

Evaluatie van natuurontwikkelingsprojecten in het Schelde-estuarium

2^{de} rapportage van de projectmonitoring
periode 2006-2009

Jeroen Speybroeck, Gunther Van Ryckegem, Bart
Vandevoorde en Erika Van den Bergh

INBO.R.2011.21
D/2011/3241/195

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzaam beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging

INBO Brussel

Kliniekstraat 25, 1070 Brussel

www.inbo.be

Wijze van citeren:

Speybroeck, J., Van Ryckegem, G., Vandevoorde, B. & Van de Bergh, E. (2011). Evaluatie van natuurontwikkelingsprojecten in het Schelde-estuarium. 2^{de} rapportage van de projectmonitoring periode 2006-2009. Rapport INBO.R.2011.21. 160pp. Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek, Brussel.

depotnummer: D/2011/3241/101

rapportnummer: INBO.R.2011.8

Vorkaft: Natuurontwikkelingsproject Heusden, zicht op raai C vanop nieuwe ringdijk richting Schelde. Uitvoeringswerken mei 2006. Foto Nico De Regge.

Met dank aan Waterwegen en Zeekanaal NV (W&Z) afdeling Zeeschelde voor de ondersteuning van de monitoring.

Studie uitgevoerd in opdracht van Agentschap voor Natuur en Bos. Projectpost LD1208BC Minafonds, vastleggingsnummer VL NR 80011628. Projecttitel: " Sleutelfactoren en – processen voor herstelmaatregelen van intergetijdengebieden".

Samenvatting

Een belangrijke uitdaging in het maatregelenpakket van het geactualiseerde Sigmaplan is de realisatie van getijdengebonden natuur, aan de hand van projecten waarbij aanzienlijke oppervlaktes bos- of landbouwgrond worden omgezet in estuariene natuur. De maatschappelijke gevoeligheid van deze projecten ligt bijzonder hoog en lokale actoren wensen –terecht– duidelijkheid over de slaagkans en de doelgerichtheid van de voorziene estuariene herstelprojecten. Voor een goed beleid is het van bijzonder belang dat de gestelde verwachtingen qua biodiversiteit en functionaliteit in deze natuurontwikkelingsgebieden worden ingevuld en niet de mist ingaan door inschattingfouten bij de inrichting.

De studie bestudeert kleinschalige natuurontwikkelingsprojecten. Deze zijn de ideale onderzoekssites om de inzichten, verkregen door literatuuronderzoek en modelleringen, te toetsen, bij te stellen, te verfijnen en te vervolledigen. Onderzoek van de evolutie van een welgekozen set variabelen moet informatie verschaffen over de kritische ontwikkelingen die zich typisch voordoen binnen verschillende inrichtingsvormen. Op deze manier kan vooraf een betere inschatting worden gemaakt van de doelgerichtheid en efficiëntie van inrichtingsmaatregelen ter realisatie van de doelstellingen voor elk specifiek gebied.

Elk van de natuurontwikkelingsprojecten ontwikkelen op een specifieke wijze. De resultaten van de monitoring worden hieronder per project samengevat.

Paardenschor

Op het Paardenschor werd globaal gesproken sedimentatie gemeten. Dit wordt ook weerspiegeld in de sedimentsamenstelling: na ongeveer vier jaar waren de aanvankelijk duidelijk grovere sedimenten op het nieuwe, ontwikkelende slik alle fijn en slibrijk. De sedimentatie verliep echter duidelijk sneller in het noordwestelijk deel dan in het zuidoostelijk deel. Deze eerste zone is minder dynamisch en ligt verder van de hoofdafwateringsgeul. Kreeken ontwikkelden zich geleidelijk aan, vooral gestuurd door sedimentatieprocessen terwijl slechts beperkte erosie (insnijding) van de kreekbodems merkbaar was. De kreekontwikkeling bevorderde lokaal wellicht de drainage (vooral in de oeverwal). De sedimentatie vertoonde zeer beperkte tot geen seizoenspatronen. Globaal nam in de NOP-zone en op het voorliggende slik het hellingspercentage af, waarbij het voorliggende slik boller lijkt te worden: steiler wordend bij de laagwaterlijn door minder sedimentatie, terwijl hogerop meer sedimentatie optreedt.

