

**Het model**

***EFFECT 1.1:***

**Achtergronden en aanpassingen**





Aan  
projectgroep EFFECT\*VIS

Van  
Belinda Kater  
Datum  
27 september 1995  
Nummer  
RIKZ/AB-95.854x  
Onderwerp

Doorkiesnummer  
299  
Bijlage(n)  
-  
Project  
effect\*vis

---

## Het model EFFECT 1.1

Achtergronden en aanpassingen

---

### Achtergrond

Bij de vaststelling van de structuurnota Zee & Kustvisserij (LNV, 1993) door de Tweede Kamer in 1993 bleek dat de draagwijdte van sommige maatregelen moeilijk konden worden ingeschat. Binnen het project EFFECT\*VIS wordt een inhoudelijke bijdrage geleverd aan de discussie over de draagwijdte van maatregelen, die in het kader van de structuurnota zijn genomen voor de Oosterschelde en de Waddenzee. Inzicht in het spanningsveld tussen de gebruikers van de watersystemen (vogels, vissers) om het voedsel (kokkels) kan dienstbaar gemaakt worden aan een betere onderbouwing van het watersysteem- en visserijbeleid (Coosen, 1994).

Ter ondersteuning van het evalueren van de effecten van schelpdiervisserij in de Oosterschelde en de Waddenzee is een model gebouwd wat de effecten van kokkelvisserij op de draagkracht van het systeem voor scholeksters berekend. Dit model is uitgebreid beschreven door Bos (1994). Het model maakt gebruik van de simulatie omgeving SENECA (de Hoop et al., 1992).

Het ontwikkelde model kon overweg met een hypothetisch estuarium. Wanneer echter kokkeldata uit het veld aan het model werden aangeboden, ontstonden rekenproblemen. Het model is zodanig aangepast dat dit soort problemen

niet meer konden optreden. Daarnaast zijn andere aanpassingen doorgevoerd. Het verbeterde model krijgt als naam EFFECT met versienummer 1.1.

Wat is nieuw in EFFECT 1.1:

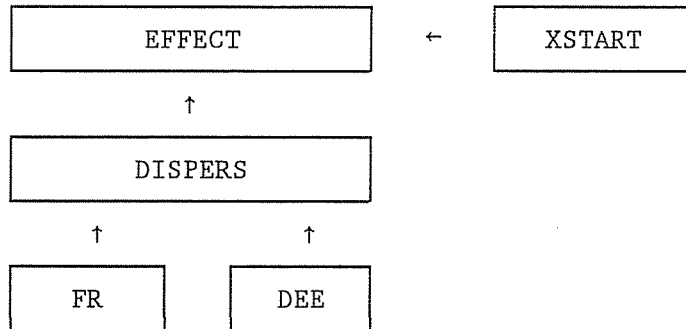
1. De variabelen die het systeem beschrijven zijn toestandsvariabele geworden, de dummy toestandsvariabele is verwijderd.
2. De initialisatie is uit XSTART gehaald. Initialisatie moet nu bij de variabelen declaratie gebeuren.
3. Het model is verdeeld in een aantal modules.
4. Het beperken van de klassen doordat er lege klassen zijn moet niet meer zelf worden opgegeven, maar wordt door het model uitgevoerd. Het model rekent met actieve klassen.
5. De getallen in de code zijn omgezet in parameters.
6. Er is een nieuwe (meer logische) opzet van de module waarin de vogels over de voedselklassen worden verdeeld gemaakt.
7. Vogels die uit een voedselklasse vallen worden niet meer uit het systeem gezet, maar meegenomen in de verdeling van de voedselklasse met een slechtere kwaliteit.
8. De oplosmethode is omgezet van Euler in Runge-Kutta.

Hieronder wordt vervolgens de aangepaste opzet van EFFECT 1.1 uiteengezet. Daar waar veranderingen ten opzichte van het model van Bos (1994) zijn doorgevoerd, is dit aangegeven met een gerenvooid cijfer. Dit cijfer correspondeert met het cijfer behorende bij de verandering uit bovenstaande lijst.

#### De modulaire opzet van EFFECT in SENECA (3)

Het model EFFECT 1.1 is in drie modules verdeeld: een module FR voor het berekenen van de potentiële opname via de functionele respons; een module DEE voor het berekenen van de minimale dagelijkse energiebehoefte; en een module DISPERS waar de verdeling van de vogels over de voedselklassen plaats vindt. De hoofdmodule is EFFECT. Bij het starten van een simulatie

worden eerst de berekeningen vermeld in de SENECA module XSTART uitgevoerd. Schematisch ziet de modulaire opzet er als volgt uit:



#### EFFECT 1.1: de hoofdmodule (1)

In de hoofdmodule worden de toestandsvariabelen van het systeem gedeclareerd. Toestandsvariabelen zijn die variabelen die het systeem beschrijven. In EFFECT 1.1 zijn dit het totaal aantal vogels per voedselklasse, de dichtheid van de vogels per voedselklasse en de biomassa van de kokkels per voedselklasse. In feite is het totaal aantal vogels in het systeem ook een toestandsvariabele. SENECA biedt echter niet de mogelijkheid toestandsvariabelen te declareren die niet over de opgelegde compartimenten (hier voedselklassen) zijn verdeeld. Daarom is de variabele *totaal aantal vogels in het systeem* bij de declaraties van de variabelen van de dispers-module ondergebracht.

#### XSTART: de start van het model (2)

Bij het starten van het model worden de berekeningen beperkt tot de berekening van het gemiddelde gewicht van een prooi in een klasse (WPREY: biomassa/aantal) en het gemiddelde jaarlijkse gewicht van de prooien (YAVG: WPREY\*biomassa-afname door gewichtsverlies van individuele prooien).

#### MODULE FR: Functionele respons

In de functionele respons module worden als eerste de biomassa's van de diverse klassen gesorteerd. Voor de sorteerprocedure is een procedure uit Numerical Recipes (Press et al., 1986). Na sortering heeft de klasse met de hoogste biomassa het rangnummer 1 en de klasse met de laagste biomassa het rangnummer 9.

Vervolgens wordt het aantal actieve compartimenten vastgesteld. Een compartiment zonder biomassa wordt verder niet in de berekeningen meegenomen. Door alleen verder te rekenen met de actieve compartiment wordt delen door nul voorkomen (4).

Tenslotte wordt in de FR module van iedere actieve klasse de potentiële intake berekend via een Holling type II functionele respons.

De getallen die in deze module in de code voorkwamen zijn geparametriseerd. (5)

**MODULE DEE: Dagelijkse Energie Behoefte**

In deze module wordt de minimale dagelijkse voedselopname, de gemiddelde dagelijkse voedselopname en de maximale dagelijkse voedselopname berekend. Deze worden berekend zoals beschreven door Bos (1994).

De vele getallen deze module voorkwamen zijn omgezet in parameters en in de parameterlijst bij de module opgenomen (5).

**MODULE DISPERS: de verdeling van de vogels over de klassen**

De informatie uit FR en DEE is bekend in de DISPERS module.

Nieuwe opzet dispers-module (6):

1. Uitschakelen van alle klassen waarin de opname die de laagste vogel in de hiërarchie moet realiseren hoger is dan de potentiële opname in de klasse. Het aantal vogels en de dichtheid wordt hier op nul gezet.
2. Uitschakelen van alle klassen waarin de minimale dagelijkse voedselopname niet gerealiseerd kan worden. Het aantal vogels en de dichtheid wordt hier op nul gezet.
3. Het verdelen van de vogels over de overgebleven klassen.
4. Het berekenen van de uitvallers.
5. Depletie berekeningen.
6. Berekenen nieuwe prooi-aantallen, biomassa's en predatie.

(7) Wanneer een klasse vol werd geplaatst met vogels vielen alle vogels die niet de minimum dagelijkse voedselopname konden realiseren af. De vogels die afvielen verdwenen in het model van Bos (1994) uit het systeem, in plaats van mee te dingen voor een slechtere voedselklasse. Bij een geheel gevuld estuarium maakt het niet uit waar de vogels uitvallen, wanneer vogels doorschuiven valt hetzelfde aantal vogels uit de slechtste voedselklasse af. Wanneer echter niet de maximale draagkracht van het systeem wordt bereikt vallen vogels uit terwijl zij in een ander deel van het estuarium moeten gaan foerageren. Deze aanpassing wordt hieronder verder uitgewerkt.

**Het verdelen van vogels over de voedselklassen (7).**

Het principe: Alle vogels die in het systeem aanwezig zijn worden in een pool ondergebracht. Vanuit deze pool worden de vogels verdeeld, over de klassen. De methodiek achter de verdeling blijft zoals beschreven door Bos (1994).

Als eerste wordt de beste klasse gevuld: het maximaal toelaatbaar aantal vogels wordt berekend, rekening houdende met interferentie en oppervlakte van de klassen. Bij de verdeling wordt rekening gehouden met de opname van de laagste vogel in de klasse, de minimale dagelijkse opname en de potentiële opname in een klasse. In een klasse kunnen de vogels die een opname kunnen realiseren tussen de potentiële opname en de opname van de laagste vogel. Ligt echter de minimale dagelijkse opname hoger dan de opname die de laagste vogel haalt, dan gaat een deel van de vogels terug naar de pool, om bij de verdeling over de volgende, kwalitatief mindere, klassen weer mee te doen. De vogels die na de verdeling over alle klassen nog in de pool zitten verdwijnen uit het systeem.

In de figuren zijn potentiële opname, minimale dagelijkse opname en opname van de hiërarchisch laagste vogel weergegeven met een lijn:

..... voor potentiële opname,  
 ++++++ voor de opname van de in de hiërarchie laagste vogel en  
 ----- voor de minimale dagelijkse opname.

