

deelrapport

Abiotisch effectonderzoek Sliedrechtse Biesbosch

Nader Onderzoek Waterbodem

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat



Directie Zuid-Holland
RIZA



Abiotisch effectonderzoek Sliedrechtse Biesbosch

Actueel risico van verspreiding van verontreinigingen
via het oppervlaktewater

Dordrecht, november 2002

RIZA rapport 2002.044
ISBN 90 3695 474 6

Auteurs: E. Snippen, L.M. van der Heijdt
en J.W. van Zetten

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3

Samenvatting 4

1 Inleiding 5

1.1 Kader 5

1.2 Leeswijzer 6

2 Uitgangspunten 7

2.1 Situatieschets 7

2.2 Keuze model 7

2.3 Verontreinigingssituatie kreken 9

3 Erosie en resuspensie 11

3.1 Erosie en resuspensie door stroming 11

3.2 Erosie en resuspensie door golven onder invloed van wind 15

3.3 Erosie en resuspensie door scheepvaart 17

4 Risico's na verdieping 18

5 Conclusies en aanbevelingen 20

5.1 Conclusies 20

5.2 Aanbevelingen 21

Literatuuroverzicht 22

Bijlage 1 Figuren stroomsnelheden 23

Bijlage 2 Tabellen (hoofdstuk 3 + 4) 26

Bijlage 3 Windstatistiek Hoek van Holland 27

Samenvatting

Doel van dit onderzoek is om vast te stellen op welke locaties in de Sliedrechtse Biesbosch er een mogelijk actueel risico voor verspreiding van verontreinigingen vanuit de waterbodem naar het oppervlaktewater bestaat. Het voornemen om de Sliedrechtse Biesbosch in de nabije toekomst aan te sluiten op de Beneden Merwede en het Wantij zal naar alle waarschijnlijkheid leiden tot forse verandering van de waterbeweging in de bestaande watergangen van het gebied. Daarom is in dit onderzoek geen gebruikgemaakt van extrapolatie van historische gegevens omtrent de opbouw van de waterbodem, maar is een inschatting gemaakt van de waterbeweging in het gebied na herinrichting.

Met behulp van het 1-dimensionale ZWENDL-model, dat ook is gebruikt om de voorkeursvariant voor de herinrichting van de Sliedrechtse Biesbosch af te leiden, is onderzocht wat de te verwachten stroomsnelheden in de verschillende watergangen van het gebied na herinrichting zullen zijn. Door middel van vergelijking van deze stroomsnelheden met in de literatuur gerapporteerde kritische schuifspanningen voor erosie van slib, is nagegaan of erosie en/of resuspensie van slibrijke waterbodems in de Sliedrechtse Biesbosch kan worden verwacht. Daarnaast is nagegaan in hoeverre windgolven en scheepvaart in het gebied tot erosie en resuspensie van verontreinigd bodemmateriaal kunnen leiden. Deze transportroutes bleken te kunnen worden uitgesloten als verspreidingsbron.

Geconcludeerd is dat na herinrichting met name in het westelijk deel van het gebied erosie van verontreinigd waterbodemmateriaal zal kunnen optreden, en dus dat er aldaar sprake is van mogelijke actuele risico's voor verspreiding van verontreinigingen naar het oppervlaktewater. In het meer oostelijk gelegen deel van de Sliedrechtse Biesbosch is nagenoeg nergens de waterbeweging zodanig sterk dat erosie van waterbodemmateriaal verwacht kan worden. Voor de kreken waar mogelijke actuele risico's voor verspreiding bestaan, blijkt dat deze maar gedeeltelijk kunnen worden weggenomen door middel van verdieping.

1 Inleiding

1.1 Kader

In het kader van de vervuilde waterbodemproblematiek in de Zuidrand van het Noordelijk Deltabekken is de verontreinigings situatie van de Sliedrechtse Biesbosch in een Oriënterend Onderzoek in kaart gebracht. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de waterbodem dermate vervuild is dat een Nader Onderzoek noodzakelijk is. In de voorliggende rapportage wordt het Abiotisch Effect Onderzoek (AEO) voor de Sliedrechtse Biesbosch beschreven.

Doel van dit onderzoek is vast te stellen op welke locaties in de Sliedrechtse Biesbosch een actueel risico voor verspreiding van verontreinigingen vanuit de liggende waterbodem naar de omgeving bestaat en, indien een dergelijk risico bestaat, op welke manier dit kan worden weggenomen. Voor deze studie is als uitgangspunt genomen dat er sprake is van actueel risico voor verspreiding wanneer:

1. de MTR¹-waarde voor een of meerdere stoffen in het aanwezige bodem-materiaal overschreden wordt
en
2. de te verwachten (maximale) stroomsnelheden in het gebied dermate groot zijn dat erosie van bodemmateriaal te verwachten is.

In de afgelopen jaren zijn in het kader van de Deltawet Grote Rivieren dijkverzwaringen versneld uitgevoerd. Dit heeft geleid tot een grote vraag naar klei. Voor diverse dijkversterkingsprojecten langs de Boven en Beneden Merwede is hiervoor klei uit polders in de Sliedrechtse Biesbosch gebruikt. Het betreft de polders "Aart Eloyenbosch en Jonge Janswaard" en "Kort- en Lang Ambacht en De Ruigten bezuiden de Perenboom". In beide gevallen is de kleiwinning gecombineerd met natuurontwikkeling. Inmiddels zijn in de ontkleide polders nieuwe geulen gegraven waardoor zich een zoetwatermoeras kan ontwikkelen. Op termijn zullen deze nieuw gegraven geulen in open verbinding worden gesteld met de omliggende riviertakken waardoor zich een zoetwatergetijdengebied kan ontwikkelen.

Omdat in delen van de Sliedrechtse Biesbosch verontreinigd sediment wordt aangetroffen zal de aansluiting van de ontkleide polders op de omliggende riviertakken pas gerealiseerd worden wanneer de bestaande watergangen zijn gesaneerd of wanneer maatregelen genomen zijn waarmee het risico (van verspreiding) voldoende is weggenomen. Aansluiting van de polders op de Beneden Merwede wordt mogelijk in 2003 al gerealiseerd. Aansluiting op de kreken in de Sliedrechtse Biesbosch wordt voorzien, nadat sanering op basis van een saneringsonderzoek heeft plaatsgevonden (2004/2005).

¹ MTR = Maximaal Toelaatbaar Risico.

1.2 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van het Abiotisch Effect Onderzoek in de Sliedrechtse Biesbosch. Samen met het Biotisch Effectonderzoek (Postma en Den Besten, 2001) en het Grondwateronderzoek (Schmidt *et al.*, 2002) geeft dit een overzicht van de locaties die voor sanering in aanmerking komen. Hoofdstuk 1 bevat het kader waarbinnen dit onderzoek is uitgevoerd. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het studiegebied en onderbouwing van de uitgangspunten die in deze studie gehanteerd zijn. Hoofdstuk 3 beschrijft vervolgens voor welke locaties een actueel risico op verspreiding naar het oppervlaktewater aanwezig is. In hoofdstuk 4 is nagegaan welke mogelijkheden er zijn om door middel van vergraving risico's voor verspreiding te reduceren. Het afsluitende hoofdstuk 5 bevat conclusies en aanbevelingen.

2 Uitgangspunten

2.1 Situatieschets

Figuur 2.1 Situatie Sliedrechtse Biesbosch; na aansluiting staan de polders "Aart Eloyenbosch en Jonge Janswaard" en "Kort-en Lang Ambacht en De Ruigten bezuiden de Perenboom" in open verbinding met het riviersysteem.



2.2 Keuze model

Voor het inschatten van de risico's voor verspreiding van verontreinigingen vanuit de liggende waterbodem naar het oppervlaktewater is in de voorgaande onderdelen van het Nader Onderzoek in de Zuidrand van het Noordelijk Delta-bekken steeds gebruikgemaakt van het RegMod-RAMING-modelinstrumentarium (Sloot en Van den Berg, 2000). Met dit modelinstrumentarium wordt een beeld verkregen van de ontwikkeling van de waterbodemkwaliteit in een systeem op de langere termijn.

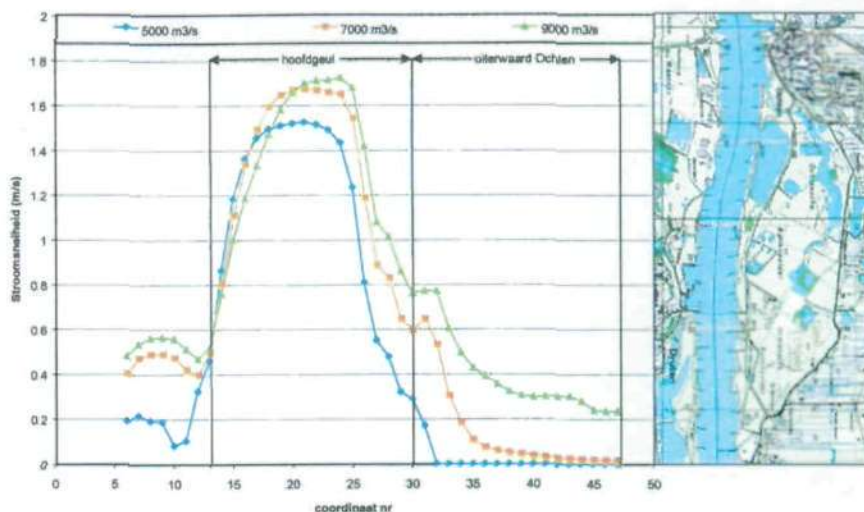
RegMod is een dynamisch waterkwaliteitsmodel dat op basis van de door het waterbewegingsmodel ZWENDL berekende waterbeweging, de slibhuishouding en waterkwaliteit in een systeem berekent. Door een RegMod-modelberekening uit te voeren over een periode van enkele jaren, die hydrologisch representatief worden geacht, wordt een beeld verkregen van de "gemiddelde" ontwikkeling van de sedimentatie- en erosiefluxen en de waterkwaliteit in de tijd. Het model RAMING extrapoleert vervolgens de met RegMod berekende trends in sedimentatie- en erosiefluxen en waterkwaliteit naar de verdere toekomst. Dit gebeurt door de resultaten van RegMod steeds te "herhalen", waarbij RAMING na iedere tijdstap de actuele sedimentatie- en erosiefluxen aanpast, op basis van de in de tijd (door sedimentatie/erosie) veranderende bodemligging.