De beoordeling van de aanwezige pollutanten aan de hand van de Triade-waarden vertoont geen verandering doorheen de tijd: de zwaarst vervuilde monsters worden als “matig afwijkend” van de referentie aangeduid, voornamelijk door de aanwezige concentraties aan PCBs, kwik en apolaire koolwaterstoffen. Welke stoffen de grootste vervuiling veroorzaken, blijft doorheen de tijd ook vrij constant. Op basis van de pollutantconcentraties zijn er aanwijzingen voor een ecologisch/ecotoxicologische gradiënt in het natuurontwikkelingsgebied. Een toename aan pollutanten naarmate men verder van de instroomopening en in de punt terecht komt. De bio-beschikbaarheid en dus het potentiële toxicologische effect lijkt ook toe te nemen in deze richting. Deze toxische gradiënt lijkt zich niet te vertalen in een afname in benthosbiomassa.

Het benthos van het Paardenschor wordt gedomineerd door de abundante *Corophium volutator* (57%), *Oligochaeta* (19%) en *Nereis diversicolor* (17%). De relatieve abundantie van de *Oligochaeta* daalde, terwijl de aantallen van *Corophium volutator* en (iets later) *Nereis diversicolor* geleidelijk stegen, al koloniseerden beide soorten het gebied al snel. Qua

biomassa is het belang van de Oligochaeta erg gering – hier domineert *Nereis diversicolor* en in mindere mate *Corophium volutator*. Op een enkele uitschieter na, maakt de densiteit op alle staalnamelocaties een sterk parallelle evolutie door. Na de inrichting van het gebied valt een duidelijke densiteittoename waar te nemen in het hele gebied, niet enkel in de nieuwe, ontwikkelende sites (DO1-3), maar ook in het voorliggende lagergelegen oorspronkelijk slik (DO4-5): meteen na de inrichting is benthische fauna in het nieuwe, ontwikkelende slik quasi afwezig. Deze wordt in zomer en herfst gevolgd door een sterke toename in zowel het herstelde als het oorspronkelijke slik. Na een algemene piek in het najaar van 2004 – een kolonisatie-‘overshoot’ – volgt een terugval, waarna de densiteit min of meer op het zelfde niveau blijft. De biomassa vertoont een gelijkaardig patroon – gestage toename in het nieuwe, ontwikkelende slik tot op een min of meer stabiel niveau – al is hier veel minder sprake van een initiële piek. De aanwezigheid van een densiteitspiek in combinatie met de afwezigheid van een biomassapijk duidt op de aanwezigheid van een groot aantal ‘lichte’ en dus kleine, jonge organismen. Dit is een typisch kenmerk van een jong systeem dat wordt ingepalmd door een groot aantal aan rekruten, gevolgd door een densiteitsdaling maar een geleidelijk asymptotisch biomassaverloop. De beschikbare data laten niet toe na te gaan of deze toename significant is, wat de impact van seizoenspatronen is, noch of ze een teken is van het bereiken van een dynamisch evenwicht dat op het einde van het herstel van het hele gebied duidt, maar dit lijkt mogelijk. In het najaar 2009 merken we lagere densiteiten op voor de lager gelegen DO4 en DO5 in vergelijking met de hoger gelegen DO1-3. Dit lijkt overeen te stemmen met het algemene patroon van intertidale benthische densiteiten in deze zone van de Zeeschelde. De algemeen luwe omstandigheden, gekenmerkt door sedimentatie met fijn slib, rijk aan organisch materiaal, moeten als gunstig worden gezien voor de typische benthische fauna.

