

Ontwikkeling van bos en bodem in een beplantingsproef van 1970 op sterk verontreinigde baggerspecie

**A. Oosterbaan
C.A. van den Berg**

Alterra-rapport 438

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002

REFERAAT

Oosterbaan, A. & C.A. van den Berg, 2002. Ontwikkeling van bos en bodem in een beplantingsproef van 1970 op sterk verontreinigde baggerspecie. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 438. 32 blz. 7 fig.; 4 tab.; 10 ref.

In een beplantingsproef op sterk verontreinigde baggerspecie worden sinds de aanleg in 1970 de ontwikkeling van bos en bodem gevolgd. De beplantingen ontwikkelen zich weinig verschillend van vergelijkbare beplantingen op niet verontreinigde klei. De chemische samenstelling van de toplaag van de bodem vertoont opvallende verschillen onder de verschillende boomsoorten

Trefwoorden: baggerspecie, bosontwikkeling, bodemontwikkeling, zware metalen

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 438. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Ontwikkeling van de beplanting	11
2.1 Vitaliteit en hoogte	11
2.2 Dichtheid en ondergroei	13
2.3 Biomassa	13
3 Ontwikkeling van de bodem	15
3.1 Structuur	15
3.2 Grondwater	15
3.3 Chemisch	16
4 Bespreking van de resultaten	21
4.1 Invloed van de bodem op de bosbeplanting	21
4.2 Invloed van de beplanting op de bodemstructuur	21
4.3 Invloed van de beplanting op de chemische samenstelling van de bodem	21
5 Conclusies	23
6 Aanbevelingen	25
Literatuur	27
Bijlage	
1 Proefschema	29

Woord vooraf

De opnamen en analyse van de resultaten van dit project zijn gefinancierd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam. Het rapport kwam tot stand met medewerking van de heer M. Eisma, waarvoor onze hartelijk dank.

Samenvatting

De jaarlijks vrijkomende hoeveelheden baggerspecie uit de Nederlandse waterbodems vormt o.a. vanwege de verontreiniging met zware metalen, een groot probleem. Een van de mogelijkheden is de specie in depot te zetten en hierop natuur te ontwikkelen, bijvoorbeeld in de vorm van bos. De vraag is in hoeverre bosontwikkeling mogelijk is en in hoeverre er risico's optreden voor de organismen en het milieu.

In een beplantingsproef in de Broekpolder, die is aangelegd in 1970 op sterk verontreinigde baggerspecie uit de havens van Rotterdam, wordt de ontwikkeling van de beplanting en van de bodem gemonitord. Bij de laatste opname (najaar 2001) is de bovengrondse biomassa van de beplantingen geschat.

De beplantingen van eik, es, esdoorn en populier ontwikkelen zich wat vitaliteit, groei en ondergroei betreft, weinig verschillend van vergelijkbare beplantingen op niet verontreinigde klei.

In ca. 30 jaar hebben zich aanzienlijke hoeveelheden bovengrondse biomassa ontwikkeld. De struiklaag begint hier aan nu substantieel aan bij te dragen.

De chemische samenstelling van de toplaag van de bodem vertoont opvallende verschillen onder de 4 aangeplante hoofdboomsoorten. Onder populier worden hoge gehalten aan organische stof, zink en cadmium en lage gehalten aan lood, kwik en arseen gevonden. De bovenste bodemlaag onder es bevat opvallend meer kalk, chroom en arseen.

De hoeveelheid zware metalen die in de bovengrondse biomassa van de bomen en de struiken opgeslagen zit is naar schatting slechts een klein deel van de hoeveelheid die in de bodem zit. Dit betekent dat bij oogst van de bijgroei slechts een miniem deel van de verontreiniging verwijderd zou worden.

1 Inleiding

Jaarlijks komen grote hoeveelheden baggerspecie vrij uit de Nederlandse waterbodems. Vanwege de verontreiniging met zware metalen en andere stoffen is verdere verwerking moeilijk en duur. Eén van de mogelijkheden is de baggerspecie in depot te zetten.

Een mogelijkheid is om opgeslagen baggerspecie te beplanten met planten of bomen, die de zware metalen opnemen en daarmee het substraat voor een deel “schoontrekken”. De bovengrondse delen kunnen worden geoogst en worden hergebruikt of worden gestort in een depot. Bij gebruik van het afgevoerde materiaal elders betekent dit echter een verplaatsing van het probleem, tenzij de verontreiniging zodanig gebonden wordt dat er niets meer vrijkomt.

Een ander mogelijkheid is de baggerspecie voor langere tijd op te slaan en hierop natuur te ontwikkelen, bijvoorbeeld een zo goed mogelijk functionerend bosesysteem. Ook dit roept natuurlijk vragen op als:

- in hoeverre is natuurontwikkeling mogelijk?
- welke risico's brengt dit met zich mee? Wat gebeurt er met de verontreinigende stoffen? In hoeverre worden ze opgenomen in de organismen, blijven ze circuleren via de bomen, blad, strooisel, bodem of verdwijnen ze op de een of andere manier uit het systeem, bijvoorbeeld door opname door dieren of uitspoeling?

Een voorbeeld van bosontwikkeling op verontreinigde baggerspecie is de beplantingsproef in de Broekpolder, die is aangelegd in 1970 op sterk verontreinigd slib uit de havens van Rotterdam.

