

rijkswaterstaat  
dienst getijdewateren  
bibliotheek  
grenadiersweg 31 -  
4338 PG middelburg

dienst getijdewateren

nota GWA0-88.011

17048

PAS OP VOOR ZEEHONDEN,  
een prognose voor 1995



Vlaams Instituut voor de Zee  
*Flanders Marine Institute*

auteur(s): R.J.F. van Haren/J.M. Marquenie, RWS-DGW

datum: 21 april 1988

samenvatting:

#### INHOUD

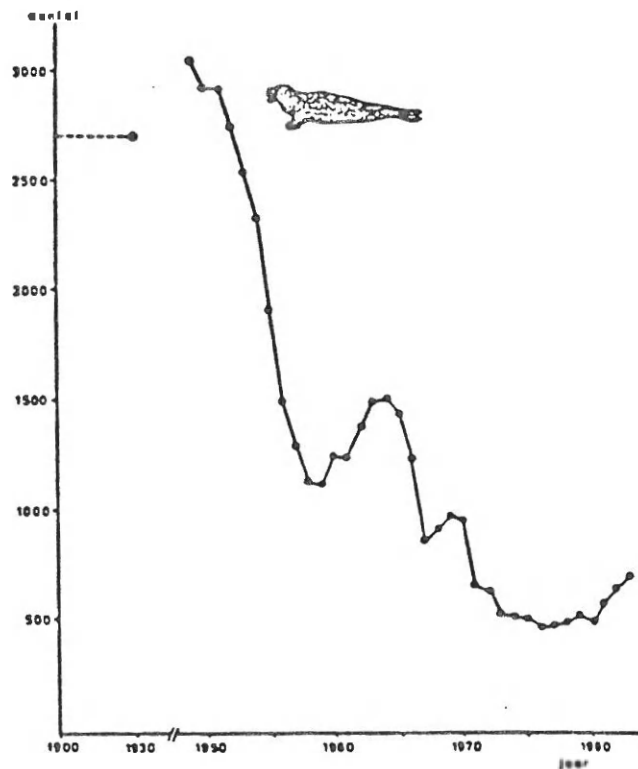
1. Inleiding
2. Vooronderstellingen en modelformulering
3. Modelresultaat
4. Mogelijke consequenties voor beleid en beheer
5. Toetsing van de randvoorwaarden van het model en advies
6. Modeluitbreiding
7. Referenties.

rijkswaterstaat  
 dienst getijdewateren  
 bibliotheek  
 grenadiersweg 31 -  
 4338 PG middelburg

behoort bij: nota GWAO-88.011  
 datum: 21 april 1988  
 bladnr: - 2 -

## 1. Inleiding

De historie van de aantalsafname van de zeehond in de Waddenzee (*Phoca vitulina*) is goed bekend (Reijnders, 1985; Figuur 1). Van een oorspronkelijk florerende populatie van ruim 3000 exemplaren zijn er thans maar 700 over. Deze daling in aantallen is in eerste instantie veroorzaakt door een sterk toegenomen jachtdruk. Het instellen van een vangstverbod in de vijftiger jaren heeft een herstel tot gevolg gehad. Een nieuwe afname na 1960 heeft geleid tot het huidige populatie aantal van ongeveer 700 dieren.



Figuur 1. Aantals afname van zeehonden in de Nederlandse Waddenzee van 1900 tot 1984. Naar Reijnders, 1985.

De laatste populatieval wordt met name toegeschreven aan de belasting van de Waddenzee met Poly-Chloor-Bifenylen (PCB's; Reijnders, 1987a, b). Gelijksortige afnamen zijn geconstateerd in de Baltische Zee (Baltische zeehond; Helle 1976 a, b, Reijnders 1987a) en aan de Amerikaanse westkust (Californische zeeleeuw; DeLong ea 1973). Ook deze afnamen worden toegeschreven aan de lozing van PCB's.

