

**De invloed van zware metalen op de omvang van het
territorium en de regenwormbeschikbaarheid van de grutto
(*Limosa limosa*).**

Anouschka Hof
790509-348-070

Natuurbeheer in de Tropen en Ecologie van Vertebraten



Begeleiders:

Dr. S. E. van Wieren
Natuurbeheer in de Tropen en Ecologie van Vertebraten
Wageningen Universiteit

Dr. T.C. Klok
Ecotoxicologie Alterra

Ir. M. Roodbergen
Ecotoxicologie Alterra



Inhoudsopgave:

Samenvatting:		3
1 Inleiding:		4
2 Gebiedsbeschrijving:		7
3 Methoden:		8
3.1 Veldwerk		8
3.2 Territoriumomvangbepalingen		9
3.3 Statistiek		12
4 Resultaten:		15
4.1 De omvang van het territorium	15	
4.2 De regenworm		15
4.3 De innamesnelheid		17
4.4 Zware metalen		18
5 Discussie:		20
5.1 De omvang van het territorium	20	
5.2 De regenworm		21
5.3 De zware metalen		22
5.4 De innamesnelheid, de regenworm en zware metalen		23
5.5 Territoriumgrootte, de regenworm en de innamesnelheid		24
5.6 Territoriumgrootte en zware metalen		24
6 Conclusies:		26
Dankwoord:		28
Referenties:		29
Tabellen:		33
Figuren:		41

Samenvatting

Zware metalen in de bodem kunnen een gevaar betekenen voor predatoren als de grutto (*Limosa limosa*). Enerzijds door de accumulatie van deze stoffen in de meest voornamelijk voedselbron van de grutto, de regenworm, en daarmee het risico dat er accumulatie optreedt in de grutto zelf, anderzijds via het toxische effect van de zware metalen op de regenwormen, wat een afname van de voedselbeschikbaarheid voor de grutto met zich mee kan brengen. Onderzoek in een gebied met hoge concentraties aan zware metalen in de bodem en in een "schoon" referentiegebied moest het effect van de zware metalen aantonen op de omvang van het territorium van de grutto en op de regenwormbeschikbaarheid. Hoewel het aantal waarnemingen van grutto's laag was is uit het onderzoek gebleken dat een hoge concentratie van zware metalen in de bodem correleerde met een verkleining van het territoriumoppervlak van de grutto. Ook correleerden verhoogde concentraties van zware metalen (cadmium, koper, lood en zink) met een gewichtsafname en een afname van het aantal volwassenen in de regenwormpopulatie.

Summary

Heavy metals in the soil can form a threat to predators like the black-tailed godwit (*Limosa limosa*). First by the accumulation of these metals in the most important food source of the black-tailed godwit, the earthworm. There is a risk that the accumulation continues in the predator of the earthworm. Second, the toxic effects of the heavy metals on the earthworm can result in a decrease of the food availability for the black-tailed godwit. The influence of heavy metals on the availability of earthworms and the territory size of the black-tailed godwit was studied in an area polluted with heavy metals and in a non-polluted reference area. In spite of the low number of observations of the black-tailed godwit, the research showed that high concentrations of heavy metals in the soil correlated with a decrease of the size of the territory of the black-tailed godwit. Furthermore, increased levels of heavy metals (cadmium, copper, lead and zinc) correlated with a decrease of body weight and a decrease of the number of adults in the population of earthworms.

1 Inleiding

"Slechts weinig andere dieren hebben een zo grote betekenis voor de geschiedenis van de aarde als deze zo eenvoudig georganiseerde wezens."

Charles Darwin over de regenworm.

Ook voor veel vogelsoorten zijn de verschillende soorten regenwormen van zeer grote betekenis, dit in de vorm van een belangrijke voedselbron (o.a. Van Gestel en van Dis 1988 geciteerd in van Gestel, 1992 en Lee, 1985). Schommelingen in abundantie van regenwormen in de bodem kunnen dan ook zorgen voor schommelingen in het aantal vogels in desbetreffende gebieden. Onderzoek in opdracht van de Vereniging Natuurmonumenten, de Dienst Landelijk Gebied en de provincie Overijssel bracht bijvoorbeeld naar voren dat de afname van de Grutto (*Limosa limosa*) in een deel van het reservaatgebied Giethoorn-Wanneperveen (Overijssel) mogelijk in verband stond met het voedselaanbod (Rensenbrink, 1987). Verder toont onderzoek van Brandsma (1999) aan dat het afnemen van de biomassa regenwormen tot onder de 10g/ m² leidt tot een afname van het aantal grutto's.

Regenwormen zijn blootgesteld aan gifstoffen als zware metalen in de bodem, wanneer deze voorkomen (Van Gestel, 1988 geciteerd in Marinussen et al., 1994). Ze verteren grote hoeveelheden bodem- en plantenmateriaal en zijn daardoor gevoelig voor de accumulatie van deze gifstoffen (Lee, 1985). Ook wordt aangetoond dat zware metalen zoals koper, cadmium, zink, nikkel en lood giftig zijn voor de regenworm (Van Gestel, 1992, Klok, 2000, Ma 1983 en Ma 2000). Cadmium, zink, nikkel en lood worden sterk geaccumuleerd in de regenworm (Ma 1983 en Ma 2000). Voorts verlengen stressfactoren, zoals onder andere een hoge concentratie aan zware metalen, het juveniele stadium van de regenworm en reduceren dientengevolge de lengte van het adulte stadium, tot het mogelijksterwijs in zijn geheel niet bereiken van het adulte stadium. Dit resulteert in een kleiner aantal nakomelingen (Bosveld et al 2000, Klok et al. 1995, Klok et al., 1997 en Lee 1985). Concluderend kan een hoge concentratie aan bovengenoemde zware metalen in de bodem tot gevolg hebben dat de regenwormdichtheid afneemt. Dit gaat gepaard met een verlaging van het percentage adulten en een verhoging van het aantal subadulten. Gemeend wordt dat een dergelijke verschuiving gevolgen kan hebben voor predatoren waarvan de regenworm het hoofdbestanddeel van het dieet vormt, zoals de grutto, daar deze waarschijnlijk vooral grote, adulte regenwormen eet (Bosveld et al, 2000).

Daarnaast geldt, voor met zware metalen belaste bodems, het gevaar dat bijvoorbeeld cadmium accumuleert in predatoren via de regenworm (Fordham 1992, Lee 1985 en Ma 1983). Onderzoek van Wegener et al (1999) toont aan dat voor cadmium duidelijk sprake is van biomagnificatie in de keten bodem-regenworm-mol: de concentraties nemen sterk toe met het trofische niveau. Cadmium wordt opgeslagen in vitale organen zoals de lever en de maagwand. (o.a. Klok 2000, en Andersen et al. 1982 geciteerd in Fordham, 1985), wat een gevaar kan betekenen. Ook wordt cadmium

geaccumuleerd via voedsel in de nieren (Yost et al, 1979 geciteerd in Alloway 1990 & Tjell et al, 1981 geciteerd in Alloway 1990). Een toename van de blootstelling aan voedsel belast met onder andere cadmium, lood en aluminium kan dientengevolge giftig zijn voor vogels (Scheuhammer, 1987a geciteerd in Scheuhammer 1996 en Bull et al. 1983 geciteerd in Cooke 1992). Bosveld et al (2000) stelt dan ook dat op basis van gemeten concentraties, cadmium, koper, lood, zink en PAK (Polycyclische aromatische koolwaterstof) in regenwormen door vergiftiging van verontreinigingen naar predatoren niet uit te sluiten is.

Aangetoond is dat volwassen grutto's hoofdzakelijk van regenwormen leven (Beintema et al. 1995). De grutto staat momenteel op de Rode Lijst vanwege het feit dat sprake is van een duidelijke afname van de verspreiding van de vogel en van het aantal broedparen. Ook broedt rond de 90 procent van de West-Europese populatie in Nederland (Motief a (internationale betekenis) en c (bedreigd) voor voorkomen op de rode lijst) (Osieck et al, 1994 geciteerd in SOVON). Als belangrijkste oorzaken voor de neergaande trend in het aantal individuen worden genoemd: de ontwatering die tot verdroging van de bodem en een afname van het bodemleven leidt, de steeds vroegere eerste maaidatum waardoor veel broedsels niet uitkomen en veel jongen sterven en de hoge veebezetting waardoor veel legsels vertrapt worden (o.a. Krüse, 2003, Klinken van, 2002, Kruk et al, 1996), de inkrimping van het graslandareaal (SOVON, 1987) en verkeersdruk (o.a. Reijnen et al, 1995, Burton et al, 2002). De vraag rijst of naast deze factoren ook de concentratie van zware metalen in de bodem van invloed is op de afname van het aantal grutto's in met zware metalen vervuilde gebieden. Enerzijds via een verslechterde conditie van de grutto gecorreleerd aan de afname van de regenwormdichtheid en de verschuiving in de populatieopbouw van de regenworm en anderzijds via de accumulatie van zware metalen in de vogel via de regenworm resulterend in onder andere mogelijk fatale nierschade (Bosveld et al, 2000).

Klok (2000) laat zien dat vergiftiging en voedselgebrek de grutto's dwingen een groter gebied te bestrijken voor het verkrijgen van voedsel. De mogelijkheid bestaat dat ook de grutto kampt met dergelijke problemen, resulterend in een afname van het aantal individuen. Onderzoek moet dan ook aantonen of door verontreiniging met zware metalen, resulterend in een afname van de regenwormbeschikbaarheid en een verhoogde behoefte aan energie voor het neutraliseren van gifstoffen (Klok 2000), de innamesnelheid van regenwormen door de grutto afneemt en de omvang van het territorium van de grutto toeneemt.

In dit onderzoek worden eventuele relaties tussen de omvang van het territorium van de grutto en de innamesnelheid van regenwormen door de grutto enerzijds en de regenwormdichtheid, de opbouw van de regenwormpopulatie en de concentratie van zware metalen anderzijds, geanalyseerd.

Hierbij worden de volgende drie hypothesen getoetst:

1. De regenwormdichtheid in de bodem neemt af naarmate de concentraties van zware metalen in bodem en regenwormen toenemen.

2. Het aantal adulten in de regenwormpopulatie wordt kleiner naarmate de concentraties aan zware metalen in de bodem groter worden.
3. Naarmate de concentraties zware metalen in de bodem toenemen en de (adulte) regenwormdichtheid afneemt zal de innamesnelheid van regenwormen door de grutto afnemen en de territoriumgrootte toenemen.

Verwacht wordt dat de voedselbeschikbaarheid afneemt doordat door de zware metalen enerzijds de totale regenwormdichtheid zal afnemen en anderzijds de samenstelling van de regenwormenpopulatie zal verschuiven naar minder adulte en meer juveniele regenwormen. Hierdoor zal de grutto een groter gebied nodig hebben om aan zijn energiebehoefte te kunnen voldoen.

2 Gebiedsbeschrijving:

Het onderzoek vindt plaats in twee gebieden. Ten eerste het gebied Blokland in de omgeving van de gemeente de Ronde Venen (tussen de Nieuwkoopse en Vinkeveense Plassen). In dit veengebied komen op vele plaatsen toemaakdekken voor. Toemaakdekken zijn vanaf de Middeleeuwen tot halverwege de vorige eeuw, aangebracht als bodemverbeteraar en bestonden voor een groot deel uit stadsafval. Uit bodemonderzoek uitgevoerd door Bosveld et al. (2000) is gebleken dat zware metalen en PAK (Polycyclische aromatische koolwaterstof) in hoge concentraties voorkomen en dat de ruimtelijke variatie van de gemeten concentraties zeer hoog is. Het gebied de Ronde Venen bestaat deels uit natuur en deels uit landbouwgrond. De in het toemaakdek aanwezige concentraties aan zware metalen, vormen mogelijk een bedreiging voor de in het gebied voorkomende grutto's (Bosveld et al, 2000).

Het referentiegebied ligt in de polder De Zeevang, ten noorden van Waterland, in Noord-Holland. Polder De Zeevang maakt deel uit van het voormalige brakke veenweidegebied. De graslanden zijn over het algemeen matig vochtig, en bestaan voor een deel uit hooilanden. Het gebied is rijk aan weidevogels. Het gebied is voornamelijk in gebruik bij agrariërs, waarbij een deel van het gebied beheerslandbouw is waar dus rekening wordt gehouden met de natuur- en landschapswaarden. Het gebied De Zeevang valt onder de veenweidegebieden waardoor het waterbeleid vooral gericht is op behoud van het veenweidelandschap en op behoud en versterking van de natuurwaarden. Een probleem in de veenweidegebieden is de onderbemaling. Hierdoor gaat de kwaliteit van de natte graslanden en moerasgebieden achteruit (De groene long, 2003).

Van beide gebieden zijn data over de concentraties aan zware metalen in de bodem, de regenwormdichtheid, de biomassa en de leeftijdsopbouw van de regenwormen beschikbaar. De gebieden zijn gekozen op hun gelijkheid van zoveel mogelijk factoren als grondsoort, grondgebruik en dichtheid aan sloten en bomen.