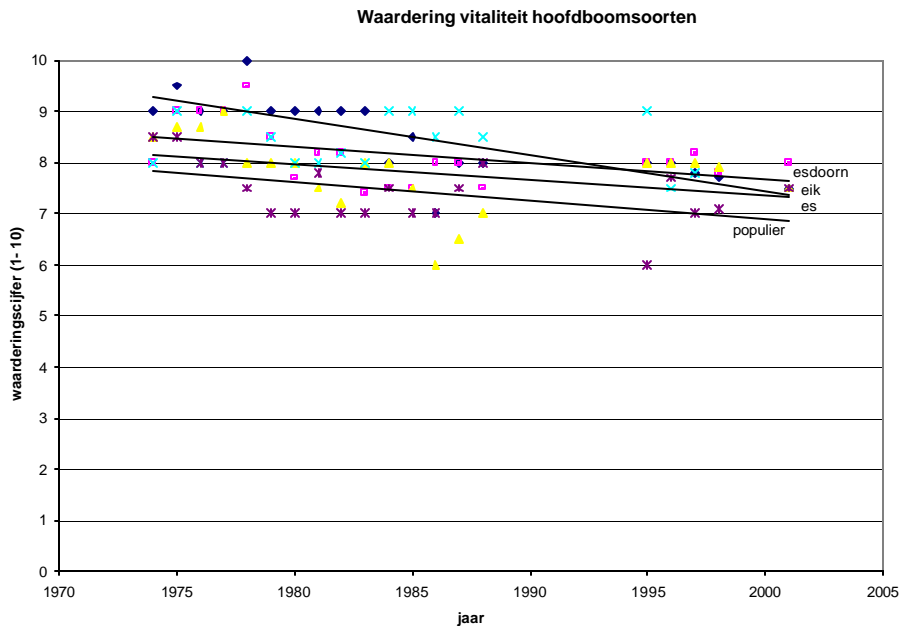
Over deze proef is in het verleden regelmatig gerapporteerd (Bos op bagger, Peeters 1994 en Peeters en Van den Berg 1999). Hierbij stond de ontwikkeling van de boomsoorten (hoogte en dikte) centraal. Incidenteel werd ook gerapporteerd over de bodemontwikkeling. In 1999 is ook de aanbeveling gedaan om het onderzoek te verbreden.

In de jaren 2000 en 2001 is onderzoek uitgevoerd naar de biomassaontwikkeling van de ingeplante boom- en struiksoorten en naar de chemische samenstelling van de bodem waarbij vooral gekeken is naar de gehalten aan zware metalen.

2 Ontwikkeling van de beplanting

2.1 Vitaliteit en hoogte

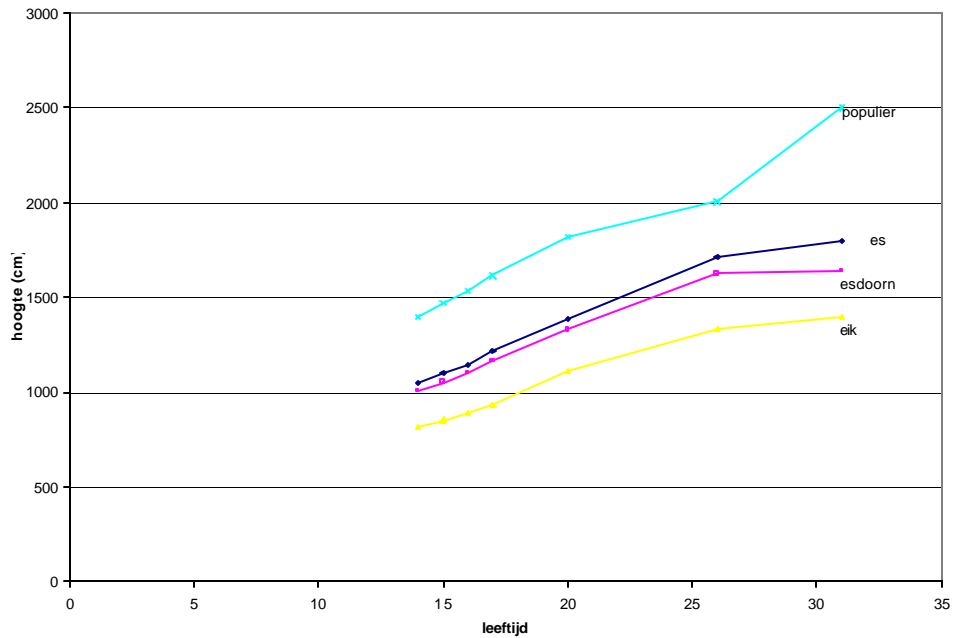
Omdat de bomen op een ongerijpt sterk verontreinigd substraat zijn geplant is het interessant eerst te kijken naar de vitaliteit die ze gedurende hun ontwikkeling hebben vertoond. Er zijn bij de metingen steeds vitaliteitopnamen uitgevoerd, zodat deze in de tijd kan worden gevolgd. Bij de beoordeling van de vitaliteit is vooral gekeken naar de kleur en de bezetting van de bladeren. Het verloop van de vitaliteit van de verschillende boomsoorten is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 De vitaliteit van de boomsoorten

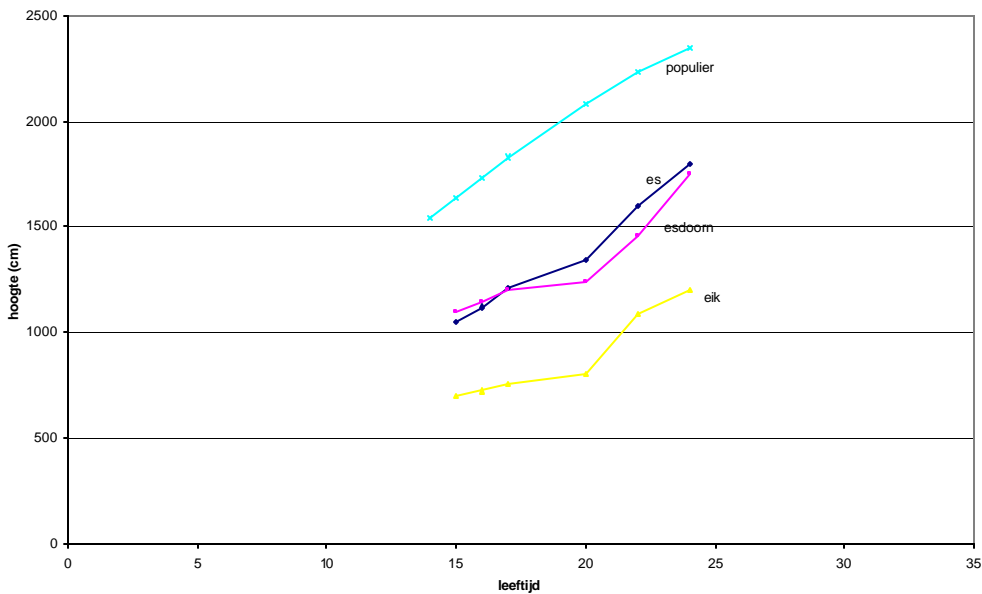
Uit figuur 1 blijkt dat van de hoofdboomsoorten gedurende de ca. 30 jaar dat ze op de vervuilde baggerspecie staan, na wat startproblemen gedurende de eerste jaren, een redelijke tot goede vitaliteit hebben gehad. De iep (is niet in figuur 1 weergegeven) is vanaf het 1985 jaar aangetast door de iepziekte. De aantasting was op een gegeven moment zo sterk dat besloten is de iepenvakken te vellen. Een gedeelte is herplant met groepen beuk en eik. Verder vertoonde de zwarte els (deze is als "hulpboomsoort" geplant, d.w.z. door zijn snelle jeugdgroei kan hij voor beschutting voor langzamer groeiende soorten zorgen, door zijn wortelknolletjes wordt de stikstofvoorziening verbeterd en bovendien verteert zijn blad snel) veel uitval en een slechte groei.

De hoogteontwikkeling van de overgebleven hoofdboomsoorten is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2 De hoogteontwikkeling van de boomsoorten in de Broekpolder

Alle soorten vertonen een redelijke hoogteontwikkeling. In vergelijking met een niet verontreinigde, vergelijkbare kleigrond in O-Flevoland is de hoogteontwikkeling iets minder. Dit geldt vooral voor de populier (zie figuur 3).



Figuur 3 Hoogteontwikkeling boomsoorten Flevopolder

2.2 Dichtheid en ondergroei

In alle vakken zijn bij de aanleg ook vulsoorten geplant. In de loop van de tijd zijn er spontaan zaailingen van verschillende soorten bijgekomen. In tabel 1 is een overzicht gegeven van aantallen van de struik- en boomsoorten die nu gevonden worden. Hierbij is van elk veld de dichtheid weergegeven, in de vorm van het grondvlak (de som van alle doorsneden van de bomen op 1.30 m. hoogte, uitgedrukt in m² per hectare). Voor de eik, de es en de esdoorn zijn de opnamen gesplitst voor vroege en late dunning. De vroege dunning is uitgevoerd in het najaar van 1994. De late dunning is nog niet uitgevoerd.

Tabel 1 De ondergroei na 30 jaar

Boomsoort	Grondvlak (m ²)	Dunning	Ondergroei (gemiddeld aantal per hectare)									Ov. *)	
			toetaal	es	esdoorn	meidoorn	lijsterbes	veldesdoorn	hazelaar	vogelkers	kor-noelje		sneeuwbal
Populier	22		828			347	213	107	80	27	27	27	
Eik	17	Vroeg	894			121	40	161	175	121	163		113
	28	Laat	643		13	128	26	141	77	26	180		52
Es	34	Vroeg	1070	71	214			214	500				71
	36	Laat	1500		167	167		500	500		166		
Esdoorn	15	Vroeg	476	13	129	26	52	142	128	13	258		26
	25	Laat		25	52	52		244	90		13		

*) overige boomsoorten (o.a. krent en sneeuwbes)

Onder de hoofdboomsoorten bevinden zich nog grote aantallen struiken. Bij de aanleg van de proef zijn er ca. 2000 stuks per hectare geplant. Er is geen duidelijk verschil tussen de wel en niet gedunde velden. Opvallend is dat het stamtal van de ondergroei (vooral hazelaar en veldesdoorn) onder de es hoger is dan onder de andere hoofdboomsoorten. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de grotere lichtdoorlatendheid van het kronendak van de essen en de grotere uitval, die gedurende de eerste 5 jaar bij de es is opgetreden.

2.3 Biomassa

Bij de opname in 2001 is voor elk veld de biomassa van de hoofdstand geschat. Hiervoor is op elk veld op een plot van 8 are van alle bomen de diameter op 1.30 m. (dit is standaardhoogte voor het berekenen van het stamvolume) gemeten en van minimaal 30 bomen, verspreid over de diameterklassen de hoogte (uit houtmeetkundig onderzoek is bekend dat hiermee de variatie in hoogte en diameter voldoende gedekt is). Met deze gegevens zijn voor alle bomen de stamvolumes berekend. De stamvolumes (m³) zijn vervolgens omgerekend naar biomassa (kg drogestof).

Hierbij zijn de volgende omrekeningsfactoren gebruikt (Houtvademecum TNO):

<u>Boomsort</u>	<u>kg drogestof per m3</u>
eik	700
es	700
esdoorn	560
populier	400
iep	600
prunus	600
wilg	450

overige struiksoorten 600*)

*) omdat voor enkele struiksoorten geen cijfers beschikbaar zijn is voor die soorten een gemiddelde aangehouden van 600 kg ds/m3.

Opm: de aangegeven hoeveelheden drogestof zijn per m3 zonder bast

Het volume van de takken en wortels is niet gemeten. Het is bekend dat in takken en wortels ook een aanzienlijke hoeveelheid biomassa zit. Bij oude bomen kan dit net zo veel zijn als het stamvolume. Bij jonge bomen is het minder. Voor de berekening van de totale bovengrondse biomassa is er hier van uitgegaan dat de takken een biomassa hebben die gelijk is aan een derde deel van de biomassa van de stam.

De resultaten van de berekeningen en schattingen van de hoeveelheid biomassa zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 De biomassa van de opstand en de ondergroei

Boomsort	Behandeling	Biomassa hoofd-opstand (ton drogestof/ha)	Biomassa onder-groei (ton drogestof/ha)	Totale biomassa (ton drogestof/ha)
Populier		90,3	37,7	128,0
Eik	Vroeg gedund	98,7	8,0	106,7
	Niet gedund	172,9	8,9	181,8
Es	Vroeg gedund	272,0	12,9	284,9
	Niet gedund	339,1	14,8	353,9
Esdoorn	Vroeg gedund	79,5	1,1	80,6
	Niet gedund	124,7	0,7	125,4

De biomassa vertoont een grote variatie. In alle gevallen staat op de vroeg gedunde velden minder biomassa. Van de hoofdboomsoorten vertoont de es de grootste hoeveelheid biomassa. Hoewel de ondergroei onder de populier een grotere biomassa heeft, is de totale biomassa van de essenvelden meer dan het dubbele van de populier. De esdoorn, eik en populier zitten met de totale hoeveelheid biomassa ongeveer op hetzelfde niveau.

3 Ontwikkeling van de bodem

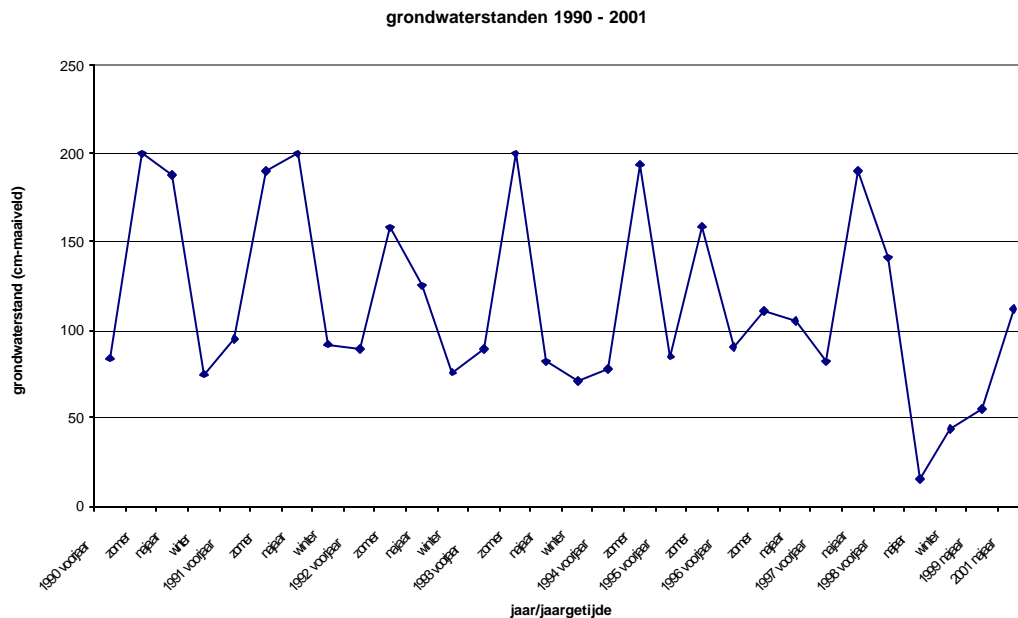
3.1 Structuur

De baggerspecie die in 1970 in de Broekpolder is gebracht had een structuur als die van ongerijpte klei. Door ontwatering, drogen, scheuren en rijping hebben de bomen uiteindelijk een goed doorwortelbaar profiel gekregen. De beworteling is in het gehele proefveld vrij regelmatig verdeeld over 70 cm.

Na verloop van tijd komen er levende organismen bij die ook weer bijdragen aan het rijpingsproces door bepaalde delen op te nemen en te verteren. Dit verloopt in de Broekpolder zeer langzaam.

3.2 Grondwater

De grondwaterstand is gevolgd aan de hand van een aantal peilbuizen. Het verloop is weergegeven in figuur 4.



Figuur 4 Het verloop van de grondwaterstand

De grondwaterstand is gedurende de eerste 15 jaren vrij constant gebleven (gemiddeld in april ca. 75 cm onder het maaiveld en in augustus ca. 100 cm lager).

In 1998 is de sloot achter het proefveld veranderd in watervoerende sloot. De stijging van de grondwaterspiegel in het najaar van 1998 is vermoedelijk het gevolg

van de grote hoeveelheid neerslag die toen is gevallen. In 2001 heeft het grondwater weer ongeveer het oude peil.

3.3 Chemisch

In het proefveld zijn in het jaar 2000 monsters van de toplaag van de bodem (strooisellaag en enkele centimeters minerale grond) verzameld. Deze monsters zijn geanalyseerd op zuurgraad en gehalten aan organische stof, kalk (CaCO₃), kationen (EC), cadmium (Cd), Chroom (Cr), koper (Cu), nikkel (Ni), lood (Pb), zink (Zn), kwik (Hg) en Arseen (As).

Op enkele punten verspreid door het proefveld is weer een bemonstering op verschillende diepten (30, 60 en 90 cm onder het maaiveld) uitgevoerd. Van deze monsters zijn de pH, het organische stofgehalte, het CaCO₃-gehalte en de EC (elektrisch geleidingsvermogen) bepaald.

De analyseresultaten zijn weergegeven in tabel 3.

In vergelijking met niet verontreinigde klei met hetzelfde organische stofgehalte in de Johannapolder (eveneens bij Rotterdam) liggen de gehalten van alle zware metalen in de Broekpolder nog zeer hoog.

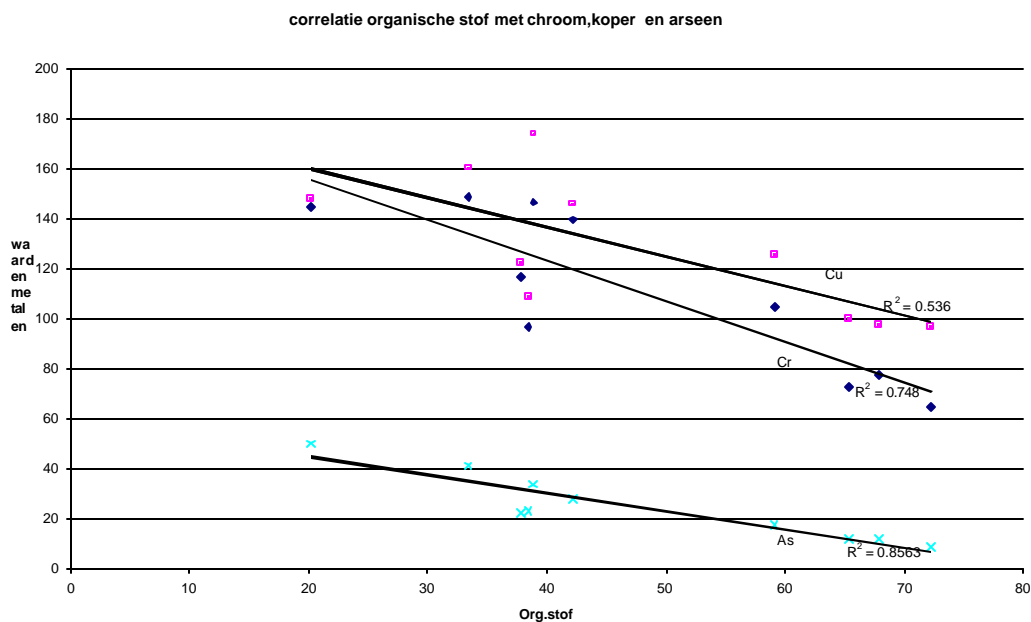
	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr
Johannapolder	431	55	120	3.2	88
Broekpolder	1108	204	300	10	283

In de Broekpolder liggen de gehalten met een factor 2 á 3 hoger!

Veel van de zware metalen zijn onderling sterk positief en negatief gecorreleerd met elkaar. In tabel zijn in een matrix de correlaties weergegeven. Waarden dichtbij 1 hebben een sterke positieve-, dichtbij de -1 een sterke negatieve correlatie. Een hoog zinkgehalte correleert sterk met een hoog cadmiumgehalte. Hoge organische stofgehalten correleren met lage arseen-, kalk-, chroom-, koper-, nikkel- en kwikgehalten (zie figuur 5).

Uit de analyseresultaten van de grondmonsters van de toplaag blijkt dat er enkele opvallende verschillen zijn tussen de boomsoorten:

- hoog organische stofgehalte onder populier
- hoog CaCO₃-gehalte onder es
- hoog cadmiumgehalte onder populier
- hoog chroomgehalte onder es en esdoorn
- laag lood-, nikkel-, kwik- en arseengehalte onder populier
- hoog zinkgehalte onder populier
- hoog arseengehalte onder de es.



Figuur 5 Correlatie tussen het organische stofgehalte en gehalten aan chroom,koper en arseen.

Tabel 4 Correlatiematrix

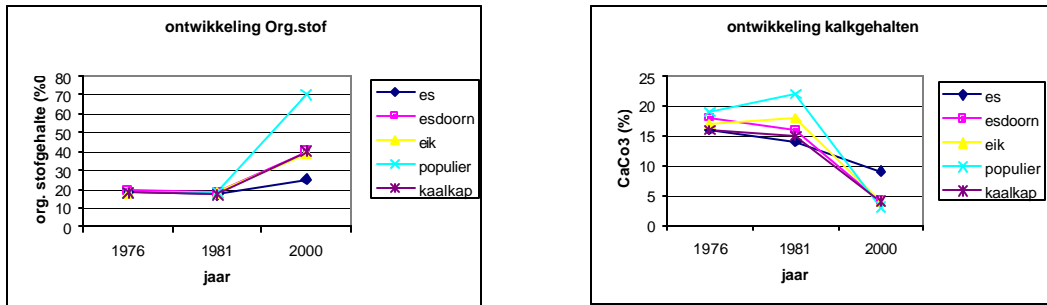
As	1.000											
CACO3	0.782	1.000										
Cd	-0.487	-0.174	1.000									
Cr	0.902	0.597	-0.637	1.000								
Cu	0.831	0.448	-0.554	0.955	1.000							
EC	-0.101	0.066	-0.033	0.071	-0.028	1.000						
Hg	0.886	0.694	-0.642	0.96	0.858	0.262	1.000					
Ni	0.669	0.178	-0.566	0.876	0.908	-0.015	0.748	1.000				
Org-Stof	-0.925	-0.878	0.471	-0.865	-0.732	-0.185	-0.941	-0.538	1.000			
Pb	0.464	0.149	-0.569	0.716	0.635	0.478	0.747	0.783	-0.537	1.000		
PHKCl	0.816	0.842	-0.088	0.76	0.678	0.149	0.799	0.505	-0.886	0.461	1.000	
Zn	-0.326	0.069	0.938	-0.482	-0.424	-0.086	-0.472	-0.519	0.263	-0.536	0.14	1.000
	As	CACO3	Cd	Cr	Cu	EC	Hg	Ni	Org. stof	Pb	pH-KCL	Zn

De vetgedrukte waarden hebben een hoge correlatie.

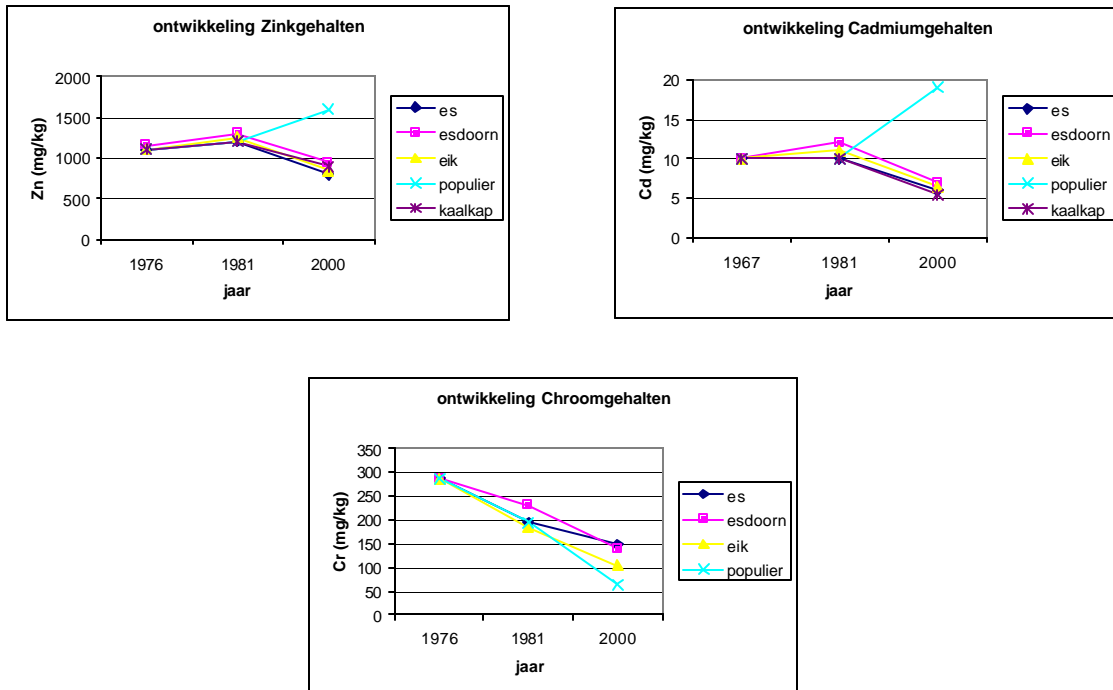
Samenvattend blijkt dat er in de toplaag van de bodem nog hoge gehalten aan zware metalen voorkomen. Wat de boomsoorten betreft vertoont de toplaag van de bodem onder populier het meest afwijkende beeld: veel organische stof, zink en cadmium en lage gehalten aan lood, kwik en arseen. Onder de es bevat de bovenste bodemlaag opvallend meer kalk, chroom en arseen dan onder de overige boomsoorten. De verschillen tussen de boomsoorten worden in het volgende hoofdstuk besproken.

Uit de analyse van de bodemmonsters op verschillende diepte blijken geen opvallende verschillen tussen de boomsoorten. De pH en het Ca-gehalte (deze beïnvloeden in sterke mate de concentratie van zware metalen in het bodemvocht) zijn vrij constant.

In figuur 6 is de ontwikkeling van het organische stof- en het kalkgehalte van de toplaag van de bodem onder verschillende boomsoorten weergegeven vanaf de aanleg van de proef.



Figuur 6 Ontwikkeling van organische stof- en kalkgehalten in de toplaag van de bodem onder verschillende boomsoorten



Figuur 7 Ontwikkeling van het gehalte van enkele zware metalen in de toplaag van de bodem onder verschillende boomsoorten

Hieruit blijkt dat het hoge organische stofgehalte en het hoge gehalte aan zink en cadmium in de bovenste laag van de bodem onder populier in de loop van de jaren is ontstaan. In 1976, toen de eerste metingen werden gedaan, waren er nog vrijwel geen verschillen. Vijf jaar later waren er kleine verschillen tussen de boomsoorten, maar nu, 30 jaar na aanleg zijn er duidelijke verschillen.

De chroomgehalten zijn in de loop van de jaren enorm gedaald. Bij populier het meest .

4 Bespreking van de resultaten

4.1 Invloed van de bodem op de bosbeplanting

Ondanks de nog steeds sterk verontreinigde, jonge bodem ontwikkelen de beplantingen zich goed. De hoofdboomsoorten vertonen nog steeds een goede groei en door de ontwikkeling van de struiklaag en de spontane vestiging van zaailingen e.d. begint er steeds meer een echte bosstructuur te ontstaan.

4.2 Invloed van de beplanting op de bodemstructuur

De verschillende boomsoorten hebben verschillende wijzen van bewortelen en verschillen uiteraard ook in bladsamenstelling en snelheid van bladvertering. Hier is niet specifiek onderzoek in het proefveld naar verricht, maar er is wel iets van bekend.

De populier is als pionierboomsoort uiteraard het beste ingesteld op een ongerijpt milieu, zoals de opgespoten baggerspecie dat vanaf het begin heeft geboden. Onder de populier is het gehalte aan organische stof bovenop en in de bodem hoger dan bij de andere boomsoorten (zie tabel 3). In de reeks van verteringsnelheid van het strooisel staat populier ook laag. De in het proefveld voorkomende boomsoorten kunnen wat strooiselverteringsnelheid betreft als volgt worden ingedeeld:

- zeer snel: es, zwarte els, iep
- snel: esdoorn
- langzaam: populier, zomereik
- zeer langzaam: beuk.

4.3 Invloed van de beplanting op de chemische samenstelling van de bodem

Een interessant aspect van de proefbeplanting is wat de invloed van de beplanting is op de chemische samenstelling van de bodem, speciaal voor wat betreft de verontreinigende stoffen.

Aan de hand van eerdere analyses en literatuurgegevens is er een inschatting te maken van de hoeveelheid van bepaalde elementen die in de bovengrondse biomassa is opgeslagen.

We zagen dat de toplaag van de bodem onder populier enorm veel zink bevat. Populier staat bekend als een grote zinkopnemer. In de bast van populier zijn in de Broekpolder gehalten van meer dan 200 mg Zn per kg drogestof aangetroffen (Ma e.a. 2001). Uit eerdere bladanalyses is gebleken dat er in de strooisellaag

zinkgehalten voorkomen van 1000 tot 1500 mg per kg ds. Blijkbaar wordt een aanzienlijke hoeveelheid Zn uit de bodem opgenomen en komt een aanzienlijk deel via blad weer in de toplaag van de bodem terecht.

Onder de es vinden we in de bovenste bodemlaag opvallend meer kalk, chroom en arseen dan onder de overige boomsoorten. Van es is bekend dat hij gemakkelijk kalk opneemt en kalkrijk blad heeft. Gecombineerd met de goede strooiselvertering kan dit het hogere kalkgehalte verklaren. Over chroom en arseen in essen is weinig bekend.

Het is bekend dat zelfs met snelgroeiende gewassen, die veel zware metalen kunnen bevatten, veel tijd nodig is om de bodem "schoon" te krijgen. Dit komt doordat per jaar maximaal slechts enkele honderden kilogrammen zwaar metaal per hectare verwijderd kunnen worden. Bovendien neemt de opname door planten af, naarmate er minder van het element in de bodemoplossing zit (Japenga, 1999). Hoewel de beplantingsproef Broekpolder niet is aangelegd om na te gaan of met afvoer van de bovengrondse biomassa van de verschillende boomsoorten de bodem als het ware schoner te krijgen is, kan het interessant zijn om hiervoor nu een schatting te maken.

Op basis van onderstaande schatting kan worden gesteld dat de hoeveelheid in de bovengrondse delen opgeslagen Zn slechts een zeer klein deel is van de hoeveelheid die er in het bewortelde deel van de bodem zit. Dit betekent dat verwijdering van de bovengrondse biomassa slechts in zeer geringe mate bij zou dragen aan vermindering van de verontreiniging van de bodem.

Schatting

Uitgaande van een gemiddelde bovengrondse biomassa van 200 ton drogestof per ha (zie tabel 2) en een gemiddeld gehalte van 100 mg Zn per kg drogestof (zie Ma e.a. 2001), betekent het dat er 20 ton Zn per ha is opgeslagen.

Om te schatten hoeveel er in de bodem zit, wordt uitgegaan van gemiddeld 250 mg Zn per kg drogestof grond over een beworteld profiel van 1 meter diep (de bovenste 20 cm bevat 1000 mg, bij de overige 80 cm is uitgegaan van 50 mg Zn per kg ds, dit betekent gemiddeld 250 mg per kg ds over het gehele profiel van 1 meter). Per hectare bedraagt de hoeveelheid Zn dan: $10.000.000 \text{ kg} \times 250 \text{ mg/kg} = 2.500 \text{ ton Zn}$.

5 Conclusies

Met de resultaten van de laatste van ongeveer 30 jaar waarnemingen in de beplantingsproef in de Broekpolder kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

De beplantingen van eik, es, esdoorn en populier, aangelegd op ongerijpte, sterk verontreinigde baggerspecie, ontwikkelen zich wat vitaliteit, groei en ondergroei betreft, weinig verschillend met vergelijkbare beplantingen op niet verontreinigde klei.

In 30 jaar hebben zich aanzienlijke hoeveelheden bovengrondse biomassa ontwikkeld. De struiklaag begint hier aan nu substantieel aan bij te dragen.

De chemische samenstelling van de bovenste 5 cm van de bodem vertoont opvallende verschillen tussen de aangeplante boomsoorten.

Onder populier worden hoge gehalten aan organische stof, zink en cadmium en lage gehalten aan lood, kwik en arseen gevonden. Onder essen bevat de toplaag van de bodem opvallend meer kalk, chroom en arseen.

De hoeveelheid zware metalen die in de bovengrondse biomassa van de bomen en de struiken opgeslagen zit is naar schatting slechts een klein deel van de hoeveelheid die in het bewortelde deel van de bodem zit. Bij jaarlijkse afvoer van de bijgroei zouden honderden jaren nodig zijn om het gehalte in de bodem te halveren.

6 Aanbevelingen

De proef is indertijd aangelegd om na te gaan in hoeverre beplantingen van verschillende soorten kunnen groeien op sterk verontreinigde baggerspecie. Omdat de opslag en verwerking van de grote hoeveelheden baggerspecie uit waterbodems in Nederland momenteel nog steeds een probleem vormt, wordt de proef steeds interessanter als voorbeeld van bosontwikkeling op dit soort substraat.

De proefbeplanting biedt nu een goede kans om in te schatten welke risico's ontwikkeling van ouder bos op sterk verontreinigde baggerspecie met zich meebrengt. Om deze risico's goed te kunnen inschatten is het raadzaam de proef te blijven monitoren en met zekere intervallen (bijvoorbeeld 3 jaar) de samenstelling van het bos op te nemen (opgaande boomsoorten, ondergroei, kruidenvegetatie) en een opname te verrichten van de voorkomende fauna (incl. in de bodem).

Met betrekking tot de proef kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- om een zo gevarieerd mogelijke bosstructuur te ontwikkelen is het nodig om in de komende 5-10 jaar in de eik, es en esdoorn een dunning uit te voeren
- de groepen eik/beuk op de voormalige iepenvelden ontwikkelen zich matig. Te overwegen valt om deze aan te vullen. Om het snelst een gesloten bos te krijgen kunnen het beste bomen worden geplant. Op lange termijn zullen de gaten ook wel dichtgroeien met spontane verjonging, maar dit duurt langer, vooral omdat er een nogal dichte kruidenvegetatie staat. Maaien zou een maatregel kunnen zijn om zaailingen meer kans te geven tot ontwikkeling te komen.
- Om de risico's voor de levende organismen beter te kunnen inschatten, zou ook specifiek onderzoek gedaan kunnen worden naar de mate waarin de verschillende organismen de aanwezige stoffen opnemen en wat dit betekent voor hun levenskansen, maar ook voor die van andere organismen die in de voedselketen op hun aangewezen zijn. Hiervoor hebben Ma e.a. (2001) reeds een aanzet gegeven.

Literatuur

Bos op bagger. Uitgave van Gemeentewerken Rotterdam/Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam i.s.m. Gemeente Vlaardingen en het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek in Wageningen. Rotterdam, 1998.

Bos op baggerspecie. 1981. Studie naar de mogelijkheden voor aanleg, inrichting, ontwikkeling en beheer van boscomplexen van formaat op baggerspecie. Opdracht aan de dienst Gemeentewerken Rotterdam, uitgevoerd door Adviesbureau Arnhem bv. , 89 p.

Japenga, J. 1999. Fytoremediëring- klaar voor gebruik in Nederland? Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek, deel 24- ISBN 90-73270-39-1), Wageningen

Ma, W.C., A.T.C. Bosveld en D.B. van den Brink 2001. Schotse Hooglanders in de Broekpolder? Analyse van de veterinaire-toxicologische risico's van de verontreinigde bodem voor grote grazers. Alterra-rapport 260. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 63 p.

Peeters, J.P. 1994. Ruim twintig jaar beplantingsproef Broekpolder. 7. Proefveldresultaten over de periode 1970 – 1991. 156 p.

Peeters, J.P. en C.A. van den Berg, 1999. Beplantingsproef op sterk verontreinigde baggerspecie in de Broekpolder. Proefveldresultaten over de periode najaar 1991-1998. IBN-rapport 411. Wageningen, 67 p.

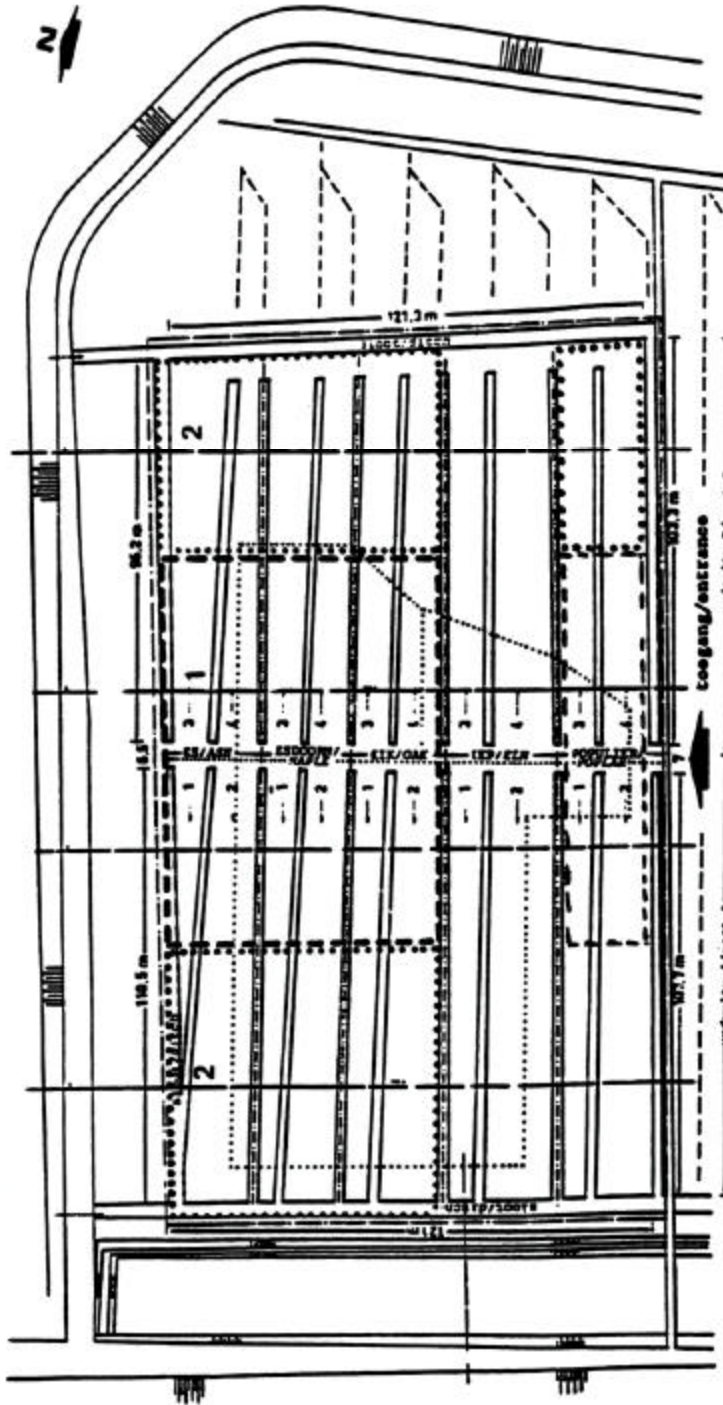
Voogd, L. 1997. Afbraak van organische stof tijdens rijping van baggerspecie in een depot. Afstudeerverslag (Hogeschool Delft) in opdracht van "De Straat Milieuadviseurs B.V. Delft

Faber. J.H. 1995. Bescherming van organische bodems. Den Haag, Technische commissie bodembescherming. Rapport TCB R05(1995). P 96.

Vos. B. de en P. Huvenne 1996. Evaluatie van ontwaterd brakwaterslib als groeimedium voor bomen. Containerproef 1992 – 1995. Gent, Laboratorium voor Bosbouw, Vakgroep Bos- en Waterbeheer, Universiteit Gent. P 80.

Huvenne. P., B. De Vos en N. Lust 1996. Boomgroei en bebossing op geconsolideerd brakwaterslib. Proefproject op de Linkerscheldeoever te Beveren. Eindrapport 1992 – 1995. Gent. Universiteit Gent, Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Vakgroep Bos- en Waterbeheer, Laboratorium voor Bosbouw. Jan de Nul N.V. Hofstade-Aalst (België). P 96?

Bijlage 1 Proefschema



LEGENDE/LEGEND

- — — — — wildraaster/fence
- - - - - scheiding tussen hoofdboomsoorten/separation between main tree species
- ==== greepsluif/drain
- ===== duiker onder perskade voor ontwatering proefterrein/culvert for drainage trialplot
- ES hoofdboomsoort/main tree species
- 1 en 2 proefvakken in gedeelte A (ingeplant in voorjaar 1970)/plots in part A (planted in 1970)
- 3 en 4 proefvakken in gedeelte B (ingeplant in voorjaar 1971)/plots in part B (planted in 1971)
- - - - - begrenzing van dunning in een vroeg stadium (1)/boundary of thinning at an early stage
- begrenzing van dunning in een laat stadium (2)/boundary of thinning at a later stage
- verloop excursiepad/visitors' trail