Conform de verschijnselen die experimenteel bij kuifeenden zijn gevonden die zijn gevoed met driehoeksmosselen uit het Haringvliet (Marquenie et al., 1985) uiten de effecten zich in een verminderde voortplanting, veroorzaakt door PCB's:

- een verminderd aantal ovulaties (zeehond: minder zwangere vrouwtjes, duikeend: minder eieren)
- een veranderd gedrag (zeehond: jongen die de moeder kwijt raken, duikeend: verlies broedzorg).

behoort bij: nota GWAO-88.011

datum: 21 april 1988

bladnr: - 3 -

Over de wijze waarop PCB's ingrijpen in de fysiologie van organismen bestaat geen exakte zekerheid. Alle voorbeelden van een negatieve invloed hebben betrekking op warmbloedige dieren die in korte tijd hun vetvoorraad sterk aanspreken. Het wordt daarbij aangenomen dat sommige PCB congenere een enzym-systeem aktiveren (Mixed Function Oxydase = MFO), dat ook de afbraak van bepaalde hormonen reguleert. Recentelijk zijn er aanwijzingen gevonden dat met name bepaalde hooggechloroerde PCB's hiervoor verantwoordelijk zijn (Boon ea, 1987).

Uit verschillende waarnemingen zijn aanwijzingen verkregen dat de belasting van de Rijn en de Noordzee met PCB's onlangs sterk is gedaald.

Tussen 1984 en 1985 is een daling in PCB concentraties geconstateerd van 30% in de eieren van experimenteel gehouden kuifeenden en de driehoeksmosselen uit het Haringvliet waarmee kuifeenden gevoerd zijn (Marquenie et al., 1985). Deze afname is ook gevonden voor PCB gehalten in het sediment in de havens van Rotterdam (Nijssen, pers. meded.). Sinds 1985 is het storten van havenslib Klasse 2 (verantwoordelijk voor ca. 50% van de afslibbare fraktie (Bijdrage van Van Alphen aan MANS) in de Noordzee stopgezet.

Globaal betekent dit dat de PCB belasting van de Noordzee via de Rijn tussen 1984 en 1986 tot ca. 35% is afgenomen.

In 1987 zijn door DGW bemonsteringen uitgevoerd van mosselen uit de brandingszone van de Zuid- en Noord-Hollandse kust en op PCB's geanalyseerd, tezamen met mosselen die in 1971 en in 1980 op dezelfde lokaties verzameld zijn. Hieruit blijkt dat de gehalten in 1987 op ca. 35% liggen van waarden uit 1980 (Tabel 1). Deze resultaten bevestigen de uitkomst van de schatting die voor de afname van PCB's in het kustwater zijn gemaakt.

Tabel 1: PCB concentraties (ug/kg asvrij-droog weefsel) in mosselen van strekdammen van de Zuid- en Noord-Hollandse kust en percentages t.o.v. 1980.

PCB-congeneer	TER HEIJDE			IJMUIDEN			CALANTSOOG		
	1971	1980	1987	1971	1980	1987	1971	1980	1987
PCB-52	320	160	48	160	81	34	97	56	21
PCB-101	300	240	110	210	160	89	190	150	62
PCB-138	68	310	180	51	250	--	60	260	--
PCB-153	370	300	190	290	230	170	310	270	110
PCB-180	190	66	47	120	49	53	89	47	41
PCB (11 congenere)	3800	2700	710 (25%)	2000	1100	550 (50%)	1500	920	370 (40%)

Een afname in de PCB belasting van de Waddenzee zal in de toekomst mogelijk kunnen leiden tot een toename van het aantal zeehonden. Een sterke toename van het aantal zeehonden in de Waddenzee zal consequenties hebben voor het beleid en beheer (rekreatie, visserij). Om die reden is besloten om na te gaan met welke snelheid de voortplanting van zeehonden zou kunnen toenemen als gevolg van een verminderde belasting van de Waddenzee met PCB's. Hiervoor is het nodig een aantal vooronderstellingen te doen.