Terwijl het Paardenschor vijf jaar na de aanleg nog hoofdzakelijk uit kaal slik bestaat, wordt jaarlijks 3.6% van het slik ingenomen door vegetatie die zich vooral langs de randen en langs de ontwikkelende geulen vestigt. In 2009 bestond de schorvegetatie voornamelijk uit Zeebies (*Scirpus maritimus*) waartussen op de hogere delen Fioringras (*Agrostis stolonifera*) staat en ook Riet (*Phragmites australis*). Lager, in de richting van het kale slik, komen pioniervegetaties voor gedomineerd door Zeeaster (*Aster tripolium*) of Nopjeswier (*Vaucheria* sp.). Op basis van de vegetatiekaarten en vegetatieopnames van de permanente kwadraten kan een successieserie worden opgesteld, met Nopjeswier als kolonisator van kaal slik, waarna achtereenvolgens Zeeaster (*Aster tripolium*), dan Zeebies (*Scirpus maritimus*) en tenslotte de climaxvegetatie met Riet (*Phragmites australis*) domineren. Opvallend is dat al deze successiestadia in de beginfase voorkwamen onafhankelijk van de lokale initiële hoogte. Zo werden ook zones die hoger lagen dan waar men pioniersvegetatie zou verwachten, toch gekoloniseerd door Nopjeswier, Zeeaster, etc. De species turnover is echter hoog en/of de successie verloopt sneller indien de locaties initieel hoog in het getijdenvenster zijn gesitueerd. Op de lagere delen vestigen zich dezelfde pioniers maar verloopt de turnover trager in functie van de heersende morfologische processen. Belangrijk hierin is de mate van drainage. Op goed gedraineerde plaatsen kan kolonisatie en successie namelijk reeds plaatsvinden laag in het getijdenvenster.

Ketenisse

Een vrij duidelijk verschil valt waar te nemen tussen de meer stroomaf (KPabc) en stroomop (KPdef) gelegen zones van het gebied.

De zone KPabc is doorheen de tijd onveranderlijk steil. Op verscheidene locaties, vooral in hoger gelegen zones, wordt erosie gemeten en blijft het sediment grofkorrelig, waardoor ontwikkeling van de benthische fauna en het scheppen van een gunstige uitgangssituatie voor schorvorming uitblijft. De zone is te dynamisch. In de hoger gelegen, door de ingrepen beïnvloede zones van KPdef zijn zeer zwak hellend tot bijna vlak (zelfs iets zwakker dan in

Paardenschor), ten gevolge van onvolledig afgraven van de zomerdijk waardoor de afgegraven zone op het niveau van hoog slik en schor kwam te liggen. De oude zomerdijk fungeert als verdediging van het NOP-gebied. In de zone die boven de dijk gelegen is, wordt sediment afgezet dat fijner is dan het bij aanvang aanwezige moedermateriaal. Zodoende ontstaan laag dynamische zones met fijn sediment, waar de ontwikkeling van benthos en schor kan plaatsvinden. Het voorliggende lager gelegen slik (aan de rivierzijde van de dijkrestanten) is echter hoogdynamisch en staat onder erosiedruk.

De vervuilingsgraad van het sediment is ernstiger dan die van het Paardenschor: waarden die "sterk" afwijkend en zelfs "extreem" afwijken t.o.v. de referentie treden op, voornamelijk ten gevolge van de aanwezige concentraties aan kwik en cadmium. Enkel kwik veroorzaakt twee maal een globale klassebeoordeling als "extreem afwijkend". De meest vervuilde locaties zijn KPd4, KPf1 en (iets minder frequent) KPe5, terwijl op KPb3 slechts eenmalig een "sterk afwijkende" globale beoordeling volgde. Het is opmerkelijk dat deze locaties verspreid liggen in het gebied, al betreft het op KPf1 na allen laag intertidale locaties. Een echt duidelijke verandering in door welke pollutie(engroep) de globale beoordeling bepaald wordt, lijkt niet aanwezig. De laag intertidale locaties vertonen danig hoge pollutieconcentraties dat ze mogelijk toxisch zijn voor macroinvertebraten. De laag intertidale locaties die eroderen vertonen in de tijd een toename in pollutieconcentraties. KPf1 had voor verschillende elementen toxische concentraties bij aanvang van de monitoring. De situatie verbeterde hier in de loop van de monitoringsperiode. Dit correleert met de sedimentatie die is opgetreden op deze locatie.