Voor een zinvolle toepassing van het model RAMING is het noodzakelijk dat het bestudeerde systeem niet onderhevig is aan grootschalige aanpassingen in beheer of qua inrichting. Immers, de extrapolatie van de resultaten met RAMING is gebaseerd op de aanname dat de RegMod-resultaten representatief zijn voor zowel de voorgaande als toekomstige situatie. Met name van dit laatste is in de Sliedrechtse Biesbosch nadrukkelijk geen sprake: het voornemen om het gebied in de nabije toekomst aan te sluiten op de Beneden Merwede en het Wantij zal leiden tot een forse verandering van de waterbeweging in de bestaande watergangen in het gebied.

De stromingssituatie in de polders na aansluiting op de Beneden Merwede en het Wantij heeft bij hoge afvoeren een duidelijk tweedimensionaal karakter. Momenteel wordt in opdracht van Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland gewerkt aan een nieuwe WAQUA-schematisatie voor het gebied. Gezien het tijdspad waarop de sanering van de Sliedrechtse Biesbosch gereed moet zijn (medio 2004), werd een analyse van de waterbeweging op basis van dit tweedimensionale model in het kader van het Nader Onderzoek voor de Sliedrechtse Biesbosch niet haalbaar geacht. Dit is de belangrijkste reden dat ten behoeve van het abiotisch effectonderzoek gebruik is gemaakt van het ten behoeve van het Hydraulisch Onderzoek ontwikkelde 1D-ZWENDL-model. Met dit model is ook de keuze voor de aansluiting voor de polders volgens het voorkeursalternatief bepaald. Medio 1997 is door het RIZA in opdracht van Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland een verkennend onderzoek gestart naar de geschiktheid van dit model voor de voorspelling van stroomsnelheden in de kreek van de Sliedrechtse Biesbosch (De Jager *et al.*, 2000). Belangrijkste conclusie van deze studie is dat stroomsnelheden binnen de bestaande kreek van het gebied goed kunnen worden voorspeld. Tegelijkertijd kan onderschatting van de *gemiddelde* stroomsnelheden optreden in situaties waarin de kreek volledig vol staat en ook het omliggende land gaat meestromen. Deze onderschatting is echter niet gelegen in een verkeerde inschatting van de stroomsnelheid in de watergang zelf, maar wordt veroorzaakt door een onderschatting van de stroomsnelheid in de langsrij gelegen polder. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de resultaten van een tweedimensionaal model (WAQUA) voor een aantal afvoersituaties langs de Waal ter hoogte van Ochten.

Ter hoogte van kmr 903 ligt op de rechteroever van de rivier de Ochtense Waard. Figuur 2.2 geeft de stroomsnelheid over de dwarsdoorsnede van de rivier weer bij verschillende afvoerniveaus. Bij een Bovenrijnafvoer van 5.000 m³/s (circa 3.300 m³/s op de Waal) stroomt de uiterwaard nog niet mee; de stroomsnelheid in de hoofdgeul is circa 1,5 m/s, terwijl die in de uiterwaard 0 m/s bedraagt. Bij 7.000 m³/s (circa 4.600 m³/s op de Waal) begint de uiterwaard mee te stromen. De stroomsnelheid op de uiterwaard is 0,5 m/s direct langs de rivier en neemt geleidelijk af in de richting van de banddijk; de stroomsnelheid in de hoofdgeul is ongeveer 1,7 m/s. Bij nog hogere afvoeren ($Q_{\text{Lobith}} = 9.000 \text{ m}^3/\text{s}$) blijkt dat de stroomsnelheden in het zomerbed (de kreek) nauwelijks toenemen, terwijl in de uiterwaard nog een aanzienlijke toename van de stroomsnelheden optreedt. Een vergelijkbare situatie geldt in de Sliedrechtse Biesbosch: de maximale stroomsnelheden in de kreek (hoofdgeul) treden op in de situatie waarin deze kreek volledig met water zijn gevuld. Een verdere toename van de profielgemiddelde stroomsnelheden bij nog hogere afvoeren is nagenoeg volledig toe te schrijven aan een toename van de stroomsnelheden in de langsrij liggende polders (uiterwaarden).

Figuur 2.2 Stroomsnelheden over dwarsdoorsnede nabij Ochten (kmr 903) bij verschillende afvoerniveaus.



Op basis van bovenstaande overwegingen en op basis van het feit dat het verontreinigd bodemmateriaal zich juist in de krekken bevindt, is besloten om het abiotisch effectonderzoek met hetzelfde (1D-) instrumentarium als dat is gebruikt in het kader van het Hydraulisch Onderzoek uit te voeren.

2.3 Verontreinigingssituatie krekken

Door Rijkswaterstaat, directie Zuid-Holland is aangegeven dat het AEO voor de Sliedrechtse Biesbosch zich primair dient te richten op inschatting van de risico's voor verspreiding van verontreinigd sediment vanuit de bestaande krekken/watergangen naar de omgeving. Het detailniveau waarop in het AEO uitspraken over stroomsnelheden gedaan kan worden is beperkt. Het fijnste niveau waarop locaties binnen dit AEO worden geïdentificeerd als al-dan-niet risicovol voor verspreiding van verontreinigingen naar oppervlaktewater is dat van ZWENDL-eenheden. Een schematische weergave van de ligging van deze eenheden, met de bijbehorende vaknummers, is opgenomen in bijlage 1.

In de Sliedrechtse Biesbosch zijn op uitgebreide schaal (bodem)monsters genomen om de kwaliteit van het aanwezige sediment vast te kunnen stellen. De ruimtelijke variatie in de bodemkwaliteitskaarten is dermate groot, dat er niet een eenduidig kwaliteitsoordeel per deellocatie te geven is. In het overgrote deel van het studiegebied ligt er echter in de krekken verontreinigd materiaal. Voor het AEO is daarom gekozen voor een worst case-benadering: wanneer binnen een bepaalde deellocatie op één of meerdere boorlocaties het MTR voor één of meerdere verontreinigingen wordt overschreden dan wordt de gehele deellocatie als verontreinigd beschouwd. In de praktijk komt dit er voor het AEO in de Sliedrechtse Biesbosch op neer dat ervan wordt uitgegaan dat alle krekken, met uitzondering van de krekken in de nieuw aan te sluiten polders, verontreinigd zijn.

Voor het vervolg van het saneringstraject kan het wenselijk zijn om een gedetailleerder beeld te hebben van de risico's ten aanzien van verspreiding via het oppervlaktewater. Of dit zinvol is kan pas worden vastgesteld wanneer meer duidelijkheid is over de te volgen saneringsaanpak.

Op basis van de in dit AEO uitgevoerde modelberekeningen en de oorspronkelijke bodemkwaliteitsgegevens kan het risico van verspreiding via het oppervlaktewater altijd nog meer in detail bestudeerd worden. Mogelijk is dan ook het in ontwikkeling zijnde 2D-model beschikbaar voor gebruik.

3 Erosie en resuspensie

Wanneer in een gebied verontreinigingen in de bodem worden aangetroffen en dit bovendien een gevaar oplevert voor de directe omgeving (flora en fauna) dient er gesaneerd te worden. In dit Nader Onderzoek worden de saneringslocaties geïdentificeerd middels een Grondwateronderzoek (GWO), Biotisch Effectonderzoek (BEO) en een Abiotisch Effectonderzoek (AEO). In het AEO wordt vanuit de (lokale) abiotisch systeemkenmerken nagegaan op welke locaties een risico voor verspreiding van verontreinigd sediment aanwezig is. Stroming en golfwerking kunnen nabij de bodem schuifspanningen veroorzaken die leiden tot erosie en/of resuspensie van bodemmateriaal. Beide processen kunnen in principe een belangrijke rol spelen in de verspreiding van verontreinigingen vanuit de waterbodem naar het oppervlaktewater. Vaak worden erosie en resuspensie als synoniemen gebruikt. In het achtergronddocument bij de richtlijn Nader Onderzoek wordt erosie gedefinieerd als het proces waarbij het materiaal dat wordt opgewerveld ook daadwerkelijk het systeem uit wordt getransporteerd, terwijl over resuspensie wordt gesproken wanneer het opgewervelde materiaal binnen het beschouwde systeem ook weer sedimenteert. Bij de aanwijzing van locaties wordt in dit onderzoek primair gekeken naar de kans op verspreiding van verontreinigd bodemmateriaal. Of dit materiaal uit het systeem verdwijnt (erosie) of daar weer sedimenteert is voor de aanwijzing van locaties met actueel risico minder van belang. Met deze aanpak wordt voorkomen dat materiaal uit de (vervuilde) krekken in de nieuw aan te sluiten (schone) polders terechtkomt of dat de problematiek zich in een andere richting verplaatst.