De lijn in het figuur bovenaan staat heeft de hoogste waarde, gevolgd door de lijn in het midden. De laagste lijn heeft de laagste waarde. De ruimte tussen de lijnen kan worden gevuld met vogels (||||). Wanneer er wel ruimtes gevuld kunnen worden omdat er vogels zijn, maar deze vervolgens weer afvallen omdat ze hun minimale opname niet halen, is dit aangegeven met: → terug naar de pool. Deze vogels doen weer mee in de verdeling van vogels over de volgende (mindere) voedselklasse. De vogels die over zijn nadat alle klassen die vogels konden hebben (zie 1. en 2.) zijn gevuld, vallen af.

Bij het verdelen zijn vijf mogelijkheden:

a. Het aantal vogels in de pool is groter dan het aantal vogels dat potentieel in de klasse kan worden ondergebracht, iedere vogel in de gevulde klasse kan zijn minimale dagelijkse voedselopname realiseren.

```

..... potentiële opname
|||||||
+++++++ opname laagste vogel

----- minimale dagelijkse voedselopname

```

b. Het aantal vogels in de pool is groter dan het aantal vogels dat potentieel in de klasse kan worden ondergebracht, niet iedere vogel in de gevulde klasse kan zijn minimale dagelijkse voedselopname realiseren.

```

..... potentiële opname
|||||||
+++++++ minimale dagelijkse voedselopname
||||||| → terug naar de pool
----- opname laagste vogel

```

c. Het aantal vogels in de pool is kleiner dan het aantal vogels dat potentieel in de klasse kan worden ondergebracht, iedere vogel in de gevulde klasse kan zijn minimale dagelijkse voedselopname realiseren.

```

..... potentiële opname
|||||||

+++++++ opname laagste vogel

----- minimale dagelijkse voedselopname

```

d. Het aantal vogels in de pool is kleiner dan het aantal vogels dat potentieel in de klasse kan worden ondergebracht, de potentiële opname van de laagste vogel is lager dan de minimale dagelijkse voedselopname, er zijn meer vogels dan de minimale dagelijkse voedselopname toestaat.

```

..... potentiële opname
|||||||
+++++++ minimale dagelijkse voedselopname
||||||| → terug naar de pool

----- opname laagste vogel

```

e. Het aantal vogels in de pool is kleiner dan het aantal vogels dat potentieel in de klasse kan worden ondergebracht, de potentiële opname van de laagste vogel is lager dan de minimale dagelijkse voedselopname, er zijn minder vogels dan de minimale dagelijkse voedselopname toestaat.

```

..... potentiële opname
|||||||

+++++++ minimale dagelijkse voedselopname

----- opname laagste vogel

```

#### De oplosmethode (8)

In het model van Bos werd opgelost volgens de methode van Euler. Het model is echter opgebouwd uit differentievergelijkingen, en niet uit differentiaal vergelijkingen. SENECA is in feite ontwikkeld om differentiaal vergelijkingen op te lossen. Het oplossen van differentie vergelijkingen is in SENECA wel mogelijk, mits de tijdstap niet te groot wordt. Daarbij kan het beste gebruik worden gemaakt van de oplossingsmethode van Runge-Kutta (Kater, 1995).

## LITERATUUR

- Bos, D. 1994  
Effects of decreasing food availability on wintering Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: literature review and model study. Report RIKZ-94.014. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Goosen, J. 1994  
Projectplan EFFECT\*VIS. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Hoop de, B.J., Herman, P.M.J., Scholten, H. & Soetaert, K. 1992  
SENECA 2.0, A simulation environment for ecological application. Manual (concept), NIOO/CEMO, Yerseke.
- Kater, B.J. 1995  
Oplossingsmethoden. Werkdocument RIKZ/AB-95.836x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- LNv 1993  
Vissen naar evenwicht. Regeringsbeslissing. Structuurnota Zee- en Kustvisserij. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Visserijen.
- Press, W.H., Flannery B.P., Teukolsky S.A. & Vetterling W.T. 1986  
Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press, Cambridge.



**Het model**

***EFFECT 1.1:***

**Real life simulations**

**met EFFECT 1.1**





Aan  
projectgroep effect\*vis

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| Van                                  | Doorkiesnummer |
| Belinda Kater                        | 299            |
| Datum                                | Bijlage(n)     |
| 27 september 1995                    | -              |
| Nummer                               | Project        |
| RIKZ/AB-95.857x                      | EFFECT*VIS     |
| Onderwerp                            |                |
| real life simulations met EFFECT 1.1 |                |

|    |                                                                  |    |
|----|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Inleiding . . . . .                                              | 2  |
| 2. | Scholeksters in de Westerschelde in 1993 . . . . .               | 3  |
|    | 2.1 Gegevens: indeling in voedselklassen . . . . .               | 3  |
|    | 2.2 Berekende aantallen scholeksters . . . . .                   | 4  |
|    | 2.2.1 Het totaal aantal vogels . . . . .                         | 4  |
|    | 2.2.2 Aantal vogels per voedselklasse en de dichtheid . . . . .  | 4  |
|    | 2.2.3 De kokkelbiomassa's . . . . .                              | 7  |
| 3. | Scholeksters in de Oosterschelde in 1990 . . . . .               | 8  |
|    | 3.1 Gegevens over kokkels en scholeksters . . . . .              | 8  |
|    | 3.2 Het totaal aantal scholeksters in de Westerschelde . . . . . | 8  |
| 4. | Real life simulations met het model EFFECT 1.1 . . . . .         | 10 |
| 5. | Literatuur . . . . .                                             | 11 |

## 1. Inleiding

Ter ondersteuning van het evalueren van de effecten van schelpdiervisserij in de Oosterschelde en de Waddenzee is een model gebouwd wat de effecten van kokkelvisserij op de draagkracht van het systeem voor scholeksters berekend. Dit model is uitgebreid beschreven door Bos (1994). Het model maakt gebruik van de simulatie omgeving SENECA (de Hoop et al., 1992).

Het ontwikkelde model kon overweg met een hypothetisch estuarium. Wanneer echter kokkeldata uit het veld aan het model werden aangeboden, ontstonden rekenproblemen. Het model is zodanig aangepast dat dit soort problemen niet meer konden optreden. Daarnaast zijn andere aanpassingen doorgevoerd. Het verbeterde model krijgt als naam EFFECT met versienummer 1.1 (Kater, 1995).

Aan het model zijn veldwaarnemingen aangeboden. Aan de hand van de berekeningen van hand van de berekeningen van het model kan nagegaan worden hoe het model omgaat met deze "real life situations".

Er worden twee cases doorgerekend:

- Berekeningen met RIVO kokkelgegevens uit 1993 in de Westerschelde
- Berekeningen met RIVO kokkelgegevens uit 1990 in de Oosterschelde

In deze laatste case is de uitkomst van het model ook met vogeltellingen vergeleken.

## 2. Scholeksters in de Westerschelde in 1993

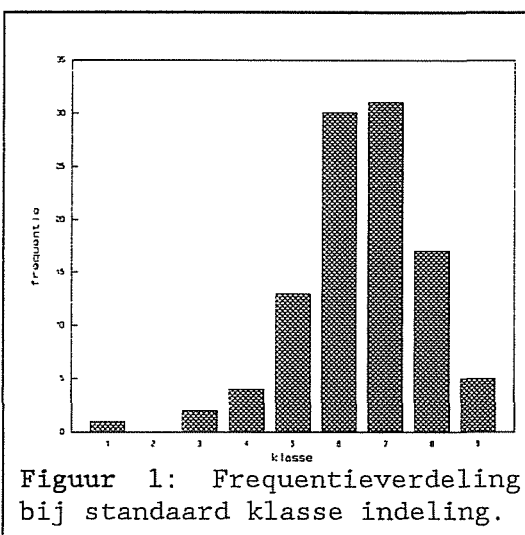
### 2.1 Gegevens: indeling in voedselklassen

De gebruikte kokkelgegevens zijn afkomstig uit de RIVO opname van 1993 (Kesteloo-Hendrikse & van Stralen, 1994). De gegevens zijn per gridcel geleverd, waarbij op ongeveer 250 lokaties kokkels voorkwamen. Per lokatie is het aantal kokkels en biomassa berekend. Vervolgens zijn de data logaritmisch getransformeerd. Het traject tussen de laagste en de hoogste biomassa is in negen gelijke klassen verdeeld. In iedere klasse wordt het aantal waarnemingen gescoord. Dit leidt tot de frequentieverdeling zoals getoond in figuur 1.

Per klasse is de gemiddelde biomassa, het gemiddeld aantal kokkels in de klasse en de oppervlakte van de klasse berekend. De biomassa's zijn omgerekend naar asvrijdrooggewicht.

De voedselklasse indeling voor het model is gemaakt door de klasse met de hoogste biomassa (=9) voedselklasse I te noemen, de volgende (=8) II, enzovoort, tot voedselklasse IX (=2), welke leeg is. Tabel 1 geeft de gegevens bij deze klasse indeling weer.

De gegevens zijn ingevoerd in het model. Er zijn vier berekeningen uitgevoerd, waarbij het aantal vogels die in september op het systeem gaan foerageren varieert: 1.000, 10.000, 100.000 of 1.000.000 vogels.



Figuur 1: Frequentieverdeling bij standaard klasse indeling.