Het benthos wordt net zoals op het Paardenschor gedomineerd door *Corophium volutator* (44%). Het aandeel van Oligochaeta is echter groter (44%) en dat van *Nereis diversicolor* kleiner (9%). *Corophium volutator* en *Nereis diversicolor* namen vrij snel toe, terwijl de Oligochaeta enigszins afnamen (cf. Paardenschor). Verschillende soorten/taxa binnen de Oligochaeta geven een goede indicatie van de lokale evolutie ter hoogte van de diverse staalnamelocaties: de fauna van de hoogste punten langs de raaien a, b, en c lijkt aan te geven dat hier pas na opslibben een meer abundante fauna zou kunnen ontstaan. Qua biomassa is echter (net zoals in het Paardenschor) het belang van de Oligochaeta erg gering – hier domineren *Nereis diversicolor* en in mindere mate *Corophium volutator* en *Assiminea grayana*. De erosie-gevoelige locaties worden gekenmerkt door armere benthosgemeenschappen. Een hogere hellingsgraad, grofkorreliger sediment en hogere dynamiek lijken zones met soorten- en individuenarm benthos te kenmerken. De benthosdensiteiten in de hogere staalnamelocaties van KPa en b zijn nog enigszins beperkt lager dan die van KPd en e, maar dit verschil (door beperktere aanwezigheid van *Nereis diversicolor*) is duidelijk(er) voor de biomassa. KPc is qua benthos over de hele lijn een zeer arme raai. Terwijl de minder vlakke KPf-raai veelal lage benthosdensiteiten en – biomassa kent, zijn de vlakke delen van KPd en KPe rijk aan benthos en bieden zo meer foerageerpotentieel voor o.m. vogels.

Net zoals het benthos, is ook de vegetatiebestendigheid, -successie en verdere -kolonisatie sterk afhankelijk van de heersende morfologische processen: waar sedimentatie plaatsvindt, treedt progressieve successie op of de ontwikkeling van een meer gedifferentieerde structuur volgens dezelfde successieserie als op Paardeschor, terwijl locaties die eroderen het omgekeerde of regressieve successie vertonen. In zowel het meest stroomafwaartse (Raai A tot C) als het meest stroomopwaartse deel van Ketenisse is de helling te steil en leidt de erosie tot regressieve successie. Enkel net stroomop- en stroomafwaarts van de omdijkte polder is de helling flauw genoeg om sedimentatie toe te laten. Daar voltrekt zich dan ook progressieve successie en wordt kaal slik ingenomen door Nopjeswier (*Vaucheria* sp.), vervolgens Zeeaster (*Aster tripolium*) en Zeebies (*Scirpus maritimus*) en tot slot Riet (*Phragmites australis*).

Paddebeek

De topografie van Paddebeek veranderde weinig sinds de inrichting van het NOP en sedimentatie was er beperkt. Daarbij aansluitend, vertoonde de mediane korrelgrootte geen echt duidelijke trend te vertonen: er blijft ook recent sprake van erratische veranderingen. Hogere concentraties aan organisch materiaal op PA3 dan op PA4 zijn mogelijks gelinkt aan de meer beschutte ligging van de eerste. Of dit zich ook weerspiegelt in de benthosdichtheden, dient nog te worden onderzocht.

De Triade-waarden zijn ook hier over de tijd onveranderlijk. De als "matig afwijkend" aangeduide monsters worden voornamelijk alsdusdanig benoemd door de aanwezige concentraties aan kwik, APKWS en PCBs. Niettegenstaande de onveranderlijke Triade-beoordeling, is de ecologisch/ecotoxicologische toestand voor macroinvertebraten op Paddenbeek verslechterd sinds het inrichten van het natuurontwikkelingsgebied.

In de loop van de tijd vestigde zich een pioniervegetatie op de aangelegde terrassen welke evolueerde naar gevarieerde vegetaties met soorten van droge ruigtes en graslanden op het bovenste terras en een hoger aandeel soorten van natte of vochtige ruigtes op het tweede terras. Tot nu toe werden 140 soorten hogere planten en mossen aangetroffen. De wilgenbussels die gebruikt werden om de terrassen af te boorden zijn weliswaar uitgegroeid tot een struiklaag. Het kale slik dat ontstond tussen de terrassen en de vooroever is gekoloniseerd door pioniersoorten als Nopjeswier (*Vaucheria* sp.), Waterpeper (*Polygonum hydropiper*), Blauwe waterereprijs (*Veronica anagallis-aquatica* subsp. *anagallis-aquatica*), etc. Riet (*Phragmites australis*) koloniseerde net als andere helofyten de pioniersvegetatie en domineert er nu de volledige zone tussen terras en vooroever, op een deel kaal slik na. Verdere successie bleef voorlopig uit. Dit is wellicht enerzijds te wijten aan de geleidelijke ophoging door sedimentatie, maar anderzijds vooral door de heersende hydrologische omstandigheden (grondwater zakt maar heel weinig of niet onder het maaiveld). De aanwezige vooroever topt trouwens de overstromingen enigszins af en beperkt de drainage. De drainage wordt evenwel vooral beperkt door de compactie van de bodem en het storten van bouwpuin. Op de meer dynamische, geëxposeerde locaties, gelegen tussen de Zeeschelde en de vooroever, blijft de vegetatie in een pioniersstadium met Waterpeper en vooral Blauwe waterereprijs.