3.1 Erosie en resuspensie door stroming

Er zijn verschillende drijvende krachten die erosie en/of resuspensie kunnen veroorzaken. In stromende systemen zijn de stroomsnelheid en de waterdiepte de bepalende factoren voor turbulentie aan de bodem en dus voor erosie. Bodemmateriaal kan eroderen als een bepaalde kritische stroomsnelheid (gerelateerd aan de kritische bodemschuifspanning) wordt overschreden. In "Beoordeling van risico's voor verspreiding naar oppervlaktewater" (Van der Heijdt et al., 2000) wordt hiervoor het volgende criterium aangegeven:

Erosie en resuspensie door stroming wordt van mogelijk belang geacht voor verspreiding naar oppervlaktewater als (op basis van langjarige gegevens blijkt dat) in minstens 2% van de tijd (< 7 dagen) een dieptegemiddelde stroomsnelheid optreedt van meer dan 0,30 m/s.

De relatie tussen stroomsnelheid en bodemschuifspanning wordt gegeven door vergelijking 3.1. Uitgaande van een Chézy-waarde van $45 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ komt het genoemde stromingscriterium overeen met een kritische bodemschuifspanning van circa $0,44 \text{ N/m}^2$.

$$\tau_b = \rho * g * \frac{v^2}{C^2} \quad (3.1)$$

waarin:

τ_b	= schuifspanning aan de bodem	[N/m ²]
ρ	= dichtheid waterfase	[kg/m ³]
g	= zwaartekrachtversnelling	[kg/m ² .s ²]
C	= Chézy-ruwheidsfactor	[m ^{1/2} /s]
V	= (profielgemiddelde) stroomsnelheid	[m/s]

Om vast te stellen of in de nieuwe situatie (na aansluiting van de polders) het criterium voor de stroomsnelheid wordt overschreden is gekeken naar de volgende situaties:

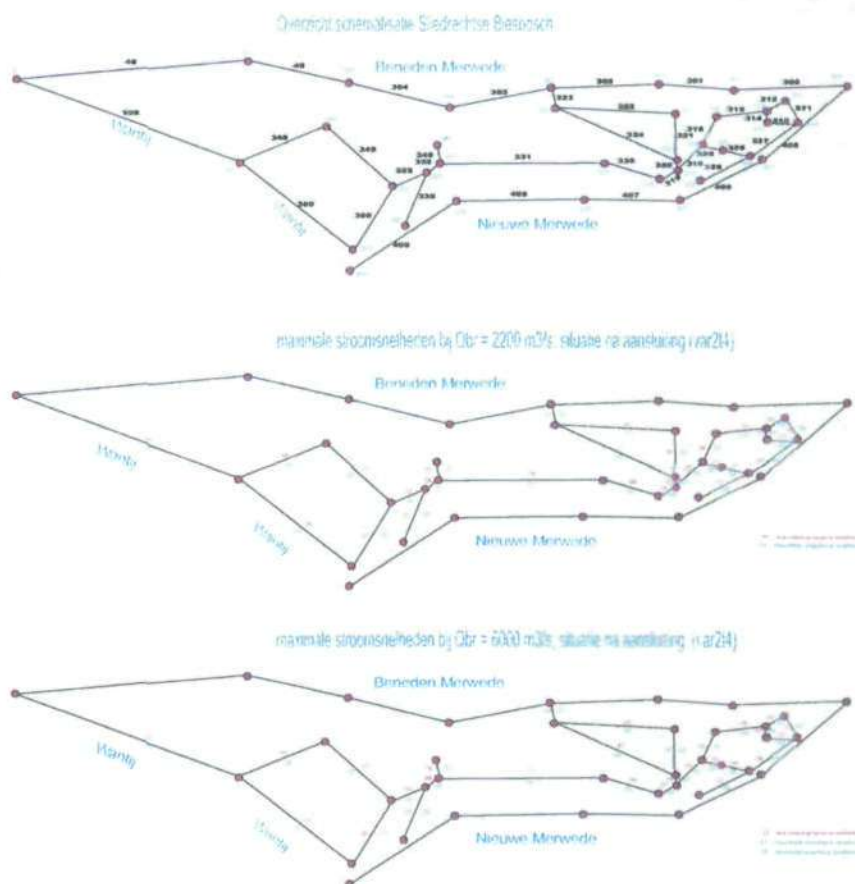
- een gemiddelde getijsituatie met een Bovenrijnafvoer van 2.200 m³/s (de gemiddelde afvoer bij Lobith). Dit komt overeen met een Waalafvoer van circa 1.500 m³/s;
- een gemiddelde getijsituatie met een Bovenrijnafvoer van 6.000 m³/s. Dit komt overeen met een Waal afvoer van circa 4.000 m³/s. Op basis van de afvoergegevens over het vorige decennium (periode 1990-2000) kan worden vastgesteld dat deze afvoer gemiddeld 6 tot 7 dagen per jaar voorkomt².

Erosie ten gevolge van het optreden van hoogwaters is in het beschouwde gebied niet te verwachten, omdat bij extreme rivierafvoeren de gemiddelde stroomsnelheden in het gebied weliswaar toenemen, maar de stroomsnelheden in de watergangen nagenoeg gelijk blijven (zie ook § 2.2).

Wanneer in een van beide situaties het stromingscriterium van 0,3 m/s wordt overschreden én er bevindt zich op die locatie verontreinigd bodemmateriaal dan geldt voor die locatie dat er een actueel risico voor verspreiding naar het oppervlaktewater bestaat. Voor de aanwijzing van locaties op basis van de abiotiek is gekeken naar de absolute stroomsnelheid voor overschrijding van het criterium. Tevens is alleen naar de maximale stroomsnelheid gekeken. Met andere woorden er is niet gekeken naar de stromingsrichting of de duur van overschrijding. *Verplaatsing, ongeacht de richting, wordt dus in deze benadering niet toegestaan (afwenteling).* Figuur 3.1 (zie ook bijlage 1) geeft een overzicht van de deellocaties (boven) met de bijbehorende stroomsnelheden voor de situatie na aansluiting van de polders volgens het voorkeursalternatief (2T4) bij een Bovenrijnafvoer (Lobith) van 2.200 m³/s (midden) en 6.000 m³/s (onder). Tabel 3.1 illustreert voor welke locaties het stroomsnelheidcriterium en de aanwezigheid van verontreinigd bodemmateriaal aanleiding is, om op basis van een afvoersituatie deze als risicovol aan te merken.

² Hiermee wordt een strengere eis ten aanzien van de duur gehanteerd en dus invulling gegeven aan het in de richtlijnen genoemde criterium met betrekking tot erosie door stroming.

Figuur 3.1 Overzicht van vak- en knooppuntnummers (boven) en stroomsnelheden bij afvoersituaties van 2.200 m³/s (midden) en 6.000 m³/s (onder) bij Lobith in toekomstige situaties na aansluiting van de polders volgens het voorkeursalternatief (2T4) (zie ook bijlage 1).



Tabel 3.1 Overzicht van deellocaties met risico op basis van abiotiek bij stroomsnelheidscriterium van 0,3 m/s bij 6.000 m³/s te Lobith. Voor een overzicht van alle berekeningsresultaten.

Kreeksnaam	Vaknummer ZWENDL	Verontreinigd?	Overschrijding criterium?	Risico op basis van abiotiek?
Kreken Aart Eloyenbos / Jonge Janswaard	310	NEE	NEE	NEE
	311	NEE	NEE	NEE
	312	NEE	NEE	NEE
	314	NEE	NEE	NEE
	315	NEE	NEE	NEE
Gat van den Hengst	316	JA	NEE	NEE
	318	JA	NEE	NEE
	319	JA	NEE	NEE
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	JA	NEE
	321	NEE	NEE	NEE
	322	NEE	JA	NEE
	323	NEE	JA	NEE
Louw Simonswaard	324	NEE	JA	NEE
	325	JA	NEE	NEE
	326	JA	NEE	NEE
	327	JA	NEE	NEE
Houweningswater	328	JA	NEE	NEE
Zoetemelkskijl	330	JA	JA	JA
	331	JA	JA	JA
Helsloot	332	JA	JA	JA
	333	JA	JA	JA
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	NEE	NEE
Zuilespolder	340	JA	JA	JA
Moldiep	348	JA	JA	JA
	349	JA	JA	JA
Wantij	350	JA	JA	JA
Kijkvorschijl	360	JA	JA	JA

Op basis van tabel 3.1 kan worden geconcludeerd dat voor het grootste deel van de Sliedrechtse Biesbosch een actueel risico voor verspreiding van verontreinigingen naar het oppervlaktewater aanwezig is. In de meest oostelijk gelegen delen is op basis van hetzelfde criterium geen actueel risico. De nieuw aan te sluiten polders kennen per definitie geen risico, omdat daar geen verontreinigd materiaal wordt aangetroffen.

Naast de grootte van de stroomsnelheid en daarmee de bodemschuifspanning bepalen ook de bodemsamenstelling (zand of slib), de cohesiekrachten tussen deeltjes (mate van consolidatie), de bodemhelling en de bodemruwheid het al dan niet optreden van erosie en/of resuspensie. Informatie omtrent de samenstelling van het bodemmateriaal is voor delen van het gebied aanwezig, maar is moeilijk te vertalen naar het (grovere) detailniveau van de deellocaties van het hydraulisch instrumentarium. Daarom is ervoor gekozen om via een eenvoudige gevoeligheidsanalyse zicht te krijgen op risico van verspreiding bij een andere bodemsamenstelling.