behoort bij: nota GWAO-88.011

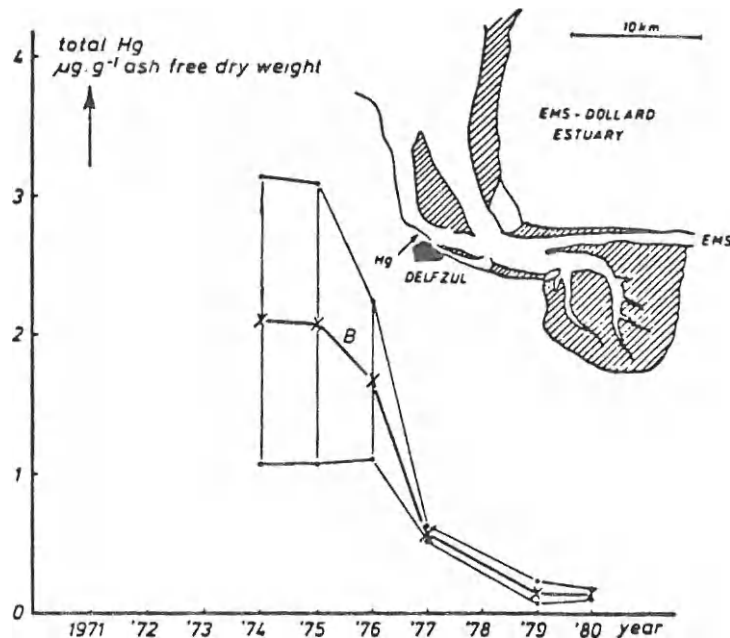
datum: 21 april 1988

bladnr: - 4 -

## 2. Vooronderstellingen en modelformulering

Het model is gemaakt om het percentage zwangere zeehonden van de totale vrouwelijke populatie te voorspellen in afhankelijkheid van de belasting van de Waddenzee met PCB's. Voor de hier beschreven prognose hebben we het volgende aangenomen:

1. De belasting van de Waddenzee met PCB's is voor meer dan 90% afkomstig uit de Rijn.
2. De belasting ontstaat via het transport van slib langs de kust.
3. De retentie in de kustzone is te verwaarlozen.
4. De effecten worden veroorzaakt door PCB's en met name de hooggechloroerde congenen.
5. De PCB concentratie in het voedsel is de enige limiterende faktor voor de reproductie van de zeehond in de Waddenzee.
6. Er is een lineair en direct verband tussen PCB gehalten van mosselen en van het voedsel van zeehonden (vis).
7. De retentie van PCB's in mosselen van de Waddenzee is gesteld op 5 jaar, conform de retentie van kwik in mosselen uit de Eems-Dollard (Figuur 2, Pries et al., 1984). De retentie wordt veroorzaakt door nalevering uit de bodem.
8. De effect inducerende nalevering van PCB's uit het vet van zeehonden bedraagt 2 jaar (Tabel 2, Reijnders, 1987a).
9. Vermindering van de PCB concentratie in de zeehond heeft direct invloed op de reproductie.



Figuur 2. De afname van de biologische beschikbaarheid van kwik voor mosselen in de Eems-Dollard, na het stopzetten van lozingen in 1975 (Naar Pries e.a., 1984).

behoort bij: nota GWA0-88.011

datum: 21 april 1988

bladnr: - 5 -

TABEL 2: De reproductie van zeehonden van verschillende lokaties (Waddenzee en Wash U.K.) met verschillend dieet (I).  
De reproductie toename van zeehonden na het stopzetten met voederen van vis uit de Waddenzee en het starten van voederen met vis uit de Atlantische Oceaan II (Naar Reijnders, 1987a).

I GROEP	'Waddenzee'		'Atlantische'	
	vis		vis	
aantal wijfjes	12		12	
aantal ovulerende wijfjes	12		12	
aantal zwanger	4		10	

II SEIZOEN	'Atlantische' vis		
	1982-84	1984-85	1985-86
aantal wijfjes	12	12	12
aantal ovulerende wijfjes	12	12	12
aantal zwanger	4	6	8