Heusden

Sedimentatie is beperkt (gemiddeld 10cm over de monitoringsperiode). De sedimentatie is sterk gecorreleerd met de hoogteligging en hierdoor ook de overstromingsfrequentie en -duur. Hierdoor treedt meer sedimentatie op in de laagste delen (c-raai) en minder op de hoogste delen.

De mediane korrelgrootte varieert relatief weinig binnen het hele gebied, als men de najaarsgegevens van 2009 beschouwt. Raaien A en E alsook op een aantal locaties van C en D werd het sediment fijner. Dit correspondeert met sedimentatiegebieden. Raai B, C en D vertonen meer variabiliteit dan A en E.

Ook hier zijn de globale Triade-waarden onveranderlijk: enkel "(matig afwijkend t.o.v. de referentie" werd vastgesteld. De pollutent-specifieke triadeklassen van een aantal zware metalen namen echter af (chromium, lood), terwijl die van een aantal organische pollutenten (PAKs, PCBs, APKWS) toenemen. Er zijn toxische overschrijdingen in Heusden in 2009 voor Cu en PCB. De meetreeks is te kort om patronen te zien in de ecologisch/ecotoxicologische gegevens.

Een heel groot deel van de oligochaeten zijn juveniel en kunnen niet tot op soort gedetermineerd worden (76%). De fauna is echter iets diverser dan bv. die t.h.v. Ketenisse.

De veelal opportunistische soorten van het genus *Limnodrilus* domineren de tot op soort gedetermineerde organismen (55%). In de tijd zien we een gemiddelde geleidelijke toename in densiteit en diversiteit. De soortensamenstelling van de oligochaetenfauna geeft enkele indicaties van de lokale evoluties. Zo verandert deze fauna ter hoogte van HeuB2 in 2007 van een gemeenschap met pionierschortaxa naar een fauna met uitsluitend taxa die kenmerkend zijn voor (verder ontwikkeld) schor. Opvallend op ditzelfde punt zijn de duidelijk (veel) lagere densiteiten dan op HeuC2. Net zoals in HeuB2, lijken ook de densiteiten in HeuC2 sterk te variëren zonder een vooralsnog erg duidelijke trend. De soortensamenstelling is echter steeds diverser dan op HeuB2 en varieert ook sterk in de tijd, met een dominantie van *Limnodrilus* als constante. Het seizoenale patroon en de verandering in dominante van bepaalde soorten zijn vrij goed waarneembaar. De benthische secundaire productie lijkt algemeen vrij duidelijk te zijn toegenomen sinds de inrichting van het gebied. Doordat vele locaties echter overgingen van onbegroeid slik naar schor, vond ook een drastische verandering in habitatskenmerken plaats. Het onbegroeide slik lijkt echter een abundantere benthische fauna te huisvesten dan het nieuw ontwikkelde schor, waar slechts lokaal en eerder 'toevallig' een hogere biomassa en een ietwat hogere densiteit kan worden aangetroffen.