3 Methoden

3.1 Veldwerk

Eind februari, begin maart worden doorgaans de eerste grutto's in Nederland waargenomen. Eind maart beginnen de eerste vogels te broeden, zodoende komen vanaf mei de eerste jongen uit het ei. In juli trekken de vogels weer weg uit de broedgebieden (Mulder, 1972, Wessels 1981). Veldonderzoek heeft plaatsgevonden gedurende de periode van mei 2003 tot half juni 2003, wanneer de meeste individuen nestelen en de meeste eieren uitkomen. In De Zeevang zijn twee vogels voor hun nestfase voorzien van een zender. Zestien Vogels waren tijdens hun broedperiode van het voorgaande jaar reeds voorzien van kleurringen. In Blokland daarentegen is geen enkele vogel voorzien van een zender en waren twintig individuen reeds voorzien van kleurringen. Deze gezenderde en geringde vogels zijn opgespoord en gevolgd door middel van telemetrie of door middel van het visueel waarnemen. De waarnemingen van plaatsbepalingen van de grutto's zijn in "Top 10" vectorkaarten geplot voor verdere analyses, zoals vergelijking van territoriumgrootte. Gedurende zes weken is ongeveer 50% van de tijd besteed in De Zeevang en 50% in Blokland. Aanvankelijk werd getracht zoveel mogelijk nesten van geringde vogels te vinden en van zoveel mogelijk individuen de plaats waar te nemen door discontinue waarneming. Dit verliep moeizaam door het hoge gras, daarom is in de loop van het broedseizoen uitgeweken naar het afzonderlijk volgen van individuen door continue waarneming. Bij continue waarneming werden geringde vogels zo mogelijk om het uur ingetekend om onafhankelijke waarnemingen te krijgen, die niet beïnvloed waren door factoren zoals de aanwezigheid van predatoren. Beide methoden zijn in gebruik genomen vanwege het feit dat continue waarneming een bruikbare methode is voor het verkrijgen van inzicht in het gebied dat de vogel intensief bezoekt, terwijl discontinue waarneming een bruikbare techniek is voor het bepalen van de grootte van de territoria. Bovendien biedt discontinue waarneming de mogelijkheid meerdere individuen te bestuderen (Harris et al 1990). Per meting zijn tijd, plaats, gedrag (zoals foerageren, vechten slapen, nestelen), eventuele jongen en bijzonderheden genoteerd. Verder is getracht van zo veel mogelijk geringde vogels herhaald de innamesnelheid van regenwormen per boring te bepalen. Met behulp van een stopwatch en een teller is per vogel, gedurende vijf minuten, het aantal malen dat de vogel met zijn snavel de grond in ging (het aantal boringen) en het aantal malen dat de grutto een regenworm uit de grond had gehaald, bepaald (per minuut het aantal regenwormen gedeeld door het aantal boringen).

Wat betreft het bepalen van de innamesnelheid van de grutto is gestuit op moeilijkheden. Het bleek zeer moeilijk de individuen te kunnen onderscheiden vanwege de hoge lengte van het gras. Tevens bracht het lange gras met zich mee dat het verschil in inname van grote of kleine regenwormen vrijwel niet te bepalen was. Het bepalen van de grootte van de regenwormen is echter wel relevant aangezien de innamesnelheid en de beschikbare energie, afhangt van de grootte van de regenwormen. Een inname van twee grote regenwormen per minuut geeft meer energie dan een inname van twee kleine regenwormen per minuut. Verder moest door het lange gras soms uitgeweken worden naar het bepalen van de innamesnelheid van niet geringde exemplaren of van exemplaren die

zich niet bevonden op het gebied waar bemonsterd werd op regenwormen, maar slechts in de directe omgeving (zie kaartje 1 en 2). Ook vormde het tijdsbestek een beperking op het aantal waarnemingen van innamesnelheid. Dit aangezien de innamesnelheid, wegens variaties in regenwormdichtheid in de tijd door onder andere klimatologische factoren, het best bepaald kon worden gedurende de dagen dat de monsters voor analyse van het aantal regenwormen werden genomen.

De regenwormdichtheid en de concentratie aan zware metalen in de bodem zijn bekend op acht locaties per gebied. Op elke locatie zijn zes bodemonsters genomen tijdens de broedperiode en geanalyseerd in het laboratorium op soortensamenstelling en aantallen regenwormen per maturatiestadium. Verder is van deze bodem- en regenwormenmonsters de concentratie aan zware metalen bepaald. Één van regenwormenmonsters uit de Zeevang is kapot gevallen en daardoor konden de concentraties zware metalen in dit monster niet worden gemeten.

3.2 Territoriumomvangbepalingen

3.2.1 De verschillende technieken

De omvang van het territorium kan bepaald worden met behulp van verschillende methoden. Geen enkele techniek is perfect en aangeraden wordt daarom minstens twee verschillende technieken te gebruiken. Harris (1990) raadt aan in elk geval de minimum convex polygon methode te gebruiken. De 'minimum convex polygon' methode is een van de eerste en simpelste methoden voor het berekenen van de omvang van een home-range of territorium (Mohr 1947 in Harris 1990). Het is volgens Harris (1990) de meest gebruikte methode (bijvoorbeeld door Miller et al (2001), Witkander et al (2001) en Girard et al (2002)). De minimum convex polygon methode (mcp) wordt geconstrueerd door de buitenste waarnemingen te verbinden om een convexe polygon te vormen. Vervolgens wordt het oppervlak van dit gebied berekend (White et al 1990). Het oppervlak is berekend in het programma ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1992). Een voordeel is dat de resultaten verkregen met deze techniek goed te vergelijken zijn en dat de methode ook bij een beperkte set aan waarnemingen redelijk betrouwbaar is (Harris 1990). Verdere voordelen zijn: eenvoud, flexibiliteit van vorm en gemak van berekening (White et al 1990). Een nadeel is echter dat incidentele waarnemingen ook meegenomen worden. Dit betekent dat gebieden in theorie deel uitmaken van het territorium, maar dat dit in praktijk niet het geval hoeft te zijn doordat de waarneming bijvoorbeeld verstoord werd door aanwezigheid van een predator. Ook neemt de grootte van het territorium vaak toe wanneer het aantal waarnemingen toeneemt omdat de minimum convex polygon het totale gebied dat gebruikt wordt bepaald en niet het gebied dat tijdens normale omstandigheden wordt gebruikt (Jennrich et al 1969 in White 1990). White et al. (1990) stelt dan ook dat twee territoria niet vergelijkbaar zijn wanneer het aantal waarnemingen te zeer van elkaar verschilt. Één benadering om dit probleem op te lossen is om de outliers te elimineren. Dit betekent dat de intensiteit van het gebruik zou moeten worden meegewogen. Een andere eventuele oplossing vormt het gebruiken van de 'concave polygon' methode, waarbij alle waarnemingen met elkaar verbonden worden (White 1990). Een tweede vaak gebruikte methode is de Jennrich-Turner methode. Jennrich en Turner (1969, in White 1990) presenteerden deze methode gebaseerd op een ellipsoïde berekend om het middelpunt van de waarnemingen. Dit model heeft wel

als nadeel dat gebieden beslaan zouden kunnen worden, welke in zijn geheel niet bezocht worden aangezien het om een ellipsoïde gaat. Hoewel het voor een goede betrouwbaarheid minimale aantal van 100 waarnemingen in dit onderzoek niet gehaald wordt, is deze methode wel gebruikt om de methoden te vergelijken (White 1990). De Jennrich-Turner methode wordt op de volgende wijze uitgevoerd:

$$\bar{x} = \{ \sum_{i=1}^n x_i \} / n$$

$$\bar{y} = \{ \sum_{i=1}^n y_i \} / n$$

$$S_x^2 = \{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \} / (n-1)$$

$$S_y^2 = \{ \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \} / (n-1)$$

$$|\hat{\Sigma}| = S_x^2 * S_y^2 - (S_{xy})^2$$

$$\hat{A} = \pi |\hat{\Sigma}|^{1/2} \chi^2_{(1-\alpha)(2)}$$

Met:

- N : het aantal waarnemingen
- x : de x-coördinaat van de waarneming
- y : de y-coördinaat van de waarneming
- \bar{x} : de gemiddelde waarde van x
- \bar{y} : de gemiddelde waarde van y
- S_x^2 : de variantie van x
- S_y^2 : de variantie van y
- S_{xy} : de variantie van de combinatie van x en y
- $|\hat{\Sigma}|$: de covariantie matrix
- \hat{A} : de grootte van het territorium
- $\chi^2_{(1-\alpha)(2)}$: zie tabel 1.
- α : $\alpha = 0.05$, een 95% betrouwbaarheid ellipsoïde wordt verkregen.

Niet-parametrische benaderingen zoals de 'grid cell tellingen', de 'harmonic mean' en de 'kernel methode' zijn niet gebruikt. Deze methoden vereisen een grotere dataset voor het verkrijgen van nauwkeurigheid dan de eerder genoemde methoden en zijn gebaseerd op intensiteit van gebruik, wat in deze beperkte dataset niet aan de orde is (o.a. Worton 1987, White 1990, Dixon et. Al. 1980).

3.2.2 *Het aantal waarnemingen*

Het aantal waarnemingen van geringde exemplaren was laag, waardoor de vraag gesteld dient te worden of het territorium nauwkeurig te bepalen is. Slechts enkele individuen zijn tijdens de broedperiode ongeveer twintig keer waargenomen. De periode waarin veldwerk gedaan werd, was beperkt tot de broedperiode. Juist in deze tijd van het jaar, mei en juni, was het gras dermate hoog dat de geringde poten van de grutto's moeilijk zichtbaar, tot in zijn geheel niet zichtbaar waren, wat leidde tot een beperkt aantal waarnemingen. Het minimum aantal waarnemingen nodig voor het berekenen van de grootte van het territorium kan bepaald worden door middel van het uitzetten van de grootte van het territorium tegen het aantal waarnemingen. Het punt waar een asymptoot bereikt wordt geeft het minimale aantal waarnemingen die nodig zijn om de omvang van het territorium te bepalen (Stickel 1954 in Harris 1990 en Hawes 1977). In dit onderzoek kon geen asymptoot bereikt worden. Forde (1989 in Harris 1990) biedt echter een alternatief voor territoria die geen asymptoot bereiken en deze biedt mogelijk, volgens Harris (1990), een benadering welke de voorkeur geniet wegens standaardisatie. Forde (1989 in Harris 1990) presenteert een bepaling van het territorium gebaseerd op een standaard aantal waarnemingen. In zijn onderzoek wordt een minimum aantal van vijftientig waarnemingen genomen. Ook dit minimum werd in dit onderzoek niet gehaald (zie tabel 2). Aangezien ook het aantal territoria van belang is om significante conclusies te kunnen trekken is het minimum aantal waarnemingen verlaagd naar zes. Zes, aangezien enkele waarnemingen duidelijk een territorium vormden en het derhalve jammer was deze territoria niet mee te nemen.

3.2.3 *De tijdspannes*

Twee tijdspannes voor geldige waarnemingen zijn gebruikt. Ten eerste de periode van zes weken voor, tot aan de (vermoedelijke) uitkomst van de eieren. Dit vanwege het feit dat grutto's doorgaans ongeveer vierentwintig dagen broeden maar al eerder eieren leggen en het toekomstige territorium verkennen en vanwege het feit dat grutto's, na het uitkomen van de eieren, nestvlieders zijn (Beintema et al. 1995). De waarnemingen voor deze periode worden niet meegenomen omdat de territoria dan mogelijk nog niet vastliggen. Verder standaardiseert de vaste lengte van de periode de methode. Van niet alle geringde vogels was het exacte nest bekend en daarmee het uitkomen van de eieren. In deze gevallen is de gemiddelde datum van het uitkomen van de eieren van alle nesten die binnen het territorium van desbetreffende geringde vogel liggen, als einddatum genomen. De andere tijdspanne is ruimer genomen, vanaf het tijdstip dat het toekomstige territorium bezocht wordt, tot aan het (vermoedelijke) uitkomen van de eieren. Deze tijdspanne start met de eerste waarnemingen die genomen zijn uit de directe omgeving van de slaappleatsen en die geen outliers vormen wanneer de cluster wordt beschouwd. Deze waarnemingen worden beschouwd als liggend binnen het toekomstige territorium. Deze tijdspanne is ruimer vanwege het feit dat vaak al ruim voordat de vogels gaan nestelen, wanneer de nachten nog op een slaappleats worden doorgebracht, het toekomstige territorium bezocht wordt en in de eerste tijdspanne van zes weken wellicht onnodig waarnemingen worden weggelaten.

3.3 Statistiek

Voor het bepalen van de statistische significantie van de resultaten is het programma SPSS 10.0 voor Windows (SPSS-Inc) gebruikt.

Niet-Parametrische toetsen zijn gebruikt wanneer de steekproevenverdeling niet normaal verdeeld was. Gebruik is gemaakt van de Mann-Whitney-U toets en de Kruskal-Wallis toets. Met de Mann-Whitney-U toets wordt de nul-hypothese getoetst dat twee steekproeven afkomstig zijn uit identieke populaties, dus dat de medianen van de twee verdelingen gelijk zijn (De Vocht 2002). Een voorbeeld is het toetsen van het eventuele verschil tussen de gemiddelde omvang van de territoria van het gebied De Zeevang en het gebied Blokland. De Kruskal-Wallis toets is een niet-parametrische variantie-analyse. Met de Kruskal-Wallis toets wordt voor meer dan twee steekproeven de nul-hypothese getoetst dat de steekproeven afkomstig zijn uit identieke populaties (De Vocht 2002). Een voorbeeld is het toetsen van eventuele verschillen tussen de gemiddelde omvang van de territoria per landeigenaar voor beide gebieden.

De Student's t-toets is gebruikt om te onderzoeken of twee gemiddelden aan elkaar gelijk zijn. Bij toetsing van meer dan twee gemiddelden werd een variantieanalyse uitgevoerd (ANOVA). Met behulp van de Multiple Comparisons test van Bonferroni is bepaald welke populaties onderling van elkaar verschillen. Een voorbeeld is het bepalen van het eventuele verschil van de gemiddelde regenwormdichtheden tussen De Zeevang en Blokland. Met behulp van de Multiple comparisons test van Bonferroni kan vervolgens bepaald worden welke bemonsteringslocaties significant van elkaar verschillen binnen de twee gebieden en welke niet. De ANOVA kan alleen gebruikt worden wanneer de steekproeven voldoende groot zijn, wat inhoudt dat er minimaal dertig waarnemingen nodig zijn (De Vocht 2002). De Chi-kwadraat toets is gebruikt om te toetsen of er een significant verband bestond tussen bijvoorbeeld de soortensamenstelling van de Zeevang en van Blokland.

