ALTERRA
WAGENINGEN UR

Evaluatie Opvangbeleid 2005-2008 voor overwinterende ganzen en smienten

Deelrapport 1. Een modelberekening van de capaciteit van opvanggebieden voor overwinterende ganzen en smienten

B.A. Nolet
J.M. Baveco
H. Kuipers



Alterra-rapport 1840, ISSN 1566-7197

Evaluatie Opvangbeleid 2005-2008 overwinterende ganzen en smienten



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit



In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (uitgevoerd in het beleidsondersteunend onderzoekscluster Ecologische Hoofdstructuur, projectcode BO-02-002-018-001) en het Faunafonds.

Evaluatie Opvangbeleid 2005-2008 voor overwinterende ganzen en smienten

Deelrapport 1. Een modelberekening van de capaciteit van opvanggebieden voor overwinterende ganzen en smienten

B.A. Nolet[1,3]
J.M. Baveco[2]
H. Kuipers[2]

[1]Alterra, Centrum Ecosystemen, Wageningen
[2]Alterra, Centrum Landschap, Wageningen
[3]NIOO-KNAW, Nieuwersluis

Alterra-rapport 1840

Alterra, Wageningen, 2009

REFERAAT

Nolet, B.A., J.M. Baveco & H. Kuipers, 2009. Evaluatie Opvangbeleid 2005-2008 voor overwinterende ganzen en smienten. *Deelrapport 1. Een modelberekening van de capaciteit van opvanggebieden voor overwinterende ganzen en smienten*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1840. 70 blz.; 21 fig.; 3 tab.; 62 ref.

Deze modelstudie onderzoekt of de capaciteit van opvanggebieden voldoende is om de aantallen in Nederland overwinterende ganzen (vier soorten) en smienten te herbergen. Het model maakt gebruik van waargenomen aantallen per maand per provincie. Deze worden over de bekende slaapplaatsen verdeeld. In het model streven de vogels naar een energiebalans tegen zo laag mogelijke energetische kosten. De vogels vliegen dagelijks vanaf de slaapplaatsen naar de voor hen beste foerageerterreinen en putten geleidelijk het voedsel uit door er te foerageren. Daarnaast is er een afname van het voedsel door andere oorzaken dan ganzen- en/of smientenvraat. Een tekort treedt op als de vogels niet binnen de opvanggebieden in hun energiebehoefte kunnen voorzien. Het model voorspelt een realistische graasdruk en afname van grashoogte. De modeluitkomsten suggereren dat er bij de huidige aantallen slechts geringe tekorten (<1% van het totaal aantal doorgebrachte vogeldagen) zullen voordoen. Deze openbaren zich het eerst in Noord-Holland-Noord en in Zuid-Holland. Bij gelijkblijvende populatiegroei zullen deze tekorten echter snel oplopen (maximaal 19% in het geval van de grauwe gans in een koude winter), vooral in ZW-Friesland, Noord-Holland-Noord en in delen van Zuid-Holland en Zeeland.

Projectleiding Alterra: Robert Kwak (2005-2007) ; Dick Melman (2008)
Projectsecretariaat: Sandra Clerkx

Trefwoorden: accommodatie, depletiemodel, draagkracht, ganzen, smienten, opvangcapaciteit, winteropvang

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van 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.

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

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd 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.

[[Alterra-rapport 1840/februari/2009]

Inhoud

Ten geleide 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 11

2 Model 13
2.1 Model in hoofdlijnen 13
2.2 Modelspecificaties 14
2.2.1 Opvanggebieden 14
2.2.2 Slaapplaatsen 17
2.2.3 Winters 18
2.2.4 Opnamesnelheid op gras en wintergroen 21
2.2.5 Opnamesnelheid op oogstresten 23
2.2.6 Dagelijkse balans 24
2.2.7 Thermoregulatie 25
2.2.8 Perceelkeuze 26
2.2.9 Afname biomassa 27
2.2.10 Tekorten en overschotten 27
2.2.11 Validatie 28

3 Resultaten 29
3.1 Validatie 29
3.2 Huidige patronen 30
3.3 Toekomstige patronen 43

4 Discussie 51

Literatuur 57

Bijlage 1 – Grashoogte 63
Bijlage 2 – Berekening van kosten voor thermoregulatie 65

Ten geleide

Nederland is binnen West-Europa een zeer belangrijk overwinteringsgebied voor ganzen en smienten. Bijna nergens komen er 's winters zoveel ganzen en smienten bij elkaar als in Nederland. Nederland draagt daardoor een grote internationale verantwoordelijkheid voor het voortbestaan van deze trekvogels (zie beleidsnota Ruimte voor ganzen, 1990). Nederland is aantrekkelijk voor deze watervogels vanwege zijn zachte winterklimaat en rivieren, wadden en meren. Nederland heeft bovendien uitgestrekte landouwgebieden met veel goed gras, waar deze vogels kunnen grazen. Boeren kunnen echter veel schade door deze vogels ondervinden, wanneer die op hun percelen foerageren, vooral wanneer de vogels hun honger ook stillen met "dure" gewassen zoals wintergraan of groenten. Moties van het parlement waarin gevraagd werd maatregelen te treffen tegen de toenemende schade door ganzen en smienten waren voor de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit aanleiding om nieuw beleid te ontwikkelen. Het resultaat was dat de Minister van LNV in het najaar van 2003 het Beleidskader Faunabeheer aan de Tweede Kamer kon aanbieden. Het Beleidskader Faunabeheer - ook wel aangeduid als opvangbeleid overwinterende ganzen en smienten - is tot stand gekomen na overleg tussen vertegenwoordigers van LNV, Interprovinciaal Overleg (IPO), Land- en Tuinbouworganisatie Nederland (LTO), Vereniging Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Koninklijke Nederlandse Jagers Vereniging (KNJV) en Vogelbescherming Nederland. De Tweede Kamer heeft ingestemd met het opvangbeleid en de Minister heeft de provincies verzocht foerageergebieden aan te wijzen en de maatregelen om de ganzen en smienten binnen deze aangewezen gebieden te concentreren, zoals in het Beleidskader Faunabeheer staat, uit te voeren.

Het opvangbeleid streeft enerzijds naar een duurzame staat van instandhouding van overwinterende ganzen en smienten als uitvloeisel van de internationale verantwoordelijkheid van Nederland voor beschermde soorten (Vogelrichtlijn). Anderzijds geeft het Beleidskader aan dat de omvang en toename van de schade als gevolg van overwinterende ganzen en smienten nu zodanig omvangrijk is, dat beheer noodzakelijk is. Om aan beide uitgangspunten van het opvangbeleid te kunnen voldoen, is vanaf 2005 80.000 hectare foerageergebied aangewezen voor kolgans, grauwe gans, smient ('beleidskadersoorten'), brandgans en kleine rietgans ('mengsoorten'). Om de schade buiten de foerageergebieden ook daadwerkelijk te verminderen, wordt optimaal gebruik gemaakt van het lerend vermogen van de dieren, door ze consequent van deze gebieden te verjagen. Dit betekent: binnen de foerageergebieden zo veel mogelijk rust en voldoende voedselaanbod, buiten deze gebieden veel onrust. Verondersteld is dat het effect van verjagen wordt versterkt wanneer dit wordt gecombineerd met afschot ("ondersteunend afschot").

Om het Beleidskader Faunabeleid te monitoren en evalueren in al zijn facetten is een onderzoeksprogramma opgezet. In eerste instantie ging het om een periode van vier jaar. Het onderzoek is in het najaar van 2004 gestart. Centraal hierbij staan de volgende vier onderzoeksvragen:
Foerageren de ganzen en smienten hoofdzakelijk in de aangewezen foerageergebieden en beduidend minder daarbuiten?
Kunnen de ganzen en smienten met de foerageergebieden uit de voeten, m.a.w. gaat het goed met de conditie en aantallen?
Is de regeling voor de boeren werkbaar, m.a.w. werkt de regeling in financieel opzicht en bedrijfsvoering naar tevredenheid?
Zijn de kosten voor LNV beheersbaar en op een acceptabel niveau?

Deze evaluatie geeft vooral een beeld van de ontwikkelingen in de drie seizoenen waarin het nieuwe opvangbeleid geëffectueerd is. Uiteraard ook afgezet tegen de situatie in de jaren daarvoor.

Het onderhavige rapport maakt onderdeel uit van een reeks rapporten dat is verschenen binnen het onderzoeksprogramma.

Deze studie is verder tot stand gekomen door gegevens die door derden zijn aangeleverd, met name door Roeland Bom, Daan Bos (Altenburg & Wymenga), Theo Boudewijn (Bureau Waardenburg), Bart Ebbinge (Alterra), Henk van der Jeugd, Erik van Winden (beide SOVON) en René Verhoeven (Directie Kennis).

Samenvatting

Op basis van het Beleidskader Faunabeheer hebben de provincies gezamenlijk een oppervlak van ongeveer 80.000 ha ingericht als opvanggebied voor overwinterende ganzen en smienten. Het betreft grauwe ganzen, kolganzen en smienten, alsmede de vaak samen met deze soorten voorkomende kleine rietganzen en brandganzen. Het beleid is ervan uitgegaan dat ganzen stuurbaar zijn en dat ze geconcentreerd kunnen worden in bepaalde gebieden door een gerichte verjaging daarbuiten. In deze studie berekenen we of de ingerichte opvanggebieden voldoende capaciteit hebben om deze soorten te herbergen. Daarvoor gebruiken we een depletiemodel: door het foerageren vindt er uitputting ("depletie") van het voedsel plaats en kan een directe terugkoppeling gemaakt worden tussen foerageerbeslissingen en voedselaanbod.

Het depletiemodel is ruimtelijk expliciet en dynamisch en de vijf soorten beïnvloeden elkaar direct en indirect doordat ze van dezelfde voedselbronnen kunnen eten. De in het model gehanteerde opvanggebieden zijn een samenvoeging van drie typen gebieden, te weten de speciaal aangewezen foerageergebieden, de graslanden binnen natuurgebieden en de cultuurgronden in Vogelrichtlijngebieden. De aantallen ganzen en smienten worden over Nederland verdeeld over de bekende slaapplaatsen volgens de waargenomen aantallen in een gegeven maand per provincie. Vanuit de slaapplaatsen vliegen ze elke dag (of nacht in het geval van smienten) naar een perceel waar ze tegen zo laag mogelijke energetische kosten in hun energiebehoefte kunnen voorzien. Het overgrote deel van de consumptie vindt plaats op graslanden, aangevuld met wintergroen (de ganzensoorten) en oogstresten (alleen grauwe ganzen).

Uit een vergelijking met waargenomen graasdrukken berekend uit keuteltellingen blijkt dat het model realistische graasdrukken produceert, zij het dat de graasdruk van smienten in het model lokaal flink kan oplopen. Ook de gemodelleerde afname van de grashoogte is realistisch. De benutting van akkers is in mindere mate in overeenstemming met de werkelijkheid.

De verspreidingspatronen van de gemodelleerde vogels weerspiegelt in grote lijnen het voorkomen van de verschillende soorten in Nederland. Aan het einde van de winter (31 maart) zijn de voedselbronnen lokaal behoorlijk uitgeput. In ZW-Nederland houdt de mate van depletie verband met de strengheid van de winter: in een koude winter is de depletie aldaar duidelijk sterker dan in een zachte winter. Bij de huidige aantallen doen zich slechts mondjesmaat tekorten voor (<1%, uitgedrukt als percentage van het totaal aantal in Nederland doorgebrachte vogeldagen). De geringe tekorten die er zijn manifesteren zich in Noord-Holland-Noord (incl. Texel) en op de Zuid-Hollandse eilanden.

Het is onwaarschijnlijk dat al het oppervlak in de foerageergebieden door de ganzen en smienten volledig benut wordt, bijvoorbeeld door verstoring aan de randen. Een reductie van het effectieve oppervlak heeft een beperkt effect op de opgelopen

tekorten. Pas als slechts 50% van het beschikbare oppervlak werkelijk effectief is gaan er in de huidige situatie bij een normale winter tekorten van >5% optreden. Hieruit mag niet worden afgeleid dat er momenteel ruimschoots genoeg opvanggebied is, omdat we niet weten in welke mate het effectief oppervlak kleiner is dan het begrensde oppervlak, onder de huidige omstandigheden.

Bij de verwachte populatiegroei is de uitputting van het beschikbare voedsel over 10 jaar aanzienlijk. Met name in Groningen en Friesland, Noord-Holland-Noord, de Gelderse Poort, Zeeland en het westen van Zuid-Holland is het voedsel binnen de opvanggebieden in sterke mate uitgeput. De grootste tekorten doen zich voor bij de grauwe gans (19%, 13% en 6%, respectievelijk voor een koude, normale en zachte winter in 2015/16), gevolgd door de brandgans (16%, 12% en 6%) en de kolgans (12%, 7% en 2%). Over 10 jaar zullen bij ongewijzigd beleid en populatiegroei tijdens een normale winter vooral tekorten optreden in ZW-Friesland, Noord-Holland-Noord (incl. Texel) en in delen van Zuid-Holland en Zeeland.

Bij ongewijzigd beleid en populatiegroei van de betreffende soorten zullen de opvanggebieden op middellange termijn te klein zijn om alle individuen de gehele winter voedsel te kunnen bieden. Opgemerkt moet worden dat een overschatting van het effectief beschikbaar oppervlak aan opvanggebieden deze termijn kan bekorten. Er zijn meerdere effecten denkbaar die tot een overschatting van het effectief beschikbaar oppervlak kunnen leiden (rand- en versnipperingseffecten, verstoring rond horizontale en verticale structuren, verruiging en verschraling van natuurgrasland, overschat aanbod op akkers, competitie met andere dan de beschouwde herbivore watervogelsoorten). Aan de andere kant is in het model geen rekening gehouden met veranderende klimaatseffecten (langere grasgroei, eerder vertrek van de ganzen en smienten) die deels de draagkracht zouden kunnen verhogen.

1 Inleiding

In Nederland overwinteren zeer grote aantallen ganzen en smienten die daarbij voor een belangrijk deel op landbouwgronden foerageren. Nederland heeft een instandhoudingsverplichting voor deze vogels, die voor een groot deel trekvogels zijn en elders broeden. De afgelopen jaren nam de schade die de vogels aan landbouwgewassen aanrichtten steeds toe. In 2003 is besloten om het beleid ten aanzien van deze vogels te wijzigen. In plaats van boeren achteraf hun schade te vergoeden, kregen boeren in zogenaamde foerageergebieden vooraf een vergoeding om de vogels op hun land op te vangen.

Over de vraag hoeveel oppervlak er nodig is om op een verantwoorde wijze de aantallen in Nederland overwinterende ganzen en smienten op te vangen, zijn in 2004 een tweetal rapporten verschenen. Uitgaande van de huidige verspreiding van ganzen in Nederland kwam SOVON op een benodigd oppervlak van minimaal 150.000 ha (Voslamber *et al.* 2004), waarbij het ongewis was hoeveel er nog meer nodig is om de smienten te herbergen, aangezien die vooral 's nachts foerageren. Als men er echter van uit gaat dat ganzen zijn te concentreren op een beperkt gebied, dan is er aanmerkelijk minder nodig. Op basis van de maximale opvangcapaciteit opgesplitst naar graslandtype en regio, kwam Alterra uit op een schatting van 75.000 ha cultuurgrasland, of meer als ook natuurgrasland als opvanggebied werd aangemerkt (Ebbinge & van der Greft-van Rossum 2004).

Het beleid is ervan uitgegaan dat ganzen stuurbaar zijn en dat ze geconcentreerd kunnen worden in bepaalde gebieden door een gerichte verjaging daarbuiten. Op basis van bovenstaande schatting van Alterra hebben de provincies gezamelijk vanaf het seizoen 2005/06 een oppervlak van ongeveer 80.000 ha ingericht als winteropvanggebied. Gepoogd is om dit in tradionele ganzengebieden te realiseren, maar deelname onder de boeren was op vrijwillige basis. Het gaat daarbij om de in het Beleidskader genoemde soorten grauwe gans (*Anser anser*), kolgans (*Anser albifrons*) en smient (*Mareca penelope*), alsmede de vaak samen met deze soorten voorkomende kleine rietgans (*Anser brachyrhynchus*) en brandgans (*Branta leucopsis*).

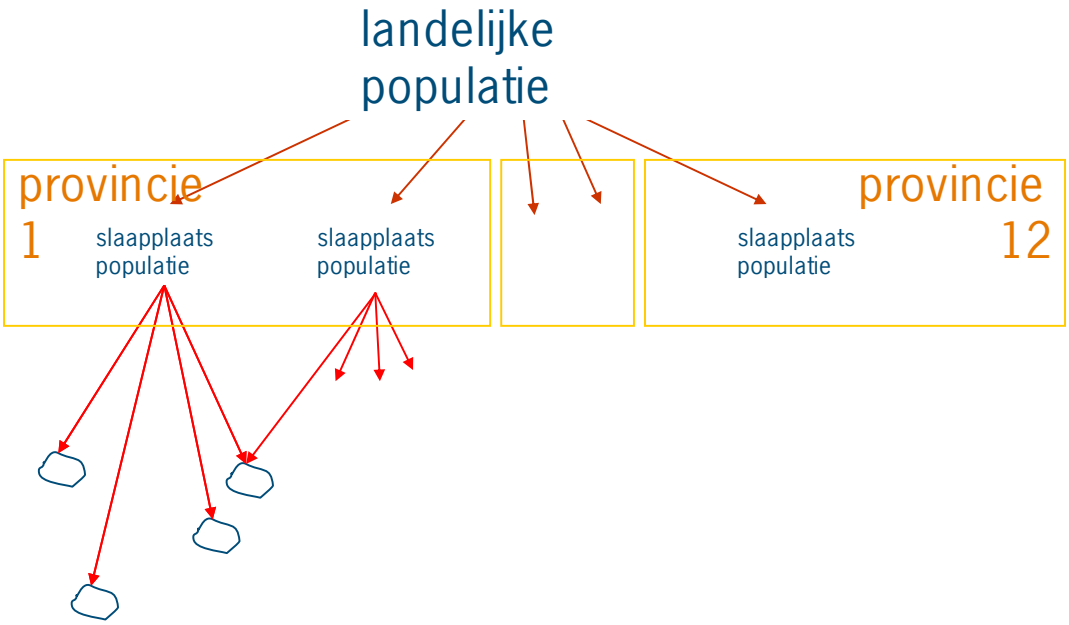
In deze studie berekenen we of de ingerichte opvanggebieden voldoende capaciteit hebben om de in Nederland overwinterende ganzen (van bovengenoemde vier soorten) en smienten te herbergen. Dit is gegeven hun ligging ten opzichte van slaapplaatsen van de vogels.

Voor het modelleren van de capaciteit van de opvanggebieden voor ganzen en smienten gebruiken we een depletiemodel (Sutherland & Anderson 1993; Sutherland & Allport 1994; Percival *et al.* 1996; Gill *et al.* 2001; Goss-Custard *et al.* 2003). Door het foerageren vindt er uitputting ("depletie") van het voedsel plaats. Hierdoor kan er in het model een directe terugkoppeling gemaakt worden tussen foerageerbeslissingen en voedselaanbod. Het model is ruimtelijk expliciet en dynamisch en de vijf soorten beïnvloeden elkaar direct en indirect doordat ze van dezelfde voedselbronnen kunnen eten. Voor de vijf soorten is met het model uit te rekenen waar en wanneer voedseltekorten gaan ontstaan als de vogels zich moeten beperken tot de opvanggebieden.

2 Model

2.1 Model in hoofdlijnen

Ganzen en smienten verblijven gemiddeld langer in Noord-Nederland dan in andere delen van Nederland. Daarom is ervoor gekozen om de waargenomen aantallen per provincie over Nederland te verdelen. Per provincie en per maand worden de aantallen ganzen en smienten vervolgens over de verschillende slaapplaatsen verdeeld (fig. 1).



Figuur 1. Schematische weergave van de opbouw van het depletie-model. De landelijke populaties van vijf soorten ganzen en smienten worden maandelijks verdeeld over de 12 provincies in overeenstemming met de waargenomen aantallen. Binnen een provincie worden deze aantallen vervolgens naar rato van de slaapplaatsomvang verdeeld over de in die provincie gelegen slaapplaatsen. Vanaf de slaapplaatsen kunnen de ganzen en smienten dagelijks uitzwermen over de foerageergebieden. Het model loopt van 1oktober t/m 31 maart. Aan het begin van iedere maand vindt er een herverdeling plaats.

Vanuit de slaapplaatsen vliegen de vogels naar de foerageergebieden. De basisaanname van het model is dat de vogels gedurende de winter in energiebalans proberen te blijven. In het model proberen de vogels evenveel energie op te nemen als ze uitgeven. Kan dit op meerdere percelen worden gerealiseerd, dan kiezen ze steeds die percelen waar ze tegen zo laag mogelijke energieuitgaven in balans kunnen blijven (Nolet 2002). De basiseenheid van het model is dus energie. Aan de ene kant wordt energie uitgegeven voor activiteit, met name het vliegen van en naar de percelen, en voor thermoregulatie. De energieuitgaven zijn afhankelijk van de afstand tussen de slaapplaats en het foerageergebied en van de weersomstandigheden. Aan de andere kant wordt energie opgenomen tijdens het foerageren. De snelheid van

energieopname is afhankelijk van het voedselaanbod en neemt af naarmate het voedsel wordt uitgeput. Op het niveau van de slaapplaats hebben de vogels perfecte kennis over waar de beste percelen liggen.

In het model foerageren vijf soorten eendvogels tegelijkertijd en vindt er dus zowel intraspecifieke als interspecifieke concurrentie plaats. Er kan ook sprake zijn van facilitatie omdat de opnamesnelheid van kleine soorten hoger is op kort gras dan op lang gras en de grote soorten het lange gras kort kunnen grazen. Het model is ruimtelijk expliciet omdat de afstanden tussen slaapplaatsen en foerageergebieden van belang zijn en de soorten op verschillende plaatsen in verschillende verhoudingen voorkomen. En het model is dynamisch omdat er op dagbasis zowel graas als veroudering van de vegetatie plaatsvindt.

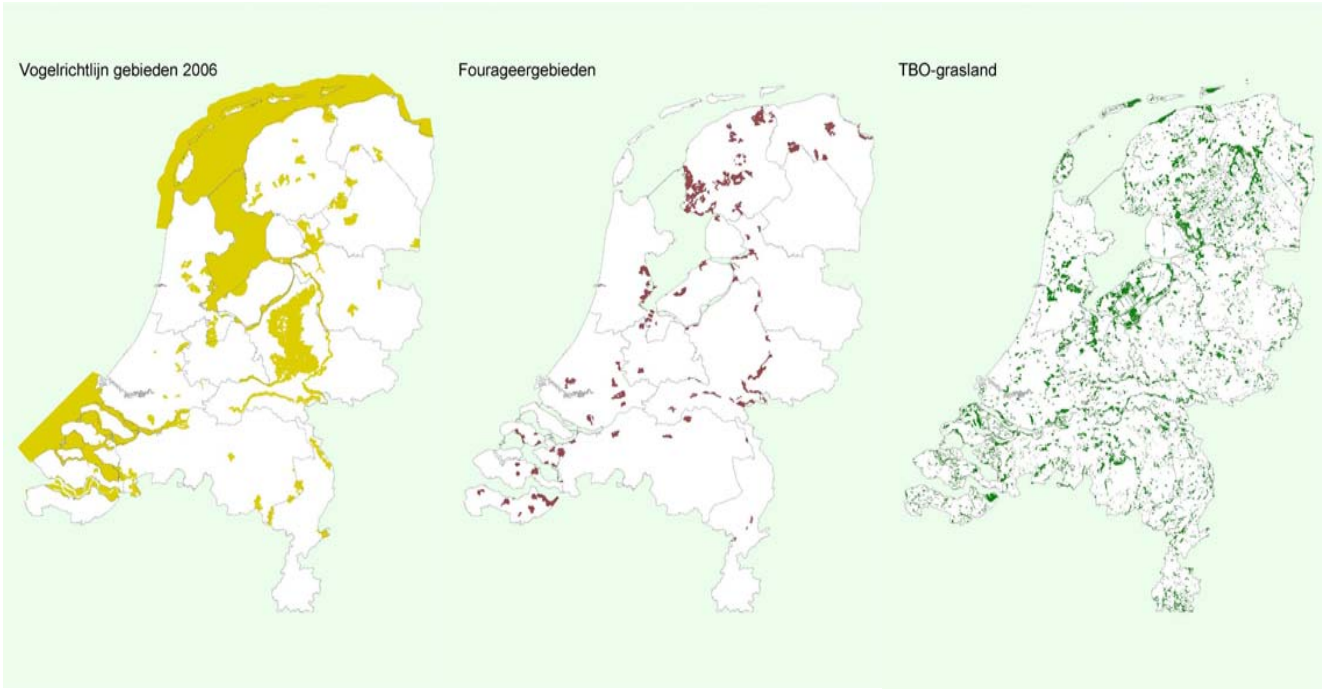
Verspreiding van vogels over de percelen geschiedt volgens een *minimum beslisregel* (Masman *et al.* 1988; McNamara & Houston 1997): alle vogels kiezen het perceel waar ze voor de laagste energieuitgaven in energiebalans kunnen zijn.

2.2 Modelspecificaties

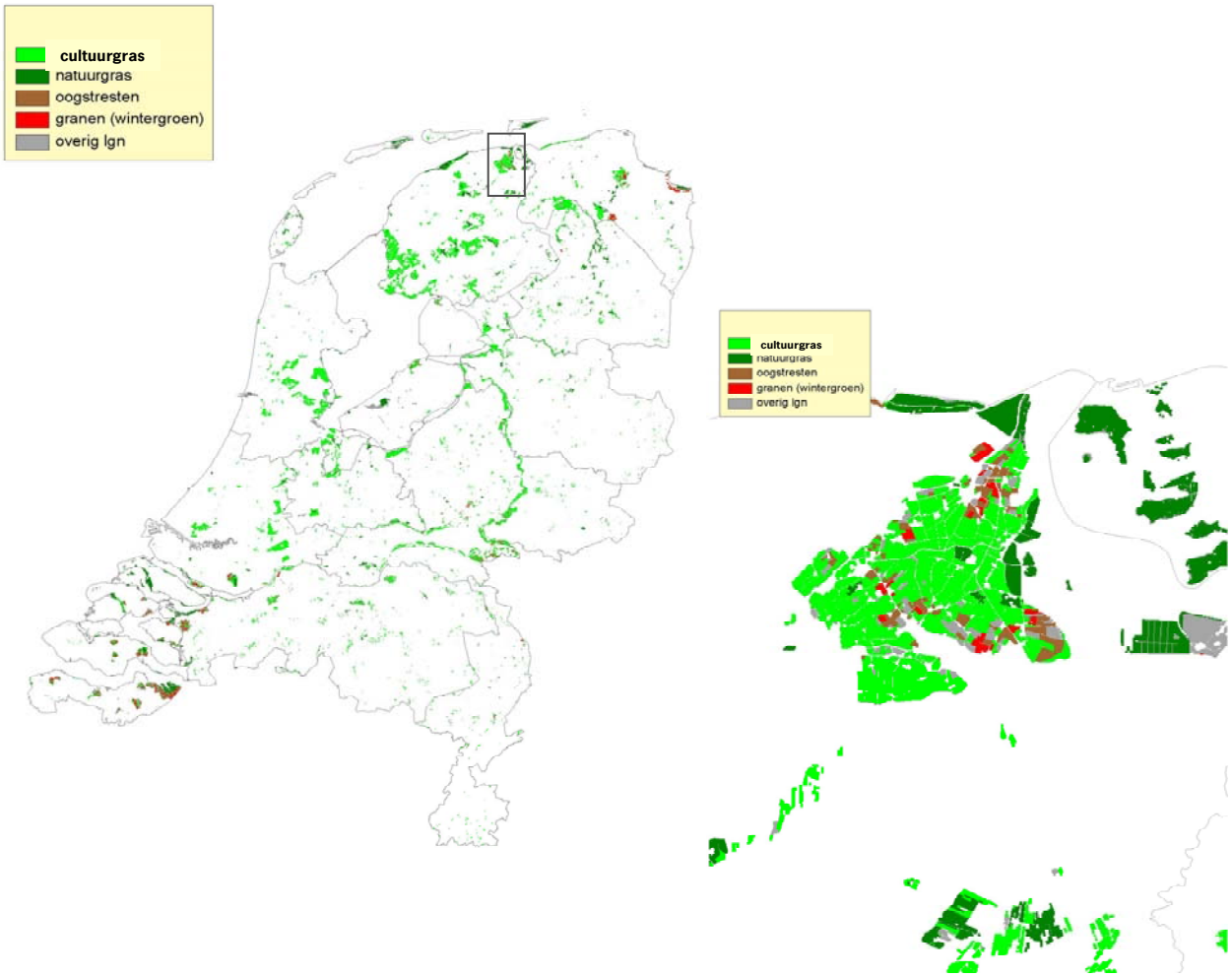
2.2.1 Opvanggebieden

De opvanggebieden zijn een samenvoeging van drie typen gebieden, te weten de speciaal voor de winteropvang van ganzen en smienten aangewezen foerageergebieden, cultuurgronden in Vogelrichtlijngebieden en graslanden binnen gebieden van terreinbeherende organisaties (TBO). Voor een deel overlappen deze categorieën met elkaar. De natuurgronden in de Vogelrichtlijngebieden hebben we niet apart meegenomen, omdat die voor het overgrote deel in gebieden van TBO's liggen en dus al (en op een betere manier) zijn meegenomen. Opgemerkt dient te worden dat de graslanden in TBO-terreinen voor een flink deel ver van slaapplaatsen van ganzen en smienten vandaan liggen en daardoor in het model niet begraasd worden. De opvanggebieden voor rotgans (*Branta bernicla*) in het Waddengebied, voor zover buiten Vogelrichtlijn- of natuurgebieden gelegen, worden niet meegenomen.

De bestanden die we hebben gebruikt zijn polygonen bestanden (in ESRI shapefile format) met de begrenzing van foerageergebieden 2007/08 (aangevuld met die in Zuid-Holland voor 2008/09) en het TBO-weiland kaal bestand (SOVON), en rasterbestanden met de oppervlakten met geschikt landgebruik volgens het LGN5 bestand (zie onder) van 2003/04 in Vogelrichtlijngebieden (fig. 2). De codering is Vogelrichtlijngebied (0/1), Foerageergebied (0/1), TBO-gras (0/1) en LGN-categorie (0/1/2/3/4, waarbij 0 = niet geschikt, 1 = cultuurgras, 2 = natuurgras, 3 = oogstresten, 4 = wintergroen). Deze categorieën staan voor samenvoegingen van LGN-codes: cultuurgras is code 1 ("gras") of 44 ("veenweidegebied"), natuurgras is code 30 ("kwelder") of 45 ("overig open begroeid natuur"), oogstresten is code 3 ("aardappelen") of 4 ("bieten") en wintergroen is code 5 ("granen"). Alle GIS bewerkingen zijn uitgevoerd in ArcView.



Figuur 2. Geografische informatie die als basis is gebruikt om het opvanggebied voor ganzen en smienten te bepalen.



Figuur 3. Resulterende opvanggebied voor ganzen en smienten, opgesplitst naar cultuurgrasland (lichtgroen), natuurgrasland (donkergroen), akkers met oogstresten (bruin) en akkers met wintergroen (rood). De grijze percelen zijn ongeschikt voor ganzen en smienten. Inzet (rechts) toont in meer detail Dongeradeel.

De ruimtelijke eenheid van het depletiemodel is km-hokken. De shapefiles zijn eerst vergrid naar een 25x25 m raster. Om smalle lijnvormige percelen (veelal grasranden langs wegen of bossages) kwijt te raken, is eerst een "*shrink*" van 1 cel (25 m) uitgevoerd. Vervolgens zijn te kleine samenhangende eenheden (<5 ha) (Vickery & Gill 1999) uitgesloten: om te voorkomen dat vlakbij elkaar gelegen gebieden ieder afzonderlijk als te klein zouden worden aangemerkt, is er een "*expand*" van 2 cellen (50 m) uitgevoerd om nabijgelegen eenheden aaneen te rijgen en daarna weer een "shrink" van 1 cel (25 m) om weer op het oorspronkelijke oppervlak te komen. Wat resteert is het netto accommodatiegebied, met per km-hok het beschikbare oppervlak aan cultuurgras, natuurgras, oogstresten en wintergroen (fig 3). Deze oppervlakken per voedselbron, in een km-hok, worden in het vervolg aangeduid als percelen.

Tabel 1. Oppervlakte opvanggebied voor overwinterende ganzen en smienten in Nederland gelegen binnen speciaal aangewezen foerageergebieden (F), Vogelrichtlijngebieden (VR) en gebieden van terreinbeherende organisaties (TBO). Een groot deel van de laatste terreinen liggen zo ver van slaapplaatsen van ganzen en smienten vandaan dat ze niet worden bezocht. Niet voor ganzen of smienten geschikt landgebruik is buiten beschouwing gelaten.

Type opvanggebied	Cultuurgras (ha)	Natuurgras (ha)	Oogstresten (ha)	Wintergroen (ha)	Overig (ha)	Totaal (ha)
Exclusief F-gebied	45 797	530	4 670	4 831	10 263	**66 090**
F-gebied en VR- en/of TBO-gebied	12 269	4 205	290	303	3 994	**21 061**
Alleen VR- en/of TBO-gebied	51 114	25 917	1 145	1 053	8 332	87 560
Totaal opvanggebied	109 180	30 651	6 104	6 187	22 589	174 711

2.2.2 Slaapplaatsen

Ganzen foerageren overdag en slapen 's nachts veelal op het water in kleinere of grotere concentraties. De lokaties van deze zogenaamde slaapplaatsen van ganzen is volgens (Koffijberg *et al.* 1997) (fig 4a). De slaapplaatsen verschillen in grootte. (Koffijberg *et al.* 1997) geven per soort een aanduiding van de grootte in klassen. Deze hebben we als volgt overgenomen: klasse A: 500, B: 2500, C: 7500 en D: 20000.

In tegenstelling tot ganzen foerageren smienten vooral 's nachts en slapen overdag. Een afzonderlijk overzicht van de slaapplaatsen van smienten ontbreekt. Daarom hebben we gebruikt gemaakt van overdag gedane tellingen om slaapplaatsen voor smienten aan te wijzen. Hiertoe is gebruik gemaakt van de midwinter telling van smienten uit januari 2006 (fig. 4b). De aantallen zijn gesommeerd per SOVON-hoofdtelgebied en de (model) slaapplaats is gepositioneerd op het geometrische zwaartepunt ervan. Bij de smienten is niet gekozen voor een indeling in klassen, maar is gewerkt met de relatieve grootte op grond van de midwintertelling. De hoofdtelgebieden met minder dan 500 individuen zijn buiten beschouwing gelaten.

De aantallen worden over Nederland verdeeld volgens de waargenomen aantallen in een gegeven maand per provincie. Hiervoor zijn SOVON tellingen (getelde plus geimputte aantallen) gebruikt (tabel 2). Per provincie en per maand worden de aantallen ganzen en smienten naar rato van de slaapplaatsgrootte over de verschillende slaapplaatsen verdeeld (fig. 1).

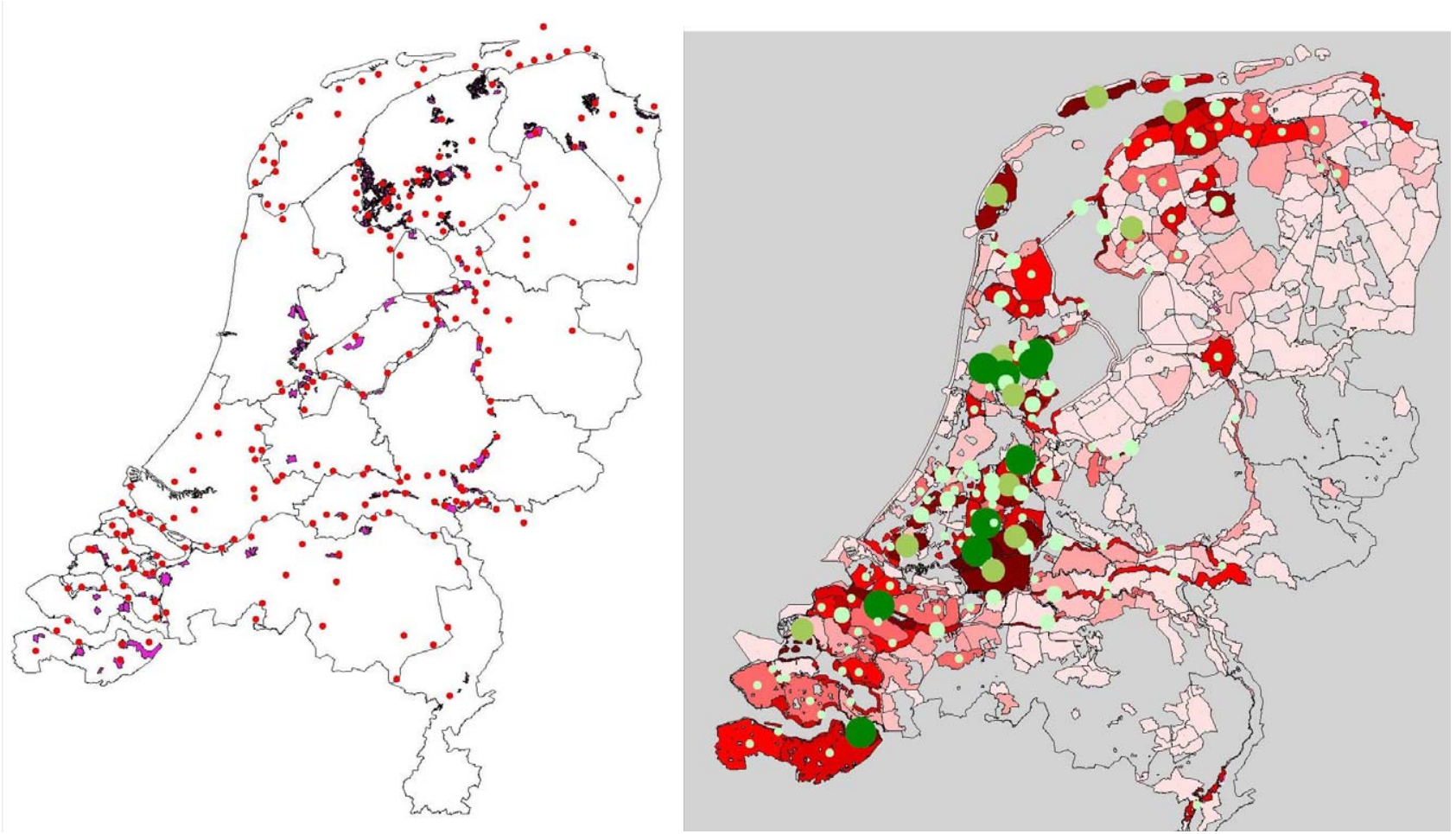
2.2.3 Winters

Het model omvat de winterperiode van 1 oktober t/m 31 maart.

Tijdens vorstperioden verplaatsen ganzen en smienten zich naar ZW-Nederland of zelfs verder zuidelijk en westelijk. Daarom modelleren we drie soorten winters: een zachte winter, een normale winter en een koude winter. Als modelwinters hebben we gekozen voor respectievelijk 2006/07, 2005/06 en 1995/96. Omdat de populaties over het algemeen toenemen met de jaren, zijn de opgegeven aantallen geschaald naar de winter van 2005/06, d.w.z. voor 1995/96 nemen we de opgegeven aantallen $\times (1 + \lambda_i)^{10}$, waarbij λ_i de jaarlijkse groei van de vijf soorten *i* is, te weten 12% voor de grauwe gans, 10% voor de kleine rietgans, 5% voor de kolgans, 9% voor de brandgans en 0% voor de smient (Fig. 4.2 in: van Roomen *et al.* 2007). Aangezien er ook sprake is van jaarlijkse variatie rond deze groeipercentages, hebben we de aantallen van 2006/07 niet geschaald maar de opgegeven aantallen gebruikt

Op eenzelfde wijze berekenen we de aantallen in de nabije toekomst (2015/16), onder de aanname van een gelijkblijvende groei, dus voor een normale winter de opgegeven aantallen van 2005/06 $\times (1 + \lambda_i)^{10}$.

Voor de drie modelwinters worden bijbehorende weersgegevens gebruikt, afkomstig van 10 KNMI weerstations.



Figuur 4. a) (links) Ligging van slaapplaatsen van ganzen (Koffijberg et al. 1997). b) (rechts) Ligging van "slaapplaatsen" van smienten. De smientenslaapplaatsen zijn toegewezen aan het geometrisch zwaartepunt van de SOVON hoofdtelgebieden. De grootte van de stip reflecteert het getelde aantal. Gebaseerd op de januari-telling uit 2006 (data SOVON).

Tabel 2. Maximum aantallen van vijf soorten ganzen en smienten in drie winters in de verschillende provincies en in Nederland als geheel, gecorrigeerd voor niet-getelde gebieden (data SOVON). De aantallen uit 1995/96 zijn tien maal vermenigvuldigd met de waargenomen jaarlijkse populatiegroei, dus opgeschaald naar 2005/06, voordat ze in het model zijn ingevoerd (zie tekst).

	Groningen	*Friesland*	*Drenthe*	*Overijssel*	*Fevoland*	*Noord-Holland*	*Utrecht*	*Gelderland*	*Limburg*	*Noord-Brabant*	*Zuid-Holland*	*Zeeland*	*Nederland*
1995/96													
Grauwe Gans	18 295	14 843	152	2 380	14 013	7 074	2 979	5 569	3 413	10 183	33 844	43 385	144 420
Kl. Rietgans	36	22 906	3	8	0	106	5	25	8	31	399	88	23 252
Kolgans	38 596	193 577	27 237	126 879	27 133	15 017	45 026	177 762	4 511	57 201	70 828	33 101	733 425
Brandgans	27 316	165 024	233	1 425	14043	2 489	3 118	2 245	66	5 998	71 221	11 625	237 952
Smient	72 472	261 727	7 334	18 240	11 753	237 236	45 137	45 926	4 041	37 384	240 545	136 694	1 000 025
2005/06													
Grauwe Gans	22 547	38 106	1 217	13 936	11 724	37 780	15 086	43 088	12 133	29 561	62 517	98 389	316 466
Kl. Rietgans	271	49 014	17	5	214	20	9	18	3	9	670	364	49 184
Kolgans	53 398	370 922	21 872	61 822	11 732	48 131	46 090	190 763	17 526	63 574	75 401	61 254	850 164
Brandgans	27 144	360 221	925	3 980	6 480	23 621	7 616	12 464	913	8 899	90 041	29 593	535 295
Smient	56 735	229 930	6 602	15 792	13 509	261 314	74 274	47 440	4 767	19 733	264 365	106 091	990 684
2006/07													
Grauwe Gans	28 045	36 192	2 161	13 291	10 348	47 644	15 105	45 708	10 059	35 710	75 109	64 280	345 835
Kl. Rietgans	7	46 017	18	205	315	188	1	3	1	2	849	1 450	48 074
Kolgans	43 750	348 359	23 334	65 725	18 235	35 756	48 010	151 144	18 042	51 304	69 369	46 291	820 533
Brandgans	81 993	243 463	3 563	2 078	8 015	23 611	7 370	9 893	908	8 804	72 266	27 238	388 401
Smient	54 675	130 873	3 882	17 267	22 750	229 471	47 032	48 237	4 784	17 858	202 296	88 689	801 799

2.2.4 Opnamesnelheid op gras en wintergroen

De hapgrootte S (g; alle biomassa is in drooggewicht) is een functie van de grashoogte L (m) (Durant *et al.* 2003; Van Gils *et al.* 2007):

$$S = \frac{a.L}{1 + b.L}$$

waarbij a and b regressie-coefficienten zijn. Uitgaande van een proces 3 foerageren (hapgrootte gelimiteerd) (Spalinger & Hobbs 1992) wordt de totale hanteertijd T_h (s):

$$T_h = T_c + \frac{1}{R_{\max}} S$$

waarbij T_c de haptijd (s) is en $R_{\max}$ de maximale kauwsnelheid (in afwezigheid van happen in g/s). De haptijd T_c is daarbij een functie van de grashoogte L, vermoedelijk omdat de vogels selectiever worden (Durant *et al.* 2003):

$T_c = T_{c0} + c.L$ (Box 1 in: Heuermann 2007).

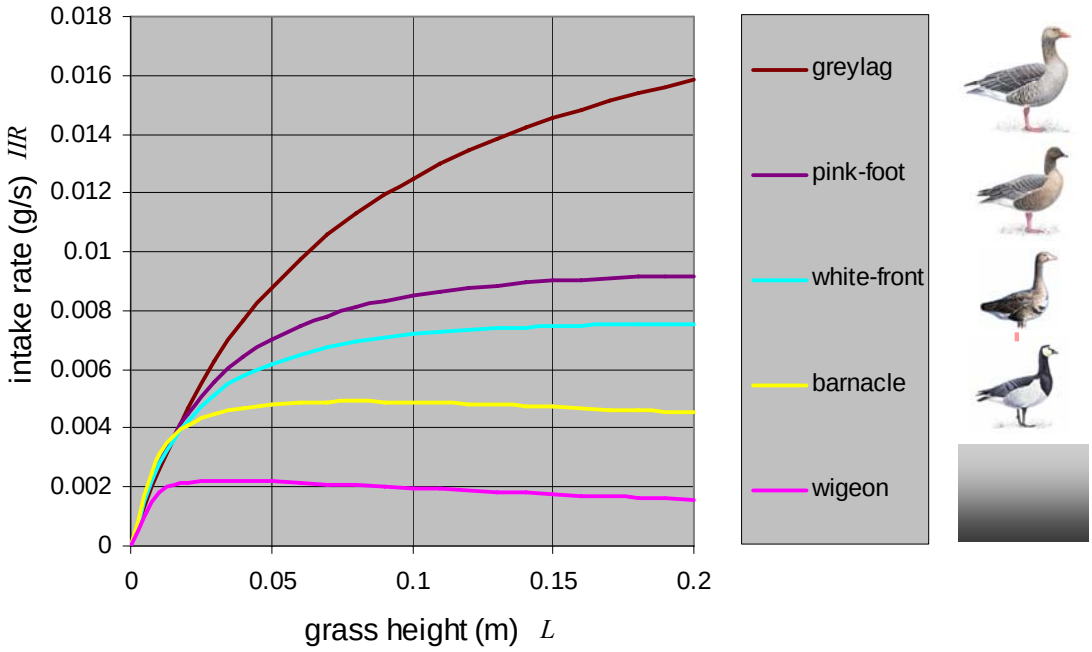
Ook moet er nog rekening mee worden gehouden dat ganzen tijdens het foerageren regelmatig opkijken om de omgeving in de gaten te houden. De verhouding alert : feeding varieert van 0.22 tot 0.03 en wordt lager naarmate de groepsgrootte toeneemt (Spilling *et al.* 1999) en de daglengte afneemt (Owen *et al.* 1992; Riddington *et al.* 1996; Cope 2003). Tijdens alertheid is de hartslag vrij hoog (Ely *et al.* 1999) en daarom wordt het als onderdeel van het foerageren i.p.v. als onderdeel van het rusten gemodelleerd. De opnamesnelheid wordt berekend over de tijdspanne feeding + alert, uitgaande van een minimum aandeel alert van 0.05. Deze processen samen resulteren in een type 4 functionele respons, met de instantane opnamesnelheid *IIR* (g/s) als functie van de grashoogte L:

$$IIR = \frac{S(L)}{\alpha.T_h(S)} = \frac{1}{\alpha}\{\frac{1 + b.L}{a.L}(T_{c0} + c.L) + \frac{1}{R_{\max}}\}^{-1}$$

waarbij α de factor is waarmee de feeding time wordt vermenigvuldigd om de alert time mee te nemen (α = 1.05) (fig. 5). Zie voor de parameterwaarden per soort tabel 3.

Als beginwaarde van L werd de hoogte van het gras in oktober gebruikt, opgesplitst naar cultuurgras en natuurgras (zie Bijlage 1).

Smienten worden aangenomen alleen op gras (cultuurgras en natuurgras) te foerageren.



Figuur 5. De functionele respons (de relatie tussen de snelheid van voedselopname en het voedselaanbod) van vijf soorten, gebaseerd op literatuurwaarden. Voedselaanbod is uitgedrukt in graslengte. De opnamesnelheid is gecorrigeerd voor de tijd die de vogels minimaal besteden aan rondkijken. Greylag goose = grauwe gans, pinkfooted goose = kleine rietgans, white-fronted goose = kolgans, barnacle goose = brandgans, wigeon = smient. In het model foerageren de ganzen overdag en smienten 's nachts.

Tabel 3. Parameterwaarden van de vijf soorten.

	smient *Mareca penelope*	brandgans *Branta leucopsis*	kolgans *Anser albifrons*	kleine rietgans *Anser brachy-rhynchus*	grauwe gans *Anser anser*
lichaamsgewicht M (g) [1]	624	1650	2094	2612	3367
functionele respons parameter a (g/m)	0.309 [2]	0.333 [2]	0.246 [3]	0.228 [3]	0.250 [2]
functionele respons parameter b (g/m)	135 [2]	76 [2]	29 [4]	21 [4]	10 [2]
functionele respons parameter c (s/m)	3 [5]	1 [5]	0.5 [6]	0.5 [6]	0 [5]
minimale haptijd T_{c0} (s)	0.54 [2,7,8]	0.48 [2,9,10]	0.59 [11]	0.59 [11]	0.80 [2]
maximale kauwsnelheid R_{max} (g/s)	0.011 [2]	0.022 [2]	0.032 [12]	0.039 [12]	0.083 [2]
basaalmetabolisme BMR (J/s)	3.16 [13]	5.18 [14]	6.14 [15]	7.35 [15]	9.02 [16]
spanwijdte (m) [17]	0.805	1.385	1.475	1.525	1.635
vliegsnelheid v (m/s) [18]	17.7	19.0	15.0	18.8	19.2
vliegmetabolisme VMR (J/s) [19]	38.2	60.8	76.1	97.7	123.7
maximum vliegafstand tot slaapplaats V_{max} (m)	15 000 [20]	30 000	30 000	30 000	30 000

[1] gemiddelde gewicht van adulte vogels in de winter (Cramp & Simmons 1977)
[2] *(Durant et al. 2003)*
[3] gebaseerd op allometrische vergelijking: $\log a = -0.332 \log M + 0.493$ ($R^2 = 0.66$, $N = 4$)
[4] gebaseerd op allometrische vergelijking: $\log a = -1.49 \log M + 6.40$ ($R^2 = 0.85$, $N = 3$)
[5] gefit op data (Durant *et al.* 2003)
[6] interpolatie
[7] (Jacobsen 1992)
[8] (Durant & Fritz 2006)
[9] (Lang & Black 2001)
[10] (Van der Graaf *et al.* 2006)
[11] gemiddelde van andere soorten
[12] gebaseerd op allometrische vergelijking: $\log R_{max} = 0.871 \log M - 4.38$ ($R^2 = 0.84$, $N = 4$)
[13] Brunckhorst (1995) geciteerd in (Stahl *et al.* 2001)
[14] (Nolet *et al.* 1992)
[15] gebaseerd op allometrische vergelijking: $\log BMR = 0.755 \log M - 1.642$ ($R^2 = 0.97$, $N = 9$)
[16] (Bruinzeel *et al.* 1997)
[17] (naar Cramp & Simmons 1977)
[18] (Clausen *et al.* 2002)
[19] (Norberg 1996)
[20] (Boudewijn *et al.* 2009)

2.2.5 Opnamesnelheid op oogstresten

De instantane opnamesnelheid *IIR* (g/s) op oogstresten wordt gemodelleerd als een type 1 functionele respons:

$$IIR = a \,.\, D$$

waarbij de attack rate a geschaald wordt naar die van kleine zwanen (*Cygnus bewickii*) - de enige soort waarvoor goede opnamesnelheden voorhanden zijn (Nolet *et al.* 2002) - met een massa-exponent van 0.71 (Van Gils *et al.* 2007). De opnamesnelheid van kleine zwanen is 462 J/s = 0.035 g/s bij een biomassa van 16.4 g/m^2 (dit is de

beginbiomassa uit een studie van rietganzen ("flail harvested fields") (Gill *et al.* 1996), onder aanname van een droge stofgehalte van 0.15 g/g (Claassen 1997). Dit geeft a = 0.00214 m^2/s en dus 0.00214 × $M^{0.71}$/ $6050^{0.71}$ (M is lichaamsgewicht in g). De eindbiomassa in de Britse studie was overigens 7.3 g/m^2.

Alleen grauwe ganzen eten van oogstresten in het model.

2.2.6 Dagelijkse balans

Aangenomen wordt dat de vogels energetisch in balans zijn, dus dat per dag de metaboliseerbare energieopname (*MEI* in J/dag) gelijk is aan de energetische uitgave (*DEE* in J/dag). Op een dag met duur T (s/dag) wordt een deel besteed aan rusten, een deel aan vliegen (T_v in s/dag, van en naar de slaapplaats) en een deel aan foerageren (T_f in s/dag).

De dagelijkse opname aan metaboliseerbare energie (*MEI* in J/dag) is het product van de instantane opnamesnelheid (nu in termen van metabole energie) en de dagelijkse foerageertijd T_f:

$$MEI = q.e.IIR.T_f$$

waarbij q de assimilatie is en e (J/g) de energetische inhoud van het voedsel. T_f is een functie van de energiebalans (zie onder).

De vertering verandert niet in de loop van de winter en het stikstofgehalte varieert per voedseltype, maar niet per regio of maand (Bos *et al.* 2009). De metabole energie $q.e$ wordt geschat uit het N-gehalte (op afdw-basis) volgens (Prop & Deerenberg 1991). Dit geeft voor cultuurgras 7300 J/g en voor natuurgras 7200 J/g (Bos *et al.* 2009), beide dichtbij de 6700 J/g van (Prop & Vulink 1992). De metabole energie voor de andere twee voedselbronnen is gebaseerd op literatuurwaarden: wintergroen $q.e$ = 0.51 × 18700 = 9500 J/g en oogstresten $q.e$ = 0.84 × 15900 = 13400 J/g (Van der Heijden 1998; Nolet *et al.* 2002).

De dagelijkse energieuitgaven (*DEE* in J/dag) zijn:

$$DEE = (T - T_f - T_v).RMR + T_f.FMR + T_v.VMR$$

waarbij *RMR* (J/s) het rustmetabolisme is, *FMR* (J/s) het veldmetabolisme als functie van de weersomstandigheden (zie Thermoregulatie) en *VMR* (J/s) het vliegmetabolisme (zie boven). *RMR* is 1.4 × *BMR*, het basaalmetabolisme, en *FMR* in de thermoneutrale zone is 1.9 × *BMR* (Stahl *et al.* 2001).

Een groot deel van de energieuitgaven komt voor rekening van het vliegen. De vliegtijd T_v (s/dag) is:

$$T_v = \frac{2V}{v}$$

waarbij V de afstand (m) is tussen de slaapplaats en de foerageerplek en v de vliegsnelheid (m/s) (Clausen *et al.* 2002). De vliegkosten *VMR* (J/s) zijn allometrisch geschaald naar lichaamsgewicht en spanwijdte aan de hand van empirische gegevens van andere vogelsoorten (Norberg 1996; Clausen *et al.* 2002). Zie voor de parameterwaarden per soort: tabel 3.

De vogel is in balans (*MEI* = *DEE*) als er zoveel tijd aan foerageren wordt c.q. kan worden besteed dat de *netto* opbrengst van het foerageren de kosten van rusten en vliegen dekken. Maar omdat de ganzen alleen overdag (en de smienten alleen 's nachts) foerageren is de foerageertijd echter beperkt:

$$T_f = \min\{\frac{(T - T_v).RMR + T_v.VMR}{q.e.IIR - (FMR - RMR)}, T_l\}$$

waarbij T_l de beschikbare tijd is (daglengte voor ganzen en nachtlengte voor smienten). T_f kan dus te kort zijn om in de energiebehoefte te voorzien. De vogels gaan uiteraard alleen ergens foerageren als dit *netto* energie oplevert: $q.e.IIR - (FMR - RMR) > 0$. Daglengte wordt berekend uit de dagelijkse KNMI weergegevens, als zonneschijnduur × 100 / percentage van de langst mogelijke zonneschijnduur.

Door het principe van energiebalans kunnen de energieuitgaven gezien worden als een functie van de energieopname. Na herrangschikking van de formule van *DEE*:

$$DEE = T_f(FMR - RMR) + (T - T_v).RMR + T_v.VMR$$

en substitutie van T_f krijgen we:

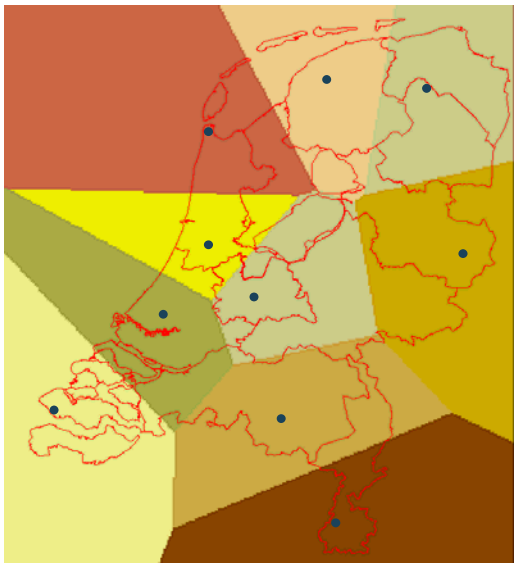
$$DEE = \frac{(T - T_v).RMR + T_v.VMR}{q.e.IIR - (FMR - RMR)}.(FMR - RMR) + (T - T_v).RMR + T_v.VMR = \frac{(T - T_v).RMR + T_v.VMR}{1 - \frac{FMR - RMR}{q.e.IIR}}$$

2.2.7 Thermoregulatie

Bij koud weer met veel wind en weinig straling van de zon kunnen de kosten om de lichaamstemperatuur te handhaven uitstijgen boven het standaard veldmetabolisme *FMR*. Daarom berekenen we aan de hand van een theorie over warmteuitwisseling het metabolisme *TMR* dat nodig is om een vogellichaam op 40 °C te houden (Robinson *et al.* 1976; Cartar & Morrison 1997; van der Graaf *et al.* 2001). Als *TMR* hoger is dan de standaard *FMR* (in de actieve periode van het etmaal), dan wordt *FMR* gelijkgesteld aan *TMR*. *TMR* is een functie van de luchttemperatuur T_a (°C), de windsnelheid u_{hc} (m s^{-1}) op h_c = 10 m en de globale straling R_g (W m^{-2}). Het effect van afkoeling door wind is een functie van de vegetatiehoogte. We negeren het

warmteverlies door evaporatie (Cartar & Morrison 1997). Voor verdere details zie Bijlage 2.

De weersgegevens zijn afkomstig van de tien belangrijkste weerstations van het KNMI verspreid over het land. Het betreft de etmaalgegevens van gemiddelde temperatuur, gemiddelde windsnelheid op 10 m (20 m in de Bilt), en de zonneschijn uitgedrukt in aantal uren en als percentage van het potentieel aantal uren zonneschijn. De zonneschijngegevens worden gebruikt om de globale straling te berekenen met behulp van de Angström formule (Van Keulen & Wolf 1986). De data worden verdeeld over het land met Thiesen polygonen (ook wel Voronoi diagrammen genoemd) (fig. 6). Voor ieder km-hok in het model worden dus de weersgegevens van het dichtstbijzijnde weerstation gebruikt.



Figuur 6. Het resultaat van de toewijzing van ieder km-hok aan het dichtstbijzijnde KNMI weerstation (zogenaamde Thiessen polygonen).

2.2.8 Perceelkeuze

De vogels kiezen het perceel waar zij een minimale dagelijkse energieuitgave *DEE* hebben, maar toch in energiebalans zijn (*MEI* = *DEE*). De keuze bestaat uit een afweging van vliegkosten van en naar een perceel en de te behalen opnamesnelheid op dit perceel. Dit is inclusief de vliegkosten van en naar de slaapplaats en berekend per dag (van Gils *et al.* 2006; Van Gils & Tijsen 2007).

De verspreiding van vogels over de percelen geschiedt volgens de minimum regel (Masman *et al.* 1988; McNamara & Houston 1997): alle vogels op perceel met minimum *DEE*, gegeven *MEI* = *DEE*; de vogels die niet passen op perceel met een na laagste *DEE* etc. De vogels worden aangenomen over perfecte informatie over de inkomsten en uitgaven op de percelen rond hun slaapplaats te beschikken.

Om te voorkomen dat een onrealistisch aantal vogels een perceel bezoekt en binnen een dag overbegraast, hanteren we hierbij op een gegeven dag een maximum dichtheid van 0.0075 m^{-2} voor cultuurgras/wintergroen, 0.0050 m^{-2} voor natuurgras (Table 8.3, Bos 2002) en (2000/(14×10 000)) = 0.0140 m^{-2} voor oogstresten (Gill *et al.* 1996). Deze maximale dichtheid geldt het totaal aantal individuen, gesommeerd over alle op dit perceel aanwezige soorten. Wanneer er meer vogels dan dit maximum aanwezig zijn, dan kan per soort enkel de fractie maximale dichtheid / totale dichtheid ook werkelijk op het perceel foerageren, de rest moet op zoek naar het een na beste perceel, etc.

2.2.9 Afname biomassa

Bij afwezigheid van begrazing neemt de grashoogte gedurende de maanden oktober t/m februari af met 0.02 cm/dag (Bos *et al.* 2009).

Door begrazing neemt de biomassa verder af. De opname per vogel (g/dag) is:

$$I = IIR.T_f$$

Voor gras en wintergroen moeten we de biomassa converteren naar lengte. De afname in grashoogte (m/dag) is gerelateerd aan de opname als:

$$\Delta L = \frac{N.I}{A.d}$$

waarbij N het aantal vogels is, A het perceeloppervlak (m^2) en d de bladdichtheid (1298 g/m^3; (Heuermann 2007).

Voor een situatie met meer (k) soorten geldt een afname in grashoogte (m/dag):

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=j}^{k} N_i.I_i}{A.d}$$

2.2.10 Tekorten en overschotten

Het model bestempelt iedere individuele vogel die op een dag niet aan zijn voedselbehoefte kan voorzien als een tekort van 1 vogeldag en sommeert deze per slaapplaats over de winter.

De overschotten (onbenutte capaciteit, in % van het aanbod) worden berekend als:

$$(F_{max,i} - F_{i)} / F_{max,i} \times 100\%,$$

waarbij $F_{max,i}$ en F_i de gemodelleerde maximale respectievelijk behaalde foerageerdruk (vogeldagen/m^2) op voedselbron *i* is.

2.2.11 Validatie

Om te bezien of het model realistische graaspatronen produceert, zijn de modeluitkomsten voor de winters van 2005/06 en 2006/07 vergeleken met recente veldgegevens uit 110 km-hokken verspreid over Nederland.

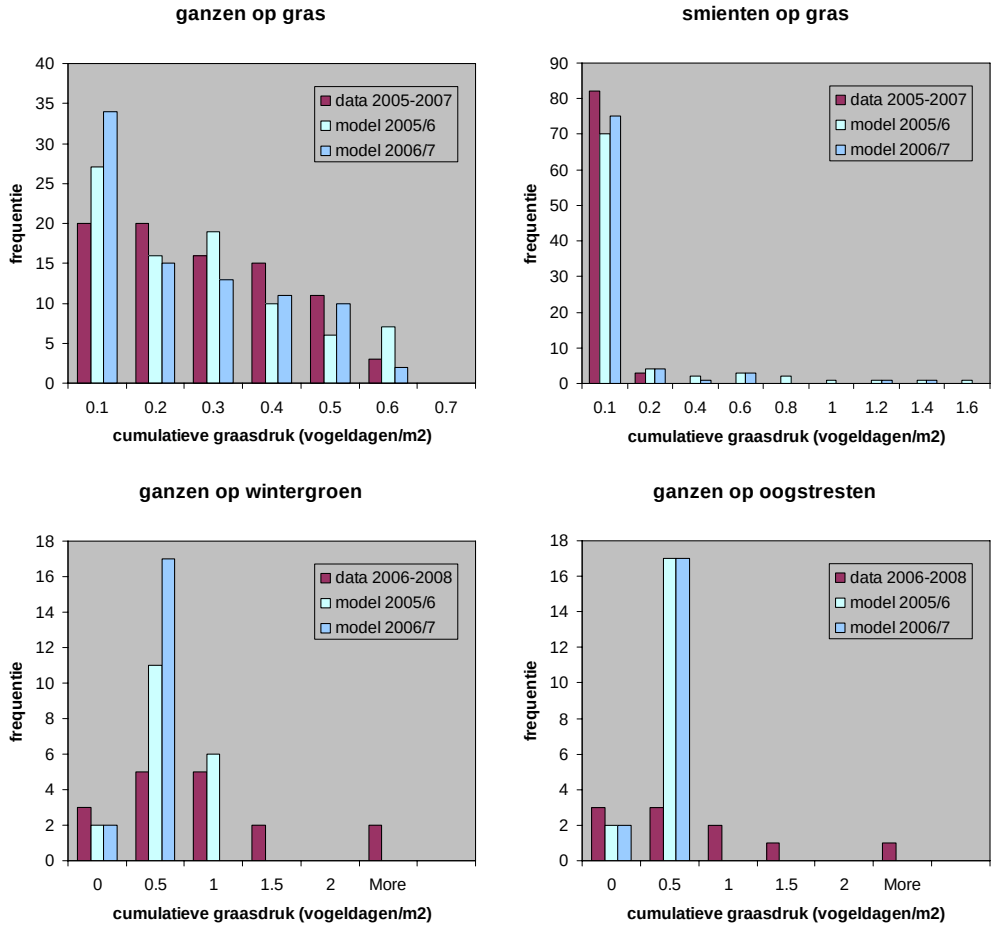
De waargenomen graasdruk is berekend uit cumulatieve keuteldichtheden verkregen uit keuteltellingen op gras in 2005-2007 (Bos *et al.* 2009) en op akkers in 2006-2008 (Visser *et al.* 2009). Om de keuteldichtheden, cumulatief over de hele winter, uit te drukken in vogeldagen/m^2 zijn ze gedeeld door het aantal keutels/vogel/dag, gebaseerd op waargenomen keutelintervallen van ganzen (Ebbinge *et al.* 1975; Visser *et al.* 2009) en smienten (Durant *et al.* 2006). De gebruikte aantallen zijn 135, 90 en 85 voor ganzen op gras, wintergroen en oogstresten, respectievelijk, en 220 voor smienten op gras. Het model levert het totaal aantal gans- en smientdagen per km-hok, gesommeerd over de hele winter. Dit is gedeeld door het aangewezen oppervlak gras resp. akkers binnen het km-hok om ook te komen tot een graasdruk uitgedrukt in gans- of smientdagen/m^2.

Ook is de gemodelleerde verloop van de grashoogte in de ruim 100 km-hokken vergeleken met de gemeten grashoogte (zei Bijlage 1).

3 Resultaten

3.1 Validatie

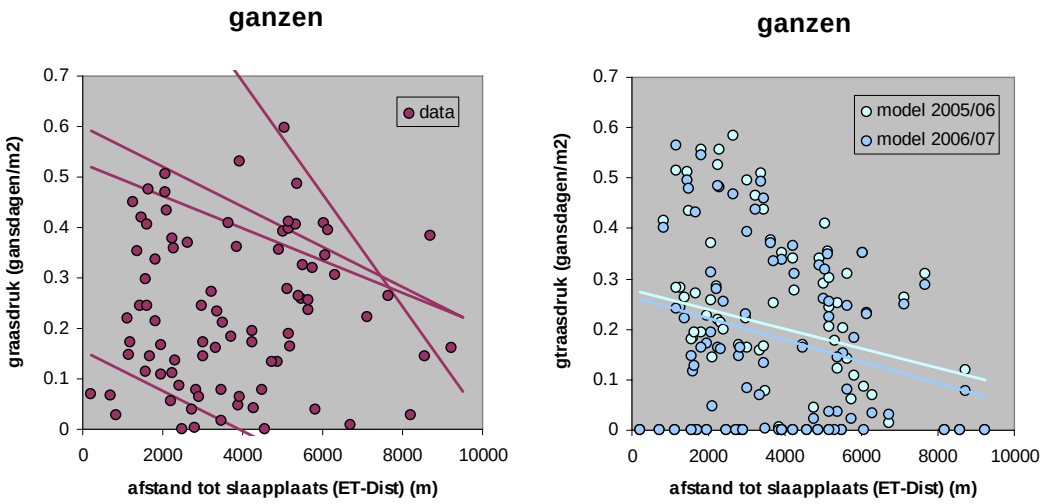
Op gras is de overeenkomst tussen de gemeten en gemodelleerde cumulatieve graasdruk goed voor de ganzen (alle soorten gecombineerd) en in grote lijnen ook voor de smienten (fig 7). Voor de smienten geldt dat de gemodelleerde graasdruk lokaal aanmerkelijk hoger is dan de gemeten waarden. Op akkers vertoont de waargenomen graasdruk juist meer spreiding dan de gemodelleerde graasdruk (fig. 7).



Figuur 7. Vergelijking van waargenomen en voorspelde cumulatieve graasdruk van ganzen en smienten in 85 (gras) resp. 24 (akkers) km-hokken. De waargenomen graasdruk is berekend door de som van het aantal gevonden keutels in gemarkeerde plotjes te delen door de keutelproductie. De voorspelde graasdruk is de modeluitkomst voor twee winters van het aantal vogeldagen gedeeld door het oppervlak gras of akker binnen een km-hok.

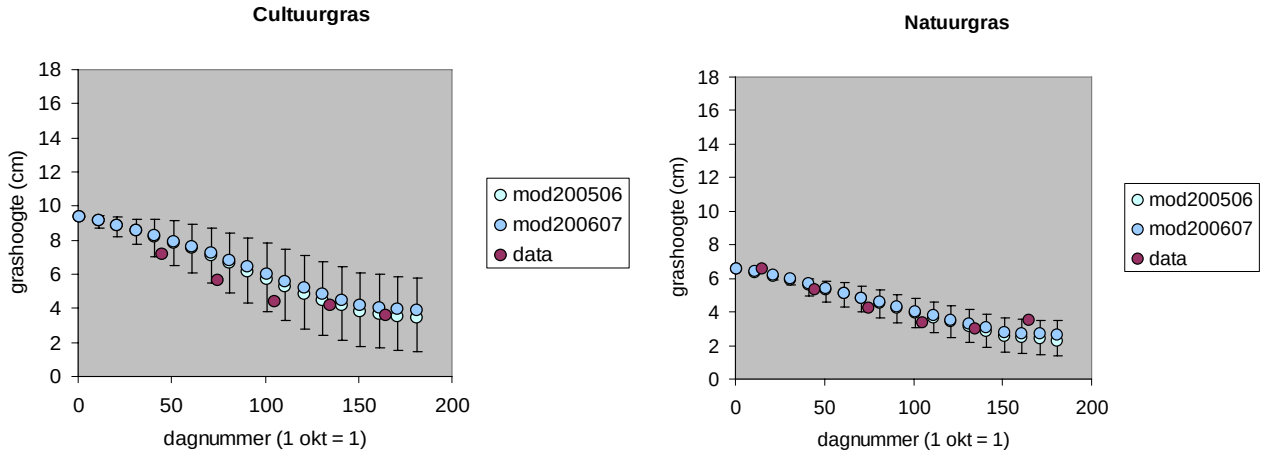
Het model geeft een afname van de graasdruk met de afstand tot de slaapplaats te zien (fig. 8). In werkelijkheid is een dergelijke afname alleen zichtbaar binnen deelgebieden en niet over de hele linie, omdat de deelgebieden onderling sterk in graasdruk

verschillen. De afstand tot waar de ganzen gaan foerageren (grofweg tot ruim 10 km van de slaapplaats), komt wel goed overeen met het gros van de waarnemingen.



Figuur 8. Vergelijking van waargenomen en voorspelde verband tussen cumulatieve graasdruk van ganzen en de afstand tot de slaapplaats in 85km-hokken. Zie ook Figuur 7. De graasdruk neemt over het algemeen af met de afstand tot de slaapplaats. In de data is dat effect alleen zichtbaar binnen onderzoeksgebieden (de vier lijnen), omdat de gebieden onderling sterk verschillen in graasdruk (data uit Bos et al. 2009.).

Ook de afname van de grashoogte in de loop van het winterseizoen is heel goed weerspiegeld in het model (fig. 9). Hierbij dient te worden opgemerkt dat de beginhoogte is geijkt.

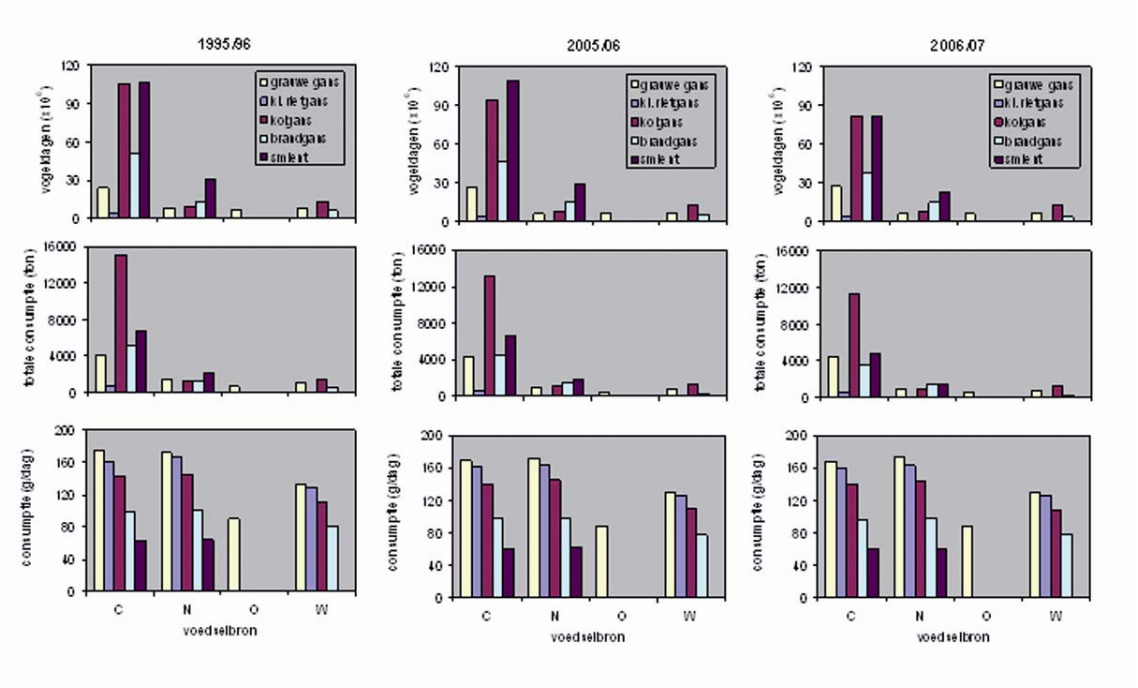


Figuur 9. Vergelijking van waargenomen (gemiddelde) en voorspelde (gemiddelde ± SD) grashoogte op cultuurgras en natuurgras in 119 km-hokken verspreid over Nederland . Zie voor waargenomen grashoogte ook bijlage 1.

3.2 Huidige patronen

De kolgans en de smient zijn in de winter het meest algemeen in Nederland, ook in termen van de som van de vogeldagen (fig. 10, bovenste rij). De totale consumptie van

kolganzen is echter door hun grotere voedselbehoefte ruwweg tweemaal zo hoog als die van smienten (fig. 10, middelste rij). Voor alle soorten geldt dat het grootste deel van de consumptie wordt gedekt door cultuurgras. Grauwe ganzen eten ook van oogstresten. Hun dagelijkse voedselopname is in termen van drooggewicht op oogstresten lager dan op gras of wintergroen, doordat ze meer energie uit de oogstresten kunnen halen (fig. 10, onderste rij).



Figuur 10. Gemodelleerde aantal vogeldagen, totale consumptie en dagelijkse opname per soort per voedselbron (C = cultuurgras, N = natuurgras, O = oogstresten, W = wintergroen) voor drie verschillende winters. 1995/96 staat voor een koude winter, 2005/06 voor een normale winter en 2006/07 voor een zachte winter. De aantallen in 1995/96 zijn opgeschaald naar het niveau van 2005/06 op basis van de jaarlijkse groei van de populaties.

De verspreidingspatronen van de gemodelleerde vogels weerspiegelt in grote lijnen het voorkomen van de verschillende soorten in Nederland (fig. 11): de kleine rietgans is vrijwel geheel beperkt tot ZW-Friesland totdat deze soort wegtrekt naar Vlaanderen (niet getoond). De brandgans en in zekere mate ook de smient zitten vooral in de lage delen van Nederland. De kolgans daarentegen zit ook in grote getale langs de Grote Rivieren. De grauwe gans heeft ook een grote verspreiding, waarbinnen concentraties te onderscheiden zijn in het Eems-Dollard gebied, rond het Lauwersmeer, nabij de Oostvaardersplassen, de Gelderse Poort, het Hollands-Utrechtse laagveengebied en rond Saeftinge. In veel van die gebieden nuttigt deze soort voedsel van akkers.

In de loop van de winter vindt er uitputting plaats van het voedsel als gevolg van de gezamenlijke consumptie van al deze soorten. Het model voorspelt dat aan het einde van de winter (31 maart) de voedselbronnen lokaal behoorlijk zijn uitgeput (fig. 12). Dit is vooral het geval rond het Eens-Dollard gebied, in ZW-Friesland, in Noord-Holland-Noord (incl. Texel), op enkele plaatsen langs de Grote Rivieren zoals in de Gelderse Poort, en in delen van Zuid-Holland en Zeeland.

In dit laatste gebied houdt de mate van depletie verband met de strengheid van de winter: in een koude winter voorspelt het model een duidelijk sterkere depletie in ZW-Nederland dan in een zachte winter, doordat de vogels zich in de Delta concentreren in combinatie met de grotere voedselbehoefte van de vogels (fig. 13).

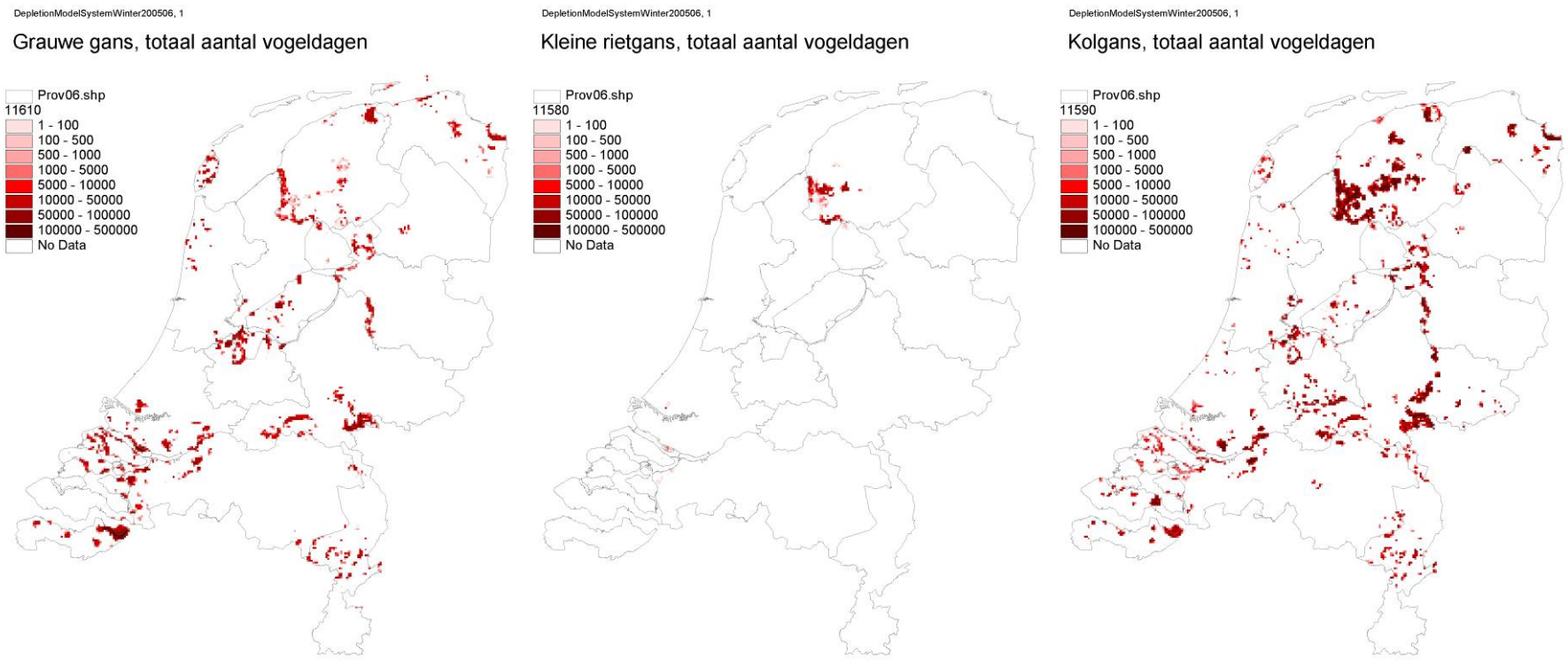
In een normale winter doen zich volgens de modelberekeningen slechts mondjesmaat tekorten voor. De grauwe gans, kolgans, brandgans en smient vertonen tekorten in Noord-Holland-Noord (incl. Texel), terwijl de smient daarnaast tekorten vertoont op de Zuid-Hollandse eilanden (fig. 14). In een koude winter zijn de tekorten ruwweg hetzelfde verdeeld m.u.v. die bij de smient die zich dan voordoen op de Zuid-Hollandse eilanden i.p.v. in Noord-Holland-Noord (niet getoond).

Bij de huidige aantallen zijn de gemodelleerde tekorten, uitgedrukt als percentage van het totaal aantal in Nederland doorgebrachte vogeldagen, zeer gering (<1%) (fig. 15). Alleen bij een zachte winter lopen de tekorten voor de smient op tot bijna 10%. Deze tekorten doen zich in de eerste maand (oktober) voor, verspreid over laag-Nederland (niet getoond). Dit is een gevolg van een ongelukkige verdeling van de smienten over de slaapplaatsen bij een voedselsituatie met lang gras, wat ongunstig is voor smienten. Even later in het seizoen profiteren de smienten van het door begrazing korter geworden gras en lopen de tekorten niet verder op. Deze tekorten van smienten in een zachte winter zijn dus vermoedelijk een artefact.

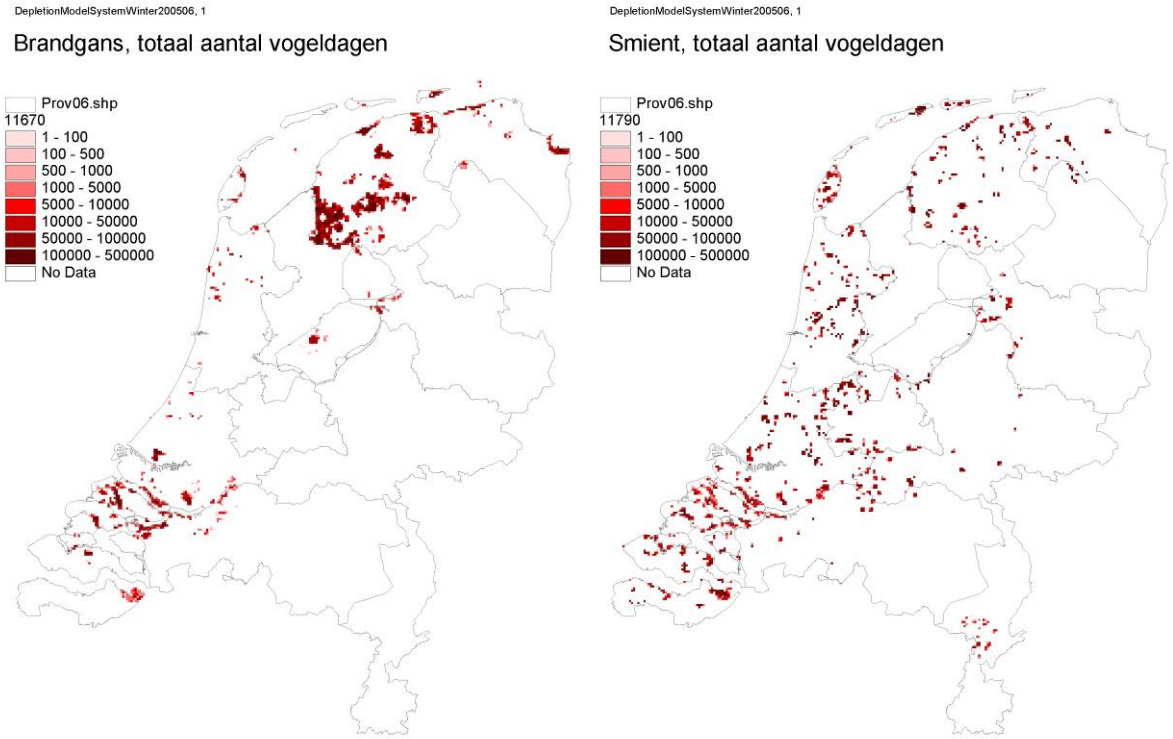
De overschotten bevinden zich in de huidige situatie vooral in de provincies in hoog Nederland (fig. 16). Het overschot is het geringst in Zuid-Holland. Het overschot op oogstresten is klein in Noord-Holland en Utrecht.

Er zijn allerlei redenen te bedenken waarom het aangeboden oppervlak niet geheel effectief kan worden benut, bijvoorbeeld door verstorende elementen aan de randen of een verruiging van het terrein. Een reductie van het effectieve oppervlak van de opvanggebieden heeft slechts een gering effect op de opgelopen tekorten. Pas als slechts 50% van het aangeboden oppervlak werkelijk effectief is gaan er in de huidige situatie bij een normale winter tekorten van >5% optreden (fig 17a).

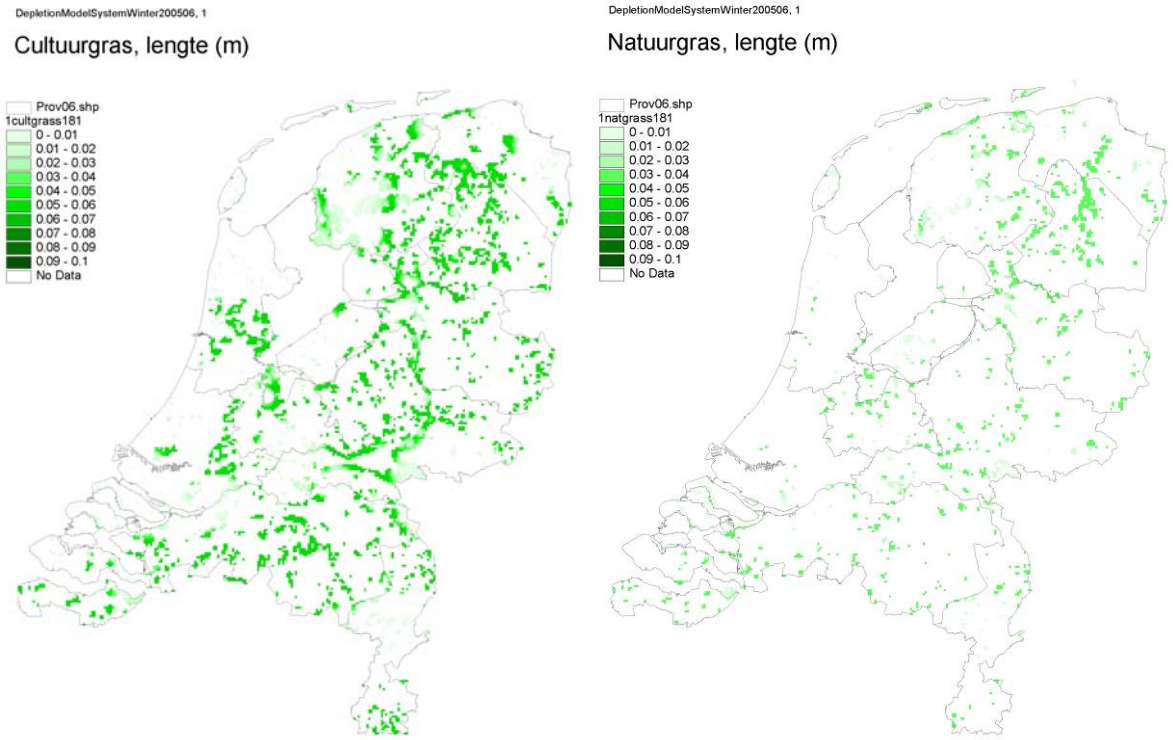
Het model is ook gedraaid zonder wintergroen om het effect daarvan in kaart te brengen. Hieruit blijkt dat de grauwe ganzen ook bij de huidige aantallen sterk afhankelijk zijn van foerageren op akkers en dat ze in een zachte of normale winter tekorten van rond 25% kunnen oplopen indien ze alleen op gras en oogstresten zouden kunnen foerageren (fig 17b). De andere soorten zijn duidelijk minder afhankelijk van wintergroen. Een uitzondering is een koude winter, wanneer relatief veel vogels zich in ZW-Nederland bevinden en de energiebehoefte het grootst is, treden er ook behoorlijke tekorten op bij de kolgans (37%).



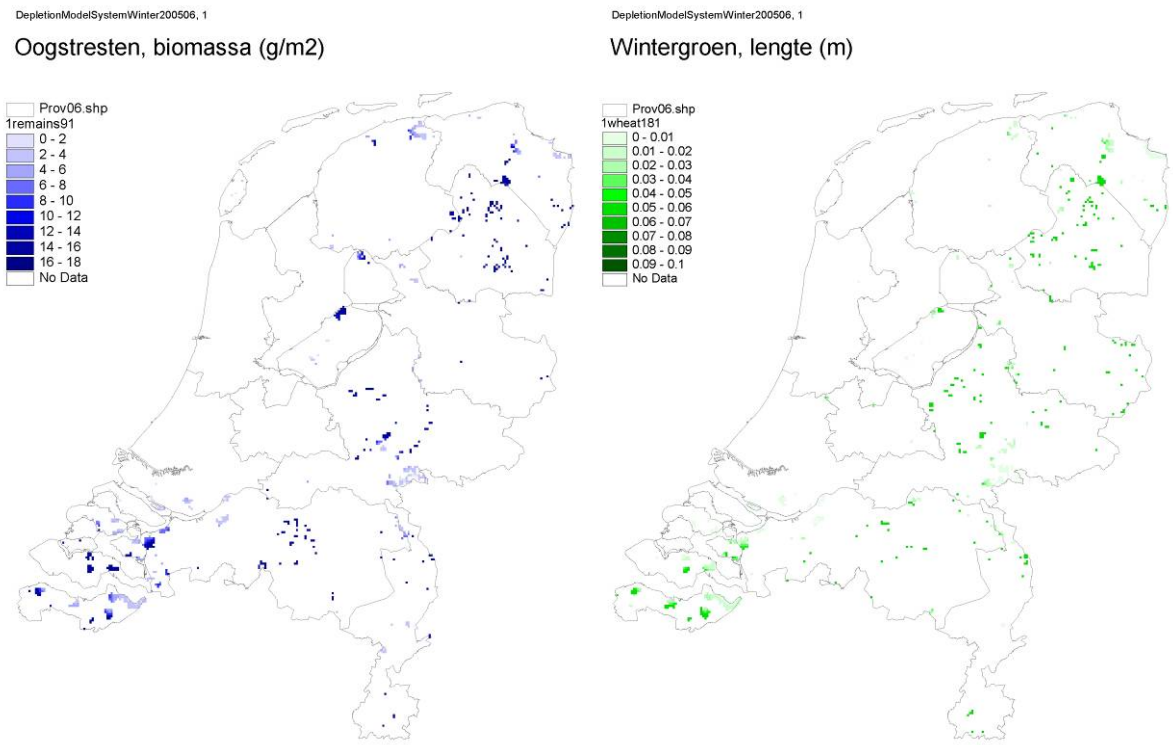
Figuur 11. Gemodelleerde graasdruk in vogeldagen per km-hok in opvanggebieden in een normale winter (2005/06).



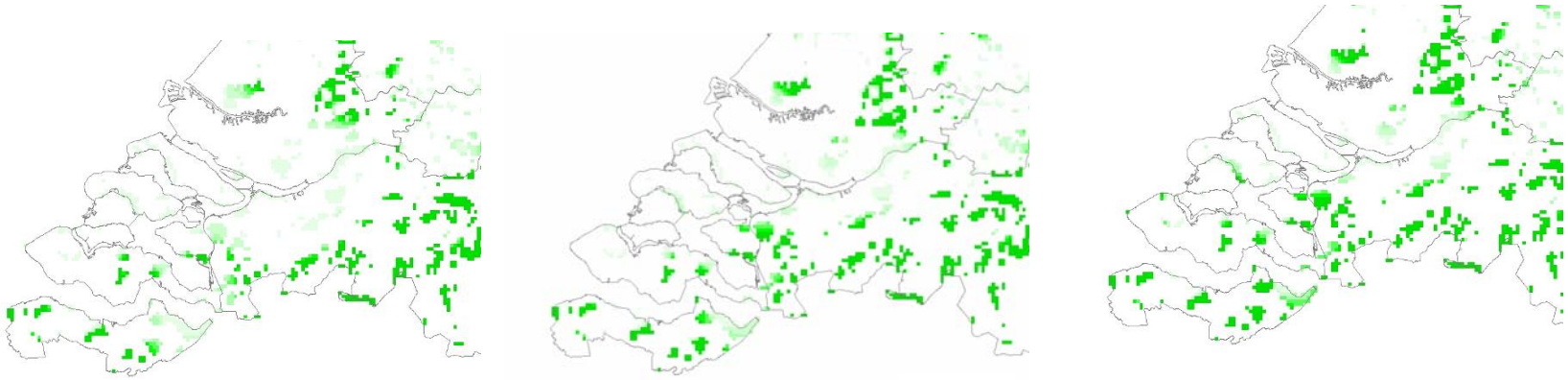
Figuur 11. Vervolg.



Figuur 12. Gemodelleerde resterende voedselaanbod in opvanggebieden in een normale winter (2005/06).

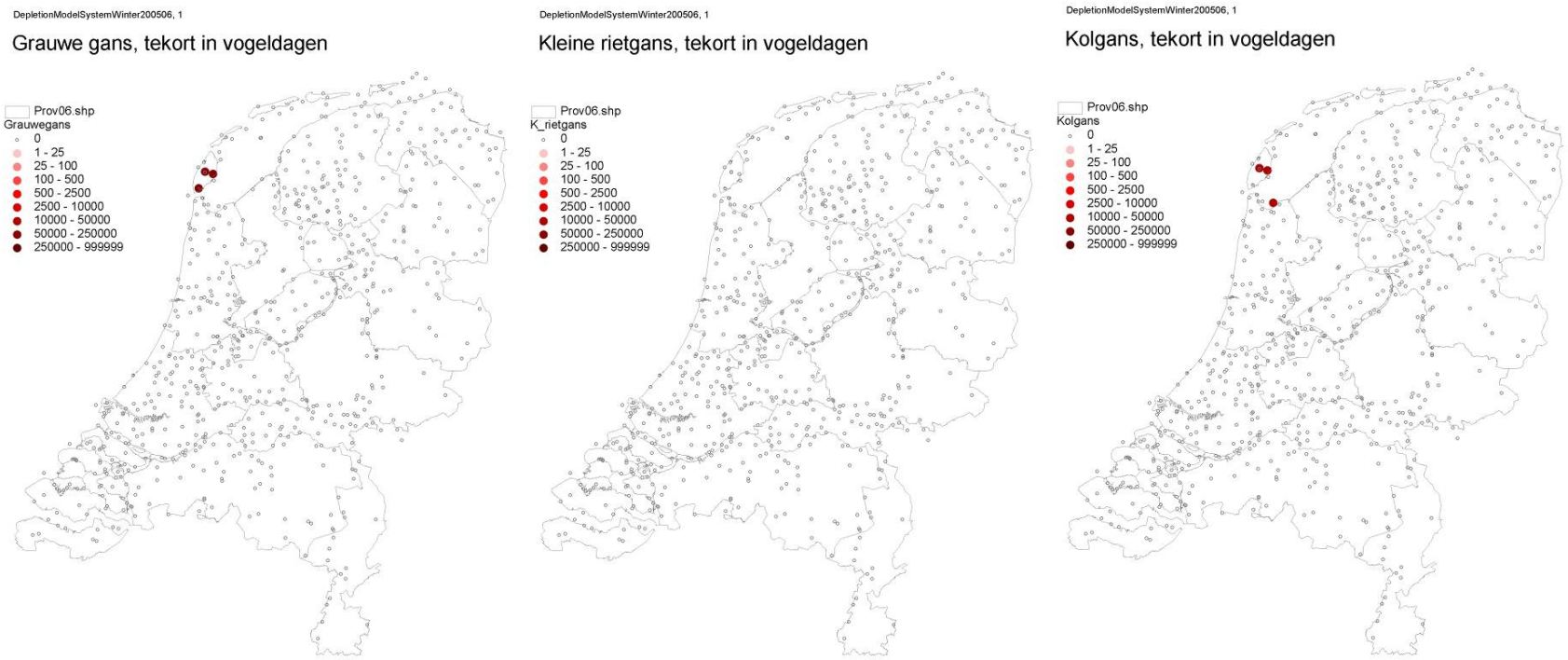


Figuur 12. (vervolg)

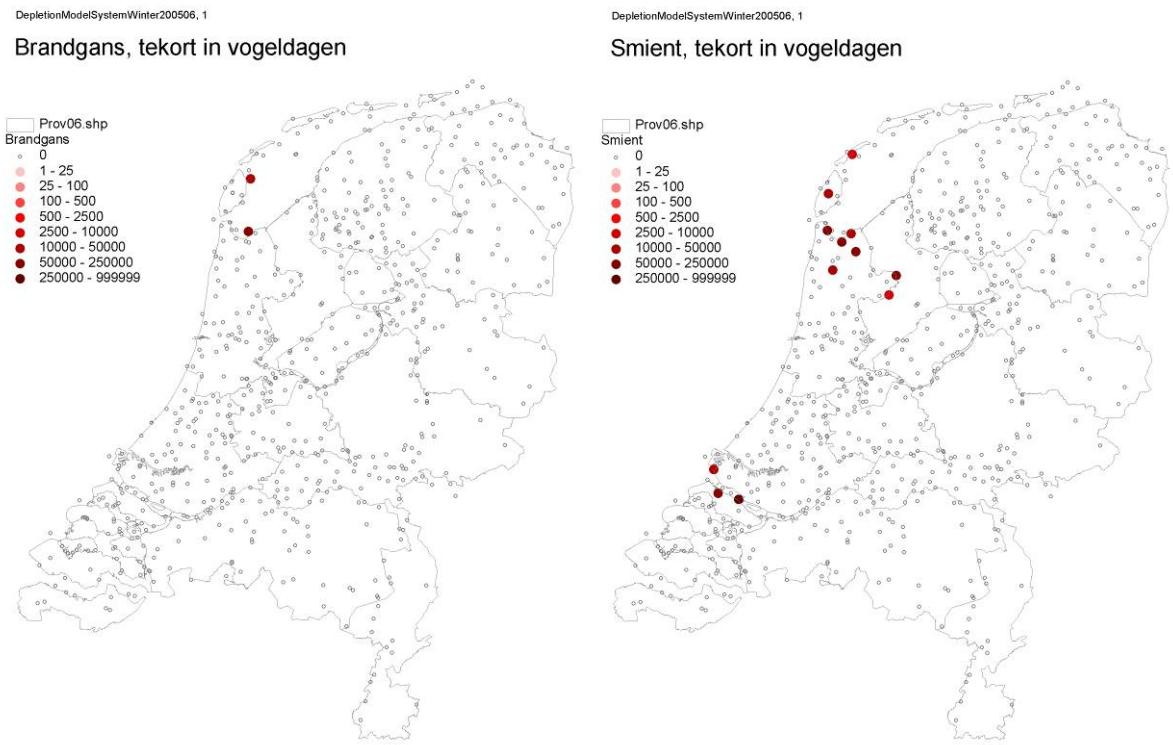


(a) (b) (c)

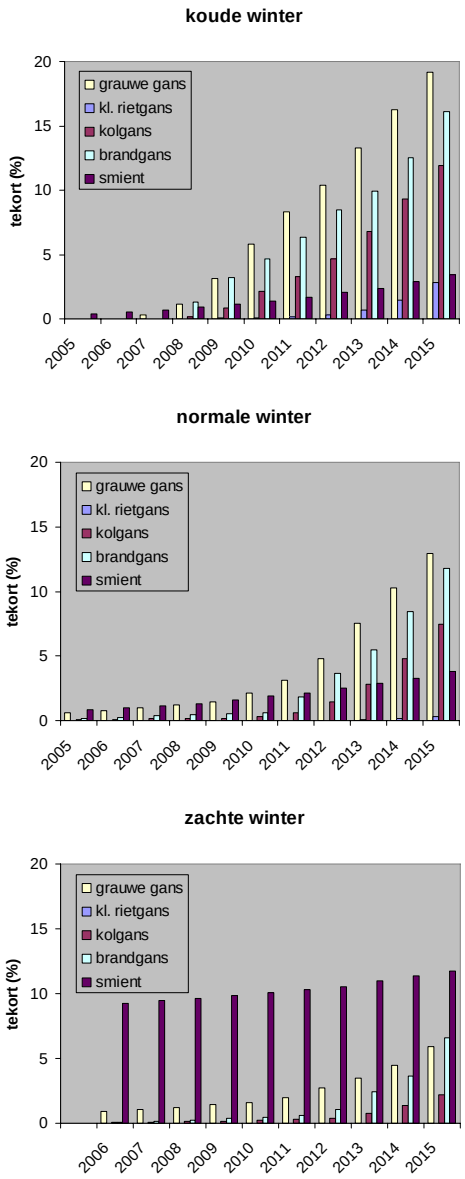
Figuur 13. Resterende graslengte op cultuurgronden in drie gemodelleerde winters: (a) koude winter 1995/96, (b) normale winter 2005/06 en (c) zachte winter 2006/07. In het model zijn de aantallen van 1995/96 opgeschaald naar het niveau van 2005/06 om de voedseluitputting te modelleren bij de huidige aantallen ganzen en smienten (zie tekst).



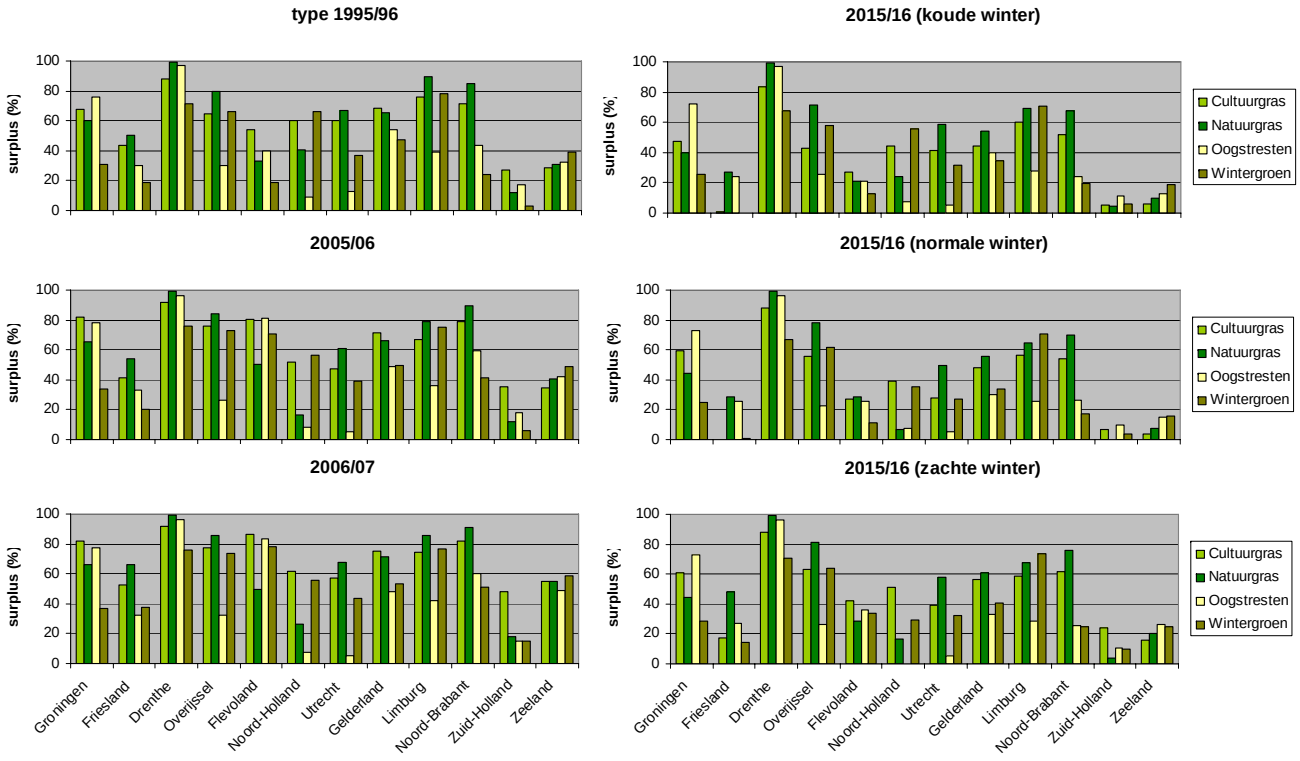
Figuur 14. Totale tekorten over de winter in vogeldagen op de gemodelleerde slaapplaatsen (cirkels) in een normale winter (2005/06).



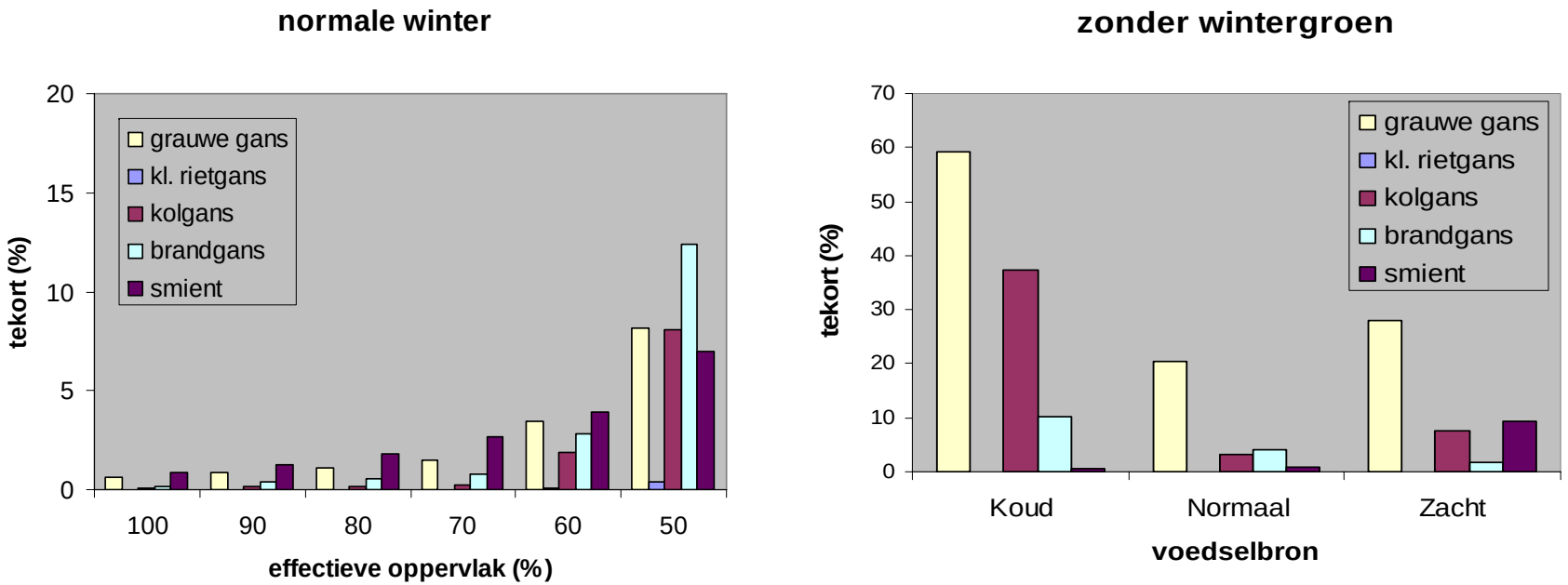
Figuur 14 (vervolg).



Figuur 15. Gemodelleerde tekorten (% van totale aantal vogeldagen) van vijf soorten voor drie soorten winters. 2005 staat voor de winter 2005/06. De zachte winter loopt vanaf 2006/07.



Figuur 16. Gemodelleerde overschotten (% van maximum vogeldagen/ha) in een koude winter (type 1995/96, opgeschaald naar huidige aantallen), een normale winter (2005/06) en een zachte winter (2006/07). Daarnaast is de geprojecteerde situatie over 10 jaar gegeven bij gelijkblijvende populatiegroei van de vijf betrokken soorten ganzen en smienten.



Figuur 17. Gemodelleerde tekorten (% van totale aantal vogeldagen) van vijf soorten. (a) Tekorten in een normale winter als functie van het effectieve oppervlak van de opvanggebieden. 100% wil zeggen dat al het aangeboden oppervlak volledig benut kan worden door de ganzen en smienten. (b) Tekorten indien akkers met wintergroen niet kunnen worden benut in drie typen winters.

3.3 Toekomstige patronen

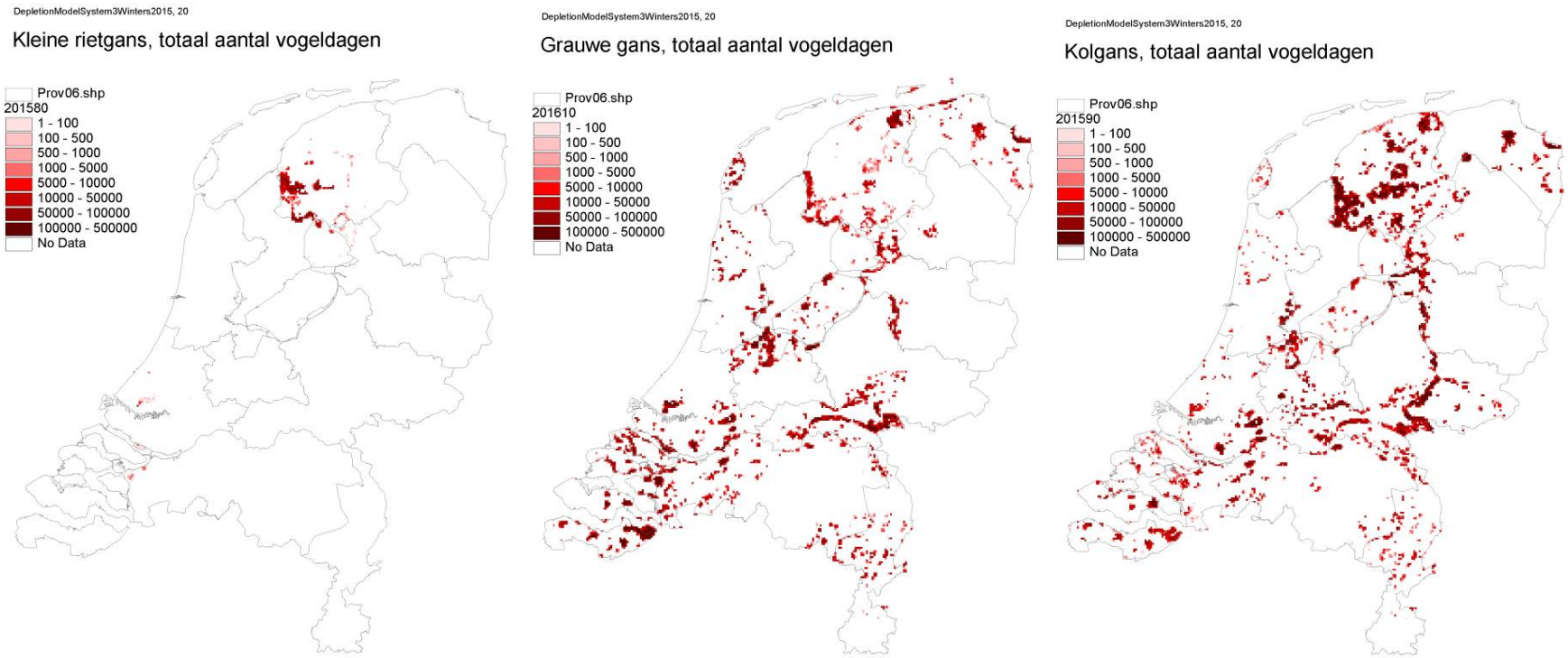
Bij toenemende aantallen zal ook de graasdruk binnen de opvanggebieden toenemen en zich over een groter oppervlak verspreiden (fig. 18).

De uitputting van het beschikbare voedsel is over 10 jaar naar verwachting aanzienlijk. Met name in Groningen en Friesland, Noord-Holland-Noord, de Gelderse Poort, Zeeland en het westen van Zuid-Holland is het voedsel binnen de opvanggebieden in sterke mate uitgeput (fig. 19).

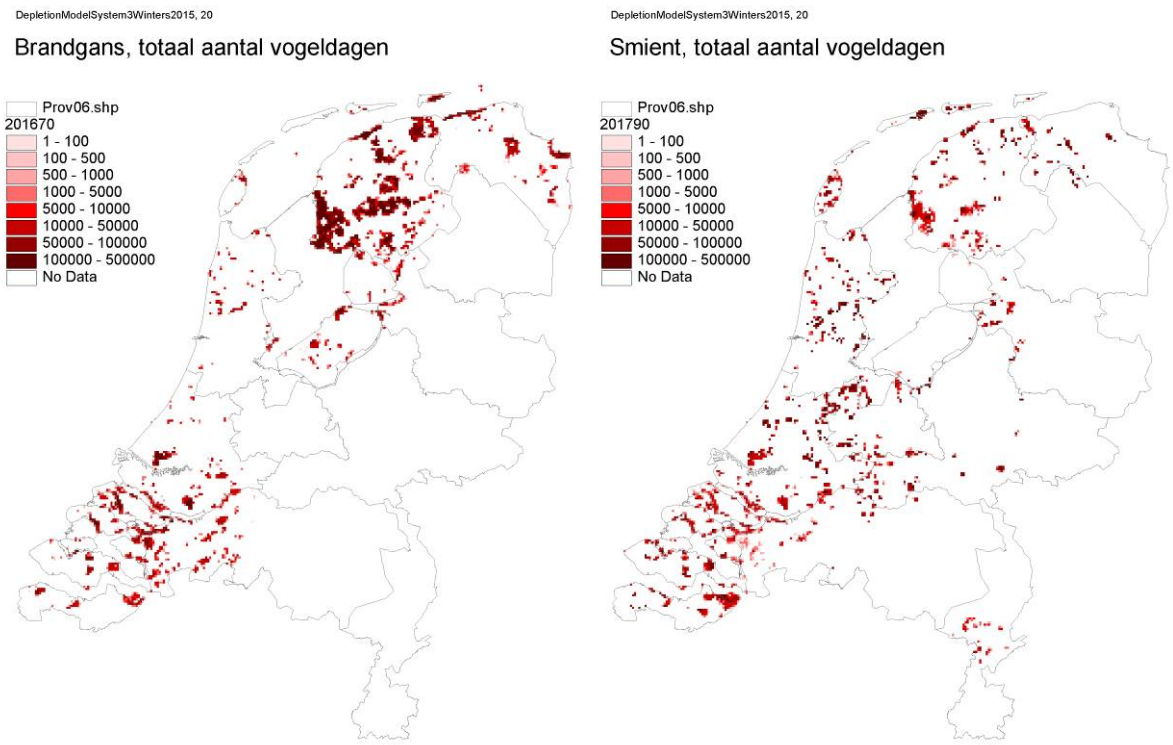
Als gevolg van de voedseluitputting doen zich in de loop van de volgende tien jaar in toenemende mate tekorten voor (fig. 15). De groei in de tekorten is exponentieel voor de ganzen, waarvan de populaties ook een exponentiele groei hebben laten zien over de laatste 10 jaar (en welke is doorgetrokken over de komende 10 jaar). De groei in de tekorten van de smienten gaat langzamer omdat deze soort zelf niet in aantallen toeneemt en de tekorten een gevolg zijn van voedselconcurrentie met de ganzen. M.u.v. de tekorten bij de smienten in een zachte winter (zie boven), nemen de tekorten toe met de strengheid van de winter (fig. 15). De grootste tekorten doen zich voor bij de grauwe gans (19%, 13% en 6%, respectievelijk voor een koude, normale en zachte winter in 2015/16), gevolgd door de brandgans (16%, 12% en 6%) en de kolgans (12%, 7% en 2%). Over 10 jaar zullen bij ongewijzigd beleid en populatiegroei tijdens een normale winter vooral tekorten optreden in ZW-Friesland, Noord-Holland-Noord (incl. Texel) en in delen van Zuid-Holland en Zeeland (fig. 20). De verspreiding van de tekorten is globaal gesproken gelijk in de drie typen winters (niet getoond).

Ook uitgedrukt in overschotten zien we dat er met name in Friesland, Zuid-Holland en Zeeland flinke graasdruk komt te liggen op de beschikbare oppervlakten, vooral tijdens koudere winters (fig. 16). De overschotten op oogstresten in Nood-Holland en Utrecht zijn nog verder gekrompen.

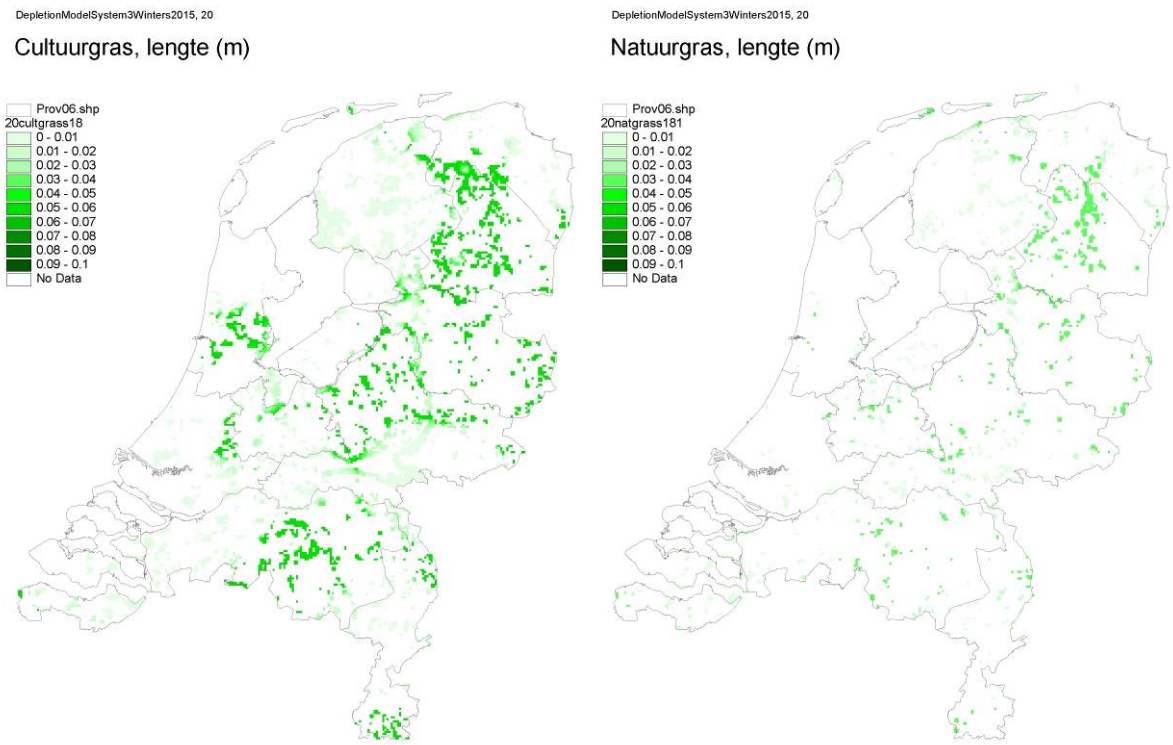
Voor een normale winter is de omvang van de tekorten in 2015/16 ongeveer gelijk aan die bij de huidige populatieomvang bij 50% reductie van het effectieve oppervlak van de accommodatiegebieden (fig. 14 en 15). Door verschillen in groeipercentages veranderen de verhoudingen tussen de tekorten per soort wel wat in de loop van de jaren.



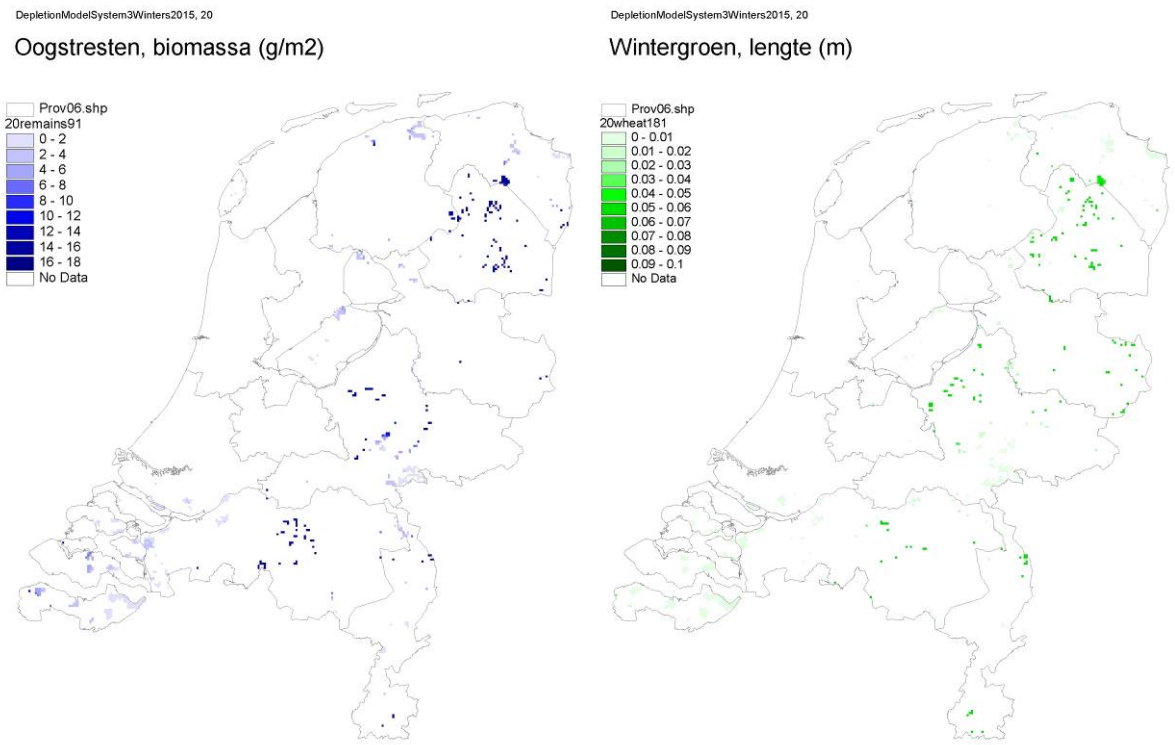
Figuur 18. Verwachte graasdruk in vogeldagen per km-hok in opvanggebieden in een normale winter in de volgende decade (2015/16) op basis van de huidige toename in populatie-omvang.



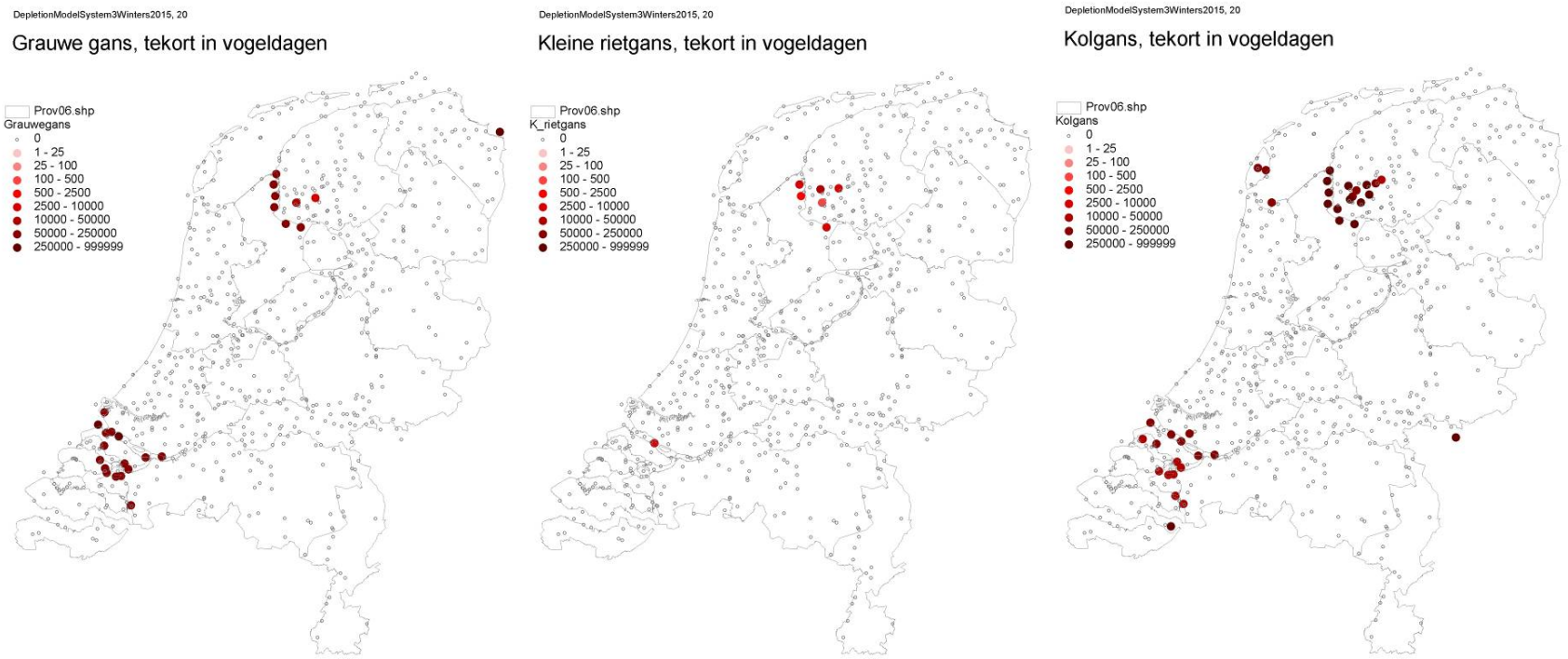
Figuur 18. (vervolg).



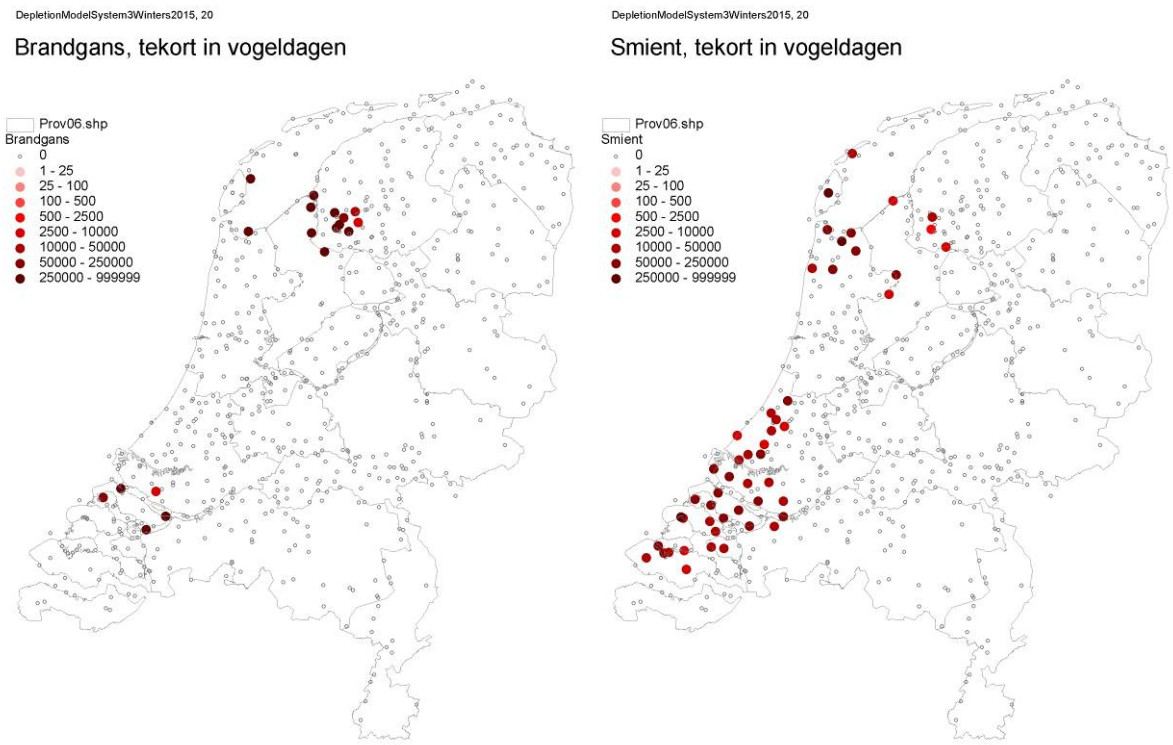
Figuur 19. Verwachte resterende voedselaanbod in opvanggebieden in een normale winter in de volgende decade (2015/16).



Figuur 19 (vervolg).



Figuur 20. Verwachte totale tekorten over de winter in vogeldagen op de gemodelleerde slaapplaatsen (cirkels) in een normale winter in de volgende decade (2015/16).



Figuur 20 (vervolg).

4 Discussie

De toegepaste *minimum regel* verschilt van eerder gebruikte beslisregels in depletiemodellen, zoals de *matching regel* of de *maximum regel*. Volgens de *matching regel* verspreiden de aantallen vogels zich over de percelen in proportie tot de energiewinst per perceel. Hoewel deze regel is toegepast op *standing crop* systemen (Wilmshurst *et al.* 1995; Fryxell *et al.* 2004), zoals we hier mee te maken hebben, is deze regel eerder optimaal voor *continuous input* systemen (Kacelnik *et al.* 1992; Milinski 1994). Het verschil tussen beide systemen is dat in de laatste de vernieuwing van het voedsel met ongeveer dezelfde snelheid gaat als de consumptie: om bij waterwild te blijven, te denken valt aan bijvoorbeeld wilde eenden die in een beek op langsstromende deeltjes foerageren. In ons systeem is de snelheid van voedselvernieuwing veel lager dan de consumptie en daarom hebben we niet voor deze regel gekozen.

Volgens de *maximum regel* prefereren de vogels het perceel waar ze de maximale energiewinst kunnen halen: ze streven dus naar een zo groot mogelijk verschil tussen energieopname en energieuitgave (Sutherland & Anderson 1993). Deze regel is van toepassing in systemen waar de vogels zo snel mogelijk in gewicht willen toenemen, bijvoorbeeld op pleisterplaatsen tijdens de trek. De *maximum regel* zal leiden tot hogere voedselopnames dan hier zijn gemodelleerd, omdat wordt aangenomen dat de vogels zoveel mogelijk energie proberen op te nemen i.p.v. juist voldoende om in balans te blijven. Het laatste is waarschijnlijker voor de winterperiode, omdat de vogels vermoedelijk voorkomen dat ze te zwaar worden omdat er kosten en risico's verbonden zijn aan een te hoog gewicht (Witter & Cuthill 1993). In werkelijkheid zullen de vogels vermoedelijk in de loop van het winterseizoen omschakelen van maximalisatie aan het begin van de winter als ze herstellen van de herfsttrek (Nolet *et al.* 2006), naar energiebalans gedurende het grootste deel van de winter, naar vervolgens weer maximalisatie als voorbereiding op de voorjaarstrek (Prop & Deerenberg 1991; Ebbinge & Spaans 1995). Deze laatste periode is grotendeels buiten beschouwing gelaten door de winter te modelleren tot 31 maart. Daarom zal de hier gebruikte minimum regel waarschijnlijk de werkelijkheid goed benaderen en de voedselbehoefte slechts licht onderschatten.

Het meenemen van de periode april tot half mei zou een andere aanpak vergen. Behalve dat het gedrag van de vogels verandert, veranderen er in het voorjaar veel andere zaken die het perceelbezoek van de vogels beïnvloeden. Zo mogen de ganzen in veel gebieden vanaf 1 april weer verjaagd worden, zal er weer veel vee buiten grazen en is de grasgroei op gang gekomen, waardoor niet alleen de kwantiteit maar ook de kwaliteit van het voedsel verandert. Uit keuteltellingen komt naar voren dat de ganzen na 1 april verschuiven van intensief naar extensief beheerde graslanden, vermoedelijk als een respons op de eerder genoemde factoren (Bos *et al.* 2009). Al deze zaken zorgen ervoor dat het onderhavige model niet representatief is voor de periode na 1 april.

Op gras was er een goede overeenkomst tussen de berekende cumulatieve graasdruk op basis van keuteltellingen en de gemodelleerde graasdruk op basis van functionele responsen. Ook de overeenkomst in het seizoensverloop van de gemeten en gemodelleerde grashoogte was goed. Aangezien het overgrote deel van de opvanggebieden uit gras bestaat geeft dit vertrouwen dat het model een voldoende realistische afspiegeling van de werkelijkheid is om er uitspraken mee te kunnen doen. De smienten komen in het model lokaal in hogere dichtheden voor dan is waargenomen. Dit komt wellicht door de geringere reikwijdte de we hebben gekozen voor smienten dan voor ganzen, gebaseerd op met zenders gevolgde smienten (Boudewijn *et al.* 2009). In theorie hoeft een kleinere vogel geen geringere reikwijdte te hebben dan een grotere vogel, eerder een grotere reikwijdte (Hedenström 2008). Waarnemingen met radar suggereren dat de reikwijdte van smienten in sommige gevallen behoorlijk kan zijn, maar preciezere uitspraken zijn daar vooralsnog niet over te doen. Bij smienten zijn er vaak geen duidelijke slaapplaatsen te onderscheiden. Daardoor kan er ook sprake zijn van een mismatch tussen de locatie van de "kunstmatige" slaapplaatsen in het model, en de werkelijke locaties met hoge smient dichtheden, waardoor deze smienten in het model meer of juist minder foerageergebied ter beschikking hebben. Wat de ganzenslaapplaatsen betreft is men momenteel bezig om een nieuw bestand aan te leggen dat het relatief oude bestand dat we nu hebben gebruikt op termijn kan vervangen. Gezien de redelijke verspreidingspatronen denken we dat onze benadering van het opschalen van de slaapplaatsgrootten tot het huidige niveau op basis van de relatieve grootte verschillen van de slaapplaatsen naar tevredenheid heeft gewerkt.

Op akkers waren de overeenkomsten tussen de gemeten en gemodelleerde graasdrukken minder goed dan op grasland. Dit komt enerzijds door de variatie in wintergroenpakketten, die verschillend gebruikt worden door ganzen (Visser *et al.* 2009) en anderzijds doordat onze kennis over foerageren van ganzen op akkers (Gill *et al.* 1996; Teunissen 1996; Therkildsen & Madsen 2000; Amano *et al.* 2008) duidelijk kleiner is dan die over foerageren op gras.

De modeluitkomsten komen in grote lijnen overeen met de uitkomsten van een simpele berekening van aanbod (op basis van oppervlakte grasland in opvanggebieden) en "winterrond" benutting (op basis van keuteltellingen) (Bos *et al.* 2009), namelijk dat in het noorden en oosten van Nederland er momenteel genoeg aanbod is om de ganzen te kunnen herbergen, terwijl er in het westen hier en daar een tekort dreigt.

De tekorten die volgens het model optreden zijn het gevolg van tekorten op de energiebalans van de betreffende vogels. Dit betekent echter niet dat dit direct vertaald zal worden in verhongering of zelfs maar gewichtsafname van deze vogels. In de praktijk zullen de vogels die tekorten ervaren er voor kiezen waar dat mogelijk is buiten de opvanggebieden te gaan foerageren, ook als dit gepaard zou gaan met een verhoogd risico zoals verjaging of afschot. Het is een algemeen bekend verschijnsel dat dieren energiewinst uit voedselopname uitwisselen tegen predatiekosten en dat ze bereid zijn meer risico te nemen als ze meer honger hebben (Brown & Kotler 2004).

De verschillen tussen de typen winters (koude winter, normale winter en zachte winter) bleken in de lijn van de verwachting. In een koude winter is er een grotere uitputting in ZW-Nederland en dat vertaalt zich in grotere tekorten, vooral op termijn. Opgemerkt dient te worden dat in het model geen sneeuwval is gemodelleerd, zodat de daadwerkelijke tekorten in een koude winter verder op kunnen lopen dan hier is gevonden. Met name in een koude winter lijkt het van belang dat er op akkers kan worden gefoerageerd.

De overschotten in hoog Nedeland betreffen veelal percelen die niet binnen een specifiek daartoe ingericht opvanggebied liggen, maar die in een Vogelrichtlijngebied of natuurgebied met een andere beschermde status liggen, ver van bestaande slaapplaatsen van ganzen en smienten. In zoverre zijn het geen benutbare overschotten.

Het complexere model dat we hier presenteren heeft als eigenschap dat de vogels niet noodzakelijkerwijs elkaar beconcurreren, maar ook elkaar kunnen faciliteren (Stahl *et al.* 2006). Als voorbeeld is genoemd het korter grazen van gras door ganzen, waardoor het geschikter wordt voor smienten. De kleinere soorten hebben een kenmerkende afname van hun opnamesnelheid met de grashoogte (type IV functionele respons), waardoor ze een voorkeur hebben voor kort gras. Dit is waarschijnlijk grotendeels het gevolg van een grotere selectiviteit bij hoger gras. Als het gras hoger wordt zitten er meer slecht verteerbare delen in en door selectiever te worden handhaven ze de verteerbaarheid. Een andere manier om een type IV functionele respons te krijgen is door de vertering van het gras te laten afnemen met de grashoogte (Fryxell *et al.* 2004; van Langevelde *et al.* 2008).

Het grote voordeel van het complexere model is dat we verschillende wintertypen kunnen doorrekenen en een doorkijkje in de toekomst kunnen wagen. Bij ongewijzigd beleid en populatiegroei van de betreffende soorten zullen de opvanggebieden op middellange termijn te klein zijn om alle individuen de gehele winter voedsel te kunnen bieden. Opgemerkt moet worden dat een overschatting van het effectief beschikbaar oppervlak aan opvanggebieden deze termijn kan bekorten. Er zijn meerdere factoren denkbaar die tot een overschatting van het effectief beschikbaar oppervlak kunnen leiden. Voor een deel zijn rand- en versnipperingseffecten verdisconteerd door lijnvormige grasland-elementen en te kleine, geïsoleerde gebieden (<5 ha) buiten beschouwing te laten. Maar er is geen rekening gehouden met verstoring rond infrastructuur, bomen en bebouwing: de geschiktheid van een gebied voor ganzen daalt aanzienlijk door doorkruising met wegen (Jensen *et al.* 2008; Bos *et al.* 2009) en de aanwezigheid van verticale structuren (bomen, gebouwen) (Jensen *et al.* 2008). Daarnaast is de draagkracht van natuurgrasland de laatste tijd afgenomen door verruiging en kolonisatie met pitrus (*Juncus effusus*) en rietgras (*Phalaris arundinacea*), zoals langs het Leekstermeer (Nienhuis 2005). Verder is over de draagkracht van akkers voor ganzen relatief weinig bekend vergeleken met onze kennis over foerageren op grasland. Aangezien het oppervlak akkers in de opvanggebieden op de schaal van Nederland minder dan 10% uitmaakt zullen de modeluitkomsten niet erg gevoelig zijn voor andere aannames over de rol van akkers, maar lokaal, zoals in Zeeland (bijna 50% akkers), is het een factor van

betekenis. Om een beeld te krijgen van al deze effecten tesamen zijn er modelberekeningen gemaakt met reducties in effectief oppervlak binnen de opvanggebieden. Deze berekeningen laten zien dat pas bij een 50% reductie van effectief oppervlak er voor de huidige aantallen vogels sprake is van aanzienlijke tekorten. Hieruit mag niet worden afgeleid dat er momenteel ruimschoots genoeg opvanggebied is, juist omdat we de beperkende invloed van bovengenoemde factoren niet precies kunnen inschatten.

Een ander mogelijk beperkende factor is competitie met andere dan de beschouwde soorten. Om het model niet te complex te maken hebben we gekozen voor het modelleren van de in de huidige context aantalsmatig belangrijkste soorten. In werkelijkheid zijn er echter nog meer herbivore watervogels die in Nederland overwinteren. We noemen de toendrarietgans (*Anser fabalis rossicus*), taigarietgans (*Anser fabalis rossicus*), grote Canadese gans (*Branta canadensis*), rotgans (*Branta bernicla*), Nijlgans (*Alopochen aegyptiacus*), knobbelzwaan (*Cygnus olor*) en kleine zwaan (*Cygnus bewickii*). Op de rotgans en de kleine zwaan na nemen deze soorten sterk in aantal toe en zullen dus zeker op de termijn van 10 jaar bij gaan dragen aan de voedseldepletie. De zwanen eten in het najaar nog grotendeels waterplanten, maar doordat begrazing door knobbelzwanen in de zomer het aanbod aan waterplanten in het najaar negatief beïnvloedt (Hidding *et al.* in press), kan de druk van de zwanen op ook door ganzen benutte voedselbronnen in het najaar in de nabije toekomst wel eens plotseling gaan stijgen. Naast dat er specifiek voedselopnamesnelheden van enkele van deze soorten zijn gemeten (Nolet *et al.* 2002; Heuermann 2007), zijn de parameters in het model vaak allometrisch geschaald, zodat het technisch mogelijk moet zijn om ook deze soorten in het model mee te nemen.

In het model wordt uitgegaan van het ontbreken van hergroei van gras. Deze aanname past goed bij een voorzichtige, *worst-case*, benadering. Voor een meer uitgebreide toets van de duurzaamheid van het opvangbeleid is het mogelijk om - net als de energie-uitgaven van de vogels - de grasgroei weersafhankelijk te maken. Naar verwachting worden daardoor de verschillen tussen de drie winter scenario's wat groter. Gelet op de voorspelde klimaatsverandering ligt het in de lijn van de verwachting dat grasgroei later in de herfst ophoudt en eerder in het voorjaar weer begint (Van der Graaf 2006). Dit kan in theorie een behoorlijke invloed hebben op de draagkracht van de opvanggebieden. Anderzijds is het ook zeer wel denkbaar (en in het geval van de kleine rietgans ook aangetoond) dat ganzen en smienten in reactie op de klimaatsverandering in het voorjaar eerder uit de overwinteringsgebieden vertrekken, omdat ze naast daglengte ook een met temperatuursom gelieerde variabele (waarschijnlijk gerelateerd aan grasgroei) als vertreksein gebruiken (Bauer *et al.* 2008). Ook dat komt de draagkracht van de gebieden ten goede. Er zijn echter ook gevallen bekend van ganzen die het vertrek de laatste tijd juist hebben uitgesteld, wellicht als reactie op toegenomen competitie op de pleisterplaatsen (Eichhorn 2008).

Op basis van onze modelberekening concluderen wij dat er momenteel voldoende capaciteit lijkt te zijn gereserveerd voor de opvang van in Nederland overwinterende ganzen en smienten en dat die gebieden ook grotendeels juist gelokaliseerd zijn. Er

worden alleen kleine tekorten verwacht in Noord-Holland-Noord (incl. Texel) en rond de Zuid-Hollandse eilanden. Deze conclusie is alleen gerechtvaardigd als het oppervlak van de opvanggebieden niet in ernstige mate effectief wordt verminderd door storingsbronnen als horizontale of verticale structuren. Binnen afzienbare tijd zullen door toename van de populatie-omvang van de ganzen er aanzienlijke tekorten optreden, hetgeen betekent dat ganzen en smienten gedwongen zullen zijn om ook buiten de opvanggebieden voedsel te zoeken. Deze situatie zal zich vooral voordoen in ZW-Friesland, Noord-Holland-Noord (incl. Texel) en in delen van Zuid-Holland en Zeeland.

Literatuur

Amano T., Ushiyama K. & Higuchi H. (2008). Methods of Predicting Risks of Wheat Damage by White-Fronted Geese. *J. Wildl. Manage.*, 72, 1845-1852.

Bauer S., Gienapp P. & Madsen J. (2008). The relevance of environmental conditions for departure decision changes en route in migrating geese. *Ecology*, 89, 1953-1960.

Bech C. (1980). Body temperature, metabolic rate, and insulation in winter and summer acclimatized Mute Swans (*Cygnus olor*). *Journal of Comparative Physiology*, 136, 61-66.

Bos D. (2002). Grazing in coastal grasslands: Brent Geese and facilitation by herbivory. In: *Plant Ecology*. University of Groningen Groningen, p. 224.

Bos D., Nolet B.A., Boudewijn T., van der Jeugd H.P. & Ebbinge B.S. (2009.). Capacity of set-aside areas for accommodating wintering geese. *manuscript*.

Boudewijn T.J., Müskens G.J.D.M., Beuker D., van Kats R., Poot M.J.M. & Ebbinge B.S. (2009). Evaluatie Opvangbeleid 2005-2008 overwinterende ganzen en smienten. Deelrapport 2. Verspreidingspatronen van foeragerende smienten. Wageningen UR, Alterra-rapport 1841. Bureau Waardenburg Culemborg, Rapport 08-090. p. 92.

Brown J.S. & Kotler B.P. (2004). Hazardous duty pay and the foraging cost of predation. *Ecology Letters*, 7, 999-1014.

Bruinzeel L.W., Van Eerden M.R., Drent R.H. & Vulink J.T. (1997). Scaling metabolisable energy intake and daily energy expenditure in relation to the size of herbivorous waterfowl: limits set by available foraging time and digestive performance. In: *Patchwork* (ed. Van Eerden MR). Directie IJsselmeergebied, Rijkswaterstaat Lelystad, pp. 111-132.

Cartar R.V. & Morrison R.I.G. (1997). Estimating metabolic costs for homeotherms from weather data and morphology: an example using calidridine sandpipers. *Canadian Journal of Zoology*, 75, 94-101.

Claassen H. (1997). Habitatkeuze van de Kleine Zwaan *Cygnus columbianus bewickii* in het Lauwersmeergebied (herfst, 1995) verklaard door het energiebudget? Doctoraalverslag, werkgroep *Plant-Dier Interacties*. Netherlands Instituut voor Ecologie Nieuwersluis.

Clausen P., Nolet B.A., Fox A.D. & Klaassen M. (2002). Long-distance endozoochorus dispersal of submerged macrophyte seeds by migratory waterbirds in northern Europe - a critical review of possibilities and limitations. *Acta Oecol.*, 23, 191-203.

Cramp S. & Simmons K.E.L. (1977). *The Birds of the Western Palearctic*. Oxford University Press, Oxford.

Durant D. & Fritz H. (2006). Variation in pecking rate with sward height in wild wigeon *Anas penelope*. *Journal of Ornithology*, 147, 367-370.

Durant D., Fritz H., Blais S. & Duncan P. (2003). The functional response in three species of herbivorous Anatidae: effects of sward height, body mass and bill size. *Journal of Animal Ecology*, 72, 220-231.

Durant D., Kersten M., Fritz H., Juin H. & Lila M. (2006). Constraints of feeding on *Salicornia ramosissima* by wigeon *Anas penelope* : an experimental approach. *Journal of Ornithology*, 147, 1-12.

Ebbinge B.S., Canters K. & Drent R.H. (1975). Foraging routines and estimated daily food intake in barnacle geese wintering in the northern Netherlands. *Wildfowl*, 26, 5-19.

Ebbinge B.S. & Spaans B. (1995). The importance of body reserves accumulated in spring staging areas in the temperate zone for breeding in Dark-bellied Brent Geese Branta b. bernicla in the high Arctic. *Journal of Avian Biology* 26, 105-113.

Ebbinge B.S. & van der Greft-van Rossum J.G.M. (2004). Advies over de vraag hoeveel hectaren ganzen- en smientenopvanggebied in Nederland nodig zijn om de huidige aantallen ganzen en smienten op te vangen. Alterra-rapport 972. Wageningen, p. 39.

Eichhorn G. (2008). Travels in a changing world flexibility and constraints in migration and breeding of the barnacle goose. Proefschrift University of Groningen Groningen.

Ely C.R., Ward D.H. & Bollinger K.S. (1999). Behavioral correlates of heart rates of free-living Greater White-fronted Geese. *Condor*, 101, 390-395.

Fryxell J.M., Wilmshurst J.F. & Sinclair A.R.E. (2004). Predictive models of movement by Serengeti grazers. *Ecology*, 85, 2429-2435.

Gill J.A., Sutherland W.J. & Norris K. (2001). Depletion models can predict shorebird distribution at different spatial scales. *Proceedings of the Royal Society, London B*, 268, 369-376.

Gill J.A., Watkinson A.R. & Sutherland W.J. (1996). The impact of sugar beet farming practice on wintering pink-footed goose *Anser brachyrhynchus* populations. *Biological Conservation*, 76, 95-100.

Goss-Custard J.D., Stillman R.A., Caldow R.W.G., West A.D. & Guillemain M. (2003). Carrying capacity in overwintering birds: when are spatial models needed? *Journal of Applied Ecology*, 40, 176-187.

Hedenström A. (2008). Adaptations to migration in birds: behavioural strategies, morphology and scaling effects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 363, 287-299.

Heuermann N. (2007). Tall swards and small grazers: competition, facilitation and coexistence of different-sized grazers. Proefschrift *Resource Ecology*. Wageningen University Wageningen, p. 208.

Hidding B., Nolet B.A., de Boer T., de Vries P.P. & Klaassen M. (in press). Compensatory growth in an aquatic plant mediates exploitative competition between seasonally tied herbivores. *Ecology*.

Jacobsen O.W. (1992). Factors affecting selection of nitrogen-fertilized grassland areas by breeding Wigeon *Anas penelope*. *Ornis Scandinavica*, 23, 121-131.

Jensen R.A., Wisz M.S. & Madsen J. (2008). Prioritizing refuge sites for migratory geese to alleviate conflicts with agriculture. *Biological Conservation*, 141, 1806-1818.

Kacelnik A., Krebs J.R. & Bernstein C. (1992). The ideal free distribution and predator-prey populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 7, 50-55.

Koffijberg K., Voslamber B. & Van Winden E. (1997). *Ganzen en zwanen in Nederland: overzicht van pleisterplaatsen in de periode 1985-94*. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

Lang A. & Black J.M. (2001). Foraging efficiency in Barnacle Geese *Branta leucopsis*: a functional response to sward height and an analysis of sources of individual variation. *Wildfowl*, 52, 7-20.

Masman D., Daan S. & Dijkstra C. (1988). Time Allocation in the Kestrel (Falco tinnunculus), and the Principle of Energy Minimization. *J. Anim. Ecol.*, 57, 411-432.

McNamara J.M. & Houston A.I. (1997). Currencies for foraging based on energetic gain. *American Naturalist* 150, 603-617.

Milinski M. (1994). Ideal free theory predicts more than only input matching - a critique of Kennedy and Gray's review. *Oikos*, 71, 163-166.

Nespolo R.F., Artacho P., Verdugo C. & Castañeda L.E. (2008). Short-term thermoregulatory adjustments in a South American anseriform, the black-necked swan (*Cygnus melanocoryphus*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 150, 366-368.

Nienhuis J. (2005). Ganzen slachtoffer van extensivering. *De Levende Natuur*, 2005, 249-252.

Nolet B.A. (2002). Efficiency as a foraging currency in animals attaining a gain below the energetic ceiling. *Behav. Ecol.*, 13, 571-574.

Nolet B.A., Bevan R.M., Klaassen M., Langevoord O. & Van der Heijden Y.G.J.T. (2002). Habitat switching by Bewick's swans: maximisation of average long-term energy gain? *J. Anim. Ecol.*, 71, 979-993.

Nolet B.A., Butler P.J., Masman D. & Woakes A.J. (1992). Estimation of daily energy-expenditure from heart-rate and doubly labeled water in exercising geese. *Physiol. Zool.*, 65, 1188-1216.

Nolet B.A., Gyimesi A. & Klaassen R.H.G. (2006). Prediction of bird-day carrying capacity on a staging site: a test of depletion models. *J. Anim. Ecol.*, 75, 1285-1292.

Norberg U. (1996). Energetics of flight. In: *Avian Energetics and Nutritional Ecology* (ed. Carey C). Chapman & Hall New York, pp. 199-249.

Percival S.M., Sutherland W.J. & Evans P.R. (1996). A spatial depletion model of the responses of grazing wildfowl to the availability of intertidal vegetation. *Journal of Applied Ecology*, 33, 979-992.

Prop J. & Deerenberg C. (1991). Spring staging in Brent Geese Branta bernicla: feeding constraints and the impact of diet on the accumulation of body reserves. *Oecologia*, 87, 19-28.

Prop J. & Vulink T. (1992). Digestion by barnacle geese in the annual cycle: the interplay between retention time and food quality. *Functional Ecology*, 6, 180-189.

Robinson D.E., Campbell G.S. & King J.R. (1976). An evaluation of heat exchange in small birds. *Journal of Comparative Physiology B*, 105, 153-166.

Spalinger D.E. & Hobbs N.T. (1992). Mechamisms of foraging in mammalian herbivores: new models of functional response. *American Naturalist*, 140, 325-348.

Spilling E., Bergmann H.-H. & Meier M. (1999). Truppgrößen bei weidenden Bläß- und Saatgänsen (*Anser albifrons, A. fabalis*) an der Unteren Mittelelbe und ihr Einfluß auf Fluchtdistanz und Zeitbudget. *Journal für Ornithologie*, 140, 325-334.

Stahl J., Van Der Graaf A.J., Drent R.H. & Bakker J.P. (2006). Subtle interplay of competition and facilitation among small herbivores in coastal grasslands. *Functional Ecology*, 20, 908-915.

Stahl J., Veeneklaas R.M., Van der Graaf A.J., Loonen M.J.J.E. & Drent R.H. (2001). Conversion factors for energetic expenditure of actively foraging brent and barnacle geese obtained by non-invasive heart rate telemetry. In: *Limits to the co-occurrence of avian herbivores: how geese share scarce resources.* (ed. Stahl J). PhD Thesis Rijksuniversiteit Groningen Groningen, pp. 93-120.

Sutherland W.J. & Allport G.A. (1994). A spatial depletion model of the interaction between bean geese and wigeon with the consequences for habitat management. *Journal of Animal Ecology*, 63, 51-59.

Sutherland W.J. & Anderson C.W. (1993). Predicting the distributions of individuals and the consequences of habitat lost: the role of prey depletion. *Journal of Theoretical Biology*, 160, 223-230.

Teunissen W.A. (1996). Ganzenschade in de akkerbouw. Onderzoek naar de factoren die een rol spelen bij het ontstaan van ganzenschade in de akkerbouw. IBN-rapport 211. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek Wageningen, p. 167.

Therkildsen O.R. & Madsen J. (2000). Energetics of feeding on winter wheat versus pasture grasses: a window of opportunity for winter range expansion in the pink-footed goose Anser brachyrhynchus. *Wildlife Biology*, 6, 65-74.

Van der Graaf A.J. (2006). Geese on a green wave: flexible migrants in a changing world. Proefschrift University of Groningen Groningen.

Van der Graaf A.J., Coehoorn P. & Stahl J. (2006). Sward height and bite size affect the functional response of barnacle geese *Branta leucopsis*. *Journal of Ornithology*, 147, 479-484.

van der Graaf A.J., Stahl J., Bos D. & Drent R.H. (2001). Influence of wind exposure and temperature on energy expenditure and site choice in brent and barnacle geese. In: *Limits to the co-occurrence of avian herbivores. How geese share scarce resources.* (ed. Stahl J). PdD thesis, University of Groningen Groningen, pp. 121-151.

Van der Heijden Y.J.G.T. (1998). Voedselkeuze van Kleine Zwanen (*Cygnus columbianus bewickii*): vergelijking van het energiebudget tussen het foerageren op Schedefonteinkruid en op suikerbieten. Doctoraalverslag, werkgroep *Plant-Dier Interacties*. Netherlands Instituut voor Ecologie Nieuwersluis.

Van Gils J.A., Gyimesi A. & Van Lith B. (2007). Avian herbivory: an experiment, a field test, and an allometric comparison with mammals. *Ecology*, 88, 2926-2935.

van Gils J.A., Spaans B., Dekinga A. & Piersma T. (2006). Foraging in a tidally structured environment by red knots (Calidris canutus): Ideal, but not free. *Ecology*, 87, 1189-1202.

Van Gils J.A. & Tijsen W. (2007). Short-term foraging costs and long-term fueling rates in central-place foraging swans revealed by giving-up exploitation times. *American Naturalist*, 169, 609-620.

Van Keulen H. & Wolf J. (1986). *Modelling of agricultural production: weather, soils and crops*. Pudoc, Wageningen.

van Langevelde F., Drescher M., Heitkonig I.M.A. & Prins H.H.T. (2008). Instantaneous intake rate of herbivores as function of forage quality and mass: Effects on facilitative and competitive interactions. *Ecological Modelling*, 213, 273-284.

van Roomen M., van Winden E., Koffijberg K., van den Bremer L., Ens B., Kleefstra R., Schoppers J., Vergeer J.-W., SOVON Ganzen- en Zwanenwerkgroep & Soldaat L. (2007). Watervogels in Nederland in 2005/2006. SOVON Vogelonderzoek Nederland Beek-Ubbergen, p. 187.

Vickery J.A. & Gill J.A. (1999). Managing grassland for wild geese in Britain: a review. *Biological Conservation*, 89, 93-106.

Visser A., Voslamber B., Guldemond A. & Ebbinge B.S. (2009). Opvang van ganzen op de klei - evaluatie van experimenten in drie winters. Alterra-rapport 1845, Wageningen.

Voslamber B., van Winden E. & Koffijberg K. (2004). Atlas van ganzen, zwanen en Smienten in Nederland. SOVON Beek-Ubbergen.

Wilmshurst J.F., Fryxell J.M. & Hudson R.J. (1995). Forage quality and patch choice by wapiti (Cervus elaphus). *Behavioral Ecology*, 6, 209-217.

Witter M.S. & Cuthill I.S. (1993). The ecological costs of avian fat storage. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 340, 73-92.

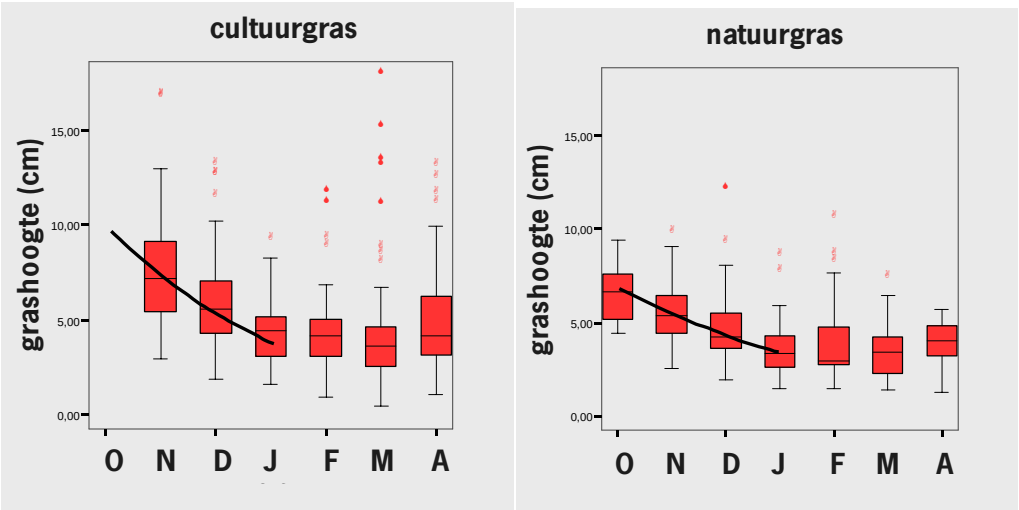
Bijlage 1 – Grashoogte

Grashoogte L werd gemeten door een polystyrene schijf (24 g, 20 cm diameter) op de vegetatie te werpen en de hoogte af te lezen aan een op de grond rustende ijkstok. Op iedere monsterplek werden minimaal 20 metingen verricht.

De data zijn ln-getransformeerd. Op cultuurgras waren de metingen pas in november begonnen. Om de beginwaarden in oktober te bepalen is een loglineaire regressie berekend van de grashoogte op oktobermaand (oktober = 0, november =1, etc.) over de maanden oktober t/m januari, een periode waarin een gestage afname te zien was op natuurgras (en over de maanden november t/m januari op cultuurgras) (Figuur 1.1). De vergelijkingen zijn:

cultuurgras:
$\ln L = 2.247\ (\pm\ 0.066\ \text{SE}) - 0.266\ (\pm\ 0.032\ \text{SE}) \times \text{oktobermaand}$
($R_{adj}^2 = 0.229$, $P < 0.001$, $N = 226$)

natuurgras:
$\ln L = 1.898\ (\pm\ 0.067\ \text{SE}) - 0.201\ \ (\pm\ 0.033\ \text{SE}) \times \text{oktoberrmaand}$
($R_{adj}^2 = 0.227$, $P < 0.001$, $N = 121$)



Figuur 1.1. Grashoogte in intensief (links) en extensief (rechts) beheerd grasland. De curve is de loglineaire regressie van oktober t/m januari die is gebruikt om de beginhoogte te bepalen, omdat op cultuurgras metingen in oktober ontbraken.

Bijlage 2 – Berekening van kosten voor thermoregulatie

TMR, het metabolisme om het vogellichaam op temperatuur te houden, is:

$TMR = H \cdot 4\pi \cdot r^2$ (Noot: (van der Graaf *et al.* 2001) gebruikt $\pi \cdot r^2$)

waarbij r (m) de *radius* van de vogel is, die berekend wordt met een empirische vergelijking uit het lichaamsgewicht M (g) (Birkebak 1966 in (Robinson *et al.* 1976)):

$r = \sqrt{((485.6 \times M/1000 + 592.83)/(4\pi))}/100$

en H (W m^{-2}) is de *heat flux per surface area*, die op zijn beurt wordt berekend als:

$H = (\rho \cdot cp) \cdot (T_b - T_{es})/(r_p + r_e)$

waarbij
ρ (g m^{-3}) is *density of dry air* als functie van T_a:

$\rho = 1292 - (5 \cdot T_a) + (0.01567 \cdot T_a^2)$ (Monteith 1973 in (Robinson *et al.* 1976))

cp is *specific heat of air* (1.010 J g^{-1} $^oC^{-1}$)
T_b is *body temperature* (40 ^oC)
T_{es} is *standard operative temperature* (^oC) (zie onder)
r_p is *plumage resistance* (867 s m^{-1}) (van der Graaf *et al.* 2001)
r_e (s m^{-1}) is *equivalent outer resistance*:

$r_e = (r_r \cdot r_a)/(r_r + r_a)$ (Robinson *et al.* 1976)

met:
r_r (s m^{-1}) is *radiation resistance*:

$r_r = (\rho \cdot cp) / [4. \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_a + 273)^3]$

waarbij
ε is *emissivity of the surface* van de vogel (0.98) (Cartar & Morrison 1997)
σ is de *Stefan-Boltzmann constante* (5.67 10^{-8} W m^{-2} $^oC^{-4}$)
r_a (s m^{-1}) is *convection resistance*:

$r_a = (r_{fr} \cdot r_{fo})/(r_{fr} + r_{fo})$

met:
r_{fr} (s m^{-1}) is *free convection resistance*:

$r_{fr} = 820 [2 \cdot r / (T_s - T_a)]^{1/4}$

en
r_{fo} (s m^{-1}) is *forced convection resistance*:

$$r_{fo} = 307 \sqrt{(2\ r / u)}$$

waarbij:
u (m s^{-1}) is de windsnelheid die de vogel ervaart (zie onder)

Verder is:

$$T_{es} = T_b - (1 + 0.26\ .\ \sqrt{u})\ .\ (T_b - T_e)$$ (Bakken 1990 in (Cartar & Morrison 1997)

waarbij:
T_e (°C) is de *equivalent temperature*:

$$T_e = T_a + (R_{abs} - R_{emi})\ .\ r_e / (\rho\ .\ cp)$$ (Campbell 1977 in (Cartar & Morrison 1997)

waarin:
R_{abs} (W) is the *radiation absorped* door de vogel:

$$R_{abs} = \alpha\ .\ A_{ratio}\ .\ R_g + \varepsilon_s\ .\ \sigma\ .\ (T_a + 273)^4$$ (Campbell 1977 in (Cartar & Morrison 1997)

en:
α is de *absorptivity to radiation* (0.75) (Calder & King 1974 in (Robinson *et al.* 1976))
A_{ratio} is de *relative surface receiving direct radiation* (0.29) (Cartar & Morrison 1997)
ε_s is de *emissivity of the surroundings* (0.94) (Cartar & Morrison 1997)
R_{emi} (W) is the *radiation emitted* door de vogel:

$$R_{emi} = \varepsilon\ .\ \sigma\ .\ (T_s + 273)^4$$ (Campbell 1977; noot: (Cartar & Morrison 1997) geven T_b)

De windsnelheid u (m s^{-1}) ter hoogte van de vogel is:

$$u = u^* / k_v\ .\ [\ln ((h_b + z_m - pd_0\ .\ h_v) / z_m)]$$ (Campbell 1977 in (Cartar & Morrison 1997)

waarbij:
u^* (m s^{-1}) is de *friction velocity*:

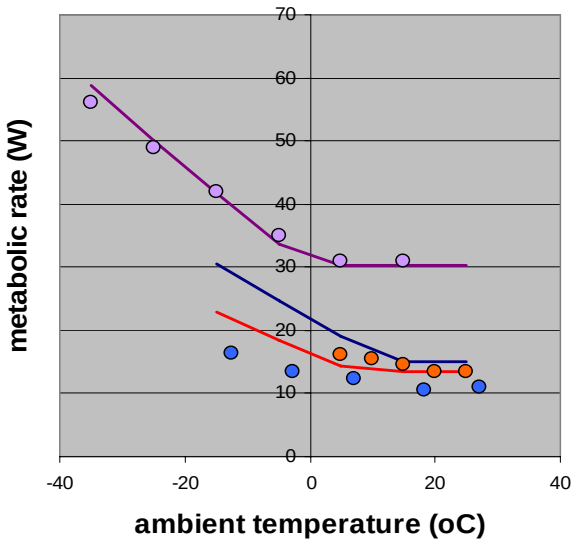
$$u^* = u_{hc}\ .\ k_v / [\ln ((h_c + z_m - pd_0\ .\ h_v) / z_m)]$$ (Campbell 1977 in (Cartar & Morrison 1997)

Hierin zijn:
k_v is de *Von Karman proportionality constant* (0.41)
z_m is de roughness length (0.01 m) (Wieringa 1993 in (van der Graaf *et al.* 2001)

pd_0 is de relative displacement height (0.78 of h_v) (Shuttleworth 1989 in (van der Graaf *et al.* 2001)
h_v (m) is de vegetation height (0.05 m)
h_b (m) is de *height of the bird's centre of gravity above the ground*:

$h_b = 1.5 \times r$

Omdat er geen data van thermoregulatie-kosten van ganzen voorhanden zijn, werd het model getoetst aan de hand van data van drie soorten zwanen, te weten knobbelzwanen (Bech 1980), kleine zwanen (M. Klaassen & B. van Lith, ongepubliceerd) en zwarthalszwanen (Nespolo *et al.* 2008). De overeenkomst tussen de berekende en gemeten waarden is groot genoeg om vertrouwen in de berekeningen te hebben (Figuur 2.1).



Figuur 2.1. Test van het thermoregulatie-model, dat de toename in metabolisme bij afnemende omgevingstemperatuur voorspelt. Lijnen zijn gemodelleerde waarden en rondjes geven gemeten waarden. Paars: knobbelzwaan Cygnus olor (Bech 1980), blauw: kleine zwaan Cygnus bewickii (M. Klaassen & B. van Lith, ongepubliceerde data), oranje: zwarthalszwaan Cygnus melanocoryphus (Nespolo et al. 2008). De gemeten waarden van de kleine zwaan liggen waarschijnlijk te laag, maar het model past goed bij de andere twee soorten.

Overzicht verschenen rapporten binnen het projectencluster 'Evaluatie opvangbeleid overwinterende ganzen en smienten'

Evaluatie Opvangbeleid 2005-2008 overwinterende ganzen en smienten.

Deelrapport 1. Een modelberekening van de capaciteit van opvanggebieden voor overwinterende ganzen en smienten. B.A. Nolet, J.M. Baveco & H. Kuipers. 2009. Alterra rapport 1840.

Deelrapport 2. Verspreidingspatronen van foeragerende smienten. T.J. Boudewijn, G.J.D.M. Müskens, D. Beuker, R. van Kats, M.J.M. Poot & B.S. Ebbinge. 2009. Alterra rapport 1841. Bureau Waardenburg, rapport 08-090.

Deelrapport 3. Het effect van het opvangbeleid op de verdeling van ganzen over opvanggebieden en gangbaar boerenland; studie aan de hand van gemerkte ganzen. D.Kleijn, E.Knecht & B.S.Ebbinge. 2009. Alterra-rapport 1783.

Deelrapport 4.:Invloed opvangbeleid op de internationale verspreiding van overwinterende ganzen in NW-Europa. B.S.Ebbinge. 2009. Alterra-rapport 1842. (Engels): Does the implementation of the Dutch policy for fauna management affect the international distribution of geese wintering in Northwestern Europe?

Deelrapport 5. Invloed opvangbeleid op de verspreiding van overwinterende ganzen en smienten binnen Nederland. H. van der Jeugd, E. van Winden & K. Koffijberg. 2008. SOVON- onderzoeksrapport 2008/20.

Deelrapport 6. Foerageergebieden rond Natura2000-gebieden met ganzendoelstellingen. E. Knecht, M. Kiers & B.A.Nolet. 2009. Alterra-rapport 1843. (Engels): Have sufficient goose foraging areas been located in and around Natura 2000 sites to accommodate their assigned conservation goals?

Deelrapport 7. Kosten van het opvangbeleid in relatie tot de verspreiding van ganzen en smienten over de provincies. B.S. Ebbinge & T. Helmink. Alterra-rapport 1844.

Deelrapport 8. Opvangkosten en inpasbaarheid op bedrijfsniveau; modelberekeningen en perceptie bij boeren. R.A.M. Schrijver, D.A.E. Dirks, D.P.Rudrum

Deelrapport 9. Effectiviteit verjaagmethoden in foerageergebieden met speciale aandacht voor verjaging met ondersteunend afschot. D. Kleijn, H.A.H. Jansman, J.G Oord & B.S. Ebbinge. 2009. Alterra-rapport 1792.

Deelrapport 10. Hebben overwinterende ganzen invloed op de weidevogelstand? D. Kleijn, E. van Winden, P.W. Goedhart & W. Teunissen. 2009. Alterra-rapport 1771.

Deelrapport 11. Effect van Brandganzen op broedende weidevogels. D. kleijn & D. Bos. 2009. Alterra-rapport 1772

Deelrapport 12. Effecten van grootte, vorm en ligging van ganzenfoerageergebieden op de opvangcapaciteit. H. van der Jeugd, J. Nienhuis, M. Roodbergen & E. van Winden. 2009. SOVON-onderzoeksrapport 2008/21

Overige rapporten

Capacity of accomodation areas for wintering geese in the Netherlands: field tests of first principles. D. Bos, B.A. Nolet, T. Boudewijn, H.P. Van der Jeugd & B.S. Ebbinge. A&W-rapport 1197. Altenburg & Wymenga, Veenwouden.

Opvang van ganzen in akkerbouwgebieden op klei; ontwikkelingen en testen van beheerpakketten. A. Visser, B. Voslamber, A. Guldemond & B.S.Ebbinge. 2009. Alterra rapport 1845;

Technische tussenrapportages over deelonderzoeken waarvan de resultaten in boven genoemde rapporten zijn opgenomen:

2005

Dullemen, van D., M. Koopmans, Y. van der Heide, F. Hoekema & D. Bos. 2005. Monitoring van waterwild in opvanggebied Oost-Dongeradeel 2005. A&W rapport 677.

2006

G.J.D.M. Müskens, R.J.M. van Kats, D. Tanger, M. Witteveldt, A.H.P. Stumpel & F.P.J. van Bommel, 2006. Pilotstudy naar het terreingebruik door smienten in relatie tot de ligging van slaapplaatsen: onderzoek naar methoden, waaronder telemetrie, in Nationaal Landschap Laag Holland en geplaatst in het perspectief van aantalontwikkeling, verspreiding en foerageergedrag. Wageningen, Alterra, Technische rapportage..

F.P.J. van Bommel, R.G.M. Kwak, H.J. van der Jeugd, A. Guldemond & A.G.G. van der Weijden, 2006. Ervaringen met de opvang van ganzen op de klei; Seizoen 1 – 2005/2006. Wageningen, Alterra, Technische rapportage - Ganzen op de klei - seizoen 2005-2006.

F.P.J. van Bommel, B.S. Ebbinge, R.G.M. Kwak, H.J. van der Jeugd, E. van Winden, M. van Roomen. 2006.Ontwikkeling in populatieomvang op relevant flyway niveau en verdeling over Nederland, met name binnen en buiten opvanggebieden - Seizoen 2005/2006 Alterra – Technische rapportage: Populatieomvang ganzen en Smienten – 2005/2006 Alterra, Wageningen, 2006

2007
Boudewijn, T., D. Beuker, H. Steendam & R.C. Fijn. 2007. Gebruik van de Alblasserwaard door ganzen. Meting van de gebruiksintensiteit door middel van keuteltellingen. Rapport 07-070, Bureau Waardenburg.

Boudewijn, T. D. Beuker, H. Steendam & M.J.M. Poot. 2007. Gebruik van de Polder Demmerik door nachtelijk foeragerende smienten. Meting van de gebruiksintensiteit door middel van keuteltellingen. Rapport 07-072, Bureau Waardenburg.

Koopmans, M. & D. Bos. 2007. Benutting van graslanden in Oost-Dongeradeel door ganzen in het seizoen 2006-2007. A&W rapport 976.

2008
Boudewijn, T., D. Beuker, & R.J. Jonkvorst. 2008. Gebruik van de uiterwaarden in het rivierengebied door ganzen. Meting van de gebruiksintensiteit door middel van keuteltellingen. Rapport 08-093, Bureau Waardenburg.

Strucker, R.C.W. & T.J. Boudewijn. Gebruik van het Oudeland van Strijen door ganzen en smienten. Meting van de gebruiksintensiteit door middel van keuteltellingen. Rapport 08-081, Bureau Waardenburg.