De vegetatieontwikkeling in het natuurontwikkelingsgebied Heusden is het resultaat van het voormalig landgebruik, de voorgeschiedenis van het gebied, de inrichtingsmaatregelen, het hydrologisch regime en de morfologische processen (sedimentatie/erosie). De hogere delen waren in gebruik als grasland of akker, terwijl de lagere bebost waren. Na inrichting van het gebied leidde dit in die lagere delen tot een omgekeerde successie, vertrekkende van de initieel aanwezige climaxvegetatie (wilgenstruwelen en -bossen). De wilgenstruwelen weten echter stand te houden maar door de hoge sedimentatiesnelheden en beperkte drainage is een beperkte kruidlaag aanwezig. De populieren (*Populus x canadensis*) sterven daarentegen wel systematisch af en de kruidlaag die oorspronkelijk uit Bramen (*Rubus* sp.) bestond is omgevormd tot rietland. Vooraleer het gebied definitief onder getijdeninvloed kwam, overspoelde het kort door een accidentele dijkbreuk. Dit leidde tot het afsterven van de bestaande vegetatie en het afzetten van een dunne sliblaag. Op deze dunne sliblaag ontwikkelde zich een soortenrijke pioniersvegetatie met tal van soorten uit de Ganzenvoeten Duizendknoopfamilie (Chenopodiaceae, Polygonaceae). Ook verschillende wilgen vonden een ideaal kiembed in bepaalde delen van het drooggevalen kaal slik. Deze voorgeschiedenis leidde echter tot een divergerende successie. De plaatsen waar wilgen zich hadden gevestigd groeiden verder uit tot wilgenstruwelen met beperkte kruidlaag. Op andere locaties waar wilgen zich niet hadden gevestigd ontwikkelde zich uit de pioniersvegetatie van Waterpeper (*Polygonum hydropiper*) en Zwart tandzaad (*Bidens frondosa*) een door Riet (*Phragmites australis*) gedomineerde vegetatie. De inrichting van het gebied heeft een belangrijke impact op het hydrologisch regime, waarbij de afstand tot de in- en uitwatering en de hoogteligging een invloed heeft op het aantal overstromingen en de drainagediepte. De hogere delen die ver liggen van de in- en uitwatering overspoelen enkel bij springtij en kennen dan slechts een beperkte oppervlakkige drainage. Bij doortij is het aantal overstromingen er beduidend lager en zakt het grondwater er dieper weg. Op deze zones ontstond een gevarieerde helofytengemeenschap die gedomineerd wordt door Watermunt (*Mentha aquatica*) met pioniersoorten als Waterpeper en Zwart tandzaad. Op de laagste zones zonder wilgenstruweel ontwikkelde zich een minder soortenrijke pioniersvegetatie, gedomineerd door Waterpeper en Zwart tandzaad, die in functie van de hydrologie en sedimentatie evolueerde naar een rietvegetatie.

Inhoud

Paardenschor	4
Ketenisse	5
Paddebeek	7
Heusden	7
1. Inleiding.....	12
1.1.1 Omkadering.....	13
2. Materiaal en methode.....	15
2.1 Topografie.....	15
2.1.1 Profielen.....	15
2.1.2 Sedimentatie-erosie-plots	15
2.2 Sediment	16
2.2.1 Granulometrie en organisch materiaal.....	16
2.2.2 Polluenten	17
2.2.2.1 Stalen	17
2.2.2.2 Triade beoordeling.....	17
2.2.2.3 Ecotoxicologische beoordeling	18
2.3 Benthos	19
2.3.1 Macrobenthos	19
2.3.1.1 Staalname.....	19
2.3.1.2 Analyse.....	19
2.3.2 Oligochaeten.....	20
2.3.2.1 Staalname.....	20
2.3.2.2 Analyse.....	20
2.4 Vegetatie	21
3. Paardenschor	23
3.1 Topografie.....	25
3.1.1 Algemeen.....	25
3.1.2 Profiel	26
3.1.3 Sedimentatie-erosie-plots	29
3.1.3.1 Is er sprake van een hoekpunteeffect bij de opmeting van sedimentatie-erosie plots	29
3.1.3.2 Metingen sedimentatie-erosieplots	29
3.2 Sediment	33
3.2.1 Granulometrie.....	33
3.2.2 Organisch materiaal.....	34
3.2.3 Polluenten Triade	35
3.2.4 Polluenten ecotoxicologisch	35
3.3 Benthos	38
3.3.1 Benthos s.s.....	38
3.3.1.1 Soortensamenstelling	38
3.3.1.2 Densiteit en biomassa	40
3.3.2 Oligochaeten.....	42
3.4 Vegetatie	42
4. Ketenisse.....	47
4.1 Topografie.....	51
4.1.1 Algemeen.....	51
4.1.2 Profielen en sedimentatie-erosieplots.....	51

4.1.2.1	KPa	51
4.1.2.2	KPb	52
4.1.2.3	KPc.....	52
4.1.2.4	KPd	53
4.1.2.5	KPe	54
4.1.2.6	KPf	55
4.1.2.7	KPg	56
4.2	Sediment	57
4.2.1	Granulometrie en organisch materiaal.....	57
4.2.2	Polluenten Triade	70
4.2.3	Polluenten ecotoxicologisch	70
4.3	Benthos	74
4.3.1	Benthos s.s.....	74
4.3.1.1	Soortensamenstelling	74
4.3.1.2	Densiteit en biomassa	76
4.3.2	Oligochaeten.....	80
4.4	Vegetatie	83
5.	Paddebeek.....	87
5.1	Topografie.....	89
5.1.1	Profielen en sedimentatie-erosie-plots	89
5.2	Sediment	89
5.2.1	Granulometrie.....	89
5.2.2	Organisch materiaal.....	90
5.2.3	Polluenten Triade	90
5.2.4	Polluenten ecotoxicologisch	92
5.3	Benthos	93
5.4	Vegetatie	93
6.	Heusden	97
6.1	Topografie.....	98
6.1.1	Profielen en sedimentatie-erosie-plots	98
6.1.1.1	HEUa	98
6.1.1.2	HEUb	98
6.1.1.3	HEUc	98
6.1.1.4	HEUd	99
6.1.1.5	HEUe	99
6.2	Sediment	100
6.2.1	Granulometrie en organisch materiaal.....	100
6.2.2	Polluenten Triade	109
6.2.3	Polluenten ecotoxicologisch	110
6.3	Benthos	110
6.3.1	Soortenrijkdom	110
6.3.2	Densiteit en biomassa	114
6.3.2.1	Ruimtelijk (najaarsbemonsteringen)	114
6.3.2.2	Temporeel (frequenter bemonsteringen van HeuB2 en HeuC2).....	115
6.4	Vegetatie	117

7.	Conclusies	122
8.	Referenties.....	124
9.	Kaarten: Ketenisseschor detailkaarten	135
10.	Bijlage : Ketenisseschor sedimentatie-erosie profielen en plots.....	140
11.	Bijlage : Paddebeek sedimentatie-erosie profielen en plots	155
12.	Bijlage : Heusden sedimentatie-erosie profielen en plots	157

1. Inleiding

Met de beslissingen over de actualisatie van het Sigmaplan en de Vlaams-Nederlandse Ontwikkelingsschets 2010 heeft de Vlaamse Regering zich geëngageerd om op korte termijn een enorme stap vooruit te zetten in het ecologisch herstel van het Zeescheldebekken en het realiseren van de Europese instandhoudingsdoelstellingen (IHDs). Een belangrijke uitdaging in het maatregelenpakket van het geactualiseerde Sigmaplan is de realisatie van getijdengebonden natuur, aan de hand van projecten waarbij aanzienlijke oppervlaktes bos- of landbouwgrond worden omgezet in estuariene natuur onderworpen aan een regelmatige overstroming met Schelde water. De maatschappelijke gevoeligheid van deze projecten ligt echter bijzonder hoog en lokale actoren wensen –terecht– duidelijkheid omtrent de slaagkans en de doelgerichtheid van de voorziene estuariene herstelprojecten. Om deze estuariene natuur te realiseren zullen een aantal technieken (bijvoorbeeld dijkverplaatsing, afgravingen, bressen, aantakken of gecontroleerde overstroming) moeten worden toegepast op (locatie)specifieke uitgangssituaties welke nieuw zijn of waarvan goed gedocumenteerde voorbeelden schaars zijn. De vraag rijst naar meer praktische kennis ter zake en demonstratiegebieden.

Voor een goed beleid is het van bijzonder belang dat de gestelde verwachtingen qua biodiversiteit in deze natuurontwikkelingsgebieden worden ingevuld en niet de mist ingaan door inschattingfouten bij de inrichting. Het aantal adaptieve bijstellingen zou minimaal moeten zijn en een aanvaardbare voorafgaande risico-inschatting moet mogelijk zijn.

Inrichtingsvormen zoals gecontroleerde gereduceerde getijdengebieden (GGG) en dijkverleggingen (ontpolderingen) worden ook aan de Europese Commissie gecommuniceerd als maatregelen om de IHDs voor estuariene natuur te verwezenlijken. Het is dus van het grootste belang zoveel mogelijk te kunnen inschatