdier en kan daarmee de kans op een aanrijding verkleinen (Jaren *et al.* 1991; Waring *et al.* 1991; Malo *et al.* 2004; Seiler 2005; Dodd *et al.* 2005; Farrell & Tappe 2007). Bij wapiti *Cervus elaphus canadensis*, witstaarthert *Odocoileus virginianus* en eland *Alces alces*, vergroot de nabijheid van bos (dekking, beschutting), weiland (voedsel) en rivierbeddingen (trekbewegingen) bij wegen het risico van een aanrijding (Carbough *et al.* 1975; Finder *et al.* 1999; Hubbard *et al.* 2000; Malo *et al.* 2004; Seiler 2005; Dodd *et al.* 2005; Farrell & Tappe 2007). Ook een grotere landschapsdiversiteit kan betekenen dat een bepaald segment van een weg een groter risico inhoudt van een aanrijding (Finder *et al.* 1999; Malo *et al.* 2004).

Ook de schaal waarop naar dit probleem wordt gekeken speelt een belangrijke rol. Regionaal kunnen verschillen in het aantal aanrijdingen een sterk verband vertonen met de dichtheid van de wilde hoefdieren en het verkeersvolume. Lokaal worden karakteristieken als voorkeurshabitat, dichtheid van het wegennet, beperking van de snelheid en de aanwezigheid van mitigerende maatregelen belangrijker (Seiler 2004). Dat verklaart dat een lokaal verhoogd afschot niet automatisch leidt tot minder aanrijdingen op een groter schaalniveau (Baker *et al.* 2004).

Wat we hieruit opmaken is dat de factoren die mogelijk een rol spelen bij een aanrijding met een wild hoefdier zijn:

- ruimtelijke schaal en tijdschaal;
- soort, geslacht, leeftijd, populatieomvang en dichtheid
- de aanwezigheid van specifiek habitat
- de beschikbaarheid van voedsel zoals mast van beuk en eik
- het verkeersvolume, de verkeerssnelheid en de breedte van de weg

In een eerdere publicatie presenteerden we de voorlopige resultaten van de analyse van aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996). De daartoe gebruikte gegevens werden verzameld door de Vereniging Wildbeheer Veluwe en betroffen de periode 1979-1995. Op dit moment kunnen we beschikken over de gegevens van 1979-2008, dankzij de samenwerking met de Vereniging Wildbeheer Veluwe en de Stichting

Groennetwerk, die vanaf 2005 in het kader van de afhandelingen van de aanrijdingen deze digitaal registreren.

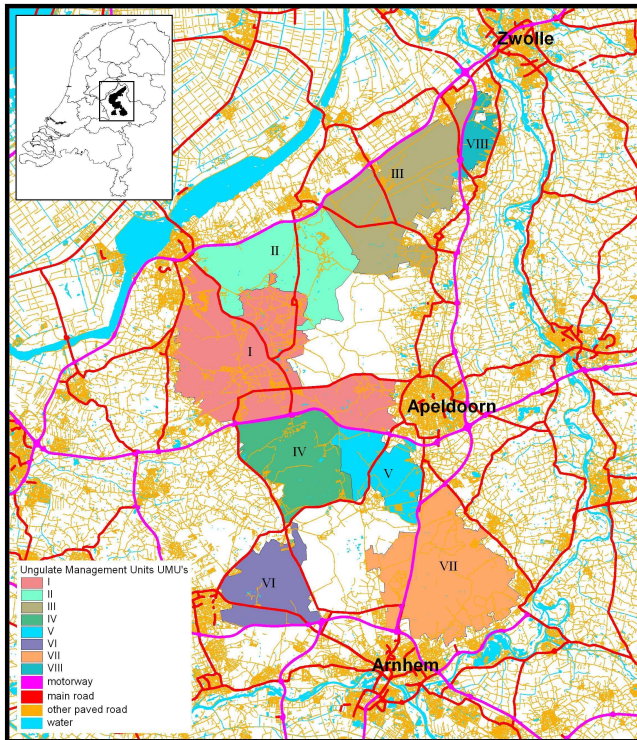
### 3 Materiaal en methoden

#### Gegevens over aanrijdingen

Van elke aanrijding vanaf 1979 (N=11000) zijn geregistreerd de datum, het tijdstip, de hoefdiersoort, het geslacht en de leeftijd. Deze dataset gebruiken we om een beeld te krijgen van jaar, maand en etmaalpatronen in de aanrijdingen. Vanaf 1992 (N = 3651) is ook de locatie nauwkeurig aangeduid, in de vorm van de dichtstbijzijnde hectometerpaal (hmp) en/of met opgave van de XY-coördinaten verkregen met behulp van GPS. Vanaf dat moment ontstaat de mogelijkheid van statistische analyse van de effecten van omgevingsfactoren als populatiedichtheid, hoeveelheid bos, breedte van de weg etc.

#### Het onderzoeksgebied

'De Veluwe' (52o00'-52o30'N, 5o20'-6o10'W) bestaat uit 90,000 ha bos, heide en zandverstuivingen (Fig.1). Het gebied wordt gekarakteriseerd door dekzand- en beekafzettingen uit het Laatglaciaal, plaatselijke lössafzettingen en een morfologie gevormd tijdens de laatste ijstijd, een glaciaal landschap, met verheffingen tot 105 m boven de zeespiegel. De meeste bodems zijn podsolen. De gemiddelde neerslag bedraagt 800 mm, de gemiddelde verdamping 370 mm en de gemiddelde januari en juli temperatuur 1 en 17 °C. Meer dan 60% van het bos bestaat uit eerste of tweede generatie grove den *Pinus sylvestris*. Het overige deel bestaat uit ander naaldbos en beuk *Fagus sylvatica* en eik *Quercus rubra*, *Q. petraea* en *Q. robur*, zo nu en dan gemengd met grove den. Algemene plantensoorten zijn struikheide *Calluna vulgaris* en dopheide *Erica tetralix* en pijpenstrootje *Molinia caerulea*. In de ondergroei van de bossen zijn de meest algemene soorten blauwe bosbes *Vaccinium myrtillus*, rode bosbes *Vaccinium vitis-idaea*, en bochtige smele *Deschampsia flexuosa*. Lokaal komen in de ondergroei pijpenstrootje en adelaarsvaren *Pteridium aquilinum* voor. Breedbladige grassoorten als *Poa*, *Holcus*, *Lolium*, en *Agrostis* spp., zijn voor het leeuwendeel beperkt tot de berm van wegen en paden, wildweiden en voormalige landbouwgronden.



*Figuur 1. De Veluwe. Ingetekend zijn de leefgebieden I-VIII voor het edelhert*

### Het dierlijk aspect

De Veluwe is het enige gebied in Nederland waar wild zwijn, edelhert, damhert en ree naast elkaar voorkomen. De Vereniging Wildbeheer Veluwe organiseert ieder jaar een telling van de wilde zwijnen eind mei-begin juni en de edelherten in maart-april. In elk leefgebied (Fig. 1) worden de edelherten tijdens twee opeenvolgende avonden geteld. Groepjes tellers bestrijken delen van het gebied zowel vanaf een hoogzit of andere schuilplaats (veelal bij een wildweide) als vanuit een auto. Bij de wilde zwijnen gaat het iets anders. Die worden vanaf drie weken voor de eerste telling met maïs naar bepaalde plekken gelokt waar ze worden geteld op twee avonden. Reeën worden ‘op jachtveld niveau’ geïnventariseerd door betrokken jachthouders, jachtopzichters, terreinbeheerders e.d., vanwege hun territoriaal gedrag en kleine home range maar ook vanwege de geringe zichtbaarheid in het boslandschap. Bij wild zwijn en edelhert wordt het aantal dieren aangevuld met dieren die wel bekend zijn maar niet gezien en veronderstelde dubbeltellingen worden geschrap. Op die manier ontstaat een beeld van de stand. Op basis van de verwachte aanwas wordt daaruit de zomerstand berekend en daarmee het afschot dat nodig is om weer op een gewenste voorjaarsstand uit te komen, zoals die is afgesproken in het Faunabeheerplan.

Wellicht met uitzondering van het ree nemen de aantallen hoefdieren geleidelijk toe vanaf 1993. De telling levert ook gegevens over de leeftijd en geslachtsstructuur van de populaties. Wij gebruikten de telling voor de berekening

van de dichtheid (N/100ha) per hoefdiersoort per leefgebied per jaar. Door combinatie van het telresultaat met de afschotregistratie en door een ‘mastafhankelijke’ correctie voor het moment waarop en het aantal waarin de biggen worden geboren, berekenden wij een dichtheid die naar ons idee meer overeenkwam met de werkelijkheid. Deze ‘gemodelleerde dichtheid’ gaf hetzelfde resultaat als de onbewerkte dichtheid op basis van de telling. Vandaar onze keuze om met het telresultaat te werken.

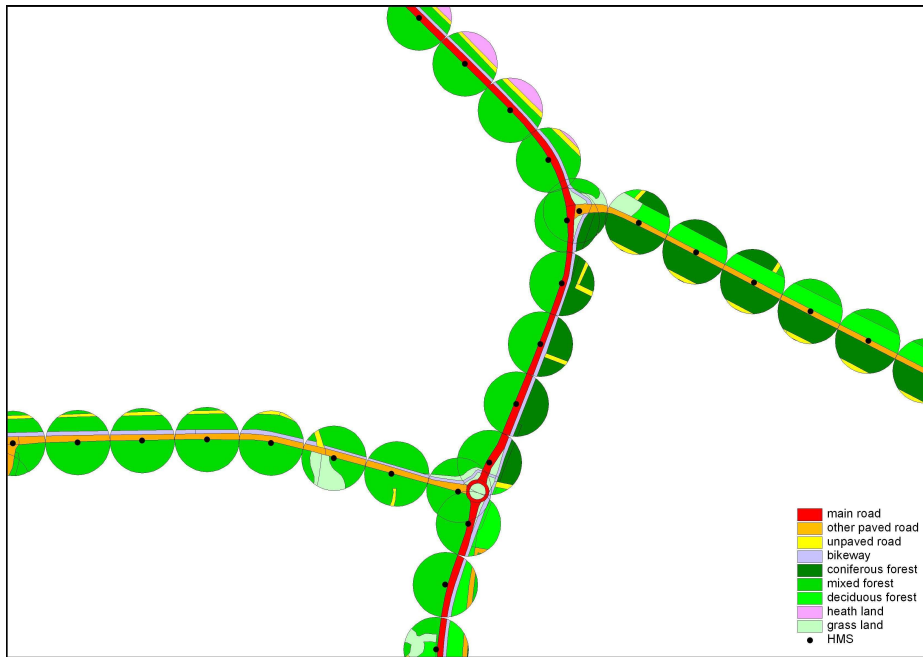
#### Het omgevingsaspect

We kregen GIS data van de hmp’s op alle Veluwe wegen van Rijkswaterstaat en de provincie Gelderland. We gebruikten een GIS (ArcView; TOP10-vector 1:10.000) om de oppervlakte percentages te berekenen van de omgevingsvariabelen binnen een straal van 50m rond iedere hmp (Tabel 1; Fig. 2). Vijftig meter is per definitie de maximale straal van een cirkel tussen twee hmp’s zonder overlap. Bij gebruik van een grotere schaal neemt het onderzoek steeds meer de vorm aan van een studie naar habitatgebruik i.p.v. een studie gericht op eigenschappen van de oversteekplaats.

Tabel 1. Originele tien en gebundelde vijf omgevingsvariabelen ontleend aan de TOP10-vector kaart

Nr	Omgevingsvariabele	Categorie
1	Naaldbos	Bos [1]
2	Loofbos	Bos [1]
3	Gemengd bos	Bos [1]
4	Heide/zandverstuiving	Heide [2]
5	Agrarisch akkerbouw	Agrarisch [3]
6	Agrarisch weidebouw	Agrarisch [3]
7	Bebouwd gebied/ander gebruik	Bebouwd gebied [4]
8	Verharde weg 2-4m	Weg [5]
9	Verharde weg 4-7m	Weg [5]
10	Verharde weg > 7m	Weg [5]

De 10 oppervlaktes zijn uitgedrukt als percentage van de totale oppervlakte in de cirkel en vervolgens logistisch getransformeerd met de formule  $\text{Ln}((z+1)/(101-z))$  met z het oppervlaktepercentage en Ln de natuurlijke logaritme. Hiermee wordt in principe het bereik van de oppervlaktes onbegrensd en worden uitschieters vermeden. Behalve deze omgevingsvariabelen werden aan iedere hmp tevens de met de weg corresponderende eigenschappen ‘gemiddeld verkeersvolume’ en ‘gemiddelde gemeten verkeerssnelheid’ toegekend.