Over het algemeen geldt dat zand pas bij hogere stroomsnelheden dan (los) slib in beweging komt. Dit is echter geen wet van Meden en Perzen. Slib dat in sterke mate geconsolideerd is kan in sommige gevallen hogere stroomsnelheden weerstaan dan zand. Afhankelijk van de mate van consolidatie kan er dus een overlap zijn voor slib en zand. Hierdoor is het lastig om een bepaald stromingscriterium te koppelen aan een bepaalde bodemsamenstelling. Een hoger criterium voor de bodemschuifspanning zegt dus zowel iets over de kans op verspreiding van zand als geconsolideerd slib. Slib dat recent gesedimenteerd is zal daarentegen vrij gemakkelijk eroderen. Dit vertaalt zich in een lager criterium voor de stroomsnelheid.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in tabel 3.2. Bij een lager criterium van 0,2 m/s zien we min of meer hetzelfde beeld. In het overgrote deel van het systeem wordt in beide situaties het stromingscriterium overschreden. Het Gat van den Hengst (vak 319) en de Huiswaard (vak 335) komen nu ook in het kritische gebied te liggen.

Wanneer we van een scherper criterium uitgaan ($> 0,3$ m/s) zien we dat het kritische gebied zich beperkt tot het westelijk deel (tot het Gat van den Hengst). Het hanteren van een nog scherper criterium (karakteristiek voor zand) leidt ertoe dat het kritisch gebied met enkele locaties afneemt.

Tabel 3.2 Risico voor verspreiding bij verschillende stromingscriteria voor afvoersituatie van 2.200 m³/s (links) en 6.000 m³/s (rechts) te Lobith (zie bijlage 2).

2000 m ³ /s, VAR2t4		Vaknummer		V _{crit}			
Kreeksnaam	ZWENDL	0.2 m/s	0.3 m/s	0.4 m/s	0.5 m/s		
Kreken Aart Eloyenbos /Jonge Janswaard	310	NEE	NEE	NEE	NEE		
	311	NEE	NEE	NEE	NEE		
	312	NEE	NEE	NEE	NEE		
	314	NEE	NEE	NEE	NEE		
	315	NEE	NEE	NEE	NEE		
Gat van den Hengst	316	NEE	NEE	NEE	NEE		
	318	JA	JA	NEE	NEE		
	319	NEE	NEE	NEE	NEE		
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	NEE	NEE	NEE		
	321	NEE	NEE	NEE	NEE		
	322	NEE	NEE	NEE	NEE		
	323	NEE	NEE	NEE	NEE		
	324	NEE	NEE	NEE	NEE		
Louw Simonswaard	325	JA	JA	NEE	NEE		
	326	JA	JA	NEE	NEE		
Sneepkil	327	NEE	NEE	NEE	NEE		
Houweningswater	328	NEE	NEE	NEE	NEE		
Zoetemelkskil	330	JA	JA	JA	NEE		
	331	JA	NEE	NEE	NEE		
Helsloot	332	JA	NEE	NEE	NEE		
	333	JA	JA	NEE	NEE		
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	NEE	NEE	NEE		
Zuiespolder	340	JA	JA	NEE	NEE		
Moldiep	348	JA	JA	JA	NEE		
Wantij	349	JA	JA	NEE	NEE		
Kikvorschkil	350	JA	JA	JA	NEE		
	360	JA	NEE	NEE	NEE		

6000 m ³ /s, VAR2t4		Vaknummer		V _{crit}			
Kreeksnaam	ZWENDL	0.2 m/s	0.3 m/s	0.4 m/s	0.5 m/s		
Kreken Aart Eloyenbos /Jonge Janswaard	310	NEE	NEE	NEE	NEE		
	311	NEE	NEE	NEE	NEE		
	312	NEE	NEE	NEE	NEE		
	314	NEE	NEE	NEE	NEE		
	315	NEE	NEE	NEE	NEE		
Gat van den Hengst	316	NEE	NEE	NEE	NEE		
	318	JA	JA	NEE	NEE		
	319	JA	NEE	NEE	NEE		
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	NEE	NEE	NEE		
	321	NEE	NEE	NEE	NEE		
	322	NEE	NEE	NEE	NEE		
	323	NEE	NEE	NEE	NEE		
	324	NEE	NEE	NEE	NEE		
Louw Simonswaard	325	JA	NEE	NEE	NEE		
	326	JA	JA	NEE	NEE		
Sneepkil	327	NEE	NEE	NEE	NEE		
Houweningswater	328	NEE	NEE	NEE	NEE		
Zoetemelkskil	330	JA	JA	JA	JA		
	331	JA	JA	JA	JA		
Helsloot	332	JA	JA	JA	NEE		
	333	JA	JA	JA	JA		
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	NEE	NEE	NEE		
Zuiespolder	340	JA	JA	JA	JA		
Moldiep	348	JA	JA	JA	JA		
Wantij	349	JA	JA	JA	JA		
Kikvorschkil	350	JA	JA	JA	JA		
	360	JA	JA	JA	NEE		

Voor de Sneepkil (327) en het Houweningswater (328) en een deel van het Gat van den Hengst (316) zien we dat deze vrijwel ongevoelig zijn voor het stromingscriterium. Hier is het niet waarschijnlijk dat het verontreinigd materiaal zal eroderen. De deellocaties in het westen, de kreken Zoetemelkskil, Helsloot, Moldiep en Wantij (valt buiten het studiegebied), zijn eveneens ongevoelig voor het stromingscriterium. Hier geldt echter dat het risico voor verspreiding vrij groot is. Voor de overige locaties geldt dat de kans op verspreiding afhankelijk is van het aanwezige bodemmateriaal. In de meeste gevallen bestaat dit uit overwegend slibrijk materiaal. Voor het Gat van den Hengst en de kreken ten oosten daarvan geldt dat de mate van consolidatie bepalend is voor het al dan niet eroderen van bodemmateriaal.

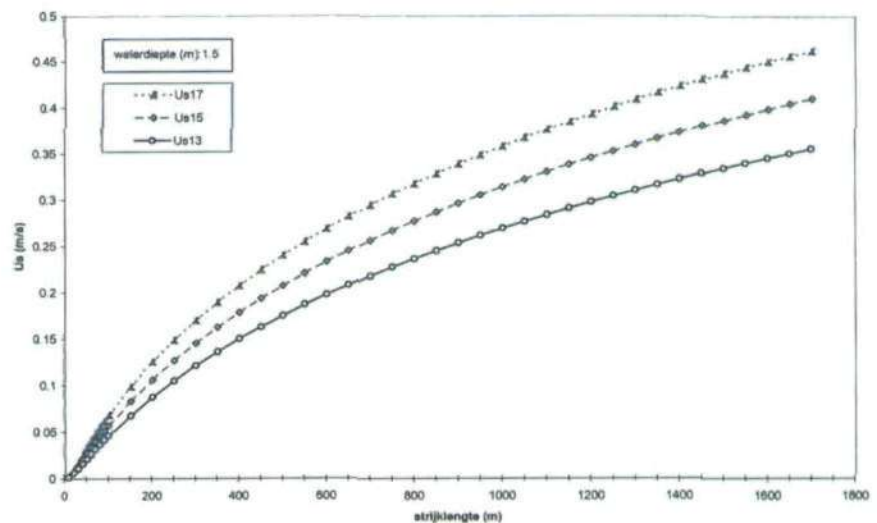
3.2 Erosie en resuspensie door golven onder invloed van wind

Naast verspreiding door stroming is erosie door wind een potentiële verspreidingsbron van verontreinigd bodemmateriaal. Hoewel dit voor overwegend stagnante wateren geldt kunnen golven, afhankelijk van de waterdiepte, windsnelheid en strijklengte, materiaal opwerpen en daarmee transporteren naar het oppervlaktewater. In "Beoordeling van risico's voor verspreiding naar oppervlaktewater" (Van der Heijdt *et al.*, 2000) wordt aangegeven dat erosie door wind een rol kan gaan spelen wanneer windgolven een orbitaalsnelheid van minstens 0,30 m/s veroorzaken.

De windsnelheid op een hoogte van 10 m kan volgens de formulering van Brettschneider (CERC, 1984) via de golfhoogte en golfperiode worden omgerekend naar een stroomsnelheid aan het bodemoppervlak. Deze formulering is afgeleid voor grote open wateren (meren). Voor kleinere systemen, zoals de smalle kronkelige geulen in de Sliedrechtse Biesbosch, wordt de stroomsnelheid op de bodem op deze manier overschat, omdat de oevers van de kreek voor meer weerstand zorgen, waardoor golven minder sterk zullen zijn. Bochten zorgen eveneens voor een energieverlies.

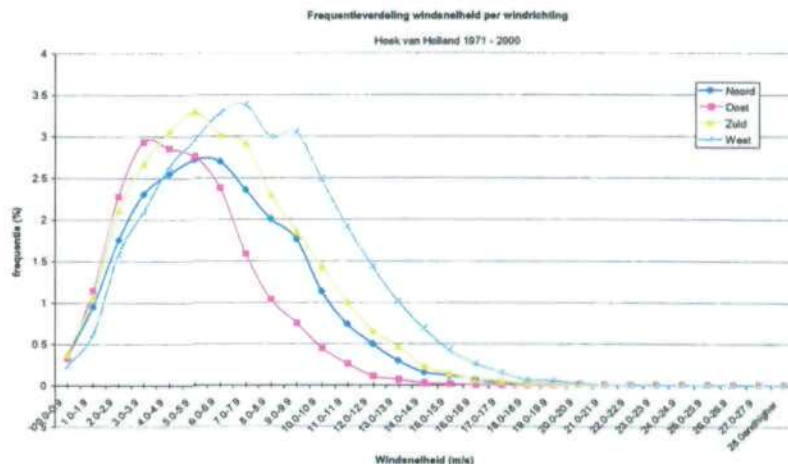
In figuur 3.2 is voor een waterdiepte van 1,5 m op basis van deze formulering de significante stroomsnelheid aan de bodem als functie van de strijklengte voor drie windsnelheden (windkracht 6, 7 en 8 Bft) weergegeven. Uit deze figuur volgt dat bij een waterdiepte van 1,5 m meer forse strijklengtes nodig zijn om een kritische stroomsnelheid te bereiken. Tot windkracht 7 speelt erosie door wind geen rol voor systemen met geringe strijklengten. Vanaf windkracht 8 kan erosie door windgolven een rol gaan spelen.