Correlatie en regressie zijn statistische technieken om een verband tussen variabelen te analyseren. Een lineair verband wordt verondersteld. Bij twee variabelen is deze vooronderstelling te controleren met een correlatiediagram. Wanneer er sprake is van correlatie clusteren de punten min of meer om de regressielijn. Met behulp van een enkelvoudige regressieanalyse wordt de best passende lijn door een puntenwolk berekend. De bivariate correlatie toets van Pearson is gebruikt voor het bepalen van de sterkte en de richting van enkelvoudige verbanden. De Spearman's rho rangcorrelatie wordt gebruikt wanneer de variabelen niet normaal verdeeld zijn.

De volgende eventuele relaties en of effecten zijn getoetst:

- Het effect van de verschillende gebieden op de territoriumgrootte. Ook wordt gekeken of de omvang van het territorium gecorreleerd is aan de concentraties van zware metalen in de bodem en in de regenworm. Verwacht wordt dat de grutto's in het gebied met een hoge concentratie aan zware metalen (Blokland) een groter territorium nodig hebben dan de grutto's in het gebied met een lagere concentratie aan zware metalen (De Zeevang). Dit om een inname van voldoende

regenwormen te krijgen om te voldoen aan hun dagelijkse energiebehoefte te voldoen. Aangezien de omvang van de territoria met behulp van verschillende methoden is bepaald, wordt ook het verschil tussen de methoden getoetst.

- Het verschil in concentraties aan zware metalen in de bodem en in de regenworm tussen de twee gebieden.
- Het effect van de verschillende gebieden op de regenwormdichtheid. De hypothese is dat de dichtheid lager is in het vervuilde gebied (Blokland) dan in het niet vervuilde gebied (De Zeevang). Daarmee gepaard gaande wordt getoetst of verschillen bestaan tussen de populatieopbouw van de regenworm in de twee gebieden. En of deze eventuele verschillen gecorreleerd zijn aan concentraties zware metalen in de bodem of in de regenworm. Verondersteld wordt dat het aantal adulten lager is in Blokland dan in de Zeevang vanwege toxische effecten die de verhoogde concentraties aan zware metalen met zich mee brengen. Ook wordt gekeken naar variaties tussen de locaties binnen de gebieden.
- Het effect van de verschillende gebieden en het gewicht van de regenwormen. Ook wordt het effect van de concentraties aan zware metalen in de bodem en in de regenworm op het gewicht van de regenwormen geanalyseerd. Verondersteld wordt dat door de invloed van de zware metalen het gewicht van de regenwormen lager zal zijn in Blokland dan in de Zeevang. Dit gewichtsverschil zou onder andere veroorzaakt kunnen worden door het verschil in aantal adulten. Het gewichtsverschil tussen de adulten, subadulten en juvenielen wordt daarom getoetst. Tevens wordt getoetst of de soortensamenstelling van invloed is op eventuele gewichtsverschillen tussen gebieden, aangezien verschillende soorten een verschillend gewicht kunnen hebben. Ook wordt gekeken naar variaties tussen de locaties per gebied.
- Het effect van de verschillende gebieden op de innamesnelheid van regenwormen per boring door de grutto. Tevens wordt het effect van de verschillende concentraties van zware metalen in de bodem en in de regenworm op het verschil in dichtheid en gewicht van de regenworm geanalyseerd. De veronderstelling is dat de innamesnelheid lager is in het vervuilde gebied vanwege de verwachte lagere regenwormdichtheid en vanwege het verwachte lagere aantal adulten door de verschuiving in populatieopbouw veroorzaakt door de vervuiling van de bodem met zware metalen. Verder wordt ook het verschil in innamesnelheid per boring op de percelen van de verschillende landeigenaren getoetst vanwege de eventuele invloed van verschillen in bewerking en beheer van het land. Sommige percelen waren bijvoorbeeld in eigendom van Staatsbosbeheer en dientengevolge anders bewerkt dan andere percelen. Later in het seizoen kon bijvoorbeeld pas gemaaid worden. Ook waren bepaalde percelen behandeld met grove mest in tegenstelling tot andere percelen. Verder liepen in enkele percelen vee. Ook wordt de invloed van het tijdstip van de dag en de datum op de innamesnelheid getoetst. 's Ochtends vroeg bijvoorbeeld zouden, door de dauw van de voorgaande nacht, de regenwormen zich meer aan de oppervlakte kunnen bevinden waardoor ze toegankelijker zijn voor grutto's. 's Middags door de toenemende temperatuur zouden de regenwormen minder toegankelijk kunnen zijn vanwege het feit dat ze zich dieper in de bodem bevinden. (Buch 1986) Ook de datum zou van invloed kunnen zijn door bijvoorbeeld toenemende temperaturen en droogte.

- De relatie tussen de regenwormdichtheid en het gewicht van de regenwormen met de omvang van de territoria van de grutto wordt getoetst, dit gecorreleerd aan de concentratie van zware metalen in de bodem en in de regenworm. De hypothese is dat naarmate de dichtheid aan regenwormen in de bodem afneemt, door een toename in de concentratie van zware metalen, de omvang van het territorium van de grutto toeneemt, aangezien de grutto moet voldoen aan zijn dagelijkse energiebehoefte. zijn dagelijks benodigde hoeveelheid voedsel. Ook wordt verondersteld dat naarmate het gewicht van de regenwormen afneemt, door een toename van concentraties aan zware metalen, het territorium van de grutto toeneemt wegens hetzelfde argument.
- De relatie tussen de innamesnelheid van regenwormen per boring door de grutto met de omvang van de territoria wordt getoetst. De hypothese is dat naarmate de innamesnelheid afneemt de omvang van het territorium toeneemt omdat verwacht wordt dat de regenwormdichtheid en het aantal “grote/ zware” (adulte) regenwormen lager is bij grote territoria dan bij kleine territoria.

4 Resultaten

Kaartjes 1 en 2 geven de gebieden weer met de territoria van de grutto's en de locaties van regenwormmonsters en van waarnemingen aan de innamesnelheid.

4.1 *De omvang van het territorium*

4.1.1 *De verschillende technieken en tijdspannes*

De verschillen tussen de methoden zijn significant. De minimum convex polygon verschilt significant van de Jennrich-Turner methode (Mann-Whitney-U : $p = 0,001$ (tweezijdig)). Ook de concave polygon en de Jennrich-Turner methode verschillen onderling van elkaar (Mann-Whitney-U : $p = 0,000$ (tweezijdig)). Het verschil tussen de twee tijdspannes is in alle drie de gevallen niet significant.

Voor verder gebruik van territoriumgrootte in de analyses is de Minimum convex polygon methode met de ruime tijdspanne gebruikt, vanwege het feit dat ik voor dit onderzoek het meeste vertrouwen stel in deze methode. Deze methode geeft een minder grote fout dan de Jennrich-Turner methode door het niet gebruiken van een ellipsoïde en de concave polygon methode sluit een te groot gebied uit. Verder is het verschil tussen de tijdspannes niet significant en geef ik daarom de voorkeur aan de ruimere tijdspanne vanwege een groter aantal aan waarnemingen.

4.1.2 *De Territoriumgrootte*

Figuur 1 laat de gemiddelde territoriumgroottes, in hectares, zien voor de verschillende methodes om de omvang van het territorium te bepalen en de twee tijdspannes. Alle drie de methoden laten voor beide tijdspannes zien dat de gemiddelde omvang van de territoria groter was in Blokland dan in De Zeevang. Dit verschil is echter, zoals tabel 2 laat zien, volgens de uitkomst van de Mann-Whitney-U toets niet significant. Verder laat figuur 2 zien dat de mannelijke dieren gemiddeld een groter territorium lijken te hebben gehad dan de vrouwelijke dieren. Dit verschil is echter, volgens de Mann-Whitney-U toets niet significant.

4.2 *De regenworm*

4.2.1 *De biomassa, het gewicht en de dichtheid*

Tabel 3 toont de regenwormmonsters uitgesplitst naar gebied, locatie, monster, soort en maturatiestadium.

De totale biomassa aan regenwormen per monster was significant hoger in De Zeevang dan in Blokland (Student's T $p = 0,022$). Het verschil in biomassa tussen de verschillende maturatiestadia was ook significant (ANOVA: $p = 0,026$ (tweezijdig)). De totale biomassa aan zowel de adulten als de subadulten en de juvenielen was hoger in De Zeevang dan in Blokland (figuur 3). De biomassa aan juvenielen was het hoogst, gevolgd door de adulten. Het verschil aan gemiddelde biomassa van de adulten en van de subadulten was tussen de gebieden niet significant. Het verschil aan biomassa van de juvenielen tussen de gebieden echter wel (Student's T $p = 0,016$).

Verder was het gemiddelde gewicht van de individuele regenwormen significant hoger in de Zeevang dan in Blokland (Student's T $p = 0,007$ en figuur 4). Het gemiddelde gewicht van de individuele regenworm verschilt tevens significant per maturatiestadium (ANOVA: $p = 0,000$ (tweezijdig)) (tabel 4). De adulten waren gemiddeld zwaarder in Blokland dan in De Zeevang. De subadulten en de juvenielen waren echter zwaarder in De Zeevang dan in Blokland (figuur 5). Verder waren in de Zeevang de subadulten zwaarder dan de adulten.

De regenwormdichtheid was in De Zeevang gemiddeld hoger dan in Blokland. Dit verschil in dichtheid tussen de gebieden was echter niet significant (Student's T toets: $p = 0,256$ (tweezijdig)). Het verschil in gewicht van de regenwormmonsters tussen de gebieden werd vooral verklaard door het verschil in aantal adulten tussen De Zeevang en Blokland. De totale aantallen adulten, subadulten en juvenielen per gebied zijn weergegeven in figuur 6. De Student's T toets voor 2 onafhankelijke steekproeven liet zien dat het gemiddelde aantal adulten gevonden in de monsters van De Zeevang significant groter is dan dat gevonden in de monsters van Blokland. Uit het betrouwbaarheidsinterval was de conclusie te trekken dat het verschil in het gemiddelde aantal adulten gevonden per monster van De Zeevang en per monster van Blokland in 95% van de gevallen tussen de 1,00 en de 3,34 lag (Student's T toets: $p = 0,000$ (tweezijdig) tabel 5). De verschillen in aantal subadulten en juvenielen tussen de gebieden waren beide niet significant (tabel 5).

De verschillen tussen de bemonsteringslocaties per gebied waren niet significant. Wel verschilden zowel de regenwormdichtheid, het gemiddelde gewicht van de individuele regenworm en de biomassa per locatie significant tussen de percelen van de verschillende landeigenaren in De Zeevang (Kruskal-Wallis $p = 0,000$, $p = 0,000$ en $p = 0,002$). In Blokland was dit niet het geval. De uitkomst van de Student's T toets liet echter zien dat het verschil in gewicht tussen de gebieden groter was. In De Zeevang waren de percelen met zowel de hoogste dichtheid aan regenwormen als de hoogste biomassa aan en gewicht van de regenwormen, de percelen zonder veebezetting met een late maaidatum.

4.2.2 De soortensamenstelling

Tabel 6 toont het gemiddelde gewicht en de aantallen van de soorten per maturatiestadium per gebied. Hoewel het gemiddelde gewicht per soort verschilde, verschilde de soortensamenstelling tussen de twee gebieden niet significant, het verschil in gewicht per individu werd dus niet verklaard door verschillen in gewicht per soort. De uitkomst van de kruistabel van de variabelen gebied en soort wordt weergegeven in tabel 7, ook de uitkomst van de Chi-Square toets wordt hier weergegeven. Aangezien een van de voorwaarden van deze toets is dat maximaal 20% van de verwachte celfrequenties tussen de 1 en 5 mag liggen en dat alle verwachte celfrequenties groter of gelijk zijn aan 1, zijn soort *E. tetraedra*, *L. castaneus*, *O. t. tyrtaeum* en *A. limicola* weggelaten aangezien zij slechts enkele keren voorkomen.

4.2.3 Territoriumgrootte en regenwormen

Er bestond een significante correlatie tussen de territoriumgrootte en het gemiddelde gewicht van de regenwormen per bemonsteringslocatie, wanneer beide gebieden apart werden bekeken (Spearman's

rho $p = 0,002$ voor De Zeevang en $p = 0,007$ voor Blokland). In De Zeevang leidde een gewichtsafname van de regenwormen tot een afname van de omvang van het territorium, terwijl in Blokland, hoewel het aantal gecombineerde waarnemingen slechts klein was, een gewichtsafname van de regenwormen tot een toename in de omvang van het territorium leidde (Figuur 7). Zowel de biomassa per locatie als de regenwormdichtheid was niet van invloed op de grootte van het territorium.

4.3 *De innamesnelheid*

4.3.1 *Inname per minuut*

Tabel 8 laat de waarnemingen van innamesnelheid zien.

De innamesnelheid van regenwormen per minuut door de grutto verschilde niet significant per gebied (Mann-Whitney-U: $p = 0,121$ (tweezijdig),). Een verschil bestond echter wel. In de Zeevang bedroeg de gemiddelde inname per minuut 1,51 terwijl dit gemiddelde in Blokland lager lag op een waarde van 1,28. Ook verschilde het aantal boringen waarmee ze deze inname verkregen. Het aantal boringen was in De Zeevang lager dan in Blokland (tabel 8). Concluderend had een grutto in de Zeevang gemiddeld 4,7 boringen nodig voordat een regenworm gepakt werd, terwijl in Blokland gemiddeld 6,8 boringen nodig waren. Het verschil in de inname van de grutto's per minuut was ook niet significant wanneer de percelen van de verschillende landeigenaren beschouwd werden (Kruskal-Wallis: $p = 0,368$). Dit veranderde niet wanneer de afzonderlijke gebieden apart werden beschouwd.