*Figuur 2. Hectometerpaaltjes met 50m buffer en topografie (omgevingsvariabelen)*

#### *De beschikbaarheid van mast*

Mast van eik en beuk bepaalt in belangrijke mate de menusamenstelling en daarmee samenhangend de seizoensbewegingen van wilde hoefdieren op de Veluwe.

Gemiddeld, op jaarbasis (!) bedraagt het droge stof percentage eikels in de maag of pens van wild zwijn, edelhert en ree in volgorde 31, 11 en 3%. Voor beukennotjes zijn deze cijfers 32, 3 en 6%. Het wilde zwijn is van alle soorten het meest aangewezen op mast en meer dan edelhert en ree op beukennotjes. De snelheid waarmee de mast opraakt is afhankelijk van de omvang van de mastval en de dichtheid aan hoefdieren. Als regel zijn de eikels in de herfst al op en kunnen beukennotjes nog langer onderdeel vormen van het menu van in het bijzonder ree en wild zwijn. Voor beide boomsoorten geldt dat later in het seizoen ook kiemend zaad en zaailingen worden gegeten (Groot Bruinderink & Hazebroek 1995a; b; Groot Bruinderink *et al.* 1994; 2000).

In een rijk mastjaar is er overal op de Veluwe voldoende mast te vinden van september tot december. In een dergelijke situatie treedt voedseltrek nauwelijks op (Boitani *et al.* 1994; Hebeisen 2007). Echter, wanneer de mast op is, moeten reeën en vooral de meer van mast afhankelijke wilde zwijnen grotere en langduriger voedseltochten maken om nog beukennotjes te vinden. Dit geldt des te meer voor de vrouwelijke dieren met hun jongen die moeten voorzien in een relatief grote energiebehoefte (Helle 1980; Gordon 1989; Larter & Gates 1994; Russo *et al.* 1997; Keuling *et al.* 2008). Wanneer er geen mast beschikbaar is, foerageren wilde zwijnen onder meer op breedbladige grassen en dierlijke prooi die ze o.a. vinden in wegbermen (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996b; Groot Bruinderink *et al.* 1994).

Om een mogelijk effect van de beschikbaarheid van mast op het aantal aanrijdingen te bestuderen, gebruikten we de Alterra/Vereniging Wildbeheer Veluwe dataset met de jaarlijkse mastval gescoord op een schaal van weinig, gemiddeld en veel. Deze scores slaan dus vooral op de periode september-december van een bepaald jaar en bestrijken eveneens het tijdvak 1992-2008.

#### Het menselijk aspect

De provincie Gelderland stelde gegevens over verkeersvolume (het aantal voertuigen N/h) en gemeten gemiddelde snelheid (km/h) tot onze beschikking. Voor verkeersvolume en verkeerssnelheid gebruikten we maandgemiddelden als een hmp eigenschap. We beschikten niet over data van snelheden voor de nachtperiode en in het algemeen voor gemeentelijke wegen. De analyse van het effect van verkeerssnelheid was daarom beperkt tot een subset van negen wegen (Tabel 2).

Tabel 2. Wegen welke zijn gebruikt in de analyse van het effect van gemeten snelheid (km/h) op het aantal aanrijdingen. Ook weergegeven is het corresponderend verkeersvolume (N voertuigen/h in 2007). nsnelheid: lengte van het wegsegment waar de snelheid is gemeten uitgedrukt in het aantal hmp's

wegnr	snelheid	SD	nsnelheid	verkeers volume	SD
N224	77.0	0.00	91	819.2	79.7
N302	77.4	1.26	103	1704.2	281.0
N303	75.0	0.00	20	1278.1	87.3
N304	80.5	0.89	95	800.2	375.7
N309	83.0	0.00	26	686.9	193.1
N310	74.9	7.17	215	770.2	247.8
N344	80.0	0.00	28	974.3	32.7
N786	74.0	1.78	31	1147.7	340.0
N797	73.0	0.00	69	457.1	7.9

#### Jachtdruk

Het aantal aanrijdingen hangt samen met de verplaatsingen van de hoefdieren. Die kunnen op hun beurt veroorzaakt worden door menselijke activiteiten, in het bijzonder door jachtdruk (Staines 1974; Hebeisen 2007; Reimers *et al.* 2008; Stankowich 2008). Het afschotseizoen van de drie hoefdiersoorten is in Nederland 'beperkt' tot de periode mei-maart en is geslachtsgebonden voor ree en niet voor edelhert en wild zwijn. Op zon- en feestdagen mag niet worden gejaagd. Om een indicatie van een mogelijk effect van jachtdruk op het aantal aanrijdingen op het spoor te komen, toetsen we of er verschil is in het aantal aanrijdingen tussen de maanden, doordeweekse dagen en tussen de zaterdag en de zondag. Om die reden kijken we ook naar de patronen van het gemiddeld maandelijks en dagelijks afschot en het gemiddeld aantal aanrijdingen per maand en per hoefdiersoort.

#### Statistiek



De analyse van mogelijke effecten van maand, geslacht en leeftijd bij de aanrijdingen is gedaan met een Chi-kwadraat toets, met als criterium voor significantie  $P \leq 0.05$ . Voor de analyse van effecten van omgevingsvariabelen werd gebruik gemaakt van een regressiemodel (Tekstkader 1)

#### Tekstkader 1 Het regressiemodel

De statistische modelanalyse is, zoals hierboven aangegeven, beperkt tot de dataset over de periode 1992-2008. Het betrof in onze studie rijks, provinciale en gemeentelijke wegen van uiteenlopende breedte. Waar deze fysiek niet waren voorzien van hmp's hebben we die zelf in GIS toegevoegd. Het merendeel van de waarnemingen is daarom nul. Omdat rasters een beslissende factor zijn voor het voorkomen van aanrijdingen (Knapp 2004; Seiler 2005), zijn wegen die aan beide zijden zijn afgerasterd buiten de analyse gehouden.

Per hoefdiersoort is een regressiemodel gebruikt om de response variabele 'Y', het aantal aanrijdingen per hmp per jaar, te relateren aan verklarende variabelen zoals verkeersintensiteit en omgevingsvariabelen. In een gewoon regressiemodel wordt verondersteld dat de waarnemingen onafhankelijk zijn. Aan die veronderstelling wordt hier waarschijnlijk niet voldaan omdat a) het aantal aanrijdingen in verschillende jaren op dezelfde locatie gecorreleerd kunnen zijn en b) datzelfde kan gelden voor waarnemingen aan dicht bij elkaar liggende locaties in hetzelfde jaar. De standaard manier om dit modelleren is via het opnemen van random effecten in het regressiemodel. Als we kijken naar hoe de locatie van Y wordt aangeleverd, is er sprake van drie hiërarchische niveaus: een weg of wegnummer, kilometers op dezelfde weg en hectometerpaaltjes binnen die kilometers. Op elk niveau kunnen de correlaties tussen de waarnemingen anders zijn en daarom wordt "weg/kilometer/hectometer" als random effect in het model opgenomen. Tevens is toegevoegd een random jaar effect om afhankelijkheden in de tijd te modelleren. Omdat de response variabele Y tellingen zijn, namelijk het aantal aanrijdingen, zijn de gegevens geanalyseerd met een Poisson verdeling en de daarbij behorende log link. De log link impliceert dat het effect van een verklarende variabele multiplicatief is, bijvoorbeeld dat een hogere verkeersintensiteit resulteert in hoger percentage aanrijdingen. Deze modelkeuzes resulteren dan in een zogenaamd gegeneraliseerd lineair gemengd regressiemodel (Breslow & Clayton, 1993).

We gebruikten zowel de tien als de vijf omgevingsvariabelen voor alle hmp's en alle verharde wegen op de Veluwe, of er nu aanrijdingen hadden plaatsgevonden of niet. Daarnaast zijn als verklarende variabelen gebruikt verkeersvolume en soortspecifieke hoefdierdichtheid. Aan alle hmp's binnen een leefgebied is de met dit leefgebied corresponderende, soortspecifieke hoefdierdichtheid toegekend. Wanneer een weg de grens vormt tussen twee leefgebieden, is de naar oppervlakte gewogen gemiddelde hoefdierdichtheid toegekend aan de desbetreffende hmp's. Om te onderzoeken wat het effect is van verkeerssnelheid gebruikten we de gemiddelde waarde voor de gemeten snelheid in het selectiemodel met de (daarbij behorende subset van) de vijf omgevingskarakteristieken.

We gebruikten een beperkt model wat tot stand komt door selectie van verklarende variabelen. Hierbij worden verklarende variabelen aan het model toegevoegd indien de toets op deze variabele significant is bij 5%, en verwijderd indien de variabele niet significant is bij 5%. De selectie is gestart vanuit een leeg model met geen enkele verklarende variabele en vanuit het volledige model met alle verklarende variabelen. In alle gevallen, met uitzondering van edelhert in combinatie met de 10 omgevingsvariabelen, gaven beide startpunten hetzelfde geselecteerde model. We presenteren de resultaten van de selectie met vijf variabelen en refereren slechts aan de analyse met de tien variabelen voor zover relevant voor een beter begrip.

In een afzonderlijke analyse is het effect van de beschikbaarheid van mast onderzocht door toetsen of de verhouding tussen de aantallen gesommeerde aanrijdingen in sep-dec en de aantallen in jan-aug in het jaar daarop (als referentie) gelijk is 1:2. Hiervoor is een binomiale toets gebruikt. Vervolgens is een log-lineair model gebruikt om te toetsen of deze verhouding gelijk is voor de drie verschillende mast niveaus. Het gebruikte log-lineaire model is 'seizoen + jaar + mast.seizoen', waarbij de laatste term de gevraagde toets geeft.

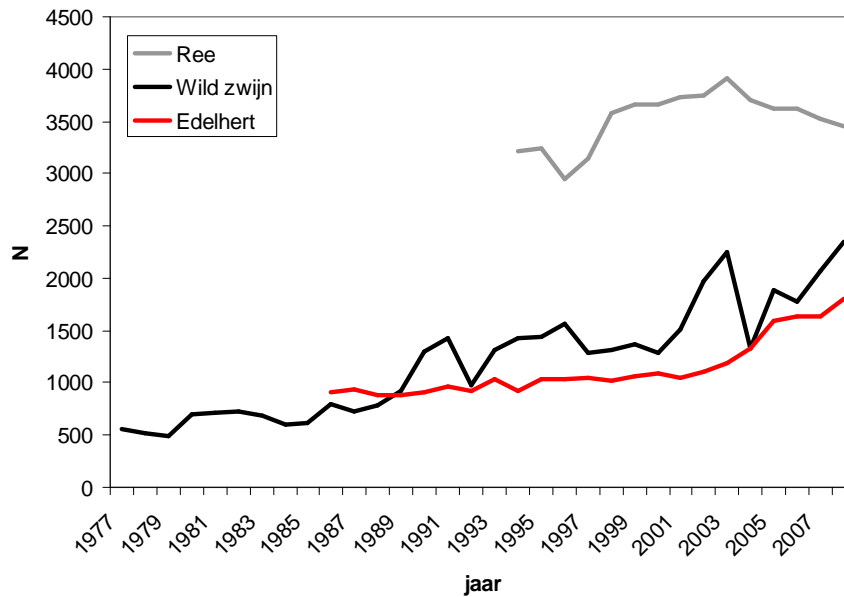
Mede in verband met een mogelijke indicatie van het effect van de jachtdruk op het aantal aanrijdingen met wilde hoefdieren onderzochten we per soort en per maand of het aantal aanrijdingen verschilde tussen:

- 1) weekend dagen (binomiale toets;  $P_{zaterdag} = P_{zondag} = 0.5$ );
- 2) week dagen (likelihood ratio toets met multinomiale verdeling;  $P_{ma} = P_{di} = P_{wo} = P_{do} = P_{vr} = 0.2$ );
- 3) weekend en week dagen (binomiale toets;  $P_{weekend} = 2/7 = 0.2857$ ).

## 4 Resultaten

### 4.1 Aantallen

Met uitzondering van het ree vertonen de aantallen wilde hoefdieren op de Veluwe een positieve trend (Fig. 3).



*Figuur 3. Aantallen wilde hoefdieren op de Veluwe bij de voorjaarsstelling*

De telling geeft ook informatie over de geslachtsverhouding (m:v), met uitzondering van de juveniele (0-1 jaar oud) en subadulte (1-2 jaar oud) wilde zwijnen, waarbij dit met zichtwaarnemingen moeilijk is vast te stellen (Tabel 3). De geslachtsverhouding onder adulte wilde zwijnen is 0.5. Bij het edelhert en het ree is de verhouding in alle leeftijdsklassen 0.9 - 1.0.

Tabel 3. Jaargemiddelde (afgerond op hele cijfers) van de populatiestructuur bij de telling op de Veluwe over de periode 1994-2008. SD: standaarddeviatie; N: aantal

	Wild zwijn			Edelhert			Ree		
	gem	SD	N	gem	SD	N	gem	SD	N
Ad m	238	51	3569	442	87	6628	1291	164	19361
Ad v	508	99	7619	523	129	7841	1428	102	21425
Subad m	847	185	12712	136	38	2037	504	57	6049
Subad v				138	39	2066	494	60	5923
Juv m	2149	502	32234	237	68	3553	635	54	9527
Juv v				237	68	3560	635	54	9522
Totaal	3742		56134	1712		25685	4987		71807

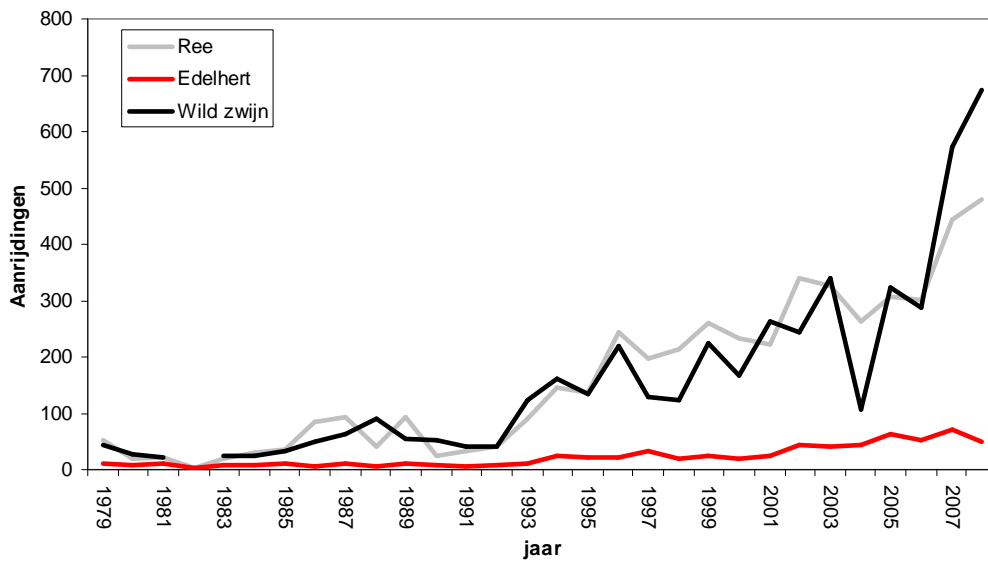
In het jaarlijks afschot is de geslachtsverhouding onder juveniele en subadulte wilde zwijnen gemiddeld 0.9-1.0 (Tabel 4). Bij adulte (> 2 jaar) dieren ligt de nadruk bij het afschot zwaar op de vrouwelijke dieren in een verhouding van 0.3. Bij het edelhert is de geslachtsverhouding in alle leeftijdsklassen 0.8-0.9. Bij juveniele, subadulte en adulte reeën zijn de cijfers 0.7, 2.6 en 1.7. Bezien over het totaal aan geschoten reeën is de verhouding gemiddeld 1,3.

Tabel 4. Jaargemiddelde (afgerond op hele cijfers) van de populatiestructuur in het totale afschot van wilde hoefdieren op de Veluwe over de periode 1992-2008. SD: standaarddeviatie; N: aantal

	Wild zwijn			Edelhert			Ree		
	gem	SD	N	gem	SD	N	gem	SD	N
Ad m	68	49	1175	86	41	1551	145	53	2322
Ad f	227	112	3907	99	42	1784	83	28	1329
Subad m	306	147	5246	56	29	1009	124	46	1988
Subad v	309	176	5294	72	31	1289	48	18	773
Juv m	744	337	12737	94	32	1687	114	114	1823
Juv v	854	387	14611	100	40	1794	153	61	2444
Totaal	2508		42970	506		9114	668		10679

## 4.2 Tijdspatronen

Vanaf 1993 neemt het aantal aanrijdingen voor alle hoefdiersoorten toe (Fig. 4).



Figuur 4. Aantal aanrijdingen op de Veluwe per soort en per jaar

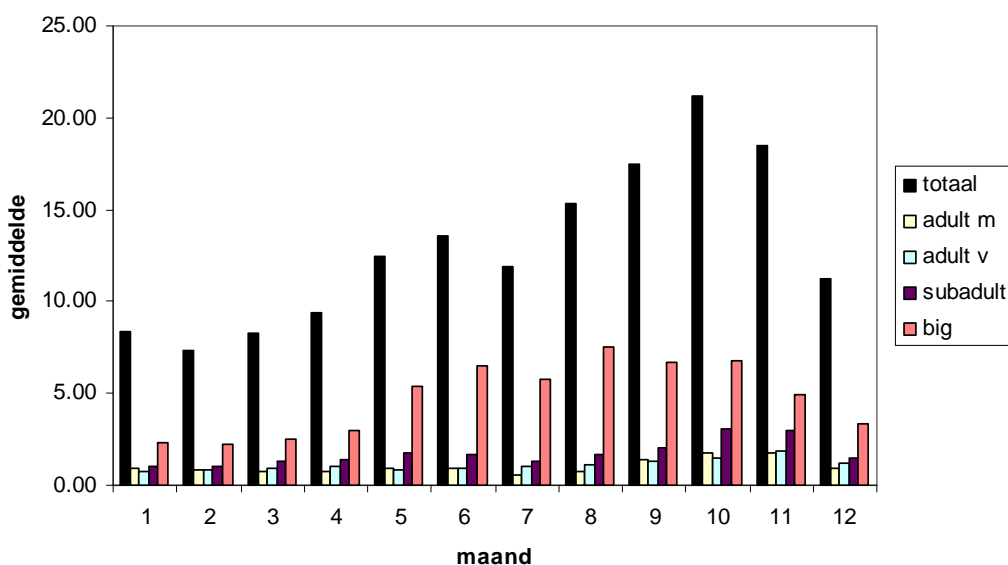
#### Seizoenspatronen

Per hoefdiersoort is daarbij sprake van uiteenlopende seizoenspatronen welke hieronder de revue passeren.

#### *Wild zwijn*

Het maandelijks aantal aanrijdingen is constant in de periode januari-februari-maart. Met uitzondering van een dalwaarde in de maand juli nemen daarna de aantallen aanrijdingen met wilde zwijnen maandelijks significant toe tot oktober-november. Biggen ( $\leq 12$  maand oud) vormen altijd de grootste groep slachtoffers, gevolgd door respectievelijk adulten ( $> 24$  maanden) en subadulten (12 - 24 maanden; Fig. 5). Er is een significante piek in het aantal aanrijdingen in oktober. Daarna nemen de aantallen weer significant af tot het niveau van januari-februari-maart. Er is geen enkel seizoen waarin een significant verschil tussen de geslachten in de aanrijdingen optrad.

### wild zwijn

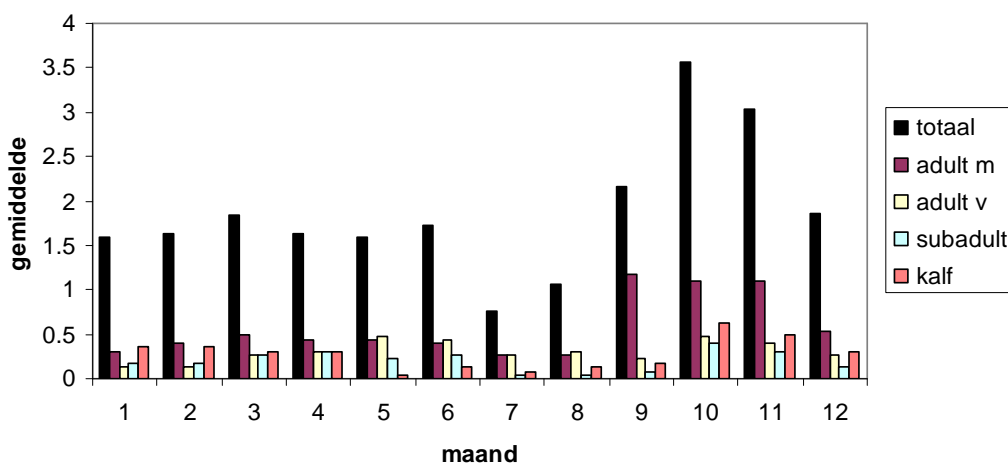


Figuur 5. Maandpatroon van wilde zwijnen aanrrijvingen per geslacht en leeftijds categorie op de Veluwe in de periode 1992-2008

### Edelhert

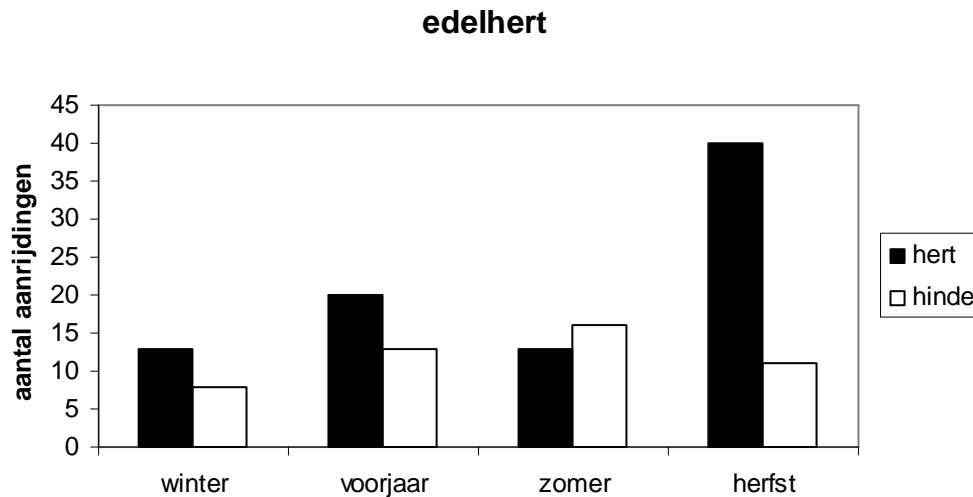
In de periode december-september blijft het maandelijks aantal aanrrijvingen met edelherten constant. Ten opzichte van deze maanden is er sprake van een significante piek in oktober-november (Fig. 6).