Figuur 3.2 Significante stroomsnelheid aan de bodem opgewekt door windgolven als functie van de strijklengte.



De oriëntatie van de grotere kreek in de Sliedrechtse Biesbosch is overwegend noord-zuid of oost-west. Bij deze windrichtingen zijn de effectieve strijklengtes (gemeten over het wateroppervlak) het grootst. Figuur 3.3 geeft voor Hoek van Holland per hoofdwindrichting (noord, oost, zuid of west) de kans van voorkomen op een bepaalde windsterkte. Windkrachten met de grootste sterkte komen overwegend uit zuidelijke richting. Een windsnelheid van 13 m/s uit zuidelijke richting komt gemiddeld 1% van de tijd voor (minder dan vier dagen per jaar). Bij deze wind is meer dan 1.000 m strijklengte nodig voordat erosie ten gevolge van wind een rol kan spelen.

Figuur 3.3 Frequentieverdeling windsnelheid uitgesplitst per hoofdwindrichting.



Interactie tussen wind en stroming is een complex proces en laat zich moeilijk modelleren. De meest kritische situatie treedt op, wanneer stroming en wind tegengesteld werken. Als eerste benadering kan gezegd worden, dat de effecten van wind en stroming optelbare effecten zijn. In dat geval kan de combinatie van stroming en wind het stromingscriterium doen overschrijden. Verwacht wordt echter dat de kans op het gelijktijdig optreden van een hoge afvoer en een harde wind uit zuidelijke richting klein is. Op basis van bovenstaande overwegingen kan derhalve geconcludeerd worden dat wind geen substantiële bijdrage levert aan de verspreiding van verontreinigd bodem-materiaal.

3.3 Erosie en resuspensie door scheepvaart

Erosie door scheepvaart kan een relevante bijdrage aan de verspreiding van verontreiniging naar oppervlaktewateren leveren. In "Beoordeling van risico's voor verspreiding naar oppervlaktewater" (Van der Heijdt et al., 2000) wordt aangegeven dat dit plaats kan vinden door schepen waarvan de kielspeling (de afstand tussen de waterbodem en een schip) kleiner is dan 2 m. Daarnaast spelen factoren als het aantal passages, de (vaar)eigenschappen van de schepen en lokale variaties in de waterdiepte een rol. Resuspensie door scheepvaart is met name van belang in langzaam stromende smalle systemen, zoals kanalen. In sneller stromende systemen is resuspensie door scheepvaart waarschijnlijk van ondergeschikt belang aan de resuspensie door stroming.

In het gehele gebied is tot aan de schotbalksluis in de Zoetemelkskil scheepvaart toegestaan. De scheepvaartbewegingen binnen het beschouwde gebied worden primair veroorzaakt door de recreatievaart. Het traject tussen de Ottersluis en de Helsluis wordt gebruikt als doorgaande route voor de recreatievaart. Hier wordt echter de bodem actief op een diepte van minimaal 2 m beneden de overeengekomen laagwaterstand gehouden. Gezien de geringe diepgang van de passerende recreatieschepen zal het criterium voor kielspeling derhalve niet snel worden overschreden. In de overige delen is het aantal scheepvaartbewegingen beperkt. De geringe diepgang maakt het eigenlijk alleen voor kano's mogelijk te varen. Verwacht wordt derhalve dat resuspensie door scheepvaart niet zal leiden tot een actueel risico.

4 Risico's na verdieping

Eén van de mogelijkheden om risico's voor verspreiding te reduceren is door ter plaatse te verdiepen. Voor de locaties die ook bij een scherper criterium als risicovol worden aangemerkt is gekeken wat de risico's zijn wanneer 0,5 m, dan wel 2 m verdiept wordt. In de schematisatie zijn daartoe de doorstroomprofielen onder het niveau van NAP -3,00 m over de volle breedte verlaagd met 0,5 m, respectievelijk 2 m. Dit is gedaan voor de kreken die ten westen liggen van het Gat van den Hengst (m.u.v. de Zuilespolder en de Huiswaard). Hier wordt volstaan met de resultaten voor de situatie bij 6.000 m³/s, omdat deze situatie in de meeste gevallen maatgevend is gebleken.

Tabel 4.1 Actueel risico voor situatie 6.000 m³/s te Lobith met 0,5 m verdiepen (links) en 2 m verdiepen (rechts) (zie bijlage 2).

6.000 m ³ /s, 0,5 m verd.	Vaknummer	V _{crit}			
Kreeknaam	ZWENOL	0.2 m/s	0.3 m/s	0.4 m/s	0.5 m/s
Kreken Aart Eloyenbos	310	NEE	NEE	NEE	NEE
	311	NEE	NEE	NEE	NEE
Jonge Janswaard	312	NEE	NEE	NEE	NEE
	314	NEE	NEE	NEE	NEE
	315	NEE	NEE	NEE	NEE
Gat van den Hengst	316	NEE	NEE	NEE	NEE
	318	JA	NEE	NEE	NEE
	319	JA	NEE	NEE	NEE
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	NEE	NEE	NEE
	321	NEE	NEE	NEE	NEE
	322	NEE	NEE	NEE	NEE
	323	NEE	NEE	NEE	NEE
	324	NEE	NEE	NEE	NEE
Louw Simonswaard	325	JA	NEE	NEE	NEE
	326	JA	NEE	NEE	NEE
Sneepkil	327	NEE	NEE	NEE	NEE
Houweningswater	328	NEE	NEE	NEE	NEE
Zoetemelkskil	330	JA	JA	JA	JA
	331	JA	JA	JA	JA
Hetsloot	332	JA	JA	JA	NEE
	333	JA	JA	JA	JA
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	NEE	NEE	NEE
Zuilespolder	340	JA	JA	JA	JA
Moldiep	348	JA	JA	JA	JA
	349	JA	JA	JA	JA
Wantij	350	JA	JA	JA	JA
Kikvorschkil	360	JA	JA	JA	NEE

6.000 m ³ /s, 2 m verd.	Vaknummer	V _{crit}			
Kreeknaam	ZWENOL	0.2 m/s	0.3 m/s	0.4 m/s	0.5 m/s
Kreken Aart Eloyenbos	310	NEE	NEE	NEE	NEE
	311	NEE	NEE	NEE	NEE
Jonge Janswaard	312	NEE	NEE	NEE	NEE
	314	NEE	NEE	NEE	NEE
	315	NEE	NEE	NEE	NEE
Gat van den Hengst	316	NEE	NEE	NEE	NEE
	318	JA	NEE	NEE	NEE
	319	NEE	NEE	NEE	NEE
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	NEE	NEE	NEE
	321	NEE	NEE	NEE	NEE
	322	NEE	NEE	NEE	NEE
	323	NEE	NEE	NEE	NEE
	324	NEE	NEE	NEE	NEE
Louw Simonswaard	325	JA	NEE	NEE	NEE
	326	JA	JA	NEE	NEE
Sneepkil	327	NEE	NEE	NEE	NEE
Houweningswater	328	NEE	NEE	NEE	NEE
Zoetemelkskil	330	JA	JA	JA	JA
	331	JA	JA	JA	JA
Hetsloot	332	JA	NEE	NEE	NEE
	333	JA	JA	JA	NEE
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	JA	NEE	NEE
Zuilespolder	340	JA	JA	JA	JA
Moldiep	348	JA	JA	JA	NEE
	349	JA	JA	NEE	NEE
Wantij	350	JA	JA	NEE	NEE
Kikvorschkil	360	JA	JA	NEE	NEE