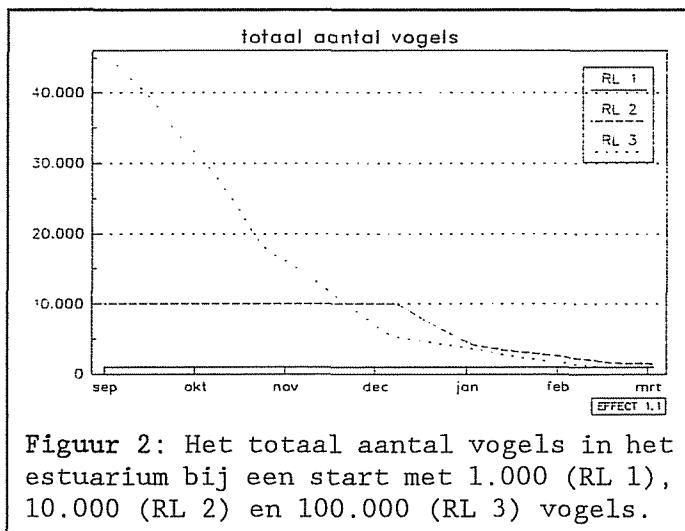
Tabel 1: Voedselklassen

| voedsel<br>klasse | oppervlakte<br>(ha) | biomassa<br>(g AFDW/m <sup>2</sup> ) | aantal<br>(N/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| I                 | 125                 | 2701                                 | 1032                          |
| II                | 425                 | 667                                  | 281                           |
| III               | 775                 | 275                                  | 121                           |
| IV                | 750                 | 114                                  | 46,7                          |
| V                 | 325                 | 40,2                                 | 15,4                          |
| VI                | 100                 | 14,8                                 | 10,0                          |
| VII               | 50                  | 5,75                                 | 10,0                          |
| VIII              | 25                  | 0,40                                 | 10,0                          |
| IX                | 0                   | 0                                    | 0                             |

## 2.2 Berekende aantallen scholeksters

De berekening met 100.000 vogels levert hetzelfde resultaat als de berekening met 1.000.000 vogels, zij worden als één berekening (nl 100.000) gepresenteerd.

### 2.2.1 Het totaal aantal vogels



Figuur 2: Het totaal aantal vogels in het estuarium bij een start met 1.000 (RL 1), 10.000 (RL 2) en 100.000 (RL 3) vogels.

Het totaal aantal vogels in het estuarium wordt getoond in figuur 2. De figuur laat zien dat bij een start met 1.000 vogels (RL 1) dit aantal gedurende gehele winter voldoende voedsel vindt. Er vallen geen vogels af. Bij een start met 10.000 (RL 2) vogels kan dit aantal gedurende de eerste helft van de winter gehandhaafd blijven, waarna een daling optreedt. Aan het einde van de winter zijn er ongeveer 1500 vogels over. Bij een start met 100.000 vogels (RL 3)

zijn er gedurende de gehele winter uitvallers. Aan het einde kunnen er nog ongeveer 1000 vogels op het gebied leven.

Uit de gegevens kan het aantal vogeldagen bij iedere startwaarde worden berekend. Tabel 2 geeft het aantal vogeldagen per berekening.

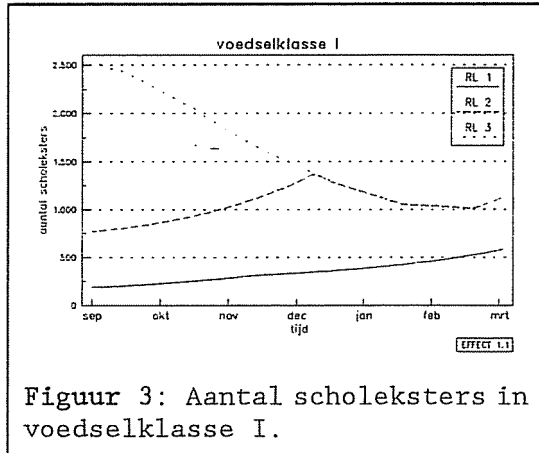
Tabel 2: Vogeldagen

| simulatie         | aantal vogeldagen |
|-------------------|-------------------|
| RL 1 (n= 1.000)   | 183.850           |
| RL 2 (n= 10.000)  | 1.309.999         |
| RL 3 (n= 100.000) | 2.523.533         |

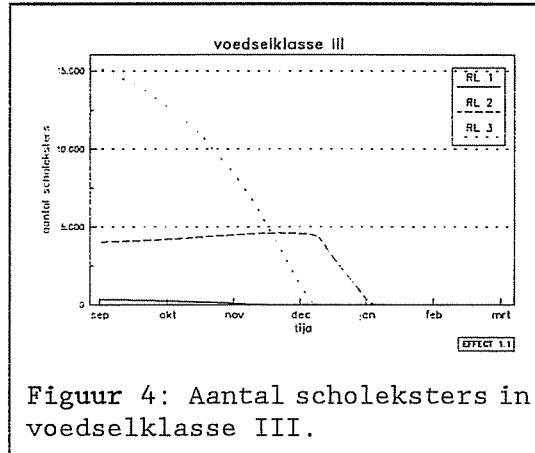
### 2.2.2 Aantal vogels per voedselklasse en de dichtheid

In de eerste simulatie (RL 1, n=1.000) zijn de eerste drie voedselklassen gevuld met vogels, in de tweede (RL 2, n=10.000) zijn de eerste vier voedselklassen gevuld met vogels, en in de derde simulatie (RL 3, n=100.000) zijn de eerste zes voedselklassen gevuld met vogels. Voedselklasse VII en VIII bieden een te lage (potentiële) opname, voedselklasse IX is leeg.

De figuren 3 en 4 laten de aantallen scholeksters in resp. voedselklasse I en III zien voor de drie simulaties.



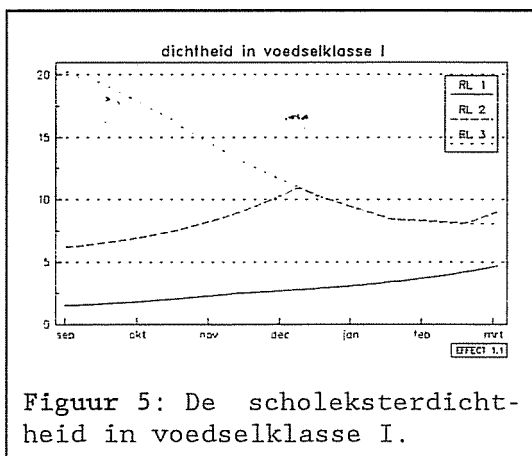
Figuur 3: Aantal scholeksters in voedselklasse I.



Figuur 4: Aantal scholeksters in voedselklasse III.

Start de simulatie met 1.000 vogels, dan neemt in de beste voedselklasse het aantal scholeksters toe gedurende de winter. Dit geldt voor de eerste helft van de winter ook voor de simulatie met 10.000 vogels. Rond december bereikt het aantal vogels de maximale draagkracht van de voedselklasse, en neemt het aantal in de loop van de winter weer af door depletie in de voedselklasse. Met 100.000 vogels is de voedselklasse vanaf het begin gevuld, en zullen de aantallen gedurende de winter afnemen met de afname van het voedselaanbod door depletie.

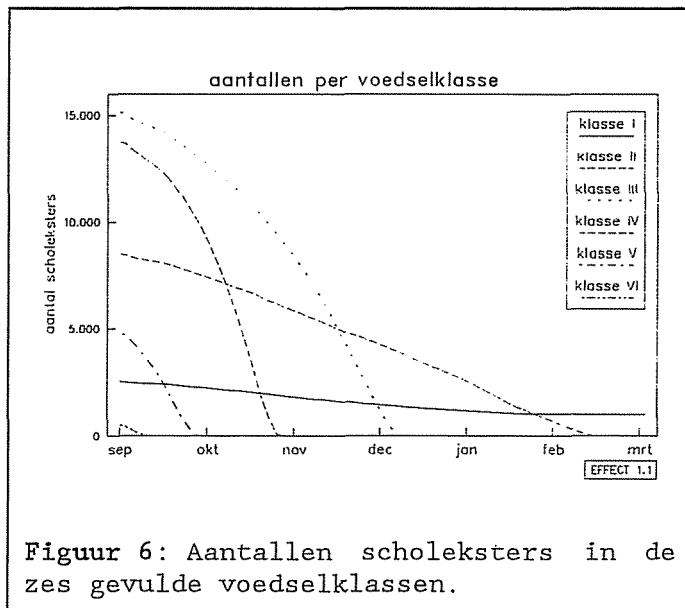
Start de simulatie met 1.000 vogels, dan foerageren in voedselklasse III aan het begin van de winter een klein aantal vogels. Zij zouden in feite in de beste klasse kunnen gaan foerageren, er plaats (figuur 3). Maar daar zijn ze (te) veel tijd met interferentie kwijt. Door een slechtere voedselklasse te kiezen waar de interferentie lager is kunnen deze vogels per saldo een hogere intake halen. Wanneer de simulatie start met 10.000 vogels zijn er veel meer vogels die in voedselklasse III gaan foerageren, en met 100.000 vogels is dit aantal nog groter. Na januari zijn er bij geen enkele startwaarde meer vogels te vinden in voedselklasse III.



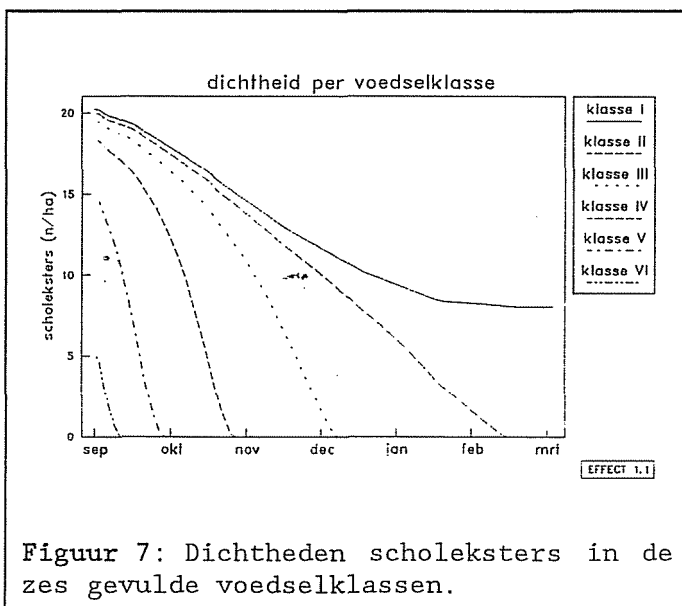
Figuur 5: De scholeksterdichtheid in voedselklasse I.

De scholeksterdichtheid in voedselklasse I wordt getoond in figuur 5. De dichtheid van de scholekster is het aantal gedeeld door de oppervlakte. Omdat de oppervlakten constant zijn is de figuur 5 qua vorm gelijk aan het figuur met de aantallen, figuur 3. Dit geldt voor alle voedselklassen.

Aantallen en dichtheden bij een start met 100.000 vogels (RL 3)



hoeveelheid scholeksters in voedselklasse II, terwijl dit aan het einde van de winter voedselklasse I is. Deze voedselklasse is ook nog de enige voedselklasse waarin zich scholeksters bevinden. Van de scholeksters die aan het begin van de winter een plek kunnen veroveren in de beste klasse hebben kan de helft aan het einde van de winter nog steeds op het estuarium te kunnen foerageren. De scholeksters die in een andere voedselklasse terecht kwamen zijn uit het systeem verdwenen.



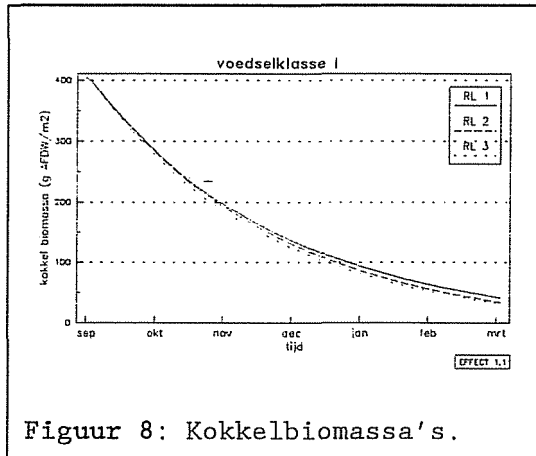
### Aantallen

Het aantal scholeksters op de beste voedselklasse is gedurende de gehele winter het meest stabiel, aan het einde van de winter is er ongeveer de helft van het aantal scholeksters dat er aan het begin van de winter op foerageerde. Aan het begin van de winter bevinden zich de meeste scholeksters in voedselklasse III, maar door depletie in deze klasse en de afname van het aantal scholeksters is in december deze klasse bijna leeg. In december bevindt zich de grootste

### Dichtheden

Op ieder moment van de winter herbergt de beste voedselklasse de hoogste dichtheid aan scholeksters, en neemt deze dichtheid af naarmate de voedselklasse slechter wordt. Aan het begin van de winter liggen de dichtheden in de drie beste voedselklassen dicht bij elkaar. Naarmate de winter vordert gaan de dichtheden steeds meer verschillen van elkaar.

### 2.2.3 De kokkelbiomassa's



Figuur 8: Kokkelbiomassa's.

De kokkelbiomassa's nemen gedurende het jaar af door depletie en door andere oorzaken. Figuur 8 laat het verloop van de kokkelbiomassa's door het jaar heen zien. De afname is niet sterk afhankelijk van het aantal scholeksters, en wordt meer gestuurd door andere zaken. De biomassa's van kokkels die aan het einde van de winter over zijn varieert wel per simulatie. Bij een begin van de winter met 1.000 scholeksters is er in voedselklasse I nog 41 g AFDW per m<sup>2</sup> over. Bij een begin van de winter met 10.000 scholeksters is dit 34 g AFDW/m<sup>2</sup>, en bij een start met 100.000

scholeksters is dit 32 g AFDW/m<sup>2</sup>.

### 3. Scholeksters in de Oosterschelde in 1990

Met gegevens uit de Oosterschelde in 1990 is de situatie van dit jaar gesimuleerd.

#### 3.1 Gegevens over kokkels en scholeksters

De kokkelgegevens zijn afkomstig van de RIVO inventarisatie van 1990 (Van Stralen, 1990). In dit rapport worden de gegevens in dichtheidsklassen verdeeld, en is van iedere klasse de biomassa en de oppervlakte bekend. Aan de hand van deze schattingen van de kokkelbiomassa's voor september zijn negen voedselklassen gemaakt. Tabel 3 geeft een overzicht van de kenmerken van de voedselklassen.

Tabel 3: Voedselklassen

| voedsel<br>klasse | oppervlakte<br>(ha) | biomassa<br>(g AFDW/m <sup>2</sup> ) | aantal<br>(N/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| I                 | 502                 | 118                                  | 250                           |
| II                | 370                 | 46,7                                 | 150                           |
| III               | 318                 | 43,5                                 | 45                            |
| IV                | 608                 | 36,3                                 | 80                            |
| V                 | 528                 | 18,6                                 | 35                            |
| VI                | 952                 | 14,6                                 | 25                            |
| VII               | 661                 | 10,0                                 | 15                            |
| VIII              | 318                 | 9,35                                 | 55                            |
| IX                | 1005                | 5,29                                 | 5                             |

De scholekstergegevens van de Oosterschelde zijn afkomstig uit Meiniger et al. (1994).

### 3.2 Het totaal aantal scholeksters in de Westerschelde

Wanneer er in september 100.000 vogels neerstrijken op het gebied blijven er in het model veel minder vogels over dan in werkelijkheid, terwijl er nu nog geen visserij op de kokkels is geweest, terwijl de vogels hiervan wel het effect hebben ondervonden. Figuur 9 laat dit zien.

De goodness-of-fit (GOF), een maat voor het verschil tussen de modelberekening en de waarnemingen, bedraagt hier 4,3873.

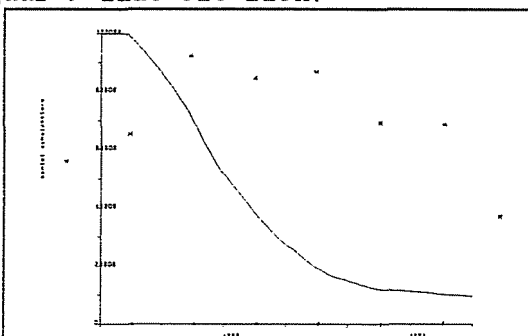
Wanneer de simulatie met 80.000 vogels wordt gestart, bedraagt de GOF 4,2130, terwijl de GOF bij een start met 50.000 vogels 4,3091 bedraagt.

Om na te gaan bij welke startwaarde de GOF het laagste is (en de modelberekeningen dus de beste overeenkomst met de waarnemingen vertonen), is een calibratie het aantal vogels waarmee de simulatie wordt gestart uitgevoerd. De beginsituatie is gevarieerd tussen 50.000 en 100.000 vogels. Er zijn 125 calibratieruns gedraaid. De laagste GOF werd gevonden bij een start met 72.696 vogels.

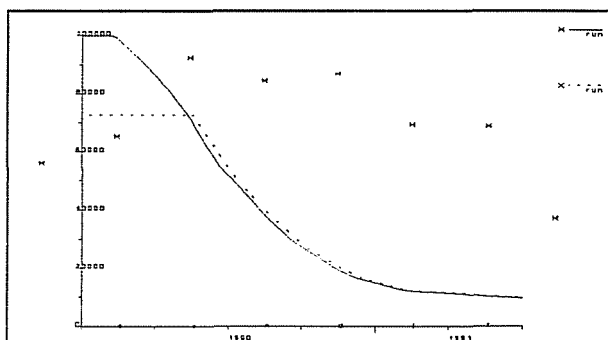
Vervolgens is er een run gedraaid met deze startaantallen. Deze run is vergeleken met de run met 100.000 vogels in september. Figuur 10 laat de verschillen zien.

De waarnemingen laten zien dat in augustus en september nog niet het maximale aantal vogels in de Oosterschelde zijn gearriveerd. Het model gaat er echter vanuit dat dit wel zo is. Daarom is vervolgens een calibratie uitgevoerd waarbij de waarnemingen van augustus en september zijn weggelaten.

De actie om de waarnemingen aan het begin weg te laten heeft weinig effect op de resultaten. Na calibratie is de beste startwaarde 73.342 vogels, wat weinig afwijkt van de oorspronkelijke 72.696. Zonder de augustus en september waarnemingen leidt dit tot een GOF van 4.8430, hoger dus dan met deze waarnemingen. Bij een start met 100.000 vogels wordt de GOF 4.9230.



Figuur 9: Aantal scholeksters bij een start met 100.000 vogels.



Figuur 10: Aantal scholeksters bij een start met 100.000 (run 1) en bij een start met 72.969 (run 2) vogels.

#### 4. Real life simulations met het model EFFECT 1.1

Na het onderzoeken van de twee cases kunnen een aantal conclusies worden getrokken:

Het totaal aantal vogels waarmee de simulatie wordt gestart heeft een behoorlijke invloed op het eindresultaat. De beste startwaarde kan eventueel middels een calibratieprocedure gevonden worden. Wat de beste startwaarde is, is ook afhankelijk van de vraag die de berekening moet gaan beantwoorden.

Afhankelijk van de aantallen vogels die in september op het systeem worden geplaatst kan het aantal vogels binnen één voedselklasse in de loop van het jaar toe- of afnemen. Op het moment dat de draagkracht van het systeem wordt bereikt neemt de hoeveelheid vogels in iedere voedselklasse evenredig met de depletie af.

De Oosterschelde data zijn met het model nog niet goed te reproduceren. De scholeksters zijn blijkbaar in staat een hogere intake te halen dan het model verondersteld. Dit kan veroorzaakt worden door vele aspecten, bijvoorbeeld de interferentie in het model kan te sterk zijn, vogels kunnen veel op alternatieve prooien foerageren, de mortaliteit onder kokkels door andere oorzaken dan scholeksters is te hoog.

Voor de kokkelbiomassa's is in de Westerschelde case het aantal scholeksters niet van groot belang. Nagegaan moet worden hoe de biomassa's van kokkels afnemen wanneer er geen predatie door scholeksters optreedt, en of deze afname reëel is. Wanneer de afname van kokkelbiomassa's zonder predatie zo is gemodelleerd dat dit veel te hard gaat, kan dit tevens een verklaring zijn voor het niet goed reproduceren in de Oosterschelde.

EFFECT 1.1 levert geen numerieke problemen wanneer er "echte" data in worden gestopt.

## 5. Literatuur

Bos, D. 1994

Effects of decreasing food availability on wintering Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: literature review and model study. Report RIKZ-94.014. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Hoop de, B.J., Herman, P.M.J., Scholten, H. & Soetaert, K. 1992

SENECA 2.0, A simulation environment for ecological application. Manual (concept), NIOO/CEMO, Yerseke.

Kater, B.J. 1995

Het model EFFECT 1.1. Werkdocument RIKZ/AB-95.854x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Kesteloo-Hendrikse, J.J. 1994

Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde en de Waddenzee in 1993. Rapport 94-007. RIVO-DLO, IJmuiden/Yerseke.

Meiniger, P.L., Berrevoets, C.M. & Strucker, R.C.W. 1994

Watervogeltellingen in het zuidelijk Deltagebied, 1987-91. Rapport RIKZ-94.005. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg, NIOO-CEMO, Yerseke.

Van Stralen, M.R. 1990

Het kokkelbestand in de Oosterschelde en de Waddenzee in 1990. Rapport AQ 90-03. Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek, IJmuiden.



**Het model**

***EFFECT 1.1:***

**Gevoeligheidsanalyse**



# Werkdocument



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ

Aan  
projectgroep EFFECT\*VIS

Van  
B.J. Kater  
Datum  
27 september 1995  
Nummer  
RIKZ/AB-95.856x  
Onderwerp  
gevoeligheidsanalyses

Doorkiesnummer  
299  
Bijlage(n)  
-  
Project  
effect\*vis

## Inhoudsopgave

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Gevoeligheidsanalyses . . . . .                                                  | 3  |
| § 1.1 De analyses . . . . .                                                         | 3  |
| § 1.2 Hypothetisch estuarium . . . . .                                              | 3  |
| 2. Forcing functions . . . . .                                                      | 5  |
| § 2.1 Klimaatfactoren . . . . .                                                     | 5  |
| 2.1.1 Windsnelheid . . . . .                                                        | 5  |
| 2.1.2 Temperatuur . . . . .                                                         | 5  |
| 2.1.3 Instraling . . . . .                                                          | 6  |
| § 2.2 Kokkelfactoren . . . . .                                                      | 6  |
| 2.2.1 Gewichtsverlies van kokkels . . . . .                                         | 6  |
| 2.2.2 Aantalsafnamen van kokkels door andere factoren<br>dan scholeksters . . . . . | 7  |
| 3. Invoer . . . . .                                                                 | 8  |
| § 3.1 Biomassa's van kokkels . . . . .                                              | 8  |
| § 3.2 Aantal kokkels . . . . .                                                      | 8  |
| § 3.3 Oppervlakte van de voedselklassen . . . . .                                   | 9  |
| 4. Parameters . . . . .                                                             | 10 |
| § 4.1 Parameters uit de functionele respons . . . . .                               | 10 |
| 4.1.1 Handling time . . . . .                                                       | 10 |
| 4.1.2 Attack rate . . . . .                                                         | 10 |
| § 4.2 Parameters uit dagelijkse energie behoefte . . . . .                          | 11 |
| 4.2.1 Energie-vraag voor het basaal metabolisme . . . . .                           | 11 |
| 4.2.2 Maximale en minimale basale energieopname per<br>dag . . . . .                | 11 |
| § 4.3 Parameters uit interferentie . . . . .                                        | 12 |
| 4.3.1 De interferentie constante . . . . .                                          | 12 |
| 5. Modelgevoeligheid . . . . .                                                      | 13 |
| 6. Literatuur . . . . .                                                             | 15 |

## 1. Gevoeligheidsanalyses

### § 1.1 De analyses

De gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd met het model EFFECT 1.1 (Kater, 1995). Dit model berekent de draagkracht van een estuarium voor een scholeksterpopulatie, uitgaande van een bepaald aanbod in kokkels. EFFECT 1.1 draait onder SENECA 2.0 (de Hoop et al., 1992). Hierdoor is het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse relatief eenvoudig. De gevoeligheid van de uitkomsten van het model is bepaald voor variatie in de forcing functions, de invoer en een beperkt aantal parameters. Een uitgebreide parameteranalyse vindt in de periode december 1995-juni 1996 in het kader van een afstudeerstage plaats.

De analyse heeft telkens plaatsgevonden rondom één item. Dit item is tussen +10% en -10% gevarieerd. Voor parameters biedt SENECA hiervoor goede mogelijkheden. Per parameter kan het minimum en maximum worden opgegeven. Voor de forcing functions is een factor aan het model toegevoegd die de functie met een parameter met een waarde tussen 0.9 en 1.1 vermenigvuldigd. Wat betreft de invoer is eenzelfde parameter ingebouwd in het model welke aan het begin van de run de invoerwaarde met een parameter met een waarde tussen de 0.9 en 1.1 vermenigvuldigde.

Per item zijn telkens 100 gevoeligheidsruns gedraaid. Hierbij werd uit de parameterruimte telkens een getal getrokken wat de waarde van de parameter bepaalde. De gebruikte verdeling is Latin-Hypercube uniforme verdeling. Als uitvoer van de analyse is telkens de 5- en 95-percentiel van het totaal aantal vogels dat in het estuarium kan leven genomen. De ruimte tussen de percentielen geeft het gebied waarin 90% van de waarnemingen valt. De 5% buitenste waarnemingen valt dus telkens af. Hiermee wordt voorkomen dat conclusies op basis van uitschieters wordt getrokken.

De afstand tussen de percentielen is vervolgens berekend door de 5-percentiel als percentage van de 95-percentiel uit te drukken.

### § 1.2 Hypothetisch estuarium

Bij het uitvoeren van de gevoeligheidsanalyses is uitgegaan van een hypothetisch estuarium. Dit estuarium kan beschreven worden door een bepaalde biomassa aan kokkels per voedselklassen en het aantal kokkels per voedselklasse dat aan het begin van de winter in dit estuarium voorkomt. Tweede kenmerk is de oppervlakte van de voedselklassen. De kenmerken staan beschreven in tabel 1.

Tabel 1: Kenmerken hypothetisch estuarium

| voedselklasse | biomassa<br>[g AFDW/m <sup>2</sup> ] | aantal prooien<br>[n/m <sup>2</sup> ] | oppervlakte<br>[ha] |
|---------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| I             | 1000                                 | 100                                   | 20                  |
| II            | 900                                  | 90                                    | 40                  |
| III           | 800                                  | 80                                    | 60                  |
| IV            | 700                                  | 70                                    | 80                  |
| V             | 600                                  | 60                                    | 100                 |
| VI            | 500                                  | 50                                    | 120                 |
| VII           | 400                                  | 40                                    | 140                 |
| VIII          | 300                                  | 30                                    | 160                 |
| IX            | 200                                  | 20                                    | 180                 |

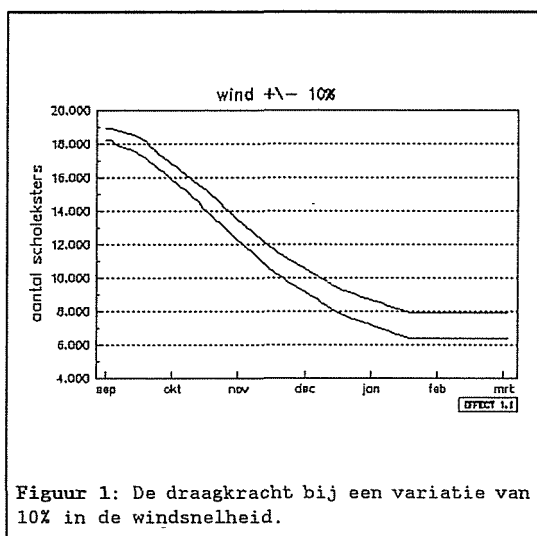
Aan het begin van de winter landen er 100.000 vogels op het estuarium. Dit is veel meer dan de draagkracht van het hypothetisch estuarium uit tabel 1. De draagkracht van dit estuarium ligt rond de 20.000 vogels. De overige 80.000 vallen al in de eerste dag af.

## 2. Forcing functions

### § 2.1 Klimaatfactoren

Er zijn drie forcing functions die betrekking hebben op het klimaat: de windsnelheid (m/s), de temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) en de instraling ( $\text{W/m}^2$ ). Iedere factor is individueel gevarieerd, de windsnelheid en de temperatuur met 10%, de instraling met 20%.

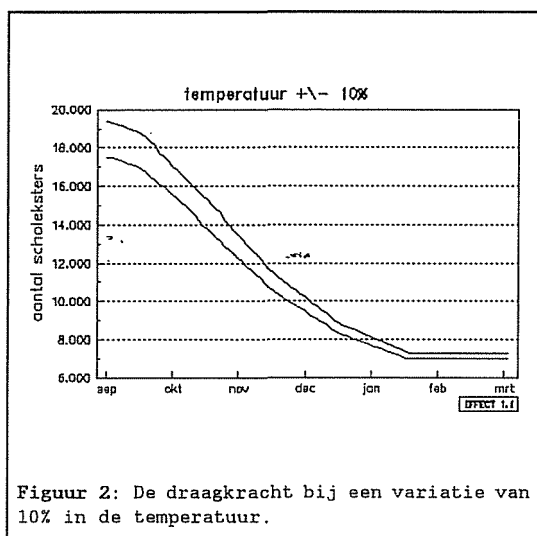
#### 2.1.1 Windsnelheid



De windsnelheid heeft invloed op een scholiekster die zich voedt en een scholiekster die rust. De windsnelheid bepaald ondermeer de minimale dagelijkse hoeveelheid voedsel die een vogel moet realiseren. Wanneer de windsnelheid 10% hoger of lager komt te liggen heeft dit een duidelijke invloed op het aantal vogels wat in het estuarium kan blijven. In het begin van de winter verschillen de 5- en 95-percentiel ongeveer 4%, aan het einde van de winter is dit verschil opgelopen tot 19%.

Figuur 1 laat het verloop van scholiekstersaantallen gedurende de wintermaanden zien.

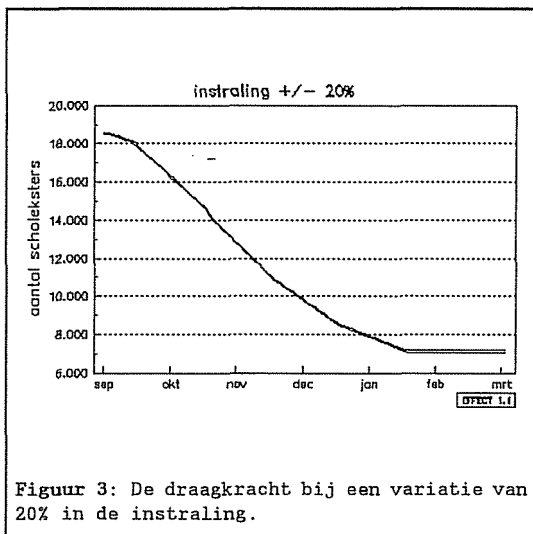
#### 2.1.2 Temperatuur



Ook de temperatuur heeft invloed op zowel de voedende als de rustende scholieksters. Net als de windsnelheid bepaald de temperatuur mede hoe hoog de minimale dagelijkse voedselopname moet zijn om in leven te blijven. De temperatuur tot 10% verhogen of verlagen heeft, vooral in de eerste maanden, een behoorlijk effect. In september en oktober verschillen 5- en 95-percentiel ongeveer 10%, in februari en maart is dit teruggelopen tot 4%.

Figuur 2 laat het verloop van het totaal aantal scholieksters in het hypothetische estuarium zien bij een variërende temperatuur.

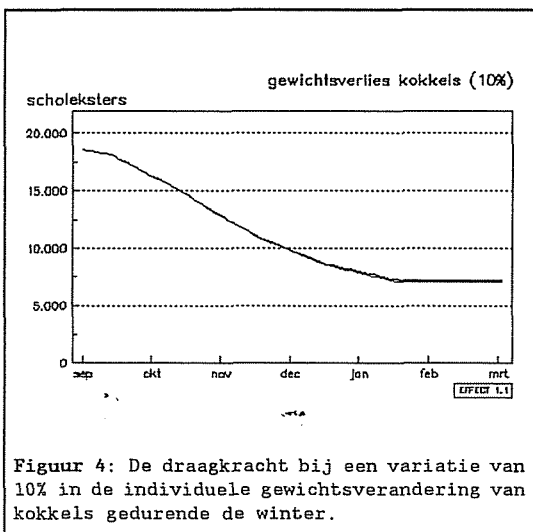
### 2.1.3 Instraling



Naast temperatuur en windsnelheid beïnvloedt de instraling de minimale dagelijkse opname die een scholekster moet realiseren. Het effect van instraling is echter niet groot. Bij een variatie in instraling met 10% was geen verschil waar te nemen tussen de 5- en 95-percentiel. Bij een variatie met 20% blijft het effect ook klein, zoals figuur 3 laat zien. Het verschil tussen de beide percentielen wordt niet groter dan 1%.

## § 2.2 Kokkelfactoren

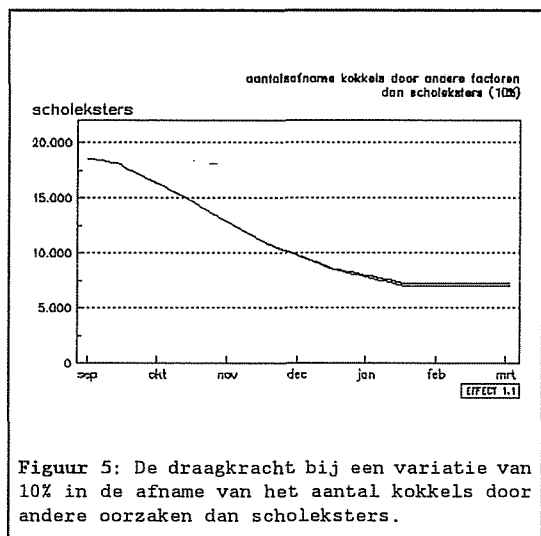
### 2.2.1 Gewichtsverlies van kokkels



Gedurende het verloop van de winter neemt het gewicht van kokkels af. In het model is deze afname vastgelegd in de forcing function FWCOCKLE. Momenteel heeft FWCOCKLE gedurende de gehele winter een vast getal. De waarde van de forcing function is door Bos (1994) geschat uit Zwarts (1991). Het model berekent per dag het gemiddelde gewicht van een kokkel in een voedselklasse door de biomassa per m<sup>2</sup> te delen op het aantal prooien per m<sup>2</sup>. Dit getal wordt per dag gecorrigeerd door de forcing function FWCOCKLE. De waarde in het model staat op 1, zodat er geen gewichtsverlies is.

Figuur 4 toont de 5- en 95-percentiel van het totaal aantal vogels in het estuarium bij de variatie in het gewichtsverlies van kokkels. Het effect van de variatie in gewichtsverlies is groter bij de slechtere voedselklassen. Op het totaal aantal vogels in het estuarium is het effect klein. In het begin van de winter verschillen de 5- en 95-percentiel nauwelijks van elkaar, aan het einde loopt het verschil op tot 2%.

## 2.2.2 Aantalsafnamen van kokkels door andere factoren dan scholeksters



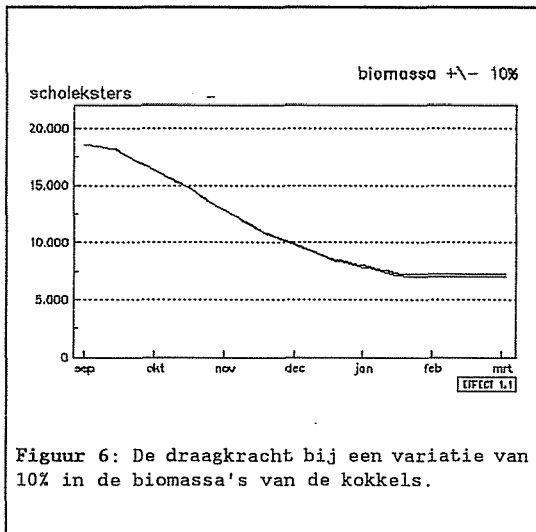
Figuur 5: De draagkracht bij een variatie van 10% in de afname van het aantal kokkels door andere oorzaken dan scholeksters.

Gedurende het verloop van de winter neemt het aantal kokkels af, niet alleen vanwege predatie door scholeksters, maar ook door andere factoren. Deze afname is vastgelegd in de forcing function FNCOCKLE. Vooralsnog is FNCOCKLE een vast getal gedurende de gehele winterperiode. Bos (1994) heeft de waarde van FNCOCKLE geschat uit Beukema (1974). FNCOCKLE wordt uitgedrukt als een fractie. De waarde bedraagt 0.003. Dit betekent dat er iedere dag van het totaal aantal kokkels per  $m^2$  in een voedselklasse een fractie 0.003 verdwijnt door andere factoren dan scholeksters.

Figuur 5 toont de 5- en 95-percentiel van het totaal aantal vogels in het estuarium bij de variatie in de aantalsafname van kokkels door andere factoren dan scholeksters. Het effect van de variatie is groter bij de slechtere voedselklassen. Op het totaal aantal vogels in het estuarium is het effect klein. In het begin van de winter verschillen de 5- en 95-percentiel nauwelijks van elkaar, aan het einde loopt het verschil op tot 4%.

### 3. Invoer

#### § 3.1 Biomassa's van kokkels



De biomassa van de kokkels in de diverse voedselklassen (g AFDW/m<sup>2</sup>) is een invoervariabele. Het model vraagt een startwaarde, waarna het model na iedere dag aan de hand van de depletie na iedere dag de nieuwe biomassa's berekend.

De biomassa opgelegd aan het model zijn de biomassa's uit het hypothetische estuarium uit § 1. Bij honderd runs is deze startwaarde van de biomassa gevarieerd, en wel zo dat de startwaarde telkens binnen een bereik van tien procent van de startwaarde bij het hypothetische estuarium lag. Alle voedselklassen kende dezelfde toe- of afname van de

biomassa ten opzichte van het hypothetische estuarium.

Figuur 6 toont de 5- en 95-percentiel van het totaal aantal vogels in het estuarium bij de variatie in kokkelbiomassa's. Er bestond geen verschil tussen de reactie van de diverse voedselklassen, hetgeen ook niet te verwachten was omdat de toe- of afname in iedere voedselklasse hetzelfde is geweest. Aan de variatie in de biomassa was te zien dat de variabele invoer geslaagd was. Het verschil tussen beide percentielen is in het begin van de simulatieperiode 0% en loopt daarna via 1% op naar 2%.

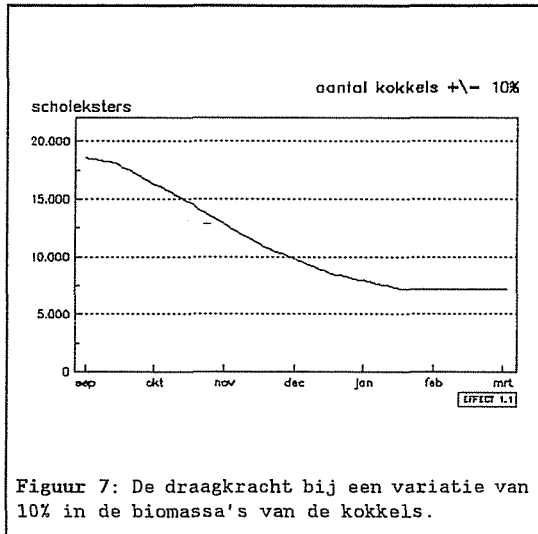
Het model lijkt niet zo heel gevoelig te zijn voor de startbiomassa's. Bij het schatten van de biomassa's uit een dataset hoeft voor deze versie van het model niet naar een hele hoge nauwkeurigheid te worden gestreefd.

#### § 3.2 Aantal kokkels

Het aantal kokkels per voedselklasse (n/m<sup>2</sup>) is ook een invoervariabele van het model. Net als bij de biomassa wordt een startwaarde gevraagd, die aan de hand van depletie na iedere dag wordt herzien door het model.

Het standaard aantal kokkels wat bij de gevoeligheidsanalyse aan het model wordt opgelegd is te vinden in §1, waar de data van het hypothetische estuarium beschreven staan. Bij honderd runs is deze startwaarde gevarieerd, en wel zo dat de startwaarde tussen +10% en -10% van de startwaarde uit het hypothetische estuarium lag. Voor alle voedselklassen is hetzelfde percentage toe- of afname opgelegd.

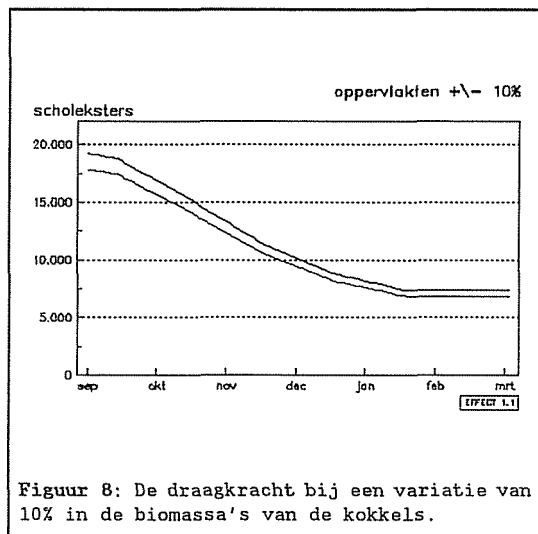
Figuur 7 toont de 5- en 95-percentiel van het totaal aantal vogels in het estuarium bij de variatie in kokkel aantallen. Er bestond geen verschil



tussen de reactie van de diverse voedselklassen. Aan de variatie in de aantallen kokkels was te zien dat de variabele invoer geslaagd was. Het verschil tussen beide percentielen bedraagt gedurende de gehele simulatieperiode 0%.

Het model is weinig gevoelig voor variatie in de startwaarde voor het aantal kokkels. Net als bij de biomassa kan geconcludeerd worden dat bij het schatten van de aantallen kokkels uit een dataset voor deze versie van het model niet naar een hele hoge nauwkeurigheid hoeft te worden gestreefd.

### § 3.3 Oppervlakte van de voedselklassen



De oppervlakten (ha) van de diverse voedselklassen zijn een parameter in het model. Dit betekent dat de waarde van de oppervlakten gedurende de simulatie constant blijven.

Bij de standaard run worden de oppervlakten van het hypothetische estuarium uit §1 gebruikt. Deze oppervlakten zijn, afzonderlijk van elkaar, tussen de -10% en de +10% gevarieerd. Zo zijn 500 runs gedraaid.

Figuur 8 toont de 5- en 95-percentiel van het totaal aantal vogels in het estuarium bij de variatie in oppervlakte van voedselklasse met 10%.

Er bestond geen verschil tussen de reactie van de diverse voedselklassen. Het verschil tussen beide percentielen bedraagt gedurende de gehele simulatieperiode 7%.

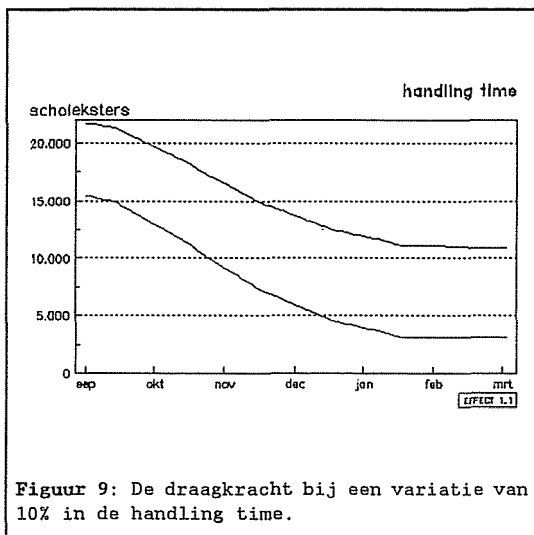
Het model is gevoeliger voor variatie in oppervlakte dan voor variatie in biomassa en aantal kokkels. Of dit veroorzaakt wordt door het feit dat biomassa en aantal voor alle voedselklasse met hetzelfde percentage zijn gevarieerd, terwijl de oppervlakten voor iedere klasse een ander percentage toekeende, is (nog) onbekend.

## 4. Parameters

### § 4.1 Parameters uit de functionele respons

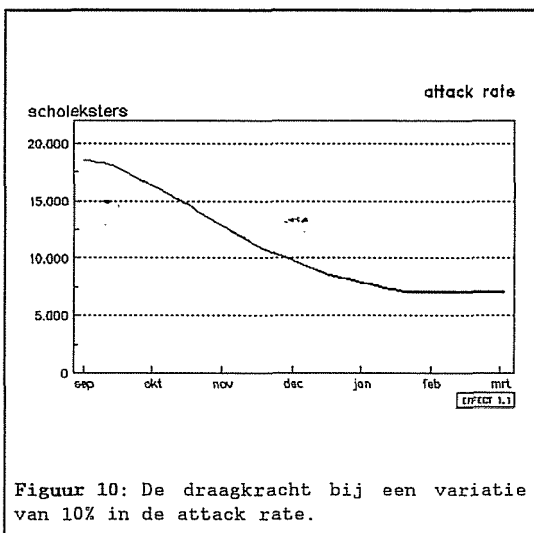
De gevoeligheid van het model is getest voor twee parameters uit de functionele respons, namelijk de handling time en de attack rate.

#### 4.1.1 Handling time



De handling time, de tijd die een scholekster nodig heeft om één kokkel open te maken en te eten, is vastgesteld op 0.018 dagen per g AFDW. Bos (1994) heeft deze waarde geschat uit data van Sutherland (1982). Figuur 9 laat zien dat de handling time een gevoelige parameter is. De 5- en 95-percentiel verschillen tussen de 27% en 74%.

#### 4.1.2 Attack rate

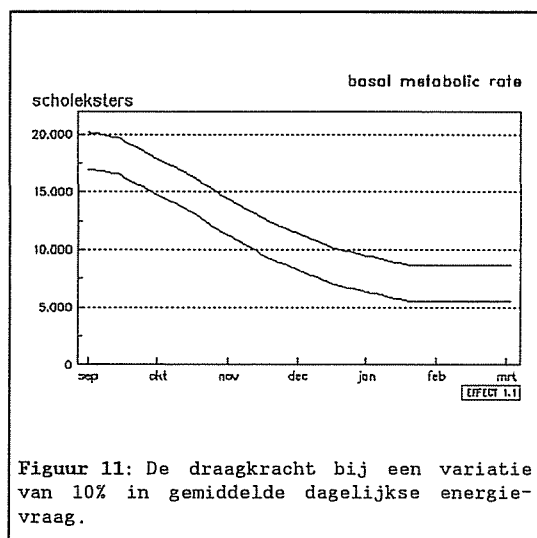


De attack rate is vastgesteld op 65.204 g AFDW per dag. Bos (1994) heeft deze waarde geschat uit data van Sutherland (1982). Figuur 10 laat zien dat de attack rate een ongevoelige parameter is. De 5- en 95-percentiel verschillen tussen de 0% en 2%.

## § 4.2 Parameters uit dagelijkse energie behoefte

De gevoeligheid van het model is getest voor drie parameters uit de berekening van de dagelijkse energiebehoefte, namelijk de gemiddelde energie-vraag voor het basaal metabolisme, de maximale energie-opname per dag en de minimale energie-opname per dag.