### edelhert



*Figuur 6. Maandpatroon van de aanrijdingen met edelhert per geslacht en leeftijdscategorie op de Veluwe in de periode 1992-2008*

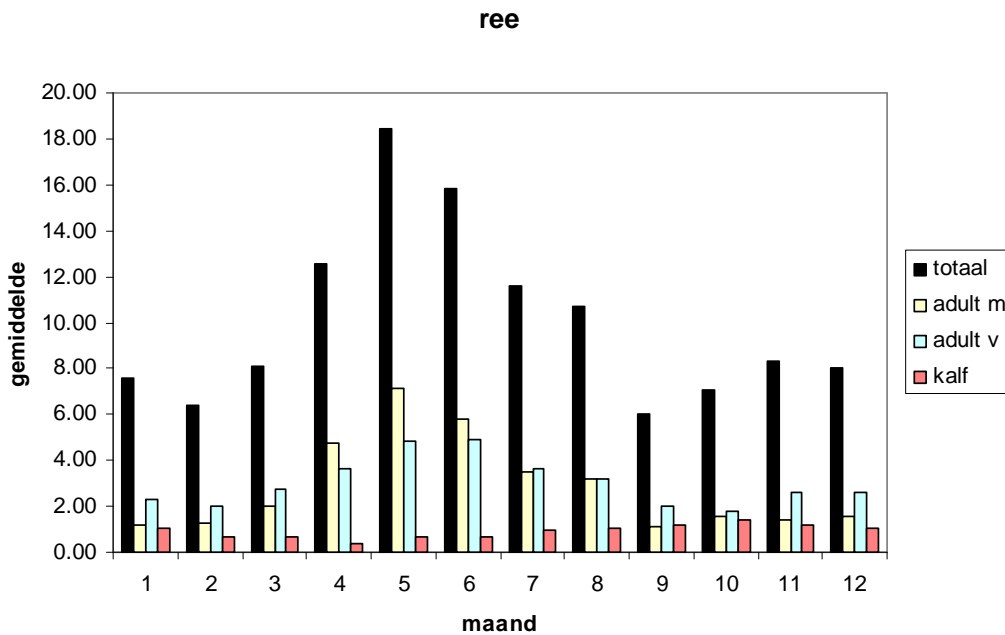
We vonden geen significant verschil tussen de geslachten met uitzondering van de herfst (september-december), wanneer een significant groter aantal mannelijke dieren bij aanrijdingen is betrokken (Fig. 7).



*Figuur 7. Seizoenspatroon van de aanrijdingen met edelherten op de Veluwe, opgesplitst naar geslacht in de periode 1992-2008*

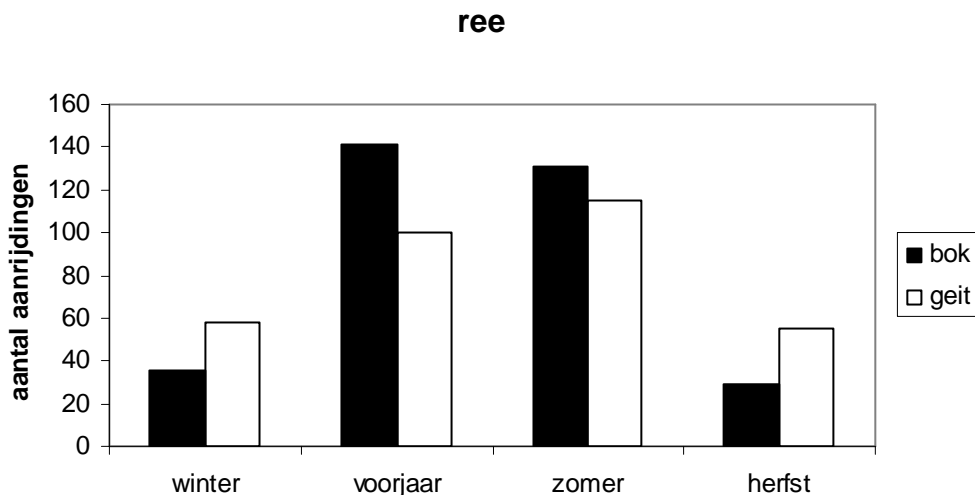
#### *Ree*

In de periode september-maart is het maandelijks aantal aanrijdingen met reeën constant (Fig. 8). Er is een significante piek in april-juni.



*Figuur 8. Maandpatroon van de aanrijdingen met ree per geslacht en leeftijdscategorie op de Veluwe in de periode 1992-2008*

's Zomers (juni-augustus) worden evenveel geiten als bokken dood gereden (Fig. 9). In de herfst (september-december) en de winter (december-maart) sneuvelen significant meer geiten en in het voorjaar (april-juni) significant meer bokken als gevolg van een aanrijding.

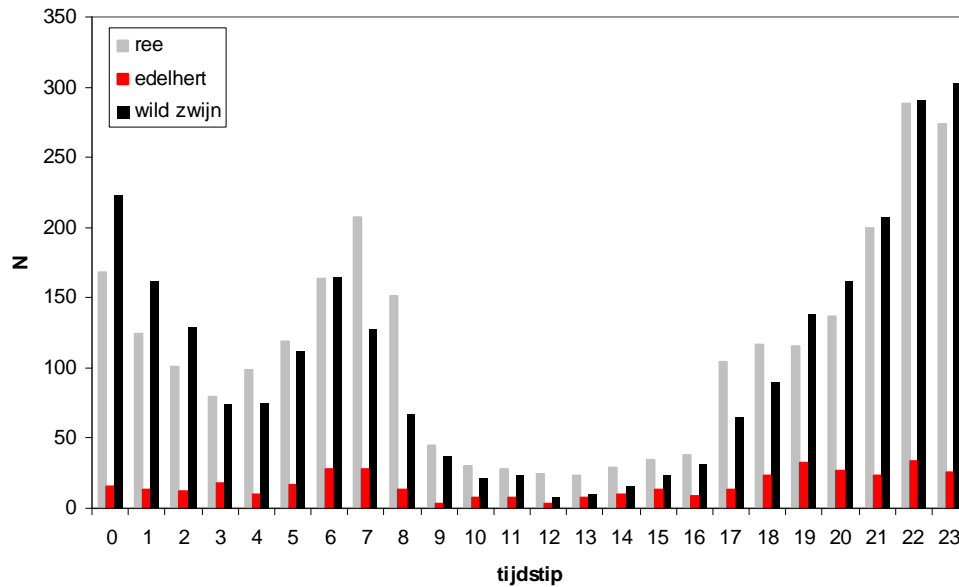


*Figuur 9. Seizoenspatroon van de aanrijdingen met reeën op de Veluwe, opgesplitst naar geslacht in de periode 1992-2008*



### Etmaalpatroon

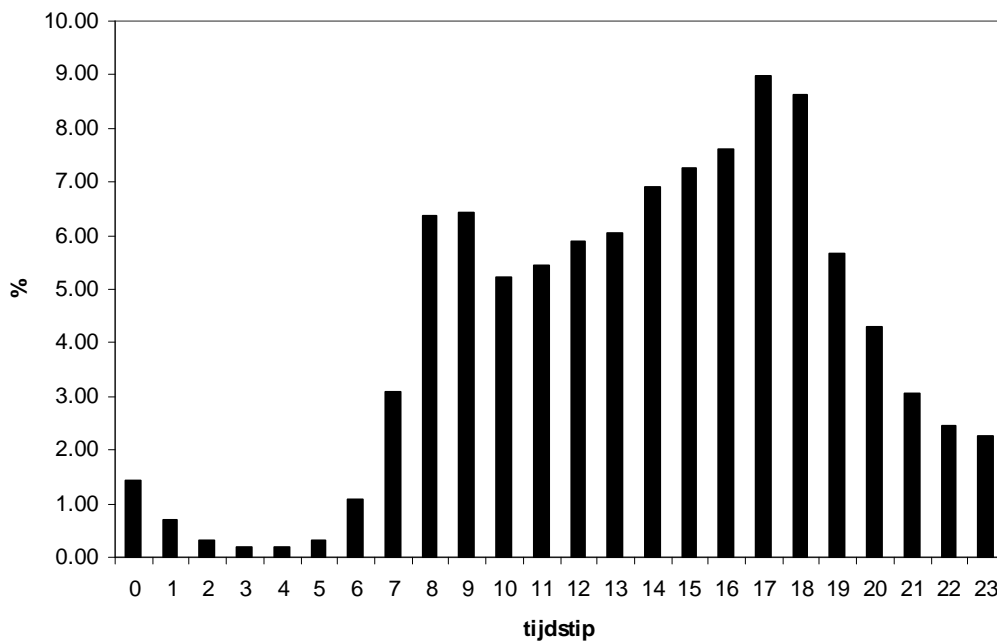
Het 24-uurs patroon van het aantal aanrijdingen is bimodaal voor alle soorten, met piekwaarden tussen 06:00-08:00h en tussen 22:00-24:00h en met een dalwaarde tussen 09:00-17:00h (Fig. 10).



*Figuur 10. Gemiddeld etmaalpatroon in het aantal aanrijdingen voor drie hoefdiersoorten op de Veluwe in de periode 1976-2008*

### Verkeersvolume

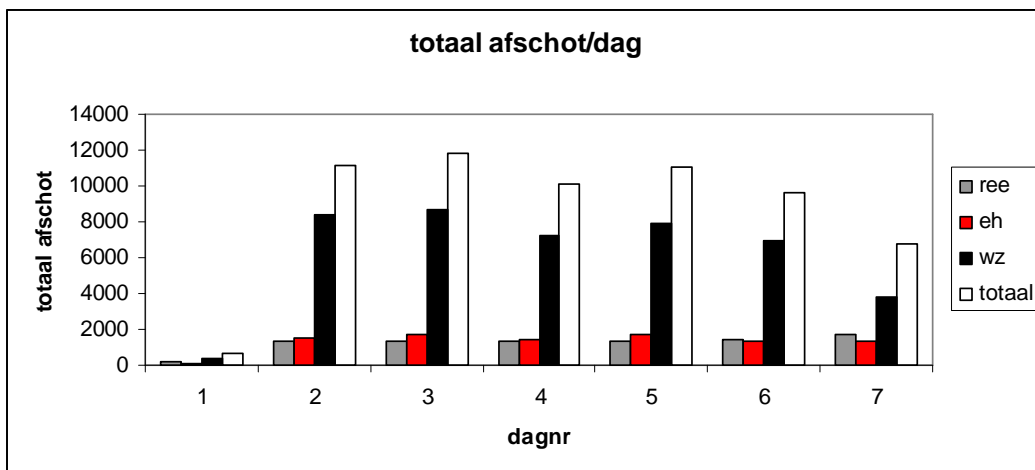
Het etmaalpatroon van het verkeersvolume op de negen wegen uit Tabel 2 kan worden beschouwd als representatief voor de Veluwe (Fig. 11). Het patroon is bimodaal met piekwaarden tussen 08:00-09:00h en tussen 17:00-18:00h.



Figuur 11. Etmaalpatroon van het verkeersvolume (% van dagtotaal) op de Veluwe, gebaseerd op de wegen uit Tabel 6

#### Jachtdruk

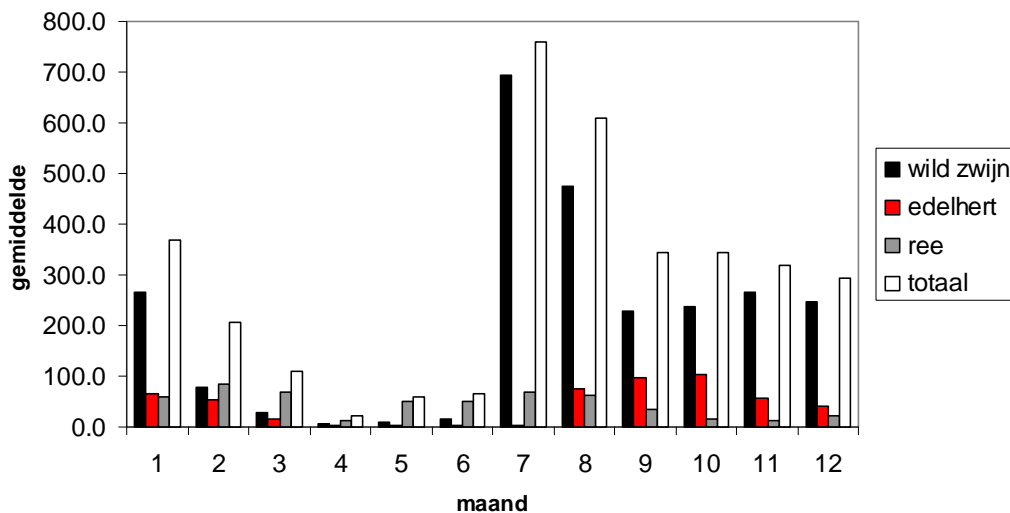
Het patroon van de dagelijkse jachtdruk, uitgedrukt in het aantal dieren dat gemiddeld per dag wordt geschoten, wordt voor een belangrijk deel bepaald door de wilde zwijnen (Fig. 12).



Figuur 12. Totaal dagelijks afschot per hoofdiersoort en het totaal over de periode 1987- 2008. Dagnr. 1: zondag

Bij geen enkele soort vonden we een verschil in het aantal aanrijdingen tussen zaterdag en zondagen of tussen de doordeweekse dagen per maand. Bij wilde zwijnen is het aantal aanrijdingen gedurende de week groter dan in het weekend in januari, maart, mei, juli, oktober en december. Bij reeën is dit het geval in oktober en bij edelherten in januari, juni en december. Er is m.a.w. geen sprake van enige consistentie. Op jaarbasis is het verschil alleen significant bij het wilde zwijn (weekend: 1106; week: 3327; Pweekend: 0.249; P = 0.000).

Ook het patroon van de maandelijkse jachtdruk, uitgedrukt in het aantal dieren dat gemiddeld per maand wordt geschoten, wordt voor een belangrijk deel bepaald door de wilde zwijnen (Fig. 13). Er is een piek in de jachtdruk in juli-augustus gevolgd door een afname in september-januari, een verdere afname in februari-maart en tenslotte een duidelijk dal in april-juni.



*Figuur 13. Gemiddeld maandelijks afschot per hoefdiersoort en het totaal over de periode 1987- 2008*

Bij het wilde zwijn kan worden opgemerkt dat juist in de piekmaand van het afschot (juli) het aantal aanrijdingen iets afneemt (Fig. 5). En andersom, de significante piek in het aantal aanrijdingen in oktober zien we niet terug in het gemiddeld afschot in die maand.

Het maandelijks aantal aanrijdingen met edelherten vertoont een duidelijke piek in oktober-november (Fig. 6). Hetzelfde geldt voor het afschot in oktober maar in november neemt dit al weer af.

De geconstateerde piek in het aantal aanrijdingen met reeën in de periode april-juni (Fig. 8) zien we niet terug in het patroon van de jachtdruk.

Kortom, zo er al sprake is van enig verband tussen de jachtdruk en het aantal aanrijdingen, dan wordt dit niet weerspiegeld in de corresponderende dag en

maandpatronen. In de volgende paragraaf wordt het effect van andere factoren waarvan in dit verband een invloed wordt verwacht geanalyseerd.

### 4.3 Modelleren van aanrijdingen

De separate analyse van het effect van gemiddeld gemeten verkeerssnelheid op het aantal aanrijdingen op een subset van wegen, leverde geen significant effect op. Hieraan ten grondslag ligt een te geringe variatie in de gemiddeld gemeten snelheid (73-83 km/h).

De correlaties tussen de variabelen die in het model zijn gebruikt zijn laag en niet consistent positief of negatief voor de drie hoefdiersoorten (Tabel 5).

Tabel 5. Correlatiematrix van de in het model gebruikte factoren

Verkeersvolume	1.00								
Areaal bos [1]	-0.02	1.00							
Areaal heide[2]	0.06	0.01	1.00						
Areaal agrarisch [3]	0.03	-0.33	-0.14	1.00					
Areaal bebouwd [4]	0.11	-0.16	-0.05	-0.12	1.00				
Areaal weg [5]	0.07	-0.04	-0.04	0.27	-0.37	1.00			
Dichtheid wild zwijn	-0.16	0.06	-0.09	0.02	-0.13	0.01	1.00		
Dichtheid edelhert	-0.14	0.12	0.10	-0.09	-0.15	0.08	0.17	1.00	
Dichtheid ree	0.31	-0.15	0.03	-0.05	0.26	-0.13	-0.21	-0.40	1.00
	Verkeer	1	2	3	4	5	wzdicht	ehdicht	reedicht

Voor de drie hoefdiersoorten blijkt dat het aantal aanrijdingen positief is gecorreleerd met het areaal bos en negatief met het areaal weg (Tabel 6). Alleen bij wilde zwijnen bestaat een positief effect van het verkeersvolume op het aantal aanrijdingen. Bij wilde zwijnen en reeën wordt het aantal aanrijdingen positief beïnvloed door de dichtheid van de soort. Bij het edelhert is dit effect eveneens positief maar niet significant.

Tabel 6. Effecten van omgevings, dierlijke en menselijke factoren op het aantal aanrijdingen bij drie hoefdiersoorten op de Veluwe

soort	F-waarde	Ndf	Ddf	Term	P-waarde	schatter	Se
Wild zwijn	9.91	1	5617.8	Verkeersvolume	0.002	0.0565	0.0179
	73.11	1	1743.6	Areaal bos [1]	0.000	0.4759	0.0556
	11.55	1	770.9	Areaal weg [5]	0.001	- 0.4453	0.1310
Edelhert	20.04	1	7954.4	Dichtheid	0.000	0.1047	0.0233
	5.26	1	1368.8	Areaal bos [1]	0.022	0.2148	0.0936
	10.08	1	839.2	Areaal weg [5]	0.002	- 0.9123	0.2873
Ree	3.36	1	334.5	Dichtheid	0.067	0.2633	0.1436
	20.02	1	1312.8	Areaal bos [1]	0.000	0.2171	0.0485
	21.63	1	864.7	Areaal weg [5]	0.000	- 0.6966	0.1498
	5.22	1	830.2	Dichtheid	0.023	0.0814	0.0356

Voor een beter begrip voegen we hieraan toe het resultaat van het geselecteerde model met tien oppervlakte variabelen (alleen significante effecten):

- de aanwezigheid van agrarische weidebouw (nr. 6; Tabel 1) verkleint bij alle soorten het aantal aanrijdingen
- de aanwezigheid van bebouwd gebied/ander gebruik (nr. 7) verkleint het aantal aanrijdingen met wild zwijn en ree
- de aanwezigheid van wegen (nrs. 8, 9 en 10) verkleint in die volgorde in toenemende mate en ook in toenemende mate significant het aantal aanrijdingen van wild zwijn en ree. Bij het edelhert is dit alleen het geval bij wegen >7m (nr. 10)

#### De beschikbaarheid van mast

De analyse van de waargenomen kans op een aanrijding in sep-dec ten opzichte van het totale aantal aanrijdingen in het betreffende mastjaar, toont dat de nulhypothese vaak verworpen wordt voor wild zwijn en voor ree en in mindere mate voor edelhert (Tabel 7).

Tabel 7. De kans op een aanrijding in de periode september-december versus de kans in periode januari-augustus daaropvolgend (referentie) voor wild zwijn, ree en edelhert

		Kans op een aanrijding in sep-dec t.o.v. alle aanrijdingen in een mastjaar			P-waarde bij de nulhypothese dat deze kans gelijk is aan 1/3		
jaar	mast	Wild Zwijn	Ree	Edelhert	Wild Zwijn	Ree	Edelhert
1992	veel	0.329	0.123	0.385	1.000	0.000	0.770
1993	gemiddeld	0.448	0.200	0.200	0.004	0.003	0.243
1994	weinig	0.566	0.215	0.500	0.000	0.010	0.186
1995	veel	0.384	0.159	0.520	0.144	0.000	0.056
1996	weinig	0.665	0.246	0.346	0.000	0.017	1.000
1997	weinig	0.545	0.255	0.630	0.000	0.039	0.002
1998	veel	0.390	0.274	0.348	0.152	0.077	1.000
1999	gemiddeld	0.517	0.274	0.458	0.000	0.071	0.278
2000	veel	0.234	0.187	0.316	0.002	0.000	1.000
2001	gemiddeld	0.414	0.156	0.353	0.010	0.000	0.856
2002	gemiddeld	0.423	0.251	0.467	0.003	0.008	0.080
2003	weinig	0.721	0.364	0.529	0.000	0.334	0.018
2004	veel	0.137	0.178	0.474	0.000	0.000	0.034
2005	gemiddeld	0.402	0.273	0.552	0.007	0.057	0.001
2006	veel	0.155	0.169	0.365	0.000	0.000	0.622
2007	gemiddeld	0.270	0.265	0.500	0.003	0.015	0.021
2008	gemiddeld	0.531	0.235	0.406	0.000	0.000	0.233

Ook zijn er in jaren met veel mast minder slachtoffers onder wild zwijn en ree in sep-dec. De P-waarden van deze binomiale toets zijn respectievelijk 0.001 (wz), 0.001 (ree) en 0.264 (eh). De gefitte kansen op een aanrijding in september-december (weer ten opzichte van het totale aantal aanrijdingen in het betreffende

mastjaar) op een aanrijding zijn gegeven in tabel 8. Voor alle drie de soorten, maar vooral voor wild zwijn, geldt dat in de reeks van minimale naar maximale beschikbaarheid van mast de kans op een aanrijding in september-december afneemt. Alleen voor het edelhert wordt de nulhypothese dat deze drie kansen gelijk zijn niet verworpen ( $P=0.264$ ; Tabel 8).

Tabel 8. Modeluitkomst van het effect van de beschikbaarheid van mast op het risico van een aanrijding in september-december ten opzichte van alle aanrijdingen in een mastjaar per hoefdiersoort

Mast beschikbaarheid	wild zwijn	edelhert	ree
weinig	0.643	0.505	0.284
gemiddeld	0.425	0.444	0.240
veel	0.234	0.408	0.188
P-waarde	0.001	<i>0.264</i>	0.001

## 5 Bespreking van de resultaten

### Aanwezige aantallen wilde hoefdieren

Het blijft voor alle soorten onduidelijk welk deel van de aanwezige populatie bij de telling wordt gemist. Bij zwijnen hangt dit bijvoorbeeld af van de hoeveelheid beschikbaar natuurlijk voedsel op het moment van de telling: ze eten bij voorkeur mast in plaats van maïs. Maar bijvoorbeeld ook de overheersende windrichting tijdens de telling speelt een rol: in de meeste gevallen is de telplaats ingericht rekening houdend met de overheersende westenwind. Omdat ieder jaar nagenoeg dezelfde methode door veelal dezelfde tellers wordt gebruikt, levert ze wel een betrouwbare *trend* of *index* op. Zo ontstaat een betrouwbaar inzicht in de verschillen in dichtheid tussen de jaren en ook tussen de leefgebieden. Dit vormde de basis voor voorliggende analyse.

### Populatiebeheer en aantallen

Omdat we een positief effect van de dichtheid van wild zwijn en ree (en bijna van edelhert) op het aantal aanrijdingen hebben vastgesteld, is het wel degelijk van belang te weten of en hoe die dichtheid door het populatiebeheer (afschot) wordt beïnvloed. Dit is mede een peiler voor de ontheffing ex art. 68 FF-wet om in te mogen grijpen in de populatie.

Bij het wilde zwijn worden gemiddeld 846 subadulten (overlopers) geteld bij een berekening die op basis van de combinatie telling en afschot uitkomt op 551 stuks. Dit surplus onder subadulten (overlopers) wordt veroorzaakt doordat er na de telling nog biggen worden geboren. Als we die allemaal meetellen bedraagt de aangroei van de populatie wilde zwijnen op de Veluwe jaarlijks ca. 153%. Ook elders in Europa worden dergelijke aanwascijfers gemeld (Bieber & Ruf 2005; Geisser & Reyer 2005; Petrak 2006). De literatuur geeft voor edelhert (Clutton-Brock *et al.* 1982) en ree (Vincent *et al.* 1995) jaarlijkse aanwascijfers van ca. 35%. Dit komt overeen met de in deze studie vastgestelde percentages. Van de populaties wilde zwijnen, edelherten en reeën op de Veluwe wordt volgens de cijfers in tabel 2 en 3, in volgorde gemiddeld jaarlijks ca. 75, 30 en 13% geschoten. Gemiddeld sterft in dezelfde periode in volgorde ca. 14, 2 en 10% van de populaties in het verkeer. De totale jaarlijkse sterfte buiten de natuurlijke sterfte bedraagt in volgorde dan ook naar schatting ca. 90, 32 en 23%. De omvang van de natuurlijke sterfte is onbekend. Onder dit regime nemen de populaties wilde zwijnen en edelherten toe en blijft die van reeën redelijk stabiel. Deze cijfers geven aan dat waarschijnlijk de aantallen wilde zwijnen bij de telling worden onderschat. Dat er ook bij reeën sprake is van een toename van het aantal aanrijdingen, terwijl volgens de telling de stand ogenschijnlijk stabiliseert, is eveneens een illustratie van de onnauwkeurigheid van de telling. Het ligt voor de hand om aan te nemen dat afschot een negatief effect heeft op de dichtheid van wild zwijn en edelhert en minder op ree, maar we tasten in het duister over het precieze effect. Om hierover meer aan de weet te komen is een

populatiodynamische analyse vereist op grond van tel- en afschotgegevens, welke buiten de reikwijdte van dit rapport valt.