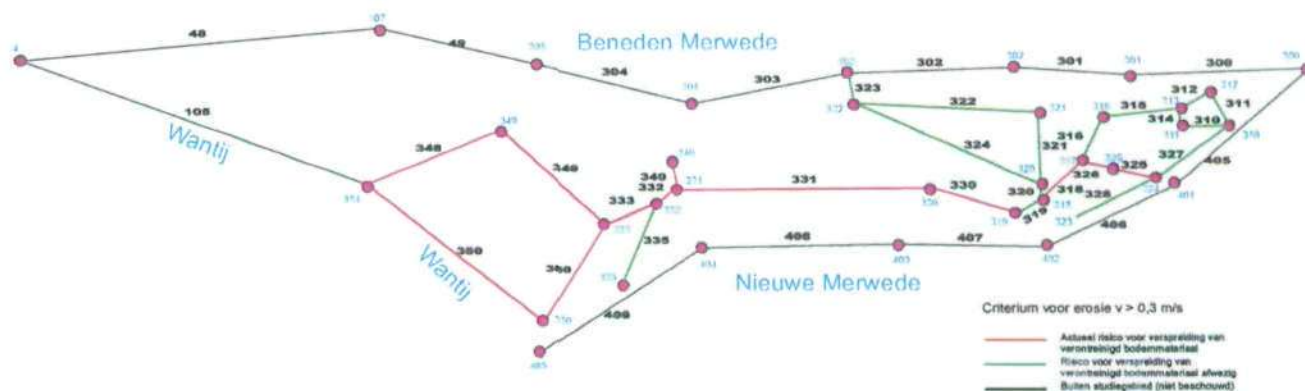
Uit de berekeningen volgt (tabel 4.1) dat voor de oostelijk gelegen locaties het risico van verspreiding met een beperkte verdieping kan worden weggenomen. Hierbij is uitgegaan van een stromingscriterium van 0,3 m/s. Voor de overige kreken, Kikvorschkil, Moldiep, Wantij, Helsloot en Zoetemelkskil geldt dat deze risico's met alleen verdieping niet kunnen worden weggenomen. Ook bij 2 m verdiepen blijven de stroomsnelheden in deze kreken dermate hoog dat een actueel risico voor verspreiding door erosie niet kan worden uitgesloten. Wanneer dit verdiepen echter wordt gecombineerd met het afdekken van materiaal met een hogere kritische stroomsnelheid (bijv. zand) dan kunnen deze voor een groot deel worden weggenomen. Uit de bodemonsters kan niet precies de diepte van de schone laag worden afgeleid. Het meeste verontreinigd materiaal zal dan echter verwijderd zijn. Het is echter maar de vraag of de onderlaag stevig genoeg is om het zwaardere zand te dragen.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- Risico's ten aanzien van verspreiding van verontreinigd materiaal worden in de Sliedrechtse Biesbosch hoofdzakelijk bepaald door erosie en/of resuspensie ten gevolge van stroming. Verspreiding geïnitieerd door windgolven kan worden uitgesloten als verspreidingsbron. Erosie door scheepvaart wordt gezien de geringe diepgang van de passerende recreatievaart niet verwacht.
- In een groot deel van de krekens van de Sliedrechtse Biesbosch wordt het stromingscriterium van 0,3 m/s overschreden. Uitzondering hierop wordt gevormd door de Sneepkil, krekens langs de polder Huiswaard en Oude Kat, het Houweningswater en delen van het Gat van den Hengst. In deze krekens zijn de stroomsnelheden dermate laag dat erosie en/of resuspensie van verontreinigd materiaal kan worden uitgesloten.
- De nieuw aan te sluiten polders "Aart Eloyenbosch en Jonge Janswaard" en "Kort- en Lang Ambacht en De Ruigten bezuiden de Perenboom" zullen pas worden aangetakt op het krekensysteem in de Sliedrechtse Biesbosch nadat sanering van de watergangen heeft plaatsgevonden. Risico op verspreiding kan derhalve vanwege de afwezigheid van verontreinigd bodemmateriaal worden uitgesloten.

Figuur 5.1 Locaties met actueel risico voor verspreiding van verontreinigd bodemmateriaal.



-
- De conclusies met betrekking tot risico's voor verspreiding worden in de meeste gevallen niet substantieel anders wanneer een scherper criterium ($> 0,3$ m/s) voor het optreden van erosie wordt gehanteerd. De uitspraken voor actueel risico voor verspreiding naar oppervlaktewater zijn derhalve ook geldig indien grover of sterker geconsolideerd bodemmateriaal aanwezig is.
 - Voor het Gat van den Hengst en de krekens langs de Louw en Simonswaard geldt dat de kans op verspreiding wel afhangt van de mate van consolidatie van het bodemmateriaal.
 - In de oostelijk gelegen delen van de Sliedrechtse Biesbosch (Gat van den Hengst en de krekens langs de Louw en Simonswaard) geldt dat de verspreidingsrisico's met beperkt verdiepen (0,5 m) kunnen worden weggenomen. Voor de overige krekens kan niet worden volstaan met beperkte verdieping; zelfs bij 2 m verdiepen blijft er voor deze krekens een risico voor verspreiding van slibrijk materiaal bestaan.

5.2 Aanbevelingen

- Voor het Gat van den Hengst en de krekens langs de Louw en Simonswaard geldt dat de kans op verspreiding afhangt van de mate van consolidatie van het bodemmateriaal. Aanbevolen wordt om deze locaties voorafgaand aan het opstellen van het saneringsplan nog eens nader te beschouwen. De lokale stromingssituatie en samenstelling van het bodemmateriaal kunnen namelijk aanleiding geven om het materiaal te laten liggen. Dit dient echter voor het gehele gebied in samenhang met de andere risicopaden bekeken te worden.
- De vraag of risico's voor verspreiding naar oppervlaktewater kunnen worden weggenomen door afdekking met schoner materiaal is niet in het abiotisch effectonderzoek meegenomen. Het huidige instrumentarium is onvoldoende in staat deze vraag te beantwoorden. Aanbevolen wordt om aanvullende metingen te verrichten naar stromingspatronen in de Sliedrechtse Biesbosch wanneer afdekking bij de saneringsaanpak overwogen wordt.

Literatuuroverzicht

CERC, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station (1984).
Shore Protection Manual Vol. 1, U.S. ARMY Corps of Engineers.

Dam, E. van, W. Bijl, A.B. Mendeze-Lorenzo, M. Sileon en C. Kappe (2000).
Hydraulisch onderzoek Sliedrechtse Biesbosch, Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland, nota nr AP/3374612/2000/04.

Jager, F.J. de, L.M. van der Heijdt en J.W. van Zetten (2000).
ZWENDL-modellering Sliedrechtse Biesbosch, RIZA werkdocument 2000.147X.

Postma, J.F. en P.J. den Besten (2001).
Biotisch effectonderzoek Sliedrechtse Biesbosch, nader onderzoek
waterbodempkwaliteit, RIZA rapport nr 2001.027, ISBN 90 369 538 12.

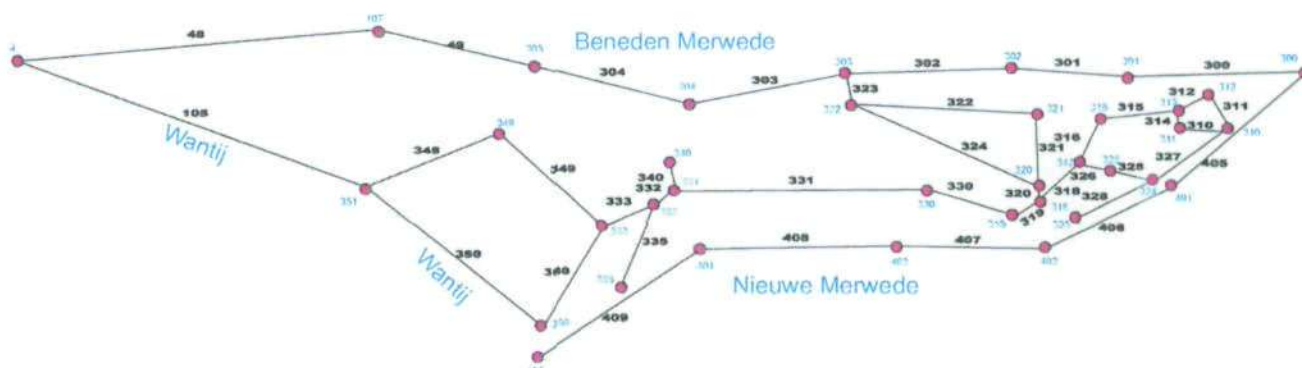
Schmidt, C.A., J. Hoogewoud en K. van Vliet (2002).
Grondwateronderzoek Sliedrechtse Biesbosch. Actueel risico van verspreiding
van verontreinigingen via het grondwater in het kader van het Nader Onderzoek Waterbodems, RIZA rapport nr 2002.023, ISBN 90 369 544 52.

Sloot, J.S. en G.A. van den Berg (2000).
Evaluatie instellingen regionaal model zuidrand Noordelijk Deltabekken,
RIZA werkdocument 99.103X.

Heijdt, L.M. van der, J.S. Sloot, B.P.C. Steenkamp en M. van Elswijk (2000).
Beoordeling van risico's van verspreiding naar oppervlaktewater, achtergrond-
document bij de Richtlijn Nader Onderzoek van verontreinigde waterbodems,
RIZA werkdocument 2000.100X, AKWA document 00.001.

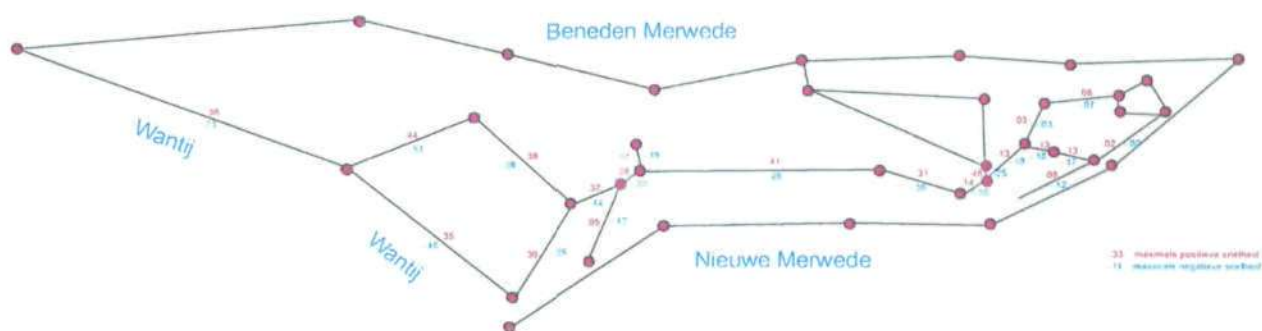
Bijlage 1 Figuren stroomsnelheden

B1.1 Overzicht modelschematisatie omgeving Sliedrechtse Biesbosch (Beneden Merwede, Wantij en Nieuwe Merwede)