4.3.2 *Inname per minuut in relatie tot tijdstip en datum*

De inname per minuut uitgezet tegen het tijdstip van de dag volgt geen Een significante relatie bestond niet (regressieanalyse: $p = 0,711$, De inname per boring uitgezet tegen de datum liet ook geen trend. Een significante relatie tussen beide variabelen bestond niet (regressieanalyses: $p = 0,992$,).

4.3.3 *Innamesnelheid en de regenworm*

De innamesnelheid van de grutto was niet gecorreleerd aan zowel de biomassa van de regenwormen als het aantal regenwormen en het gemiddelde gewicht van de individuele regenworm.

4.3.4 *Innamesnelheid en territoriumgrootte*

De innamesnelheid per minuut was niet significant gecorreleerd aan de territoriumgrootte. Een lichte trend dat de innamesnelheid per minuut af nam naarmate het territorium groter werd bestond.

4.4 *Zware metalen*

4.4.1 *Zware metalen in de bodem*

Tabel 9 laat de gemiddelde concentraties van zware metalen in de grond (mg/ kg) zien per gebied. In tabel 10 is de uitkomst van de Mann-Whitney-U toets weergegeven. De verschillen in concentraties van chroom, koper, ijzer, lood en zink tussen de gebieden waren significant. De gemiddelde concentraties aan aluminium, chroom en ijzer waren het hoogst in de grond van De Zeevang, terwijl

de gemiddelde concentraties aan cadmium, koper, nikkel, lood en zink het hoogst waren in de grond van Blokland. In tabel 9 zijn tevens enkele streefwaarden voor een standaardbodem weergegeven (Wegener 1999). De bodem van De Zeevang had vrij gemiddelde concentraties wat betreft cadmium, koper, lood en zink terwijl de bodem van Blokland voor koper, lood en zink hogere concentraties bevatte dan de streefwaarden. Tabel 11 laat de correlatie tussen de zware metalen onderling zien.

4.4.2 *Zware metalen in de regenwormen*

De gemiddelde concentraties van zware metalen in de regenworm (mg/ kg) per gebied zijn weergegeven in tabel 12. Net als bij de concentraties in de grond waren de gemiddelde concentraties aan aluminium, chroom en ijzer het hoogst in de regenwormen van De Zeevang en de gemiddelde concentraties aan cadmium, koper, nikkel, lood en zink het hoogst in de regenwormen van Blokland. Slechts de verschillen tussen de gebieden in concentraties cadmium, koper en lood waren significant (Man-Whitney-U toets p: 0,001, p: 0,004, p: 0,001 tabel 13).

4.4.3 *Regenwormen en zware metalen in bodem*

Tabel 14 laat de correlaties tussen de biomassa, gewicht en aantal regenwormen zien met de zware metalen. In Tabel 15 is dit uitgesplitst naar maturatiestadium.

De biomassa van de regenwormen per monster locatie was negatief gecorreleerd aan cadmium maar positief aan ijzer. De gemiddelde regenwormdichtheid was positief gecorreleerd aan de concentratie nikkel. Wanneer de twee gebieden apart werden bekeken bestonden er geen correlaties in De Zeevang. In Blokland had een toename van de concentratie aan chroom en nikkel had een positieve invloed op de biomassa van de regenwormen per locatie. Cadmium, koper, lood en zink waren negatief gecorreleerd aan de biomassa van de adulten, terwijl chroom positief was gecorreleerd. Verder was nikkel positief gecorreleerd aan de biomassa van de subadulten en cadmium en zink waren negatief gecorreleerd aan de biomassa van de juvenielen.

Het gemiddelde gewicht van de regenwormen per monsterlocatie was significant negatief gecorreleerd aan de concentratie van cadmium, koper, lood en zink in de bodem en positief gecorreleerd aan de concentratie chroom. Het gemiddelde gewicht nam af naarmate de concentratie aan cadmium, koper, lood en zink in de grond toenam en nam toe naarmate de concentratie aan chroom in de bodem toenam. Cadmium was negatief gecorreleerd aan het gewicht van de adulten en cadmium, koper, lood en zink ook aan het gewicht van de subadulten en juvenielen. Terwijl chroom en ijzer positief gecorreleerd waren aan het gewicht van de subadulten

De concentratie zink in de bodem correleerde significant met het aantal adulten. Naarmate de concentratie aan zink toenam, nam het aantal adulten af. Het aantal subadulten was significant positief gecorreleerd aan de concentraties aan koper en lood in de bodem. Geen van de zware metalen was gecorreleerd aan het aantal juvenielen.

4.4.4 *Regenwormen en zware metalen in regenwormen*

De concentratie aan zware metalen in de regenworm was niet van invloed op het gemiddelde gewicht van de individuele regenworm, de biomassa en de regenwormdichtheid. Enkele metalen waren echter

wel van invloed op de populatieopbouw. Hoe meer cadmium (Spearman's rho, tweezijdig $p = 0,001$), koper (Spearman's rho, tweezijdig $p = 0,032$) en lood (Spearman's rho, tweezijdig $p = 0,037$) in de regenworm aanwezig was op de locaties, hoe lager het aantal adulten. Koper (Spearman's rho, tweezijdig $p = 0,046$) had daarentegen op het aantal subadulten een positief effect.

4.4.5 Territoriumgrootte en zware metalen

De concentratie aan zware metalen in de regenworm was niet van invloed op de territoriumgrootte van de grutto. Wel was de omvang van het territorium van de grutto significant gecorreleerd aan de concentratie van aluminium, chroom en ijzer in de bodem. In alle gevallen nam naarmate de concentratie van het zware metaal in de grond toenam, de omvang van het territorium af. Wanneer de twee gebieden apart werden bekeken dan waren in De Zeevang alle zware metalen, behalve cadmium, significant negatief gecorreleerd met de omvang van het territorium en in Blokland aluminium, koper, lood en zink negatief en ijzer positief (tabel 16).

4.4.6 Innamesnelheid en zware metalen in bodem

De innamesnelheid per minuut van de grutto was niet gecorreleerd met de concentraties aan zware metalen, zowel in de grond als in de regenworm.

5 Discussie

5.1 *De omvang van het territorium*

Aangezien het aantal waarnemingen klein was en varieerde van 6 tot 21, moet de vraag gesteld worden hoe nauwkeurig de bepaling van de omvang van het territorium was en in welke mate de verschillende territoria met elkaar vergeleken konden worden. Verder moet afgevraagd worden in hoeverre het lange gras veroorzaakte dat waarnemingen in hogere frequentie voorkwamen op percelen met kort gras. Gedacht kan worden dat in percelen met lang gras een grutto niet waargenomen werd maar dat die bewuste percelen toch tot het territorium behoorden. Dit veroorzaakt een systematische fout in het bepalen van de territoriumgrootte. Voor een volgend onderzoek wordt aangeraden, voor zover mogelijk, te werken met gezenderde vogels. De lengte van het gras brengt voor het lokaliseren van gezenderde vogels minder problemen met zich mee dan voor het lokaliseren van geringde vogels. Helaas is het vangen van grutto's het makkelijkst op het nest, wat te laat is voor een dergelijk onderzoek. Het vangen met behulp van mistnetten op slaapplaatsen is een optie. Alvorens met dit onderzoek een aanvang werd gemaakt, was dit geprobeerd. Er werd echter ondervonden dat dit een moeilijke opgave is met weinig succes. Ook bestaat de kans dat een grutto die gevangen is op een slaapplaats verder trekt om elders een territorium te starten. Een mogelijkheid voor een dergelijk onderzoek zou zijn om aan te vangen met het veldwerk al voordat de vogels een nest hebben. Het territorium dat de grutto tijdens de nestfase heeft, wordt vaak al voordat het dier gaat nestelen, bezocht. De kans op een groter aantal waarnemingen zal hierdoor toenemen. Verder bleek het zeer belangrijk te zijn voor het verkrijgen van voldoende waarnemingen zo vroeg mogelijk in de broedperiode te bepalen welke grutto bij welk nest hoorde. Het gebruik van transponders wordt daarom ook aangeraden, aangezien deze het terugvinden van het juiste nest bij de juiste vogel vergemakkelijken.

5.1.1 *De gebruikte tijdspannes*

Het verschil in omvang van het territorium was klein wanneer verschillende tijdspannes werden gebruikt, het verschil was echter groot wanneer verschillende methoden werden gebruikt. De vraag rijst echter in hoeverre het kleine aantal waarnemingen hier een rol speelde. Echter, het belang van het kiezen van de methode in dit onderzoek was groter dan het belang van het kiezen van een tijdspanne. Ik stelde meer vertrouwen in het gebruik van de minimum convex polygon methode en eventueel de concave polygon methode voor dit onderzoek dan in het gebruik van de Jennrich-Turner methode. Dit vanwege het kleine aantal waarnemingen. Bij het gebruiken van een ellipsoïde, zoals de Jennrich-Turner methode, was de kans groter dat gebieden onterecht als territorium bestempeld werden dan bij het gebruik van de minimum convex polygon methode en de concave polygon methode. Deze kans nam toe naarmate het aantal waarnemingen kleiner werd.

5.1.2 *De Territoriumgrootte*

De trend dat de territoria groter zijn in Blokland dan in De Zeevang kon berusten op toeval, zoals de uitkomst van de Mann-Whitney-U toets liet zien. Echter doordat het aantal territoria per gebied zo laag was, zou dit ook een reden kunnen zijn voor het niet aanwezig zijn van een significante relatie.

De trend dat de mannelijke dieren gemiddeld, bij alle gebruikte methoden, een (niet significant) groter territorium hadden dan de vrouwelijke dieren zou veroorzaakt kunnen worden door het feit dat vrouwelijke dieren overdag vaker op het nest zitten. Het vrouwelijke dier werd dientengevolge vaak in de buurt van het nest waargenomen. Om deze reden wordt het aangeraden om voor een dergelijk onderzoek voornamelijk mannelijke individuen van een zender te voorzien. Verder, bestaat de mogelijkheid, aldus White (1990), dat de omvang van het territorium toeneemt naarmate het aantal waarnemingen toeneemt tot een asymptoot is bereikt.

5.2 *De regenworm*

5.2.1 *De biomassa, het gewicht en de dichtheid*

In De Zeevang was de biomassa aan regenwormen significant hoger dan in Blokland. Dit verschil werd onder andere veroorzaakt door het significant hogere aantal adulten in De Zeevang hoewel de adulten gemiddeld zwaarder waren in Blokland dan in De Zeevang. De subadulten en de juvenielen echter, waren zwaarder in De Zeevang dan in Blokland. Bovendien waren in De Zeevang de subadulten zwaarder dan de adulten. Dit laatste werd veroorzaakt door de verschillen in gewicht per soort. Het gemiddelde gewicht van de subadulte soorten was hoger dan het gemiddelde gewicht van de adulte soorten. Verder was het verschil in regenwormdichtheid tussen de gebieden niet significant.

Ook de soorten regenwormen verschilden significant in hun gewicht. De invloed hiervan op het verschil in biomassa was beperkt, aangezien de soortensamenstelling van regenwormen in de bodem van De Zeevang niet significant verschilde van de soortensamenstelling in Blokland.

Het verschil in beheer of bewerking van het land, met name de veebezetting en de maaidatum, was in De Zeevang waarschijnlijk van invloed op zowel de dichtheid als de biomassa aan en het gewicht van de regenwormen, aangezien dit significant verschilde tussen de percelen van de verschillende landeigenaren. In een vervolgonderzoek zouden deze factoren zoveel mogelijk gelijkgesteld moeten worden om overeenkomstige veldsituaties zo goed mogelijk te benaderen.

5.2.2 *De innamesnelheid in relatie tot beheer van het land.*

Hoewel de regenwormdichtheid, de biomassa en het gemiddelde gewicht aan regenwormen per percelen van de verschillende landeigenaren in De Zeevang verschilden, verschilde de innamesnelheid per minuut van regenwormen door de grutto niet significant. Deze relatie zou echter wel kunnen bestaan wanneer het aantal waarnemingen hoger was geweest, aangezien een trend leek te bestaan. De eventuele verschillen in bewerking en beheer van het land waren, hoewel van invloed op zowel de dichtheid als het gewicht van de regenwormen, waarschijnlijk niet van invloed op de innamesnelheid. Toch zou ik ook voor het bepalen van de innamesnelheid, aanraden, wegens de zichtbare trend, verschillen in bewerking en beheer van het land als factor mee te nemen of te elimineren tijdens dergelijke onderzoeken.

5.3 *De zware metalen*

5.3.1 *De zware metalen in de bodem en in de regenworm*

Chroom en ijzer waren in significant hogere concentraties aanwezig in De Zeevang, lood, koper en zink in Blokland. Deze laatste drie metalen zijn in een significant hogere concentratie aanwezig in Blokland dan de streefwaarden voor een standaardbodem (Wegener 1999). Wel moet rekening gehouden worden met het feit dat het in dit onderzoek om een veenbodem gaat, dit zou mogelijk kunnen resulteren in andere streefwaarden.

Cadmium, koper en lood zijn in een significant hogere concentratie in de regenworm aanwezig in Blokland. Dit is een logisch gevolg van de hogere concentratie van koper en lood in de bodem van Blokland. Hoewel de concentratie cadmium in Blokland ook hoger is dan in De Zeevang, is dit verschil niet significant. Cadmium is volgens eerder onderzoek een metaal dat sterk accumuleert in de regenworm (Ma 1983) wat de significante concentratie in de regenworm kan verklaren. Het effect van zink is niet waarneembaar. Hoewel n laag was, kan verondersteld worden dat ook in dit onderzoek sprake was van een accumulatie van cadmium, lood en koper in de regenworm door een hoge concentratie van deze metalen in de bodem.

5.3.2 *Het effect van de zware metalen op de regenworm*

De biomassa aan regenwormen nam af naarmate de concentratie aan cadmium toenam en naarmate de concentratie aan ijzer afnam. Cadmium, koper, lood en zink correleerden negatief met de biomassa van de adulten en cadmium en zink ook met de biomassa van de juvenielen. Zowel chroom als ijzer correleerden positief met de biomassa van de adulten en nikkel met de subadulten. Cadmium, koper, lood en zink hadden in overeenstemming met de verwachting een negatief effect, ijzer is echter niet een ongunstig metaal en zou een positieve invloed kunnen hebben op de biomassa aan regenwormen. Dat zowel chroom als nikkel ook positief correleerden met een toename van de biomassa van respectievelijk de adulten en de subadulten is merkwaardig. Wel was chroom significant gecorreleerd aan ijzer (tabel 11) wat een reden kon zijn voor de positieve correlatie aan de biomassa van de adulten. Nikkel was echter niet significant gecorreleerd aan een van deze twee metalen.

Een verhoogde concentratie van cadmium, koper, lood en zink in de bodem was gecorreleerd aan een afname van het gewicht van de regenworm, wanneer beide gebieden werden bekeken. Cadmium correleerde met een afname van het gewicht van de adulten en alle vier de metalen correleerden met een afname van het gewicht van de subadulten en de juvenielen. Dit is overeenkomstig met de verwachting dat een hoge concentratie aan zware metalen een negatief effect heeft op de regenworm. Echter, een verhoogde concentratie aan chroom was positief gecorreleerd met het gewicht van de subadulten. Ook ijzer was positief gecorreleerd aan een toename van het gewicht van de subadulten. Deze twee metalen zijn dan ook sterk aan elkaar gecorreleerd (Tabel 11), wat een reden kan zijn voor de positieve van een van deze twee met het gewicht van de regenworm. De correlaties tussen de zware metalen en het gewicht verdwenen wanneer de gebieden apart werden geanalyseerd, op chroom na en een bijkomend negatief effect van verhoogde concentraties aan cadmium, dit zou

kunnen komen door het geringe aantal van 8 monsters wanneer slechts 1 gebied werd geanalyseerd. Bovendien was het verschil in concentraties daardoor klein.

Een verhoogde concentratie aan nikkel was gecorreleerd aan een toename van de regenwormdichtheid hoewel dit metaal doorgaans als ongunstig wordt beschouwd. Verder, naarmate de concentratie aan zink toenam, nam het aantal adulten af. Het aantal subadulten nam significant toe naarmate de concentraties aan koper en lood in de bodem toenamen. Geen van de zware metalen was van invloed op het aantal juvenielen. Dit is in overeenstemming met de verwachting dat hoge concentraties aan zware metalen, zoals bijvoorbeeld koper, een verschuiving in de populatieopbouw teweeg brengen, richting het verlengen van het juveniele en subadulte stadium en het verlagen van het aantal adulten.

Hoge concentraties van zware metalen in de regenworm zelf correleerden niet met zowel de regenwormdichtheid als de biomassa aan en het gewicht van de regenwormen. Wel correleerden hoge concentraties van cadmium, koper en lood in de regenworm met een verlaging van het aantal adulten. Verder was een verhoogde concentratie van koper in de bodem wel significant positief gecorreleerd met het aantal subadulten. Aan de hand van literatuur (o.a. Lee, 1985, Fordham, 1992., Klok et al. 1995, Klok et al., 1997 en Bosveld et al. 2000) en aan de hand van de resultaten van dit onderzoek, kon geconcludeerd worden dat een verhoogde concentratie aan bepaalde zware metalen in de bodem mogelijk een negatief effect hadden op de regenworm. Hetzij in het gewicht (cadmium, koper en zink), hetzij in het verlagen van het aantal adulten (zink). Verhoogde concentraties van cadmium, koper en lood in de regenworm zorgden voor een verlaging van het aantal adulten. Aangezien koper, lood en zink significant in hogere concentraties aanwezig waren in de bodem en koper, lood en cadmium in de regenwormen van Blokland dan in de bodem en de regenwormen van De Zeevang, resulteerde dit mogelijk in zowel een lager aantal adulten als een lagere biomassa en gemiddeld gewicht van regenwormen in Blokland dan in de Zeevang.

5.4 Innamesnelheid de regenworm en zware metalen

De innamesnelheid van regenwormen per minuut door de grutto verschilde niet per gebied. Ook was dit niet significant gecorreleerd met de gemiddelde regenwormdichtheid, de biomassa en het gemiddelde gewicht van de individuele regenwormen. Tevens was dit niet significant gecorreleerd met de concentratie van zware metalen in de regenworm en in de bodem. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de innamesnelheid niet alleen afhangt van de dichtheid van en biomassa aan regenwormen of van het gewicht van de regenwormen. Ook de foerageermethode van individuele vogels is belangrijk, aangezien deze verschilde. Sommige vogels foerageerden met continue boringen, andere vogels zochten en boorden slechts zo nu en dan met hun snavel in de grond. Deze laatste methode was, gebaseerd op persoonlijke waarnemingen, effectiever. Helaas was dit niet voor elke vogel genoteerd. Tevens is de vraag of niet elke vogel tracht zo optimaal mogelijk te foerageren. Verder zijn klimatologische factoren, zoals weersomstandigheden, van invloed. Wanneer de bodem bijvoorbeeld nat is van de regen is het voor de vogel gemakkelijker om met de snavel de grond in te boren en is het aantal regenwormen dat zich dicht aan het oppervlak bevindt en dientengevolge toegankelijker is voor de grutto, groter (Buch 1986). De invloed van de datum en het tijdstip van de dag op de data van de

regenwormdichtheid en het gemiddelde gewicht van de regenwormen konden helaas niet geanalyseerd worden, aangezien de monsters zo snel mogelijk achter elkaar aan waren genomen om juist eventuele variaties veroorzaakt door de datum en het tijdstip te voorkomen. De inname waarnemingen zijn echter wel verspreid genomen. Het tijdstip van de dag en de datum hadden beide echter geen significante invloed op de innamesnelheid, wat niet wil betekenen dat klimatologische factoren, zoals regenval, geen effect konden hebben gehad.

5.5 *Territoriumgrootte, de regenworm en de innamesnelheid*

Er was een lichte trend dat de innamesnelheid van regenwormen per minuut door de grutto afnam, naarmate het territorium van de grutto groter werd. Hoe groter het territorium hoe minder inname van regenwormen per minuut. Dit kan verklaard worden door het feit dat een groter territorium nodig was wanneer slechts een kleine inname van regenwormen gerealiseerd kon worden. Echter, het gemiddelde gewicht van de regenwormen was, in tegenstelling tot de biomassa en de dichtheid, ook significant van invloed op de omvang van de territoria. Wanneer beide gebieden samen werden bekeken nam de territoriumgrootte toe naarmate het gemiddelde gewicht van de regenwormen groter werd. In Blokland alleen nam de territoriumgrootte echter af naarmate het gemiddelde gewicht van de regenworm toe nam. De situatie in Blokland was naar mijn mening de meest logische. Hoe lager het beschikbare gewicht aan regenwormen en hoe minder inname, hoe groter territorium de grutto nodig heeft om in zijn dagelijkse voedselbehoefte te voorzien. Echter, dit resultaat berustte slechts op een zeer beperkt aantal waarnemingen. De situatie in De Zeevang was omgekeerd en misschien te verklaren door de conditie van de grutto. Een grutto met een klein territorium was wellicht niet in staat zijn territorium goed te verdedigen en moest daarom volstaan met een gebied met regenwormen van een klein gewicht. Of wellicht konden die bepaalde grutto's volstaan met een kleiner territorium en kleinere wormen.

5.6 *Territoriumgrootte en zware metalen*

De concentratie aan zware metalen in de bodem was ook gecorreleerd aan de omvang van het territorium van de grutto. Deze nam af naarmate de concentratie van aluminium, chroom en ijzer in de bodem toenam. Dit kwam vooral tot uiting wanneer de gebieden apart werden beschouwd. In De Zeevang waren alle zware metalen, behalve cadmium, significant negatief gecorreleerd met de omvang van het territorium en in Blokland waren aluminium, koper, lood en zink negatief en ijzer positief gecorreleerd. De concentraties van zware metalen in de regenworm waren niet gecorreleerd. De afname van de omvang van het territorium van de grutto gecorreleerd met een toename van de concentratie van zware metalen in de bodem is niet overeenkomstig met de hypothese. Verwacht werd dat naarmate de concentratie van zware metalen toenam, de grutto een groter gebied nodig had, aangezien gedacht werd dat de regenwormdichtheid af zou nemen en de biomassa aan en gewicht van de regenwormen ook af zou nemen. Eerder is al geconcludeerd dat de regenwormdichtheid en de biomassa niet van significante invloed waren op de territoriumgrootte en dat in de Zeevang het gewicht van de regenwormen juist toe nam naarmate het territorium groter werd.

In De Zeevang bestond de situatie dat de grutto's met kleine territoria de beschikking hadden over regenwormen van een gering gewicht en dat dit beide gecorreleerd was aan een hoge concentratie zware metalen. Dit zou veroorzaakt kunnen worden doordat deze grutto's minder goed in staat waren hun territorium tegen indringers te verdedigen en wellicht over minder energie beschikten door het relatief geringe gewicht van de regenwormen. Data over de staat van de grutto, bijvoorbeeld het gewicht van deze vogels, hun nestsucces en het aantal jongen dat vliegvlug wordt zou hierover opheldering kunnen verschaffen.

In Blokland bestond een andere situatie. Hier hadden de grutto's met een klein territorium de beschikking over een groot gewicht aan regenwormen. Dit was gecorreleerd met een hoge concentratie aan aluminium, koper, lood en zink en een lage concentratie aan ijzer in de bodem. Dit is tegenstrijdig, behalve voor ijzer, aangezien de concentraties zware metalen juist negatief gecorreleerd waren met het gewicht aan regenwormen (hoe hoger de concentraties hoe lager het gewicht). Het aantal territoria was echter dermate klein dat afgevraagd moet worden of dit gebied, wanneer het afzonderlijk beschouwd wordt, veel bijdraagt aan significante resultaten. Schommelingen in concentraties aan koper, lood en zink waren hier echter groter dan in De Zeevang wat eventuele correlaties duidelijker naar voren zou kunnen brengen.

6 Conclusies

Hoewel de gemiddelde omvang van het territorium groter was in Blokland dan in De Zeevang bij elke gebruikte methode, was dit verschil niet significant. Verder nam de omvang van het territorium af naarmate de concentraties van zware metalen (behalve van lood) in de bodem toenamen. De concentraties van zware metalen in de regenworm waren niet van invloed.

De concentraties aan chroom, koper, ijzer, lood en zink waren significant verschillend tussen de gebieden. De gemiddelde concentraties aan aluminium, chroom en ijzer waren het hoogst in de grond van De Zeevang, terwijl de gemiddelde concentraties aan cadmium, koper, nikkel, lood en zink het hoogst waren in de grond van Blokland. De concentraties in De Zeevang kwamen niet boven de streefwaarden voor een standaardbodem uit, terwijl de hoge concentraties in Blokland dat wel deden. Concluderend is Blokland meer vervuild dan De Zeevang.

Het gewicht per regenworm en de totale biomassa aan regenwormen was in De Zeevang significant hoger dan in Blokland. Dit verschil staat onder andere in verband met:

- Het significant grotere aantal adulten in De Zeevang in vergelijking met Blokland.
- Een verhoogde concentratie aan cadmium, koper, lood en zink in de bodem had een negatief effect op de regenworm. Dit uitte zich in een afname van het gewicht en de biomassa van met name de adulten (cadmium, koper, lood en zink), en/ of in een daling van het aantal adulten (zink). In Blokland waren alle vier de metalen in een hogere concentratie aanwezig dan in de Zeevang.
- Verhoogde concentraties van cadmium, koper en lood in de regenworm zorgden voor een daling van het aantal adulten. Deze metalen waren in hogere concentraties aanwezig in Blokland dan in De Zeevang.

Bovenstaande conclusies correleerden met een verschuiving in de populatieopbouw richting een afname van het aantal adulten in Blokland.

De innamesnelheid van het aantal regenwormen per minuut van de grutto verschilde niet significant per gebied. Ook werd de innamesnelheid niet beïnvloed door het tijdstip van de dag, de datum en het verschil in beheer van de grond. Verder was dit niet gecorreleerd aan de dichtheid, de biomassa en het gewicht van de regenwormen. Tevens hadden concentraties aan zware metalen in de regenworm of in de grond geen invloed op de innamesnelheid van de grutto en bestond er geen correlatie met de territoriumgrootte.

De regenwormdichtheid en de biomassa aan regenwormen waren niet van invloed op de grootte van het territorium. Het gewicht van de individuele regenwormen daarentegen wel, maar geeft

tegenstrijdige conclusies. In De Zeevang werd het territorium groter naarmate het beschikbare gewicht aan regenwormen toenam, terwijl in Blokland het territorium juist kleiner werd.

Concluderend bestond in Blokland de situatie dat grutto's die een lage beschikbaarheid en biomassa aan zware en/ of adulte regenwormen hadden, door een hoge concentratie aan cadmium, koper, lood en zink, een groot territorium tot hun beschikking hadden. In deze conclusie zit echter een tegenstrijdigheid aangezien hoge concentraties van koper, lood en zink gecorreleerd waren aan een klein territorium van de grutto. Aangezien de grond van Blokland, wanneer de waarden vergeleken worden met de streefwaarden voor een standaardbodem, hoge concentraties aan cadmium, lood en zink bevatte en het aantal beschikbare territoria gecombineerd met de regenwormmonsters van het gewicht van de regenworm klein was, twijfel ik aan de conclusie betreffende de territoria (zie figuur 7). In De Zeevang bestond de situatie dat grutto's die een lage beschikbaarheid aan zware en/ of adulte regenwormen hadden, door een hoge concentratie aan cadmium, koper, lood en zink, ook maar een klein territorium tot hun beschikking hadden.

Dankwoord

Ik wil in de eerste plaats Ir. Maja Roodbergen bedanken voor haar uitleg en hulp tijdens de afgelopen maanden, maar vooral tijdens het doen van het veldwerk. Verder wil ik Familie Bakker en Familie van der Horst bedanken voor het feit dat we tijdens het veldwerk bij hen op het erf konden slapen. Dat heeft mij ettelijke uurtjes extra slaap opgeleverd. Ook wil ik nog mijn twee andere begeleiders, Dr. Sip van Wieren en Dr. Chris Klok bedanken voor hulp betreffende de gebruikte methoden en de verslaglegging. Verder wil ik Annemariet van der Hout nog bedanken voor de geleverde data van de wormmonsters en de zware metalen. Zonder al deze mensen had ik niet zo'n leuke en leerzame tijd gehad tijdens het doen van het veldwerk en het schrijven van mijn verslag!

Referenties

Alloway B.J., 1990. Cadmium. In: Alloway B.J., 1990. Heavy metals in soils. Blackie Glasgow and London

Beintema A., Moedt O. & Ellinger D., 1995. Ecologische Atlas van de Nederlandse Weidevogels.

Bosveld A.T.C., Klok, T.C., Bodt J.M. & Rutgers M., 2000. Ecologische risico's van bodemverontreiniging in toemaakdek in de gemeente De Ronde Venen. Alterra, RIVM. Alterra-rapport 151

Brandsma, O., 1999. Het belang van bemesting voor het voedselaanbod van weidevogels. De Levende Natuur 100, 4, 118-123

Buch W., 1986. Der Regenwurm im Garten. Stuttgart Ulmer

Burton N.H.K., Armitage M.J.S., Musgrove A.J. & Rehfisch M.M., 2002. Environmental assessment, Impacts of man-made landscape features on numbers of estuarine waterbirds at low tide. Environmental management 30, 6, 857-864

Cooke A.S., Greig-Smith P.W. & Jones S.A., 1992. Consequences for vertebrate wildlife of toxic residues in earthworm prey. In: Greig-Smith P.W., Becker H., Edwards P.J. & Heimbach F., 1992. Ecotoxicology of Earthworms.

Dixon K.R. & Chapman J.A. 1980. Harmonic mean measure of animal activity areas. Ecology 61, 5, 1040-1044.

Dijk A.J. van, 1996. Broedvogels inventariseren in proefvlakken (handleiding Broedvogel Monitoring Project). SOVON, Beek-Ubbergen.

ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.), 1992. ArcView GIS 3.2. Redlands.

Fordham C.L. & Wilber C.G., 1992. Effects of composted sewage sludge on the earthworm (*Lumbricus terrestris*). In: Greig-Smith P.W., Becker H., Edwards P.J. & Heimbach F., 1992. Ecotoxicology of Earthworms.

Gestel C.A.M. van, 1992. The influence of soil characteristics on the toxicity of chemicals for earthworms: A review. In: Greig-Smith P.W., Becker H., Edwards P.J. & Heimbach F., 1992. Ecotoxicology of Earthworms.

Girard I., Ouellet J.P., Courtois R., Dussault C. & Breton L., 2002. Effects of sampling effort based on GPS telemetry on home-range size estimations. *Journal of wildlife management* 66, 4, 1290-1300.

Harris S., Cresswell W.J., Forde P.G. Trehella W.J., Woollard T. & Wray S., 1990. Home-range analysis using radio-tracking data. A review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 1990, 20, 2/3, 97-123.

Hawes M.L., 1977. Home range, territoriality, and ecological separation in sympatric shrews, *Sorex vagrans* and *Sorex obscurus*. *Journal of mammology* 58,3, 354-367

Klinken A. van, 2002. Een groep grutto's die stand houdt. *Het Vogeljaar* 50, 1, 1-2

Klok C. & Roos A.M. de, 1995. Population level Consequences of Toxicological Influences on Individual Growth and Reproduction in *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae, Oligochaeta). *Ecotoxicology and environmental safety* 33 118-127

Klok C., Roos A.M. de, Marinissen J.C.Y., Baveco J.M. & Ma W.C., 1997. Assessing the impact of abiotic environmental stress on population growth in *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae, Oligochaeta). *Soil Biology and Biochemistry* 29, 287-293

Klok C., Roos A.M. de, Broekhuizen S. & Apeldoorn R.C. van 2000. Effects of heavy metals on the badger *Meles meles*; interaction between habitat quality and fragmentation In Kammenga J.E. & Laskowski R., *Demography in Ecotoxicology*.

Kruk M., Noordervliet M.A.W. & Keurs W.J. ter, 1996. Survival of black-tailed godwit chicks *Limosa limosa* in intensively exploited grassland areas in The Netherlands. *Biological conservation* 80, 127-133.

Krüse H., 2003. In: *Vogels, tijdschrift over vogels en natuurbescherming*. 2003 2.

Lee K.E., 1985. Earthworms their ecology and relationships with soils and land use.

Ma W., 1983. Biomonitoring of soil pollution: ecotoxicological studies of the effect of soil-borne heavy metals on lumbricid earthworms. Annual report, research institute for nature management, Arnhem, The Netherlands.

Ma W & Talmage S., 2000. Insectivora. In: Shore R.F. & Rattner B.A., 2000. *Ecotoxicology of wild mammals*.

Marinnussen M.P.J.C. & Zee S.E.A.T.M. van der, 1994. Conceptual approach to estimating the effect of home-range size on the exposure of organisms to spatially variable soil contamination. *Ecological Modelling* 87 (1996) 83-89.

Miller C., Elliot M. & Alterio N., 2001. Home range of stoats (*Mustela erminea*) in podocarp forest, south Westland, New Zealand: implications for a control strategy. *Wildlife Research* 28, 165-172.

Mulder Th. 1972. De grutto in Nederland. Wetenschappelijke mededelingen K.N.N.V. 90, 1972. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.

Reijnen R., Foppen R. & Meeuwssen H., 1995. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological conservation* 75, 255-260.

Rensenbrink G.Th., 1987. Weidevogels in relatie tot voedselaanbod, bodemgesteldheid en hydrologie. Wageningen 1987.

Schekkerman H., Beintema A.J. & Bergh L.M.J. van den, 1997. Mobiliteit van grutto's in de ruime jas. IBN-DLO rapport, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek.

Scheuhammer A.M., 1996. Influence of reduced dietary calcium on the accumulation and effects of lead, cadmium, and aluminium in birds. *Environmental Pollution* 94, 3, 337-343.

SOVON, 1987. Atlas van de Nederlandse vogels

SPSS-Inc, SPSS 10,0 voor Windows.

Vocht A. de, 2002. Basishandboek SPSS 11 voor windows. Bijleveld press, Utrecht.

Wegener J.W.M., Burgers I.C.B., Horst A. van der, Swart C.P. & R.G. Mes, 1999. Zware metalen in wormen, mollen en muizen. Analyses en referentiewaarden in het kader van het Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit 1996-1998 Instituut voor Milieuvraagstukken / Institute for Environmental Studies Vrije Universiteit Amsterdam.

Wessels B., 1982. Terreingebruik en reproductiesucces van de fazant, patrijs, wulp en grutto in het Fochteloerveen. Verslag rijksuniversiteit Utrecht en Rijksinstituut voor Natuurbeheer Arnhem.

White G.C. & Garrott R.A., 1990. Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data (145-182)

Witkander U., Olsson O. & Nilsson S.G., 2001. Seasonal variation in home-range size, and habitat area requirement of the lesser spotted woodpecker (*Dendrocopos minor*) in southern Sweden. Biological Conservation 100, 387-395

Worton B.J., 1987. A review of models of home range for animal movement. Ecological Modelling 38, 277-298

Gebruikte websites

De groene Long, 2003: www.degroenelong.nl

SOVON: www.sovon.nl: 2003.: **Osieck E.R. & Hustings F. 1994.** Rode lijst van bedreigde soorten en blauwe lijst van belangrijke soorten in Nederland. (Techn. Rapport Vogelbescherming Nederland 12) Vogelbescherming Nederland, Zeist.

Tabellen

Tabel 1: De waarden van de χ^2 gebruikt door Jennrich en Turner (1996). N = aantal waarnemingen.

<i>N</i>	$\chi^2_{(1-\alpha)/2}$
5	5,99
10	5,99
20	5,99
30	5,99

Tabel 2: De uitkomst van de Mann-Whitney-U test. Methoden: MCP: Minimum convex polygon methode, C: concave polygon, JT: Jennrich-Turner methode, 1: tijdspanne van 6 weken, 2: tijdspanne vanaf de eerste bezoeken aan het toekomstige territorium tot aan het (vermoedelijk) uitkomen van het nest.

	<i>1 MCP</i>	<i>2 MCP</i>	<i>1 C</i>	<i>2 C</i>	<i>1 JT</i>	<i>2 JT</i>
Mann-Whitney-U	34	20	33	18	27	19
Z	-0,187	-1,499	-0,281	-1,686	-0,843	-1,592
Asymp. Sig. (tweezijdig)	0,851	0,134	0,779	0,092	0,399	0,111
Exact Sig. [twee*(eenzijdig)]	0,892	0,151	0,820	0,102	0,437	0,125

Tabel 3: Het gemiddeld aantal regenwormen en het gemiddelde gewicht per individu uitgesplitst naar gebied, locatie en maturatiestadium.

<i>gebied</i>	<i>locatie</i>	<i>maturatiestadium</i>	<i>aantal (n)</i>	<i>gemiddeld gewicht (mg)</i>	
De Zeevang	1	adult	34	345	
		subadult	17	514	
		juveniel	193	142	
	3	adult	21	506	
		subadult	2	522	
		juveniel	56	175	
	4	adult	24	392	
		subadult	3	388	
		juveniel	124	123	
	5	adult	20	430	
		subadult	7	454	
		juveniel	105	122	
	6	adult	26	552	
		subadult	9	464	
		juveniel	109	127	
	7	adult	25	534	
		subadult	4	753	
		juveniel	132	196	
	8	adult	23	509	
		subadult	4	468	
		juveniel	101	149	
	9	adult	23	425	
		subadult	1	306	
		juveniel	78	134	
	Blokland	1	adult	2	433
			subadult	5	192
			juveniel	73	134
2		adult	26	469	
		subadult	16	309	
		juveniel	115	122	
3		adult	7	523	
		subadult	1	295	
		juveniel	82	138	
4		adult	8	706	
		subadult	9	336	
		juveniel	137	140	
5		adult	17	503	
		subadult	8	394	
		juveniel	118	122	
6		adult	16	368	
		subadult	15	375	
		juveniel	158	89	
7		adult	17	635	
		subadult	12	456	
		juveniel	150	101	
8		adult	3	399	
		subadult	5	206	
		juveniel	90	104	

Tabel 4: De uitkomst van ANOVA met gemiddeld gewicht per monster per maturatiestadium van de regenworm als afhankelijke variabele en het gebied en maturatiestadium als onafhankelijke variabelen.

<i>Variabele</i>	<i>Type III som van het kwadraat</i>	<i>df</i>	<i>Gemiddelde van het kwadraat</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Gebied	78246	1	78246	2	0,135
Maturatiestadium	16702335	2	8351168	239	0,000
Gebied * Maturatiestadium	517263	2	258632	7	0,001

Tabel 5: De uitkomst van de Student's T toetsen. De statistieken van de variabelen en de uitkomst van de toetsen van het aantal individuen per maturatiestadium per monster per gebied.

statistieken van de variabelen

	<i>Gebied</i>	<i>N</i>	<i>Gemiddelde</i>	<i>Std. Deviatie</i>
Adult (N)	De Zeevang	47	4,17	3,16
	Blokland	48	2,00	2,52
Subadult (N)	De Zeevang	47	1,00	1,14
	Blokland	48	1,48	1,80
Juvéníel (N)	De Zeevang	47	19,11	11,77
	Blokland	48	19,23	11,18

Uitkomst van de 3 toetsen

	<i>t</i>	<i>Df</i>	<i>Sig.</i> (tweezijdig)
Adult (N)	3,703	93	,000
Subadult (N)	-1,547	93	,125
Juvéníelen (N)	-,052	92,516	,959

Tabel 6: Het gemiddeld gewicht (mg) en aantal van de verschillende soorten regenwormen per maturatiestadium en gebied.

<i>gebied</i>	<i>soort</i>	<i>maturatiestadium</i>	<i>aantal</i>	<i>gemiddeld gewicht (mg)</i>	
De Zeevang	A. caliginosa	adult	86	505	
		subadult	13	403	
	A. chlorotica	adult	50	260	
		subadult	7	244	
		juvéníel	98	130	
	A. rosea	adult	2	283	
	Apporectodea	juvéníel	348	118	
	E. tetraedra	adult	7	71	
		juvéníel	1	16	
	L. castaneus	adult	1	262	
	L. rubellus	adult	48	749	
		subadult	27	632	
	Lumbricus	juvéníel	449	135	
	O. t. tyrtæum	adult	2	697	
	Blokland	A. caliginosa	adult	38	505
			subadult	16	403
		adult	24	260	
A. chlorotica		subadult	48	244	
		juvéníel	177	130	
A. limicola		subadult	1	739	
A. rosea		adult	11	283	
		subadult	1	169	
Apporectodea		juvéníel	258	118	
L. castaneus		adult	1	262	
L. rubellus		adult	21	749	
		subadult	5	632	
Lumbricus		juvéníel	488	135	
O. t. tyrtæum		adult	1	697	

Tabel 7: De uitkomst van de kruistabel met frequenties van de variabelen gebied en soort en de Chi-kwadraat toets.

Kruistabel

Soort	Gebied		Totaal
	De Zeevang	Blokland	
A. caliginosa	99	54	153
A. chlorotica	155	249	404
A. rosea	2	12	14
Apporectodea	348	258	606
E. tetraedra	8		8
L. castaneus	1	1	2
L. rubellus	75	26	101
Lumbricus	449	488	937
O. t. tyrtaeum	2	1	3
A. limicola		1	1
Totaal	1139	1090	2229

Chi Kwadraat Toets

	Waarde	df	Asymp. Sig. (tweezijdig)
Pearson Chi-Kwadraat	80,280 ^a	5	0,000
Lineaire associatie	0,000	1	0,982

Tabel 8: De innamesnelheidbepalingen per gebied. # B: aantal boringen, # I: inname van het aantal regenwormen.

Gebied		#B/min	# I/min	# I/B
De Zeevang	gemiddelde	7,99	1,51	0,21
	std. deviatie	2,86	0,73	0,13
	N	35	35	35
Blokland	gemiddelde	8,98	1,28	0,15
	std. deviatie	3,42	0,89	0,07
	N	26	26	26

Tabel 9: De gemiddelde concentraties aan zware metalen in de grond (mg/ kg) per gebied. Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chroom, Cu: koper, Fe: ijzer, Ni: nikkel, Pb: lood, Zn: zink. En de streefwaarden voor een standaardbodem (Wegener 1999)

Gebied		Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
De Zeevang	Gem.	27998,8	0,7	41,5	32,7	25630,0	21,7	88,0	126,2
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
	Std. Dev.	4652,3	0,1	3,8	2,9	2151,6	2,0	13,2	11,1
Blokland	Gem.	24261,3	0,8	33,3	80,9	19531,6	22,0	332,8	194,7
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
	Std. Dev.	4276,9	0,1	2,7	15,1	1925,9	2,0	90,7	50,8
Streefwaarden			0,8		36			85	140

Tabel 10: De uitvoer van de Mann-Whitney-U toets, getest voor de zware metalen (mg per kg grond) in de grond per gebied. Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chroom, Cu: koper, Fe: ijzer, Ni: nikkel, Pb: lood, Zn: zink.

	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Mann-Whitney-U	15	14	3	0	1	28	0	0
Z	-1,785	-1,890	-3,046	-3,361	-3,256	-0,420	-3,361	-3,361
Asymp. Sig. (tweezijdig)	0,074	0,059	0,002	0,001	0,001	0,674	0,001	0,001
Exact Sig. [twee*(eenzijdig Sig.)]	0,083	0,065	0,001	0,000	0,000	0,721	0,000	0,000

Tabel 11: de correlatie tussen de concentraties zware metalen (mg per kg grond) in de bodem.

		Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Al	Correlatie Coëfficiënt	1,000	-0,403	0,685	-0,309	0,500	0,518	-0,241	-0,526
	Sig. (tweezijdig)	,	0,122	0,003	0,244	0,049	0,040	0,368	0,036
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
Cd	Correlatie Coëfficiënt	-0,403	1,000	-0,565	0,594	-0,353	-0,174	0,500	0,697
	Sig. (tweezijdig)	0,122	,	0,023	0,015	0,180	0,520	0,049	0,003
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
Cr	Correlatie Coëfficiënt	0,685	-0,565	1,000	-0,776	0,847	0,300	-0,747	-0,685
	Sig. (tweezijdig)	0,003	0,023	,	0,000	0,000	0,259	0,001	0,003
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
Cu	Correlatie Coëfficiënt	-0,309	0,594	-0,776	1,000	-0,768	0,103	0,965	0,835
	Sig. (tweezijdig)	0,244	0,015	0,000	,	0,001	0,704	0,000	0,000
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
Fe	Correlatie Coëfficiënt	0,500	-0,353	0,847	-0,768	1,000	0,303	-0,776	-0,635
	Sig. (tweezijdig)	0,049	0,180	0,000	0,001	,	0,254	0,000	0,008
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
Ni	Correlatie Coëfficiënt	0,518	-0,174	0,300	0,103	0,303	1,000	0,141	0,109
	Sig. (tweezijdig)	0,040	0,520	0,259	0,704	0,254	,	0,602	0,688
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
Pb	Correlatie Coëfficiënt	-0,241	0,500	-0,747	0,965	-0,776	0,141	1,000	0,753
	Sig. (tweezijdig)	0,368	0,049	0,001	0,000	0,000	0,602	,	0,001
	N	16	16	16	16	16	16	16	16
Zn	Correlatie Coëfficiënt	-0,526	0,697	-0,685	0,835	-0,635	0,109	0,753	1,000
	Sig. (tweezijdig)	0,036	0,003	0,003	0,000	0,008	0,688	0,001	,
	N	16	16	16	16	16	16	16	16

Tabel 12: de gemiddelde concentraties aan zware metalen in de regenworm (mg per kg grond) per gebied. Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chroom, Cu: koper, Fe: ijzer, Ni: nikkel, Pb: lood, Zn: zink.

Gebied		Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
De Zeevang	Gem.	351,6	3,7	1,3	9,8	677,1	0,9	3,3	541,0
	N	7	7	7	7	7	7	7	7
	Std. Dev.	78,3	0,5	0,1	1,0	89,5	0,1	1,1	59,3
Blokland	Gem.	270,5	5,2	1,2	12,5	584,3	1,0	28,7	624,0
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
	Std. Dev.	108,4	0,9	0,4	1,4	125,5	0,3	11,4	108,4
Totaal	Gem.	308,4	4,5	1,3	11,2	627,6	1,0	16,8	585,3
	N	15	15	15	15	15	15	15	15
	Std. Dev.	101,3	1,0	0,3	1,8	116,7	0,2	15,4	96,0

Tabel 13: de uitvoer van de Mann-Whitney-U toets, getest voor de zware metalen (mg per kg grond) in de regenworm per gebied. Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chroom, Cu: koper, Fe: ijzer, Ni: nikkel, Pb: lood, Zn: zink.

	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Mann-Whitney-U	15	3	19	0	14	21	0	16
Z	-1,504	-2,893	-1,042	-3,240	-1,620	-0,810	-3,240	-1,389
Asymp. Sig. (tweezijdig)	0,132	0,004	0,298	0,001	0,105	0,418	0,001	0,165
Exact Sig. [twee*(eenzijdig Sig.)]	0,152	0,002	0,336	0,000	0,121	0,463	0,000	0,189

Tabel 14: de output van de rangcorrelatie toets van Spearman's rho tussen de biomassa, het gemiddelde gewicht van de regenworm en de gemiddelde regenwormdichtheid per gebied met de verschillende zware metalen. Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chroom, Cu: koper, Fe: ijzer, Ni: nikkel, Pb: lood, Zn: zink in de grond (mg per kg grond).

Spearman's rho			Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
beide gebieden	biomassa	Correlatie Coëfficiënt	0,438	-0,515	0,488	-0,462	0,500	0,497	-0,400	-0,456
		Sig. (tweezijdig)	0,090	0,041	0,055	0,072	0,049	0,050	0,125	0,076
		N	16	16	16	16	16	16	16	16
	aantal	Correlatie Coëfficiënt	0,362	-0,368	0,200	0,032	0,156	0,632	0,062	-0,053
		Sig. (tweezijdig)	0,169	0,161	0,458	0,905	0,564	0,009	0,820	0,846
		N	16	16	16	16	16	16	16	16
	gemiddeld gewicht	Correlatie Coëfficiënt	0,479	-0,674	0,603	-0,647	0,435	0,065	-0,532	-0,671
		Sig. (tweezijdig)	0,060	0,004	0,013	0,007	0,092	0,812	0,034	0,004
		N	16	16	16	16	16	16	16	16
De Zeevang	biomassa	Correlatie Coëfficiënt	0,429	-0,262	0,024	0,119	0,000	0,381	0,167	-0,310
		Sig. (tweezijdig)	0,289	0,531	0,955	0,779	1,000	0,352	0,693	0,456
		N	8	8	8	8	8	8	8	8
	aantal	Correlatie Coëfficiënt	0,571	-0,262	0,024	0,333	0,214	0,667	0,238	-0,190
		Sig. (tweezijdig)	0,139	0,531	0,955	0,420	0,610	0,071	0,570	0,651
		N	8	8	8	8	8	8	8	8
	gemiddeld gewicht	Correlatie Coëfficiënt	-0,214	-0,643	0,238	-0,524	-0,167	-0,476	-0,238	-0,548
		Sig. (tweezijdig)	0,610	0,086	0,570	0,183	0,693	0,233	0,570	0,160
		N	8	8	8	8	8	8	8	8
Blokland	biomassa	Correlatie Coëfficiënt	0,429	-0,262	0,024	0,119	0,000	0,381	0,167	-0,310
		Sig. (tweezijdig)	0,289	0,531	0,955	0,779	1,000	0,352	0,693	0,456
		N	8	8	8	8	8	8	8	8
	aantal	Correlatie Coëfficiënt	0,571	-0,262	0,024	0,333	0,214	0,667	0,238	-0,190
		Sig. (tweezijdig)	0,139	0,531	0,955	0,420	0,610	0,071	0,570	0,651
		N	8	8	8	8	8	8	8	8
	gemiddeld gewicht	Correlatie Coëfficiënt	-0,214	-0,643	0,238	-0,524	-0,167	-0,476	-0,238	-0,548
		Sig. (tweezijdig)	0,610	0,086	0,570	0,183	0,693	0,233	0,570	0,160
		N	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabel 15: de output van de rangcorrelatie toets van Spearman's rho tussen de biomassa en het gemiddelde gewicht van de regenworm naar maturatiestadium per gebied met de verschillende zware metalen. Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chroom, Cu: koper, Fe: ijzer, Ni: nikkel, Pb: lood, Zn: zink in de grond (mg per kg grond).

Spearman's Rho			Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
beide gebieden	biomassa adulten	Correlatie	0,303	-0,618	0,671	-0,771	0,591	0,179	-0,729	-0,659
		Coëfficiënt	0,254	0,011	0,004	0,000	0,016	0,506	0,001	0,006
		Sig. (tweezijdig)	16	16	16	16	16	16	16	16
	biomassa subadulten	Correlatie	0,206	-0,306	0,074	0,068	0,132	0,574	0,050	0,012
		Coëfficiënt	0,444	0,249	0,787	0,803	0,625	0,020	0,854	0,966
		Sig. (tweezijdig)	16	16	16	16	16	16	16	16
	biomassa juvenielen	Correlatie	0,474	-0,641	0,212	-0,209	0,109	0,294	-0,088	-0,521
		Coëfficiënt	0,064	0,007	0,431	0,438	0,688	0,269	0,745	0,039
		Sig. (tweezijdig)	16	16	16	16	16	16	16	16
	gemiddeld gewicht adulten	Correlatie	0,088	-0,568	0,079	-0,174	-0,200	0,135	-0,071	-0,171
		Coëfficiënt	0,745	0,022	0,770	0,520	0,458	0,617	0,795	0,528
		Sig. (tweezijdig)	16	16	16	16	16	16	16	16
gemiddeld gewicht subadulten	Correlatie	0,415	-0,756	0,556	-0,629	0,535	0,118	-0,609	-0,644	
	Coëfficiënt	0,110	0,001	0,025	0,009	0,033	0,664	0,012	0,007	
	Sig. (tweezijdig)	16	16	16	16	16	16	16	16	
gemiddeld gewicht juvenielen	Correlatie	0,171	-0,621	0,385	-0,585	0,294	-0,265	-0,497	-0,624	
	Coëfficiënt	0,528	0,010	0,141	0,017	0,269	0,322	0,050	0,010	
	Sig. (tweezijdig)	16	16	16	16	16	16	16	16	
de zeevang	biomassa adulten	Correlatie	-0,429	-0,452	-0,071	-0,452	-0,476	-0,286	-0,405	-0,405
		Coëfficiënt	0,289	0,260	0,867	0,260	0,233	0,493	0,320	0,320
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8
	biomassa subadulten	Correlatie	0,262	-0,286	-0,381	0,452	-0,143	0,429	0,214	-0,190
		Coëfficiënt	0,531	0,493	0,352	0,260	0,736	0,289	0,610	0,651
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8
	biomassa juvenielen	Correlatie	0,333	-0,476	-0,524	0,381	-0,548	0,000	0,476	-0,738
		Coëfficiënt	0,420	0,233	0,183	0,352	0,160	1,000	0,233	0,037
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8
	gemiddeld gewicht adulten	Correlatie	-0,476	-0,714	0,214	-0,667	0,071	-0,095	-0,667	-0,333
		Coëfficiënt	0,233	0,047	0,610	0,071	0,867	0,823	0,071	0,420
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8
gemiddeld gewicht subadulten	Correlatie	-0,333	-0,786	-0,119	-0,381	-0,238	-0,238	-0,476	-0,214	
	Coëfficiënt	0,420	0,021	0,779	0,352	0,570	0,570	0,233	0,610	
	Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8	
gemiddeld gewicht juvenielen	Correlatie	-0,381	-0,690	0,119	-0,619	-0,262	-0,429	-0,524	-0,286	
	Coëfficiënt	0,352	0,058	0,779	0,102	0,531	0,289	0,183	0,493	
	Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8	
Blokland	biomassa adulten	Correlatie	-0,429	-0,452	-0,071	-0,452	-0,476	-0,286	-0,405	-0,405
		Coëfficiënt	0,289	0,260	0,867	0,260	0,233	0,493	0,320	0,320
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8
	biomassa subadulten	Correlatie	0,262	-0,286	-0,381	0,452	-0,143	0,429	0,214	-0,190
		Coëfficiënt	0,531	0,493	0,352	0,260	0,736	0,289	0,610	0,651
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8
	biomassa juvenielen	Correlatie	0,333	-0,476	-0,524	0,381	-0,548	0,000	0,476	-0,738
		Coëfficiënt	0,420	0,233	0,183	0,352	0,160	1,000	0,233	0,037
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8
	gemiddeld gewicht	Correlatie	-0,476	-0,714	0,214	-0,667	0,071	-0,095	-0,667	-0,333
		Coëfficiënt	0,233	0,047	0,610	0,071	0,867	0,823	0,071	0,420
		Sig. (tweezijdig)	8	8	8	8	8	8	8	8

adulten	Sig. (tweezijdig)	0,233	0,047	0,610	0,071	0,867	0,823	0,071	0,420
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
gemiddeld gewicht subadulten	Correlatie Coëfficiënt	-0,333	-0,786	-0,119	-0,381	-0,238	-0,238	-0,476	-0,214
	Sig. (tweezijdig)	0,420	0,021	0,779	0,352	0,570	0,570	0,233	0,610
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
gemiddeld gewicht juvenielen	Correlatie Coëfficiënt	-0,381	-0,690	0,119	-0,619	-0,262	-0,429	-0,524	-0,286
	Sig. (tweezijdig)	0,352	0,058	0,779	0,102	0,531	0,289	0,183	0,493
	N	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabel 16: de uitkomst van de correlatie toets met als variabelen de omvang van het territorium en de concentraties van de verschillende zware metalen (mg per kg grond), voor beide gebieden samen en apart.

		<i>Al</i>	<i>Cd</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	
Beide gebieden	territoriumg	Correlatie	-0,729	-0,258	-0,523	-0,332	-0,514	-0,351	-0,314	-0,207
	rootte	Coëfficiënt								
		Sig. (tweezijdig)	0,000	0,246	0,013	0,131	0,014	0,109	0,155	0,355
		N	22	22	22	22	22	22	22	22
De Zeevang	territoriumg	Correlatie	-0,789	-0,462	-0,503	-0,789	-0,503	-0,699	-0,749	-0,503
	rootte	Coëfficiënt								
		Sig. (tweezijdig)	0,000	0,062	0,040	0,000	0,040	0,002	0,001	0,040
		N	17	17	17	17	17	17	17	17
Blokland	territoriumg	Correlatie	-0,968	0,000	0,000	-0,968	0,968	0,000	-0,968	-0,968
	rootte	Coëfficiënt								
		Sig. (tweezijdig)	0,007	1,000	1,000	0,007	0,007	1,000	0,007	0,007
		N	5	5	5	5	5	5	5	5

Figuren

Figuur 1: De gemiddelde territoriumgroottes in hectare per verschillende methode, naar gebied, + standaarddeviatie, N (gebied = De Zeevang) = 12, N (gebied = Blokland) = 6. Methoden: MCP: Minimum convex polygon methode, C: concave polygon, JT: Jennrich-Turner methode, 1: tijdspanne van 6 weken, 2: tijdspanne vanaf de eerste bezoeken aan het toekomstige territorium tot aan het (vermoedelijk) uitkomen van het nest.

Figuur 2: De gemiddelde territoriumgroottes in hectare per verschillende methode naar sexe, + standaarddeviatie, N (sexe = mannelijk) = 8, N (sexe = vrouwelijk) = 10 Methoden: MCP: Minimum convex polygon methode, C: concave polygon, JT: Jennrich-Turner methode, 1: tijdspanne van 6 weken, 2: tijdspanne vanaf de eerste bezoeken aan het toekomstige territorium tot aan het (vermoedelijk) uitkomen van het nest.

Figuur 3: de totale biomassa (mg) regenwormen per maturatiestadium per gebied.

Figuur 4: Het gemiddelde gewicht (mg) van de regenwormen per gebied. N De Zeevang: 1139, N Blokland: 1090

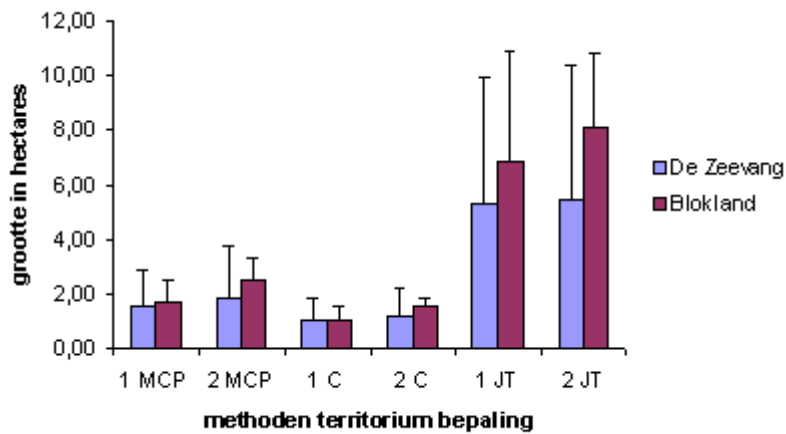
Figuur 5: Het gemiddelde gewicht (mg) van de regenworm per maturatiestadium per gebied. N De Zeevang, adult:115, subadult: 34, juveniel: 120. N Blokland, adult:60, subadult: 40, juveniel: 134.

Figuur 6: De totale aantallen regenwormen per maturatiestadium per gebied.

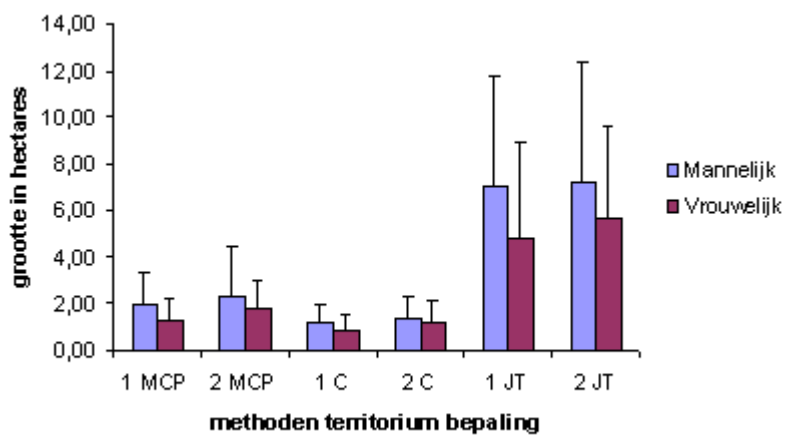
Figuur 7 Correlatiediagram tussen het gemiddelde gewicht van de regenworm per bemonsteringslocatie en de territoriumgrootte (Minimum convex polygon methode met een tijdspanne van het moment dat het toekomstige territorium bezocht wordt tot aan het verlaten en of uitkomen van het nest), met de regressielijn per gebied.

Figuur 8: Correlatiediagram tussen de innamesnelheid per minuut en de territoriumgrootte (Minimum convex polygon methode met een tijdspanne van het moment dat het toekomstige territorium bezocht wordt tot aan het verlaten en of uitkomen van het nest), met de regressielijn per gebied.

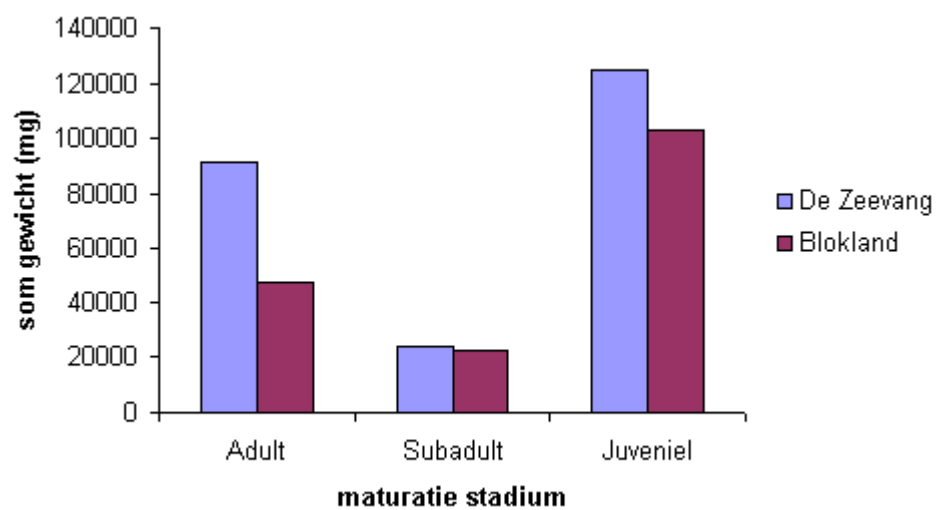
Figuur 1



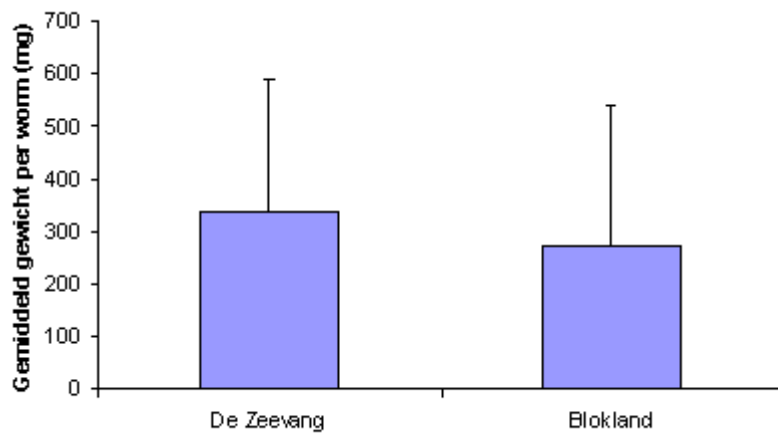
Figuur 2



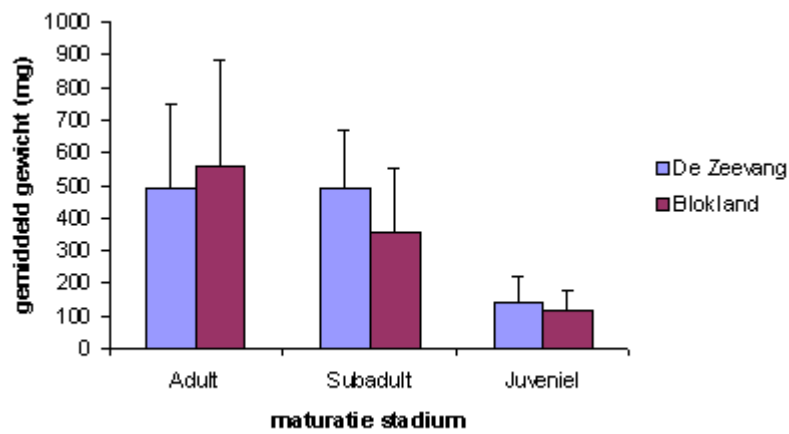
Figuur 3



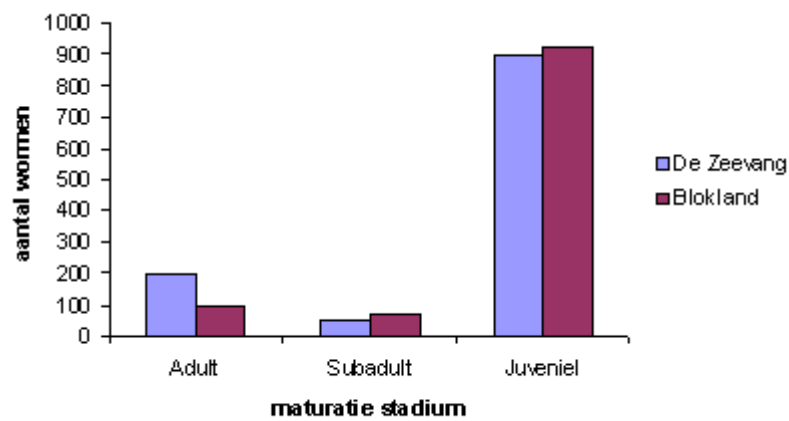
Figuur 4



Figuur 5



Figuur 6



Kaartje 1 pagina 47

De Zeevang met territoria, 2MCP methode, van de grutto's (polygon-shapes) en wormmonster en grondmonster locaties (zwarte punt-shapes) en de locaties van inname waarnemingen (rode punt-shapes). De overige locaties van bodem- en wormmonster nummer 5 en 6 waren weergegeven met x en y coördinaten in een utm stelsel, deze locaties vallen echter binnen of in de directe nabijheid van territoria en zijn dus meegenomen.

Kaartje 2 pagina 48.

Blokland met territoria, 2MCP methode, van de grutto's (polygon-shapes) en wormmonster en grondmonster locaties (zwarte punt-shapes) en de locaties van inname waarnemingen (rode punt-shapes). De overige locaties van bodem- en wormmonster nummer 1 en 2 waren weergegeven met x en y coördinaten in een utm stelsel, de locaties van nummer 1 vallen echter binnen of in de directe nabijheid van territoria en zijn dus meegenomen, de locaties van nummer 2 zijn genegeerd aangezien er in de buurt geen territorium ligt.