#### Registratietechniek

Wegen betekenen een aanslag op het functioneren van ecosystemen (Trombulak & Frissell 2000). De tol die op de Veluwe wordt betaald in de zin van het aantal aanrijdingen met wilde hoefdieren groeit vanaf 1992. Hierbij speelt de populatietoename (dichtheid) een rol, maar ook de over de jaren verfijnde registratiemethodiek. Voor dit laatste vinden we een argument wanneer we het aantal aanrijdingen duiden in het percentage van de voorjaarsstand. Eerder rapporteerden Groot Bruinderink & Hazebroek (1996) cijfers van 5% voor wilde zwijnen, 1% voor het edelhert en 5% voor reeën. Nu is dat in volgorde 30, 3, en 13% (i.e. 14, 2 en 10% van de zomerstand).

#### Activiteitsritmen en hoefdierdichtheid

De aanrijdingen in deze studie weerspiegelen de variatie in ruimte en tijd van de aanwezigheid van hoefdieren en hun dagelijks activiteitspatroon. De meeste aanrijdingen vinden plaats in schemering en duister en vallen samen met activiteitspatronen van de hoefdieren, die zijn geassocieerd met licht (sterkte; Georgii & Schröder 1983; Putman 1997; Keuling *et al.* 2008; Dodd *et al.* 2005; Wallach *et al.* 2010). Het positief verband tussen de hoefdierdichtheid en het aantal aanrijdingen wordt ook gemeld voor andere soorten in een andere, bergachtige leefomgeving: witstaarthert (McCaffery 1973), sika hert (Kaji 1990; 1996), eland (Lavsund & Sandegren 1991; Seiler 2005), ree (Carsignol 1989; Lutz 1991) en edelhert (Mysterud 2004). De combinatie van verminderde activiteit, kleinere home ranges en een afname in aantal als gevolg van afschot, aanrijdingen en natuurlijke sterfte, ligt mede ten grondslag aan de geleidelijke afname van het aantal aanrijdingen in de nawinter voor alle soorten.

#### Populatiestructuur

De geslachtsverhouding binnen zoogdierpopulaties kan sterk afwijken van de geslachtsverhouding zoals die is bij de geboorte (Clutton-Brock *et al.* 1982; Kruuk *et al.* 1999). Wanneer mannelijke en vrouwelijke dieren bloot staan aan dezelfde jachtdruk, dan zullen na verloop van tijd de vrouwelijke dieren geleidelijk de overhand krijgen (Clutton-Brock & Lonergan 1994). We zien dit terug bij de edelherten op de Veluwe. Bij reeën ligt de jachtdruk op de bokken. Dit kan ten grondslag liggen aan de uitkomst van de analyse dat er in herfst en winter meer vrouwelijke dieren worden doodgereden. Bij de voorjaarstelling is de geslachtsverhouding voor beide soorten en alle leeftijdsklassen ca. 0.9.

De geslachtsverhouding bij juveniele en subadulte wilde zwijnen bij de telling is onbekend, maar wijkt naar verwachting niet erg af van 0.7-0.8, de verhouding waarin de biggen worden geboren (Groot Bruinderink 1977). Deze verwachting steunt tevens op de uitkomst dat de geslachtsverhouding in juveniele en subadulte wilde zwijnen in het jaarlijks afschot over de periode 1992-2008 in volgorde 0.9 en 1.0 bedraagt. Omdat op jaarbasis gemiddeld ongeveer drie keer zo veel



volwassen vrouwelijke dieren worden geschoten dan volwassen mannelijke en het afschotseizoen niet geslachtsgebonden is, mocht bij de telling een surplus aan volwassen mannelijke dieren worden verwacht. In plaats daarvan vinden we een surplus aan volwassen vrouwelijke dieren dat niet kan worden verklaard uit de aanrijdingen. Ofschoon mannelijke dieren grotere risico's lopen dan vrouwelijke vanwege hun trekgedrag, denken we toch dat een groot deel van de volwassen mannelijke dieren wordt gemist bij de telling.

De meeste jongen van de drie hoefdiersoorten worden geboren in april-mei, hetgeen weerspiegeld kan worden in een plotselinge stijging van het aantal aanrijdingen in deze periode (Puglisi *et al.* 1974; Hubbard *et al.* 2000; Romin & Bissonette 1996; Clevenger *et al.* 2001). In voorliggende studie zien we dit alleen bij de wilde zwijnen. De populatieomvang en de ten opzichte van ree en edelhert grote worpgrootte (zie boven bij aanwaspercentages) spelen hierbij een belangrijke rol. Sommige auteurs constateren dat vaak een hele toom biggen tegelijk wordt doodgereden (Keuling *et al.* 2008; Spitz & Janeau 1995). Op de Veluwe is de ervaring anders: in ruim 90% van de aanrijdingen met biggen betreft het één big.

Subadulte en adulte mannelijke dieren van de drie hoefdiersoorten trekken meer rond juist voor en tijdens de voortplantingsperiode dan volwassen vrouwelijke dieren met hun kroost. Ook vindt dispersie plaats van jonge mannetjes naar nieuw leefgebied (Strandgaard 1972; Clutton-Brock *et al.* 1982; Boitani *et al.* 1994; Schreiber *et al.* 1994; Janeau *et al.* 1995; Wahlström & Liberg 1995; Linnell *et al.* 1998; Kaminski *et al.* 2005; Keuling *et al.* 2008). Door dit soort trekbewegingen lopen ze ook een grotere kans op een aanrijding dan de vrouwelijke dieren. We zien dit weerspiegeld in het patroon van de aanrijdingen bij de drie hoefdiersoorten op de Veluwe.

#### Mast

Het effect van mast op het aantal aanrijdingen blijkt terug te voeren op voedseltochten van hoefdieren. In een rijk mastjaar zijn dat soort tochten in de periode september-december minder noodzakelijk en minder uitgebreid, met als gevolg een relatief gering aantal aanrijdingen. Dat dit effect het meest spectaculair is bij het wilde zwijn, daarna bij ree en veel minder bij het edelhert heeft te maken met de afhankelijkheid van mast als energiebron c.q. de beschikking over alternatief voedsel. Daar komt nog bij dat de zwijnen een alternatief voor een deel zoeken in wegbermen, met een daarmee samenhangend risico. Mede daarom is het voornamelijk het wilde zwijn dat de piek in het aantal aanrijdingen in slechte mastjaren veroorzaakt.

#### Openheid van het landschap

Het door ons verwachtte negatieve effect van open habitattypen op het aantal aanrijdingen (Dodd *et al.* 2005), wordt feitelijk bevestigd door het sterkere positieve effect van een bosrijke omgeving van de weg. Hoe meer bos in de nabijheid van de weg, hoe groter de kans dat op die plek aanrijdingen met wilde

hoefdieren zullen plaatsvinden. Een resultaat dat overeenkomt met de bevindingen van Finder *et al.* (1999) en Andreassen *et al.* (2005).

#### Verkeer

Dat we geen effect van de verkeerssnelheid konden aantonen wil niet zeggen dat dit effect er niet is. Snelheden worden over het algemeen overdag gemeten en vertonen dan een geringe variatie, terwijl 's nachts de meeste aanrijdingen plaatsvinden. Ons onderzoek toont aan dat de beslissing van een hoefdier om een weg over te steken mede wordt beïnvloed door de breedte van die weg. Niet omdat een bredere weg zou staan voor een hoger verkeersvolume, immers de correlatie tussen die twee factoren is slechts 0.07, maar veeleer omdat meer asfalt het habitat onaantrekkelijker maakt.

In onze studie valt de avondpiek in het aantal aanrijdingen weliswaar samen met een afname van het verkeersvolume, maar bij de verklaring van de ochtendpiek denken we toch echt aan de ochtendspits. Ook vonden we relatief weinig aanrijdingen met wilde zwijnen in het weekend, ook iets dat kan samenhangen met het verkeersvolume. We toonden aan dat een toename in het verkeersvolume resulteert in een toename van het aantal aanrijdingen met wilde zwijnen. Een dergelijk resultaat werd ook vastgesteld door Waring *et al.* (1991) en Hartwig (1993). Dodd *et al.* (2005) en Coulon *et al.* (2008) stellen dat wegen met niveaus tussen 4000 en 10000 voertuigen/dag een sterke barrière vormen voor hoefdieren en boven de 10000 voertuigen/dag zelfs 'impermeabel' zijn. In onze studie bevond het niveau zich (afgerond) tussen de 11000-41000 voertuigen/dag en toch, te oordelen naar het aantal aanrijdingen, werden deze wegen frequent gepasseerd door de hoefdieren. De Veluwe, en daarmee het leefgebied van de wilde hoefdieren, behoort tot de meest versnipperde natuur van Noordwest Europa. De conclusie luidt dan ook dat de dieren regelmatig wegen wel moeten oversteken, omdat het leefgebied te zeer is doorsneden. Wanneer het aantal oversteken onafhankelijk is van het verkeersvolume, dan bepaalt dit laatste het aantal aanrijdingen.

#### Jachtdruk

Uit onderzoek is komen vast te staan dat hoefdieren kunnen reageren op jachtactiviteiten. Voor wilde zwijnen geldt dat ze of in de veilige gedeelten van hun leefgebied blijven en hun activiteitgebied verkleinen, of ze vergroten hun activiteitsgebied en trekken naar veiliger oorden (Puglisi *et al.* 1974; Romin & Bissonette 1996; Massei *et al.* 1997; Hubbard *et al.* 2000; Sodeikat & Pohlmeier 2003; Keuling *et al.* 2008). Natuurlijk wordt in het laatste geval de kans op een aanrijding vergroot. De meeste hoefdieren worden op de Veluwe met behulp van de aanzitjacht geschoten, wat minder verstoring oplevert dan bijvoorbeeld de drijfjacht die in de hierboven genoemde studies zonder uitzondering wordt toegepast. In onze studie vielen voor geen enkele soort de maandelijkse pieken (juli-augustus) en dalen (april-juni) in jachtdruk samen met pieken en dalen in het aantal aanrijdingen. Omgekeerd valt de piek in het aantal aanrijdingen met reeën samen met een dalwaarde in de jachtdruk. Een relatief hoge jachtdruk op

doordeweekse dagen in vergelijking met weekend dagen en op zaterdag in vergelijking met zondag, wordt voor geen enkele soort weerspiegeld in het aantal aanrijdingen.

Ondanks deze bevindingen moeten we voorzichtig zijn met conclusies over het effect van jachtdruk i.c. afschot. Hierboven is immers aangegeven dat we te weinig weten over het effect van het afschot op de dichtheid van de hoefdieren. Daar komt bij dat uit de literatuur blijkt dat het verband tussen dichtheid, verkeersvolume en het aantal aanrijdingen niet lineair is (Baker *et al.* 2004). Dat betekent dat een locale aantalsreductie niet vanzelfsprekend leidt tot een vermindering van het aantal aanrijdingen. De piek in het aantal aanrijdingen met wilde zwijnen in de maanden oktober-november tijdens voedselarme jaren is in dit verband illustratief. Die piek komt immers na een relatief groot afschot van wilde zwijnen.