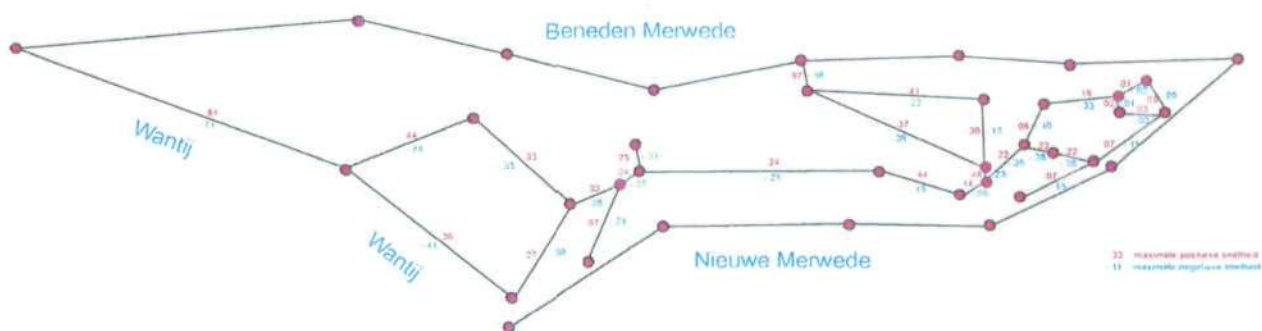
B1.2 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$; huidige situatie

maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$; huidige situatie



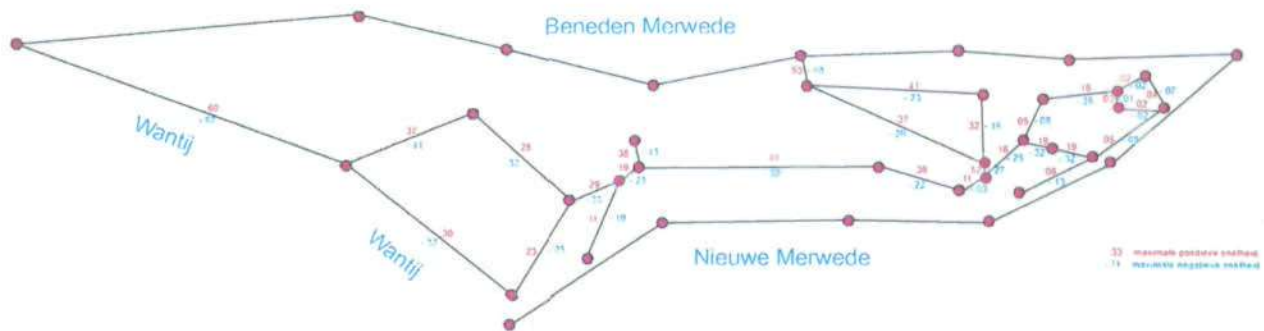
B1.3 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$; situatie na aansluiting (var2T4)

maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$; situatie na aansluiting (var2t4)



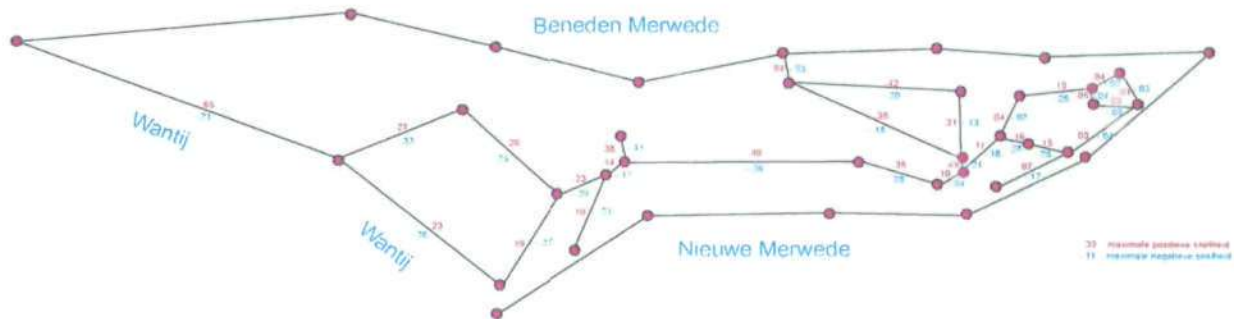
B1.4 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{br} = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$; var2T4 met 0,5 m verdieping

maximale stroomsnelheden bij $Q_{br} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$ var2t4 met 0.5 m verdieping



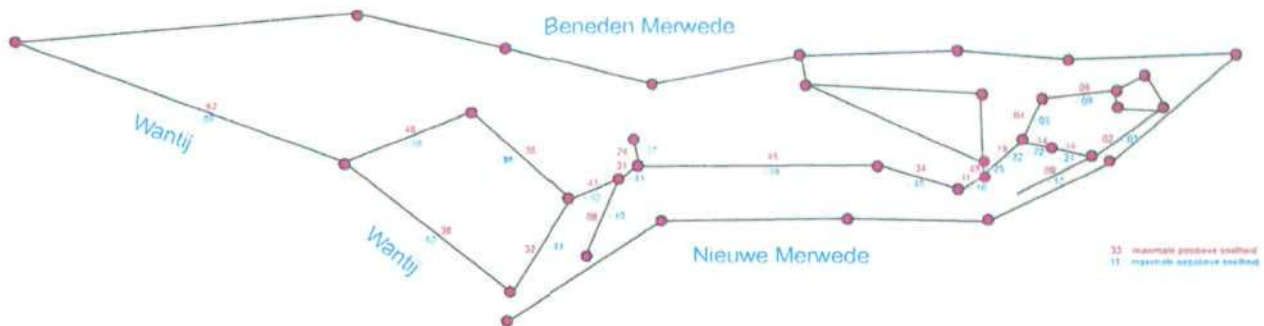
B1.5 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{br} = 2.200 \text{ m}^3/\text{s}$; var2T4 met 2,0 m verdieping

maximale stroomsnelheden bij $Q_{br} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$ var2t4 met 2. m verdieping



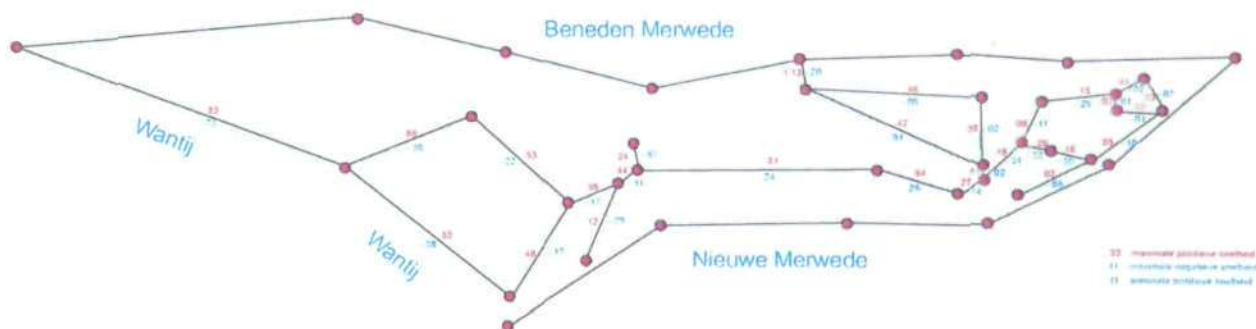
B1.6 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{br} = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$; huidige situatie

maximale stroomsnelheden bij $Q_{br} = 6000 \text{ m}^3/\text{s}$; huidige situatie



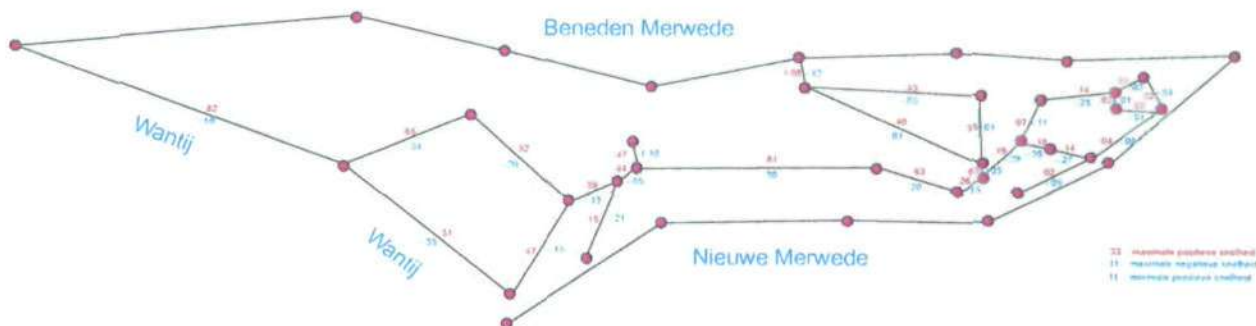
B1.7 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$; situatie na aansluiting (var2T4)

maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 6000 \text{ m}^3/\text{s}$; situatie na aansluiting (var2t4)



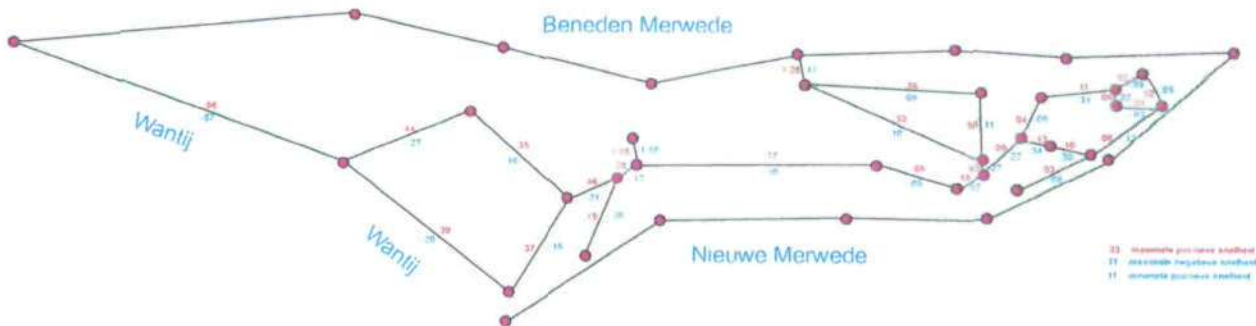
B1.8 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$; var2T4 met 0,5 m verdieping

maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 6000 \text{ m}^3/\text{s}$ var2t4 met 0.5 m verdieping



B1.9 Maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 6.000 \text{ m}^3/\text{s}$; var2T4 met 2,0 m verdieping

maximale stroomsnelheden bij $Q_{Br} = 6000 \text{ m}^3/\text{s}$ var2t4 met 2. m verdieping



Bijlage 2 Tabellen (hoofdstuk 3 + 4)

Tabel 3.2 Overzicht van deellocaties met risico op basis van abiotiek bij stroomsnelheidscriterium van 0,3 m/s bij 6.000 m³/s te Lobith.

Kreeksnaam	Vaknummer ZWENDL	Verontreinigd?	Overschrijding criterium?	Risico op basis van abiotiek?
Kreken Aart Eloyenbos /Jonge Janswaard	310	NEE	NEE	NEE
	311	NEE	NEE	NEE
	312	NEE	NEE	NEE
	314	NEE	NEE	NEE
	315	NEE	JA	NEE
Gat van den Hengst	316	JA	NEE	NEE
	318	JA	JA	JA
	319	JA	NEE	NEE
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	JA	NEE
	321	NEE	NEE	NEE
	322	NEE	JA	NEE
	323	NEE	JA	NEE
	324	NEE	JA	NEE
Louw Simonswaard	325	JA	JA	JA
	326	JA	JA	JA
Sneepkil	327	JA	NEE	NEE
Houweningswater	328	JA	NEE	NEE
Zoetemelkskil	330	JA	JA	JA
	331	JA	NEE	NEE
Hetsloot	332	JA	NEE	NEE
	333	JA	JA	JA
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	NEE	NEE
Zuilespolder	340	JA	JA	JA
Moldiep	348	JA	JA	JA
	349	JA	JA	JA
Wantij	350	JA	JA	JA
Kikvorschkil	360	JA	NEE	NEE

Tabel 5.1 Actueel risico voor situatie 6.000 m³/s te Lobith met 0,5 m verdiepen (links) en 2 m verdiepen (rechts).

6.000 m³/s, 0,5 m verd.		Vaknummer	V _{crit}			
Kreeksnaam	ZWENDL		0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s
Kreken Aart Eloyenbos /Jonge Janswaard	310	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	311	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	312	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	314	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	315	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Gat van den Hengst	316	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	318	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
	319	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	321	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	322	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	323	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	324	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Louw Simonswaard	325	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
	326	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
Sneepkil	327	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Houweningswater	328	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Zoetemelkskil	330	JA	JA	JA	JA	JA
	331	JA	JA	JA	JA	JA
Hetsloot	332	JA	JA	JA	JA	NEE
	333	JA	JA	JA	JA	JA
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
Zuilespolder	340	JA	JA	JA	JA	JA
Moldiep	348	JA	JA	JA	JA	JA
	349	JA	JA	JA	JA	JA
Wantij	350	JA	JA	JA	JA	JA
Kikvorschkil	360	JA	JA	JA	NEE	NEE

6.000 m³/s, 2 m verd.		Vaknummer	V _{crit}			
Kreeksnaam	ZWENDL		0,2 m/s	0,3 m/s	0,4 m/s	0,5 m/s
Kreken Aart Eloyenbos /Jonge Janswaard	310	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	311	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	312	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	314	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	315	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Gat van den Hengst	316	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	318	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
	319	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Kreken polders Kort & Lange Ambacht	320	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	321	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	322	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	323	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
	324	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Louw Simonswaard	325	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
	326	JA	JA	NEE	NEE	NEE
Sneepkil	327	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Houweningswater	328	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Zoetemelkskil	330	JA	JA	JA	JA	JA
	331	JA	JA	JA	JA	JA
Hetsloot	332	JA	NEE	NEE	NEE	NEE
	333	JA	JA	JA	JA	NEE
Huiswaard & Oude Kat	335	JA	JA	NEE	NEE	NEE
Zuilespolder	340	JA	JA	JA	JA	JA
Moldiep	348	JA	JA	JA	NEE	NEE
	349	JA	JA	NEE	NEE	NEE
Wantij	350	JA	JA	NEE	NEE	NEE
Kikvorschkil	360	JA	JA	NEE	NEE	NEE

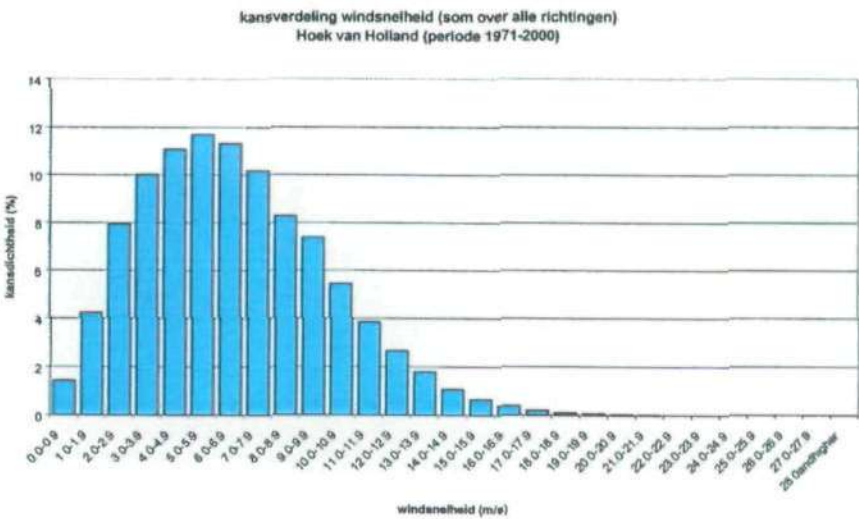
B3.1 Kans van voorkomen windsnelheid – cumulatief
330 Hoek van Holland periode 1971-2000; windrichting

KANS VAN VOORKOMEN WINDSNEELHEID - CUMULATIEF
330 Hoek van Holland periode 1971-2000

Windrichting

Windsnelheid (m/s)	Cumul. (%)	301-400	401-450	451-475	476-500	501-525	526-550	551-575	576-600	601-625	626-650	651-675	676-700	701-725	726-750	751-775	776-800	801-825	826-850	851-875	876-900	901-925	926-950	951-975	976-1000	Cumul.
0.0-0.9	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
1.0-1.9	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
2.0-2.9	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
3.0-3.9	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
4.0-4.9	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
5.0-5.9	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
6.0-6.9	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
7.0-7.9	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
8.0-8.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
9.0-9.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
10.0-10.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
11.0-11.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
12.0-12.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
13.0-13.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
14.0-14.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
15.0-15.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
16.0-16.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
17.0-17.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
18.0-18.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
19.0-19.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
20.0-20.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
21.0-21.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
22.0-22.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
23.0-23.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
24.0-24.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
25.0-25.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
26.0-26.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
27.0-27.9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
28.0 en hoger	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

B3.2 Kansverdeling windsnelheid (som over alle richtingen)
Hoek van Holland (periode 1971-2000)



B3.3 Frequentietabel windsnelheid 330 Hoek van Holland (jaar 1971-2000); cumulatieve windrichting

FREQUENTIE TABEL WINDSNELHEID
330 Hoek van Holland Jaar 1971-2000
Cum. Windrichting

Windsnelheid (m/s)	Noord	Oost	Zuid	West	Cum.
0.0-0.9	0.34	0.32	0.37	0.23	1.26
1.0-1.9	0.95	1.14	1.07	0.61	3.77
2.0-2.9	1.75	2.27	2.1	1.58	7.7
3.0-3.9	2.3	2.93	2.66	2.09	9.98
4.0-4.9	2.54	2.85	3.05	2.63	11.07
5.0-5.9	2.71	2.75	3.28	2.95	11.69
6.0-6.9	2.69	2.37	3	3.27	11.33
7.0-7.9	2.35	1.58	2.9	3.37	10.2
8.0-8.9	2	1.03	2.28	2.99	8.3
9.0-9.9	1.76	0.74	1.84	3.04	7.38
10.0-10.9	1.13	0.44	1.42	2.48	5.47
11.0-11.9	0.73	0.25	0.99	1.91	3.88
12.0-12.9	0.49	0.1	0.64	1.43	2.66
13.0-13.9	0.29	0.06	0.45	1.01	1.81
14.0-14.9	0.15	0.02	0.22	0.68	1.07
15.0-15.9	0.11	0.01	0.13	0.42	0.67
16.0-16.9	0.06	0	0.06	0.26	0.38
17.0-17.9	0.02	0	0.04	0.15	0.21
18.0-18.9	0.01	0	0.01	0.06	0.08
19.0-19.9	0	0	0.01	0.05	0.06
20.0-20.9	0	0	0	0.02	0.02
21.0-21.9	0	0	0	0	0
22.0-22.9	0	0	0	0	0
23.0-23.9	0	0	0	0	0
24.0-24.9	0	0	0	0	0
25.0-25.9	0	0	0	0	0
26.0-26.9	0	0	0	0	0
27.0-27.9	0	0	0	0	0
28.0 en hoger	0	0	0	0	0
Cumulatief	22.39	18.85	26.52	31.27	99.03

B3.4 Frequentieverdeling windsnelheid per windrichting Hoek van Holland (1971-2000)