Het mathematische model berekent in de eerste plaats de afname van PCB concentraties in het voedsel van de zeehond. Het traagste eliminatie proces van PCB's in het systeem bodem-mossel-vis is bepalend voor de concentratie in het voedsel voor de zeehond. De halfwaardetijd voor nalevering van PCB's uit de bodem is gesteld op 1,5-2 jaar (Pries e.a. 1984). De halfwaardetijd van PCB's uit mosselen bedraagt ongeveer 20 dagen (de Kock e.a. 1985, Eggens 1988). Voor platvis is de halfwaardetijd niet bekend maar deze kan niet groter zijn dan de verblijftijd van platvis in de Waddenzee, namelijk 8 maanden. De bepalende grootheid voor de PCB concentratie in het voedsel is het PCB gehalte van de bodem uitgedrukt in het PCB gehalte van mosselen. De concentratie PCB's in het voedsel van de zeehond wordt vervolgens gebruikt om de PCB concentratie in zeehonden te berekenen. Het percentage zwangere zeehonden vrouwtjes wordt hieruit direct afgeleid.

Het model rekent in verhoudingen ten opzichte van de toestand voor 1 januari 1985. De toestandsvariabelen  $c_1$  en  $c_2$ , respectievelijk de concentratie in de mossel (=voedsel) en in de zeehond zijn uitgedrukt in procenten ten opzichte van 1984. De opname en afname snelheden zijn uitgedrukt in  $1/d$ . De modelformuleringen zijn als volgt:

De PCB afname in het voedsel wordt berekend volgens een Hill-functie. Het is gebleken dat deze functie het best de curve in fig. 2 beschrijft. Aan het gebruik van deze functie in dit model ligt geen deterministisch proces ten grondslag. De functie is als volgt:

$$f(t) = Y_0 * \frac{A^n}{(A^n + t^n)} + Y_{min}. \quad (1)$$

behoort bij: nota GWAO-88.011

datum: 21 april 1988

bladnr: - 6 -

$Y_0$  = startwaarde (100%) PCB conc. in mosselen in 1984

$Y_{min}$  = eindwaarde (35%) PCB conc. in mosselen

$Y_0 - Y_{min}$

$A$  = tijdstip waar  $f(t) = \frac{Y_0 - Y_{min}}{2}$

$n$  = exponent

$t$  = tijd

$f(t)$  = PCB conc. in het voedsel in de loop van de tijd (C1).

De nalevering van PCB's uit de bodem is geïkt op figuur 2. Vanwege de onzekerheid in de beschikbare data is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met verschillende halfwaardetijden: 2, 3 en 4 jaar, resp.  $A = 2$ ,  $n = 3,5$ ;  $A = 3$ ,  $n = 3$  en  $A = 4$ ,  $n = 2,5$ , zie figuur 3.

De PCB opname en afgifte in de zeehond wordt berekend als

$$dc_2/dt = e.c_1 + f.c_2 \quad (2)$$

$e$  = opname tijdsconstante  $1/d$

$f$  = eliminatie tijdsconstante  $1/d$

$c_2$  = PCB concentratie in zeehonden in % t.o.v. 1984.

De eliminatie tijdsconstante  $f$  is geschat met behulp van tabel 2. De effect inducerende halfwaardetijd van PCB's uit de zeehond bedraagt 2 jaar, ( $f = 1 \cdot E^{-3}$ ,  $d^{-1}$ ). De opname tijdsconstante is gecalibreerd, literatuur en of veldwaarnemingen waren niet beschikbaar ( $e = 1 \cdot E^{-3}$ ,  $d^{-1}$ ).

Het effect op de reproductie wordt berekend als

$$z = -g.c_2 + h \quad (3)$$

$g$  = constante voor de verhouding '% zwanger/% PCB concentratie'

$h$  = constante voor maximaal % zwangere vrouwtjes (bij 0% PCB gesteld op 100% zwangeren)