We hebben geen analyse gemaakt van het effect van reliëf of bochtigheid omdat we verwachtten dat dit zou worden weerspiegeld in de gemiddelde snelheid en omdat andere studies geen effect lieten zien (Finder *et al.* 1999). We analyseerden eveneens niet het effect van mitigerende maatregelen, deels omdat uit eerder onderzoek weinig tot geen effect bleek (wildreflectoren, waarschuwingsfluiten; Groot Bruinderink & Hazebroek 1996a; Ujvari *et al.* 1998, Knapp 2004) en deels omdat het effect voor de hand liggend is (ecoducten, rasters,) of op dit moment nog wordt bestudeerd (infrarood detectie systeem; Huijser *et al.* 2009).

## 6 Aanbevelingen

### Registratie

Onderzoek naar aanrijdingen valt of staat met een gedegen analyse die slechts mogelijk is bij een optimaal functionerend registratiesysteem. Hierin mag een nauwkeurige plaatsbepaling van een aanrijding niet ontbreken. De resultaten van voorliggend onderzoek zijn van toepassing op de Veluwe, een erg bosrijk gebied. Bos in de nabijheid van wegen speelt in dit gebied een belangrijke rol bij aanrijdingen. Omdat op veel plaatsen in Nederland bos niet zo aspect bepalend aanwezig is, wordt aanbevolen om het voor de Veluwe ontwikkelde registratiesysteem 'uit te rollen' over alle FBE's in Nederland (Tekstkader 2). Alleen dan kunnen op termijn ook elders analyses van aanrijdingen worden uitgevoerd. De hieruit ontwikkelde modellen kunnen worden benut in bestaande of te ontwikkelen situaties waarin wegverkeer wordt gecombineerd met de aanwezigheid van wilde hoefdieren (Seiler 2005).

#### Tekstkader 2

##### Organisatie afhandeling aanrijdingen met grote zoogdieren op de Veluwe

Aan de afhandeling van aangereden grote zoogdieren ligt binnen het werkgebied van de FBE Veluwe een aanwijzing art 67 Flora- en Faunwet ten grondslag. Deze maakt de afhandeling van een aanrijding met een wild hoefdier mogelijk, maar ook met dassen, vossen of boommarters. De afhandeling begint met een melding van een automobilist. Via 112 wordt de Meldkamer van de Politie ingelicht, deze piept de dienstdoende BOA of jachtaktehouder op.

##### De afhandeling betreft:

- Het ophalen en vervoeren van doodgereden dieren;
- Het uit hun lijden verlossen van aangereden dieren,
- Het nazoeken met een SZN erkend nazoekeam ([www.zweethonden.nl](http://www.zweethonden.nl)) van aangereden dieren.
- Het in noodsituaties nazoeken zonder toestemming van de grondgebruiker
- Het binnen 24 uur registreren van de afhandeling door de betreffende persoon

##### Voorwaarden:

- Aangewezen personen zijn BOA en of jachtaktehouder
- Elke persoon is in het bezit van een gebruikerstoestemming en een kopie van de aanwijzing
- Alle personen zijn in het bezit van een WM4 (Wet Wapens en Munitie) i.v.m. het legaal voorhanden mogen hebben van een wapen.
- Alle personen zijn op de juiste wijze verzekerd
- Alle gemelde aanrijdingen worden gecheckt
- Per district is er een persoon verantwoordelijk voor het beoordelen of elke melding opgevolgd is door de gewenste actie
- Alle aanrijdingen worden volledig geregistreerd
- Alle belanghebbenden krijgen 'realtime' inzicht
- Dode dieren krijgen een consumptie bestemming of worden teruggegeven aan de natuur

- Wegbeheerders leveren een vergoeding voor geleverde diensten
- Verslaglegging is onderdeel van de grofwildcoördinatie die door de Vereniging Wildbeheer Veluwe wordt uitgevoerd binnen de FBE Veluwe.

Ten aanzien van de afhandeling van aanrijdingen met wild, werken de BOA's en jachtaktehouders samen binnen de Stichting Groennetwerk ([www.groennetwerk.nl](http://www.groennetwerk.nl)). Deze rechtspersoon coördineert het bovenstaande, maakt overeenkomsten met wegbeheerders en faciliteert de uitvoerders met materiaal. De registratie van de aanrijding gebeurt digitaal via [www.boaregistratie.nl](http://www.boaregistratie.nl) en de output komt via [www.faunaregistratie.nl](http://www.faunaregistratie.nl) beschikbaar voor de Vereniging Wildbeheer Veluwe. Beide systemen zijn ontwikkeld en in beheer bij NatuurNetwerk© ([www.natuurnetwerk.nl](http://www.natuurnetwerk.nl)). Deze organisatie en aanpak zorgt voor een efficiënte en diervriendelijke afhandeling van de aanrijdingen. Door de snelle digitale registratie is er 'realtime' inzicht in de ontwikkelingen van de aanrijdingen. Omdat de afhandeling in handen is van faunadeskundigen zijn de gegevens over soort, geslacht en leeftijd ook betrouwbaar. Deze registratie is de basis om kennis te vergaren over welke factoren aan aanrijdingen ten grondslag liggen.

### Aantallen wilde hoefdieren

Het resultaat van voorliggende studie geeft aanleiding om mitigerende maatregelen te differentiëren naar plaats, tijd (seizoen) en hoefdiersoort. Gelet op het percentage van de populaties dat sneuvelt in het verkeer, is het verkeersveiligheids- en dierenwelzijnprobleem op de Veluwe het grootst bij wild zwijn en ree, gevolgd door het edelhert. De huidige groei van de populatie edelherten en damherten is een beleidsdoel. Wellicht moet dit doel worden heroverwogen in het licht van voorliggend onderzoekresultaat. Hogere dichtheden betekenen immers meer aanrijdingen.

Wilde hoefdieren zijn beschermde diersoorten. Iedere aantalreductie dient met grote zorg en gedifferentieerd te gebeuren. Omdat dichtheid, leeftijd en geslacht belangrijke discriminerende factoren kunnen zijn bij aanrijdingen, verdient het aanbeveling na te gaan of met deze drie factoren bij het populatiebeheer rekening kan worden gehouden.

Nadere modellering van de populatiedynamiek van deze soorten is essentieel voor een goed begrip van het effect van het afschot op de dichtheid. Ten grondslag aan alle experimenten ligt dan ook een gedegen analyse van afschot- en telstatistieken over de afgelopen 20 jaar. Daarnaast dient onderzoek plaats te vinden naar het effect van jachtactiviteiten op bewegingen van wilde hoefdieren en naar de mogelijkheid om de nauwkeurigheid van de inventarisaties te vergroten (Groot Bruinderink & Van Breukelen 2009).

### Het verkeersvolume

Voor de Veluwe is het van belang dat maatregelen worden genomen ter vermindering van het nachtelijk verkeersvolume. Waar en wanneer mogelijk dienen wegen 's nachts afgesloten te worden voor gemotoriseerd verkeer. Omdat in de nacht het verkeersvolume beperkt is, is onderzoek naar het effect van verkeerssnelheid in de nachtelijke uren gewenst. Informeren van de weggebruiker is hier onlosmakelijk mee verbonden.

### Het omgevingsaspect

De Veluwe is een Natura 2000 gebied en ingrepen in het landschap zijn slechts beperkt toegestaan. De Veluwe blijft daarom naar verwachting een door bos gedomineerd landschap. Op kleinere schaal is een deel van de oplossing gelegen in manipulatie van het gedrag van de wilde hoefdieren door gericht beheer van het habitat. Zo kan het weghalen van opgaande vegetaties in een strook van 30-50m aan weerszijden van de weg leiden tot een substantiële afname van het aantal aanrijdingen (Jaren *et al.* 1991; Waring *et al.* 1991). In verband met de kwaliteit van regenererend plantaardig weefsel voor herbivoren, luidt de aanbeveling om dit vroeg in het groeiseizoen te doen (Rea (2003). Op basis van de resultaten van voorliggend onderzoek stellen we voor om praktijkgericht experimenteel onderzoek te starten om te bezien of het oversteekgedrag van hoefdieren kan worden gestuurd door habitatmanipulatie. De twee belangrijkste variabelen die hierbij een rol lijken te spelen zijn de wegbreedte en de nabijheid van bos. Op basis hiervan zou dan een wegtracé opnieuw kunnen worden ingericht.

De vraag dringt zich op of een waarschuwingssysteem kan worden ontwikkeld voor het extra grote risico i.v.m. aanrijdingen met wilde hoefdieren in de periode september-december van een slecht mastjaar.

Ons zijn geen voorbeelden bekend van een structureel, lange termijn effect van waarschuwingssystemen, reflectoren in de wegbermen, chemische of akoestische afweerstoffen. Wel blijft handhaven van een lage snelheid geboden (Groot Bruinderink & Hazebroek 2006; Putman 1997). Het gebruik van met behulp van IR-detectie oplichtende waarschuwingssystemen is in onderzoek en veelbelovend (Huijser *et al.* 2009).

## 7 Dankwoord

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek (Thema BO-02-013 Actief Soortenbeleid). Daarnaast ontvingen we een belangrijke subsidie van de Vereniging Natuurmonumenten te 's-Graveland. We bedanken de Vereniging Wildbeheer Veluwe en de Stichting Groennetwerk voor de toestemming om de dataset verkeersslachtoffers, tellingen en afschotstatistiek te mogen gebruiken. Ook gaat onze dank uit naar Rijkswaterstaat en de provincie Gelderland voor het leveren van gegevens over hmp's, snelheid en verkeersvolume.

Rond het project werd een Projectgroep geformeerd. Met de Projectgroep werd interactief en ook bilateraal overlegd over de aard en inhoud van dit rapport. De Projectgroep bestond uit de volgende personen:

P. Joop, F. Stavast, J.J. Ostendorf (ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit)

O.D. van de Veer, J. Eising en T. Dikker (provincie Gelderland)

H.G.J. Bekker (Rijkswaterstaat)

P. van Huffelen en Jhr. V.G.F. Repelaer (Faunabeheereenheid Veluwe)

T. van den Broek (Vereniging Natuurmonumenten)

We zijn iedereen dankbaar voor zijn/haar bijdrage aan dit rapport.





## Literatuur

- Allen, R.E. & D.R. McCullough 1976. Deer-car accidents in southern Michigan. *Journal of Wildlife Management* 40: 317-325.
- Andreassen, H.P., H. Gundersen & T. Storaas 2005. The effect of scent-marking, forest clearing, and supplemental feeding on Moose-train collisions. *Journal of Wildlife Management* 69(3): 1125-1132.
- Baker, P.J. S. Harris, C.P.J. Robertson, G. Saunders & P.C.L. White 2004. Is it possible to monitor mammal population changes from counts of road traffic casualties? An analysis using Bristol's red foxes *Vulpes vulpes* as an example. *Mammal Review* 34: 115-130.
- Bashore, T.L., W.M. Tzilkowski & E.D. Bellis 1985. Analysis of deer-vehicle collision sites in Pennsylvania. *Journal of Wildlife Management* 49: 769-774.
- Bieber, C. & Ruf, T. 2005. Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: Ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *Journal of Applied Ecology*, 42: 1203-1213.
- Boitani, L. L. Mattei, D. Nonis & F. Corsi 1994. Spatial and activity patterns of wild boars in Tuscany, Italy. *Journal of Mammalogy* 75(3): 600-612.
- Breslow, N. E. and Clayton, D. G. 1993. Approximate inference in generalized linear mixed models. *Journal American Statistical Association*, 88: 9-25.
- Burnand, J.D., G. Berthoud, J. Sigrist & S. Muller 1986. Comportement du gibier dans une zone de terrain traverse par une route. La faune et le trafic automobile dans le canton de Vaud, 145S. ECONAT, Yverdon.
- Carbough, B., J.P. Vaughan, E.D. Bellis & H.B. Graves 1975. Distribution and activity of white-tailed deer along an interstate highway. *Journal of Wildlife Management* 39: 570-581.
- Carsignol, J. 1989. Dix années d'observations des collisions véhicules-grands mammifères gibier sur l'autoroute A 4 en Alsac- Lorraine et sur le réseau routier du département de la Moselle. Office National de la Chasse, Bulletin Mensuelle 135: 32-37
- Case, R.M. 1978. Interstate highway road-killed animals: a data source for biologists. *Wildlife Society Bulletin* 6: 8-13.
- Clevenger, A.P., B. Chruszcz & K. Gunson 2001. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* 29: 646-653.
- Clutton\_brock, T.H., F.E. Guinness & S.D. Albon 1982. Red Deer. Behavior and ecology of two sexes. Edinburgh University Press.
- Cole, E.K., M.D. Pope & R.G. Anthony 1997. Effects of road management on movement and survival of Roosevelt elk. *Journal of Wildlife Management* 61(4):1115-1126.
- Dodd, N.L., J.W. Gagnon, S. Boe & R.E. Schweinsburg 2005. Characteristics of elk-vehicle collisions and comparison to GPS-determined highway crossing patterns. In: Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center for

- Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: 461-477.
- Farrell, M.C. & P.A. Tappe 2007. County-level factors contributing to deer-vehicle collisions in Arkansas. *Journal of Wildlife Management* 71(8): 2727-2731.
- Finder, R.A., J.L. Roseberry & A. Woolf 1999. Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collision locations in Illinois. *Landscape and Urban Planning* 44: 77-85.
- Gagnon, J.W., T. C. Theimer, N. L. Dodd, S. Boe & R. E. Schweinsburg 2007. Traffic Volume Alters Elk Distribution and Highway Crossings in Arizona. *Journal of Wildlife Management* 71(7): 2318-2323.
- Geiser, H. & H-U Reyer 2005. The influence of food and temperature on population density of wild boar *Sus scrofa* in the Thurgau (Switzerland). *Journal of Zoology* 267: 89-96.
- Georgii, B. & W. Schröder 1983. Home range and activity patterns of male red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Alps. *Oecologia* 58: 238-248.
- Gordon, I.J. 1989. Vegetation community selection by ungulates on the isle of Rhum. II. Vegetation community selection. -*Journal of Applied Ecology*, 26: 53-64.
- Green, R.A. & G.D. Bear 1990. Seasonal cycles and daily activity patterns of Rocky Mountain elk. *Journal of Wildlife Management* 54: 272-278.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. 1977. Maaginhoudonderzoek van het Wilde Zwijn (*Sus scrofa*) op de Veluwe. *Lutra* 3: 73-86.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & Hazebroek, E. 1995a. Ingestion and diet composition of red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Netherlands from 1954-1993. *Mammalia* 9(2): 187-195.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & Hazebroek, E. 1995b. Modelling carrying capacity for wild boar in a forest/heathland ecosystem. *Wildlife Biology* 1:2: 81-87.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & E. Hazebroek 1996a. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology* 10(4): 1059-1067.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & Hazebroek, E. 1996b. Wild boar (*Sus scrofa scrofa* L.) rooting and forest regeneration on podzolic soils in the Netherlands. *Forest Ecology and Management* 88: 71-80.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A. & L. Van Breukelen 2009. Damherten en reeën in het natuurreservaat De Kop van Schouwen. Inventarisaties. Alterra rapport 1933.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A., Hazebroek, E. & H. Van der Voet 1994. Diet and condition of wild boar, *Sus scrofa scrofa*, without supplementary feeding. *Journal of Zoology, Lond.* 233: 631-648.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A., D.R. Lammertsma & E. Hazebroek 2000. Effects of cessation of supplemental feeding on mineral status of red deer *Cervus elaphus* and wild boar *Sus scrofa* in the Netherlands. *Acta Theriologica* 45(1): 71-85.

- Groot Bruinderink, G.W.T.A., T. van der Sluis, D.R. Lammertsma, P.F.M. Opdam & R. Pouwels 2003. Designing a coherent ecological network for large mammals in Northwestern Europe. *Conservation Biology* 17(2): 549-557.
- Hartwig, D. 1993. Auswertung der durch Wild verursachten Verkehrsunfälle nach der Statistik für Nordrhein-Westfalen. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 39: 22-33.
- Hebeisen, C. 2007. Population size, density and dynamics, and social organization of wild boar (*Sus scrofa*) in the basin of Geneva. PhD Thesis, Université de Neuchâtel.
- Helle, P. 1980. Food composition and feeding habits of the roe deer in winter in central Finland. - *Acta Theriologica* 25: 395-402.
- Hubbard, M.W., B.J. Danielson & R.A. Schmitz 2000. Factors influencing the location of Deer-vehicle accidents in Iowa. *Journal of Wildlife Management* 64(3): 707-713.
- Huijser, M.P., Holland, T.D., Kociolek, A.V., Barkdoll, A.M. & Schwalm, J.D. 2009. Animal-vehicle crash mitigation using advanced technology. Phase II: system effectiveness and system acceptance. Final Report SPR 3(076) for the Oregon Department of Transportation, Oregon, USA.
- Janeau, G., B. Cargnelutti, S. Cousse, M. Hewison & F. Spitz 1995. Daily movement pattern variations in wild boar. *ibex J.M.E.* 3: 98-101.
- Jaren, V., R. Andersen, M. Ulleberg, P.H. Pedersen, and B. Wiseth 1991. Moose-train collisions: the effects of vegetation removal with a cost-benefit analysis. *Alces* 27: 93-99.
- Kaminski, G., S. Brandt, E. Baubet & C. Baudoin 2005. Life-history patterns in female wild boars (*Sus scrofa*): mother-daughter post weaning associations. *Can. J. Zool.* 83: 474-480.
- Keuling, O., N. Stier & M. Roth 2008. How does hunting influence activity and spatial usage in wild boar *Sus scrofa* L.? *European Journal of Wildlife Research* 54: 729-737.
- Knapp, K.K. 2004. Deer-vehicle crash countermeasure toolbox: a decision and choice resource. University of Wisconsin-Madison, Report Number DVCIC – 02.
- Kruuk, L.E.B, T.H. Clutton-Brock, S.D. Albon, J.M. Pemberton & F.E. Guinness 1999. Population density affects sex ratio variation in red deer. *Nature* 399: 459-461.
- Langevelde, F. & C.F. Jaarsma 2004. Using traffic flow theory to model traffic mortality in mammals. *Landscape Ecology* 19: 895-907.
- Larter, N.C. and Gates, C.C. 1994. Home-range size of wood bison: effects of age, sex, and forage availability. - *Journal of Mammalogy*, 75: 142-149.
- Lavsund, S. & F. Sandegren, 1991. Moose-vehicle relations in Sweden: a review. *Alces*, 27:118-126.
- Linnell, J.D.C., K. Wahlström & J.M. Gaillard 1998. From birth to independence: birth, growth, neonatal mortality, hiding behavior and dispersal. In: R. Andersen, P. Duncan & J.D.C. Linnell (eds). *The European roe deer: The biology of success*. Scandinavian University press Oslo: 257-285.

- Lutz, W. 1991. Wertung der Fallwildstrecken in Nordrhein-Westfalen von 1982/83 bis 1989/90 zur Analyse der Rehwildstrecken. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 37: 240-249.
- Mallick, S.A., G.J. Hocking & M.M. Driessen 1998. Road-kills of the eastern barred bandicoot (*Perameles gunnii*) in Tasmania: an index of abundance. *Wildlife Research* 25: 139-145.
- Malo, J.E., F. Suárez & A. Díez 2004. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41: 701-710.
- Madsen, A.B., H. Strandgaard & A. Prang 2002. Factors causing traffic killings of roe deer *Capreolus capreolus* in Denmark. *Wildlife Biol.* 8(1): 55-61.
- Massei, G., P.V. Genov, B.W. Staines & M.L. Gorman 1997. Factors influencing home range and activity of wild boar (*Sus scrofa*) in a Mediterranean coastal area. *J. Zool.* 242(3): 411-423.
- McCaffery, K.R. 1973. Road-kills show trends in Wisconsin deer populations. *Journal of Wildlife Management* 37: 212-216.
- Michael, M. 2004. Roadkill: Between humans, nonhuman animals, and technologies. *Society and Animals* 12(4): 277-298.
- Mysterud, A. 2004. Temporal variation in the number of car-killed red deer *Cervus elaphus* in Norway. *Wildlife Biology* 10: 203-211.
- Petrak, M. 2006. Ontwikkeling van wilde zwijnenpopulatie in Duitsland: oorzaken, historie, wetgeving, landbouwschade, beheer, trends en verwachtingen. In: *Wilde zwijnen in Nederland: zero tolerance of weren en beheren. Verslag van een internationaal symposium te Wageningen.* Faunafonds, Dordrecht.
- Pojar, T.M., R.A. Prosenice, D.F. Reed, and T.N. Woodard 1975. Effectiveness of a lighted, animated deer crossing sign. *Journal of Wildlife Management* 39: 87-91.
- Puglisi, M.J., J.S. Lindzey & E.D. Bellis 1974. Factors associated with highway mortality of white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 38: 799-807.
- Putman, R.J. 1997. Deer and road traffic accidents: options for management. *Journal of Environmental Management* 51: 43-57.
- Putman, R.J. & N.P. Moore 1998. Impact of deer in lowland Britain on agriculture, forestry and conservation habitats. *Mammal Review*, 28, 141-164.
- Reimers, E., L.E. Loe, J.E. Colman & B. Dahle 2008. Effects of hunting on response behaviors of wild reindeer. *The Journal of Wildlife Management* 73(60): 844-851.
- Romin, L.A. & J.A. Bisonette 1996. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24(2): 276-283.
- Russo L., G. Massei & P. Genov 1997. Daily home range and activity of wild boar in a Mediterranean area free from hunting. *Ethology, Ecology & Evolution* 9: 287-294.
- Seiler, A. 2004. Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildlife Biology* 10: 301-313.
- Seiler, A. 2005. Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42: 371-382.

- Sodeikat, G. & K. Pohlmeier 2003. Escape movements of family groups of wild boar *Sus scrofa* influenced by drive hunts in Lower Saxony, Germany. *Wildlife Biology* 9 (suppl. 1): 257-263.
- Spitz, F. & G. Janeau 1995. Daily selection of habitat in wild boar (*Sus scrofa*). *Journal of Zoology* 237(3): 423-434.
- Staines, B.W. 1974. A review of factors affecting deer dispersion and their relevance to management. *Mammal Review* 4(3): 79-91.
- Staines, B., J. Langbein & R. Putman 2001. Road traffic accidents and deer in Scotland. Deer commission for Scotland, Inverness UK.
- Stankowich, T. 2008. Ungulate flight responses to human disturbance: A review and meta-analysis. *Biological Conservation* 141(9): 2159-2173.
- Sullivan, T.L. & T.A. Messmer 2003. Perceptions of deer-vehicle collision management by state wildlife agency and department of transportation administrators. *Wildlife Society Bulletin* 31(3): 163-173.
- Trombulak, S.C. & C.A. Frissell 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14(1): 18-30.
- Ujvari, M., H.J. Baagøe & A.B. Madsen 1998. Effectiveness of wildlife warning reflectors in reducing deer-vehicle collisions: a behavioral study. *Journal of Wildlife Management* 62(3): 1094-1099.
- Vincent, J.P., E. Bideau, A.J.M. Hewison & J.M. Angibault, 1995. The influence of increasing density on body weight, kid production, home range and winter grouping in roe deer (*Capreolus capreolus*). *Journal of Zoology, London* 236: 371-382.
- Wahlström L.K. & Liberg O. 1995: Contrasting dispersal patterns in two Scandinavian roe deer *Capreolus capreolus* populations. *Wildlife Biology* 1: 159-164.
- Wallach, A.D., U. Shanas & M. Inbar 2010. Feeding activity and dietary composition of roe deer at the southern edge of their range. *European Journal of Wildlife Research* 56: 1-9.
- Waring, G.H., J.L. Griffis, and M.E. Vaughn 1991. White-tailed deer roadside behavior, wildlife warning reflectors, and highway mortality. *Applied Animal Behaviour Science* 29: 215-223.



## **Bijlage 1**