### 4.2.1 Energie-vraag voor het basaal metabolisme



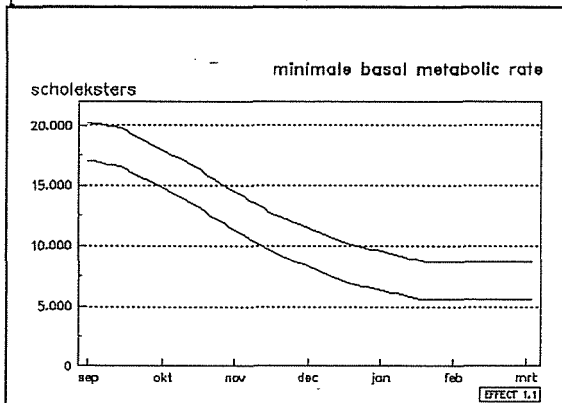
De gemiddelde energie-vraag voor het basaal metabolisme van de scholekster is in het model vastgesteld op 2.91 Watt. Deze waarde heeft Bos (1994) uit Kersten & Piersma (1987) geschat. De gevoeligheid van het model voor deze waarde is getest door de energie-vraag te laten variëren tussen 2.6 Watt en 3.2 Watt.

Figuur 11 laat zien dat de gemiddelde dagelijkse energie-vraag een gevoelige parameter is. De percentielen verschillen tussen de 16% en 36%.

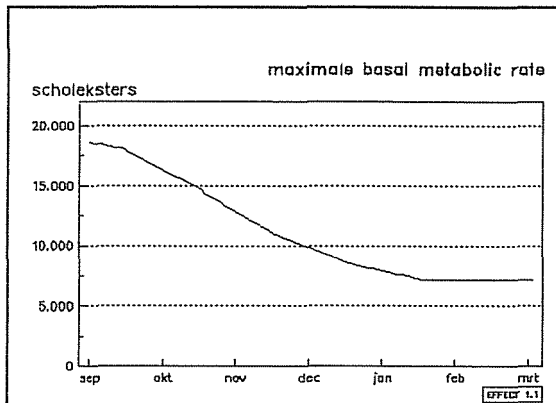
### 4.2.2 Maximale en minimale basale energieopname per dag

Uit de gemiddelde hoeveelheid energie die een scholekster per dag voor het basaal metabolisme nodig heeft wordt een minimum en een maximum berekend. Vanuit dit minimum en maximum berekend het model de minimale en maximale dagelijkse voedselopname. Het minimum en maximum worden berekend door het gemiddelde met een factor te vermenigvuldigen: 0.9 voor de berekening van het minimum, 1.1 voor de berekening van het maximum. Deze waarden zijn geschat door Bos (1994). Onduidelijk is hoe deze parameters zijn geschat. Figuur 12 laat de gevoeligheid van het model zien voor variatie in de factor waarmee het minimum wordt berekend, die is gevarieerd met 10% (0.81-0.99). De gevoeligheid van het model is groot voor deze factor. Het

verschil tussen de percentielen ligt tussen de 16% en 36%. Figuur 13 laat de gevoeligheid van het model zien voor variatie in de factor waarmee het maximum wordt berekend. Ook deze factor is gevarieerd met 10% (0.99-1.21). Het model is ongevoelig voor deze factor, het verschil tussen de percentielen is 0%.



Figuur 12: De draagkracht bij een variatie van 10% in de minimale energievraag voor het basaal-metabolisme.

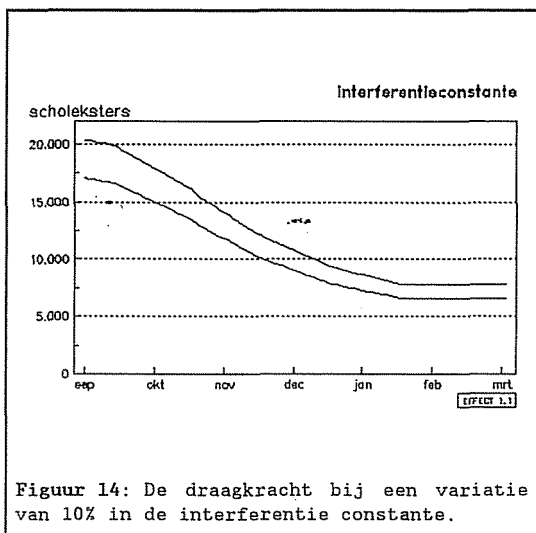


Figuur 13: De draagkracht bij een variatie van 10% in de maximale energievraag voor het basaal-metabolisme.

#### § 4.3 Parameters uit interferentie

De gevoeligheid van het model is getest voor één parameters uit de berekening van de interferentie tussen scholeksters, namelijk de gemiddelde interferentie constante.

##### 4.3.1 De interferentie constante



Figuur 14: De draagkracht bij een variatie van 10% in de interferentie constante.

De interferentie constante is de relatie tussen de oppervlakte van het voedselgebied en de sterkte van de interferentie (Bos, 1994). De waarde van deze parameter is door Bos (1994) geschat op 0.001667. De parameter is dimensieloos.

Figuur 14 laat zien dat de interferentie constante een gevoelige parameter is. De percentielen verschillen 16%.

## 5. Modelgevoeligheid

Wanneer alle analyses bij elkaar worden gezet blijkt dat het model zeer gevoelig is (meer dan 20% verschil tussen de percentielen) voor de parameters handling time, gemiddelde energievraag voor basaal metabolisme en minimum energievraag voor basaal metabolisme. Gevoelig (5%-20%) is het model voor de parameters interferentie, de forcing functions windsnelheid en temperatuur en de invoer van oppervlakten. Relatief ongevoelig (1%-5%) is het model voor de parameter attack rate; de forcing function aantalsafname kokkels door andere oorzaken dan scholeksters, gewichtsverlies van kokkels en instraling; en de invoer van de biomassa's van kokkels. Geheel ongevoelig (percentielen gelijk) is het model voor de invoer van het aantal kokkels en de maximale energievraag. Tabel 2 geeft een overzicht.

Dit geldt bij een variatie met 10% en het bovenbeschreven hypothetische estuarium.

Tabel 2: Gevonden variatie in de draagkracht van het systeem bij 10% variatie in het genoemde item.

|                                    | percentages | paragraaf |
|------------------------------------|-------------|-----------|
| parameter: handling time           | 27% - 74%   | 4.1.1     |
| parameter: gemiddelde bmr          | 16% - 36%   | 4.2.1     |
| parameter: minimum bmr             | 16% - 36%   | 4.2.2     |
| parameter: interferentie           | 16% - 16%   | 4.3.1     |
| forc.func: windsnelheid            | 4% - 19%    | 2.1.1     |
| forc.func: temperatuur             | 4% - 10%    | 2.1.2     |
| invoer: oppervlakte                | 7% - 7%     | 3.3       |
| forc.func: aantalsafname kokkels   | 0% - 4%     | 2.2.2     |
| invoer: biomassa kokkels           | 0% - 2%     | 3.1       |
| forc.func: gewichtsverlies kokkels | 0% - 2%     | 2.2.1     |
| parameter: attack rate             | 0% - 2%     | 4.1.2     |
| forc.func: instraling              | 0% - 1%     | 2.1.3     |
| invoer: aantal kokkels             | 0% - 0%     | 3.2       |
| parameter: maximum bmr             | 0% - 0%     | 4.2.2     |

De gevoeligheidsanalyse laat de parameters, forcing functions en invoer zien waarvoor het belangrijk is nadere informatie te verzamelen.

Wat betreft de forcing functions is het belangrijk goede data te verzamelen rondom de windsnelheden en temperaturen. De instraling is van marginaal belang. Het is niet noodzakelijk deze forcing function door de winter heen variabel te maken. Wel moet telkens gecontroleerd worden of de ingevoerde constante een goede afspiegeling van het gesimuleerde jaar is. De parameters rondom de kokkelsterfte en aantalsafname kunnen met een wat minder grote nauwkeurigheid worden geschat.

Wat betreft de invoer is het onnodig de kokkelgegevens met zeer hoge nauwkeurigheid proberen te schatten. Een marge van 10% gaf een variatie

in de draagkrachtberekening die niet groter was dan 2%. Het belangrijkste invoergegeven lijkt de oppervlakte van de voedselklassen.

Wat betreft de parameters uit de functionele respons is het voor het model belangrijk een goede schatting te verkrijgen van de handling time. Deze parameter bepaald een groot deel van de uitkomst. Dit in tegenstelling tot de andere parameter uit de functionele respons die is onderzocht, de attack rate. Deze parameter hoeft met veel minder nauwkeurigheid te worden geschat.

Wat betreft de parameters uit de energie module is het belangrijk de gemiddelde dagelijkse energieopname die een vogels gebruikt voor het basaal metabolisme goed te schatten. De parameter waarmee de minimale benodigde energie voor het basaal metabolisme wordt geschat is tevens belangrijk.

De waarde voor de parameter voor interferentie heeft ook een behoorlijke grote uitwerking op de draagkracht berekening. Deze moet met een behoorlijke nauwkeurigheid geschat worden.

## 6. Literatuur

Beukema, J.J. 1974

Seasonal changes in the biomass of the macro-benthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 8: 94-107.

Bos, D. 1994

Effects of decreasing food availability on wintering Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: literature review and model study. Report RIKZ-94.014. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Hoop de, B.J., Herman P.M.J., Scholten, H. & Soetaert, K. 1992

SENECA 2.0, A simulation environment for ecological application. Manual. *Concept*. NIOO/CEMO, Yerseke.

Kater, B.J. 1995

Het model effect 1.1, achtergronden en aanpassingen. Werkdocument RIKZ/AB-95.854x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Kersten M. & Piersma T. 1987

High levels of energy expenditure in shorebirds; metabolic adaptations to an energetically expensive way of life. *Ardea* 75: 175-187.

Sutherland, W.J. 1982

Spatial variation in the predation of cockles by Oystercatchers at Traeth Melynog, Anglesey. I The cockle population, II The pattern of mortality. *J. Anim. Ecol.* 51: 481-500.

Zwarts, L. 1991

Seasonal variation in body weight of the bivalves *Macoma balthica*, *Schrobicularia plana*, *Mya arenaria* and *Cerastoderma edule* in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 28: 231-245.