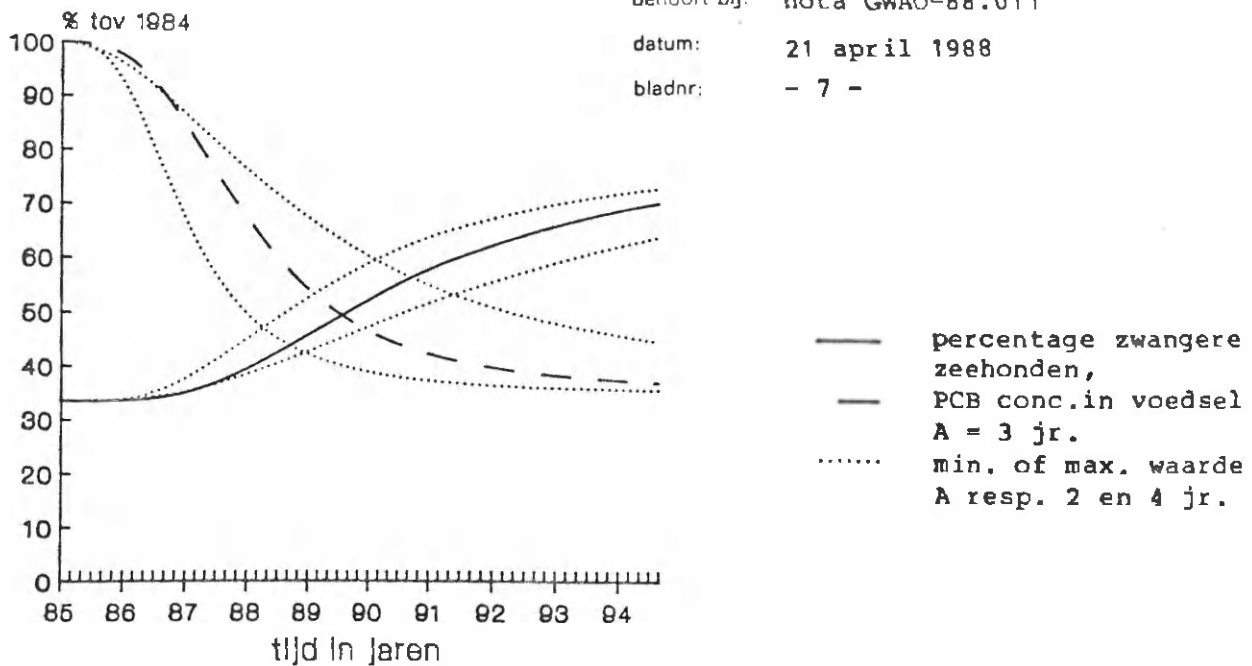
$z$  = percentage zwangere zeehonden vrouwtjes

$c_2$  = PCB conc. in zeehond in % t.o.v. 1984.

De constante  $g$ , percentage zwanger per percentage PCB concentratie t.o.v. 1984 in zeehond, is eveneens bepaald met behulp van tabel 2 ( $g = 0,67$ ). Op 1 januari 1985 is het percentage zwangere zeehonden vrouwtjes ( $z$ ) 33%, zie tabel 2.

### 3. Modelresultaat

Er zijn verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Het model blijkt zeer gevoelig voor veranderingen in de snelheidsparameter voor eliminatie van PCB's uit de zeehond. Dit gegeven is echter experimenteel goed vastgelegd. De grootste onzekerheid vormt de nalevering van PCB's uit het Waddenzee sediment. Verandering van het tijdstip waar de helft van de PCB's uit de bodem is verdwenen,  $A$  resp. 2, 3 en 4 jr. heeft geen grote invloed op het gemiddeld jaarlijks berekende reproductie succes. Het resultaat van deze laatste modelberekening is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3. Berekende reproductie toename van zeehonden als gevolg van een plotselinge afname tot 35% van de belasting met PCB's van de Waddenzee op 1 januari 1985. Nalevering uit de bodem is respectievelijk A: 2, 3 en 4 jr.

De figuur schetst twee uit elkaar berekende verwachtingspatronen voor de periode 1985-1995 als reactie op de verminderde PCB belasting van de kustzone door verontreinigd slib uit de Rijnmond.

Het eerste verwachtingspatroon betreft het verloop van PCB-concentraties in mosselen als maat voor de belasting van vis (het voedsel van zeehonden), gevolgd door een verwachting voor het herstel van de reproductie van de zeehonden (het percentage zwangere organismen van de totale vrouwelijke populatie). De modelberekening toont een geleidelijke afname van PCB's in basale organismen in de Waddenzee die zeehonden en vogels tot voedsel dienen. Na ongeveer 5 jaar, in 1990, wordt een evenwicht benaderd, dat ligt tussen de 40% en 60% van de gehalten in 1985.

De zeehond volgt dit verloop met grote traagheid, pas ongeveer 10 jaar later, in 1995, wordt een nieuwe evenwichtssituatie benaderd. Het percentage zwangere vrouwtjes is dan toegenomen van 35% (in 1985) tot 60% - 70%. Mede door deze laatste traagheid is het modelresultaat niet sterk gevoelig voor het verleggen van de nalevering van de bodem naar 3 of naar 4 jaar.

Indien we rekening houden met een spreiding van 30% in de telling van zwangere zeehonden en pas geboren jongen, dan zal deze voorspelde positieve tendens op z'n vroegst in 1988 meetbaar zijn.

Het model kan, op basis van de kort durende populatie toename in de periode 1955-1960 als reactie op het toen ingestelde afschotverbod, zie figuur 1, worden uitgebreid tot een model dat ook de aantalstoename van zeehonden voorspelt.

#### 4. Mogelijke consequenties voor beleid en beheer

Een eventuele aantalstoename van zeehonden in de Waddenzee zal niet zonder problemen verlopen. In de eerste plaats is aangenomen dat de hogere concentratie PCB's in zeehonden twee effecten tot gevolg heeft: een verlaging van

behoort bij: nota GWA0-88.011

datum: 21 april 1988

bladnr: - 8 -

het aantal ovulaties (minder zwangere zeehonden) en een vermindering van zorg voor de jongen (meer huilers). Quantitatieve kennis over het effect van PCB's op broedzorg bij vogels en zorg voor jongen (zeehond) ontbreekt. Dit betekent dat het herstel van de reproductie in eerste instantie zowel kan leiden tot een sterke afname van het aantal huilers, als tot een toename, maximaal echter evenredig met de toename in de reproductie.

Een herstel van de zeehondenpopulatie zal ongetwijfeld gevolgen hebben voor de visserij, recreatie en de bestaande zeehondencentra. Nader onderzoek van de consequenties verdient aanbeveling.

#### 5. Toetsing van de randvoorwaarden van het model en adviezen

In augustus/september 1987 is door DGW, in het kader van kustonderzoek een bemonstering uitgevoerd van mosselen van strekdammen van de Zuid- en Noord-Hollandse kust. Deze mosselen zijn tesamen met mosselen die in augustus 1971 en in augustus 1980 door TNO van dezelfde strekdammen verzameld zijn, geanalyseerd op PCB congenereën.

Als resultaat blijkt dat de gehalten in mosselen die in 1987 verzameld zijn, 35% zijn van de gehalten in 1980, zie tabel 1. Dit komt geheel overeen met de modelvoorspelling voor gehalten in mosselen in de Waddenzee na 1989. De eerste aannamen die voor het model gedaan zijn lijken hiermee redelijk goed bevestigd.

Of deze tendens ook in de Waddenzee reeds meetbaar is, is echter niet bekend. Op indicatie van de resultaten van het kustonderzoek en gezien de belangrijke consequenties die een toename van het aantal zeehonden in de Waddenzee kan hebben voor beleid en beheer, worden de Wadden Directies geadviseerd om met ingang van 1988 het PCB gehalte van organismen in de gehele Waddenzee nauwlettend te gaan volgen. Met de huidige kennis kan het aantal soorten organismen beperkt blijven tot mosselen (indicaties voor het water) en zeepieten (indicatief voor het sediment). Bij een goed gekozen programma zullen de resultaten bruikbaar zijn om de bodemnalevering gebiedsafhankelijk te bepalen.

#### 6. Modeluitbreiding

Het zeehondenmodel zoals dat hier is gepresenteerd, is nog slechts een ruwe schets. Het huidige model bestaat uit drie delen:

- a) de berekening van de PCB concentratie in het voedsel van de zeehond
- b) de berekening van de PCB concentratie in de zeehond
- c) de berekening van het remmend effect op de reproductie.

De onzekerheden in deze delen zijn groot. In § 2 en § 3 is hier nader op ingegaan.

Voor het berekenen van scenario's die voor realistische beleidsanalyses gebruikt kunnen worden, is het noodzakelijk het model te calibreren en uit te breiden naar een populatiemodel voor zeehonden in de Nederlandse wateren (Voordelta, Waddenzee).

Afhankelijk van de gestelde problemen (scenario's) varieert de mate van detail van het model. In een toekomstig model dient vooral de berekening van de PCB concentratie in het voedsel van de zeehond beter onderbouwd te worden.



behoort bij: nota GWA0-88.011

datum: 21 april 1988

bladnr: - 9 -

Het wordt voorgesteld het zeehondenpopulatiemodel uit te werken tot een wetenschappelijke verantwoorde publikatie en een gebruikersvriendelijk computerprogramma, vergelijkbaar met de Noordzeaatlas, ten behoeve van lokale beheerders. Een globale tijdsplanning is gegeven in tabel 3.

Naast de effecten van PCB's is rustverstoring door recreatie waarschijnlijk de volgende beperkende factor. Beide stress factoren kunnen met de huidige kennis zonder veel problemen in het model opgenomen worden.

TABEL 3: globale tijdsplanning model uitbreiding

inventarisatie literatuur en data	12 - 16 weken
formuleren model	4 - 6 weken
calibratie	4 - 8 weken
validatie	2 weken
rapportage	8 weken
formuleren gebruikersvriendelijk computerprogramma t.b.v. beheerders	8 - 12 weken
Totaal	38 - 52 weken

behoort bij: nota GWA0-88.011

datum: 21 april 1988

bladnr: - 10 -

## 6. Referenties

J.P. Boon, P.J.H. Reijnders, J. Dols, P. Wensvoort en M.T.J. Hillebrand (1987).

The kinetics of individual polychlorinated biphenyl congeners in female harbour seals (*Phoca vitulina*), with evidence for structure-related metabolism. *Aquatic Toxicology* 10: 307-324.

R.L. Delong, W.G. Gilmartin en J.G. Simpson (1973)

Premature births in California sea lions: association with high organochlorine pollutant residue levels.

*Science* 181: 1168 - 1170.

M. Eggens, 1988.

Biologische beschikbaarheid van microcontaminanten langs de Nederlandse kust.

Concept rapport NOSPEC; DGW, TNO, IB, WL.

E. Helle 1976a)

DDT and PCB levels and reproduction in ringed seal from the Bothnian Bay.

*Ambio* 5: 188 - 189.

E. Helle (1976b)

PCB levels correlated with pathological changes in seal uteri.

*Ambio* 5: 261 - 263.

W.C. de Kock; H. van het Groenewoud, 1985.

Modelling bioaccumulation and elimination dynamics of some xenobiotic pollutants (Cd, Hg, PCB, HCB) based on 'in situ' observations with *Mytilus edulis*.

Rapport MT-TNO, Delft, 85/217.

J.M. Marquenie, G. Hoornsman en P. Roele (1985).

Onderzoek naar effecten van contaminanten op duikeenden

Rapport MT-TNO, Delft 86/966: 35 pp.

C. Pries, W.C. de Kock en J.M. Marquenie (1984).

Specimen banks and the monitoring of surface water pollution by aquatic organisms, pp. 88-94.

In: Environmental specimen banking and monitoring as related to banking

Eds: R.A. Lewis; N. Stein; C.W. Lewis; M. Nijhoff, Boston 1984.

P.H.J. Reijnders (1985)

Waarom de zeehondenpopulatie 1984 toch heeft gehaald.

*Waddenbulletin* 20.

P.H.J. Reijnders (1987a).

Environmental impact of PCB's in the marine environment.

Int. Conf. on Environmental Protection of the North Sea, 24-27 March, London.

P.H.J. Reijnders (1987b).

Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters.

*Nature* 324: 456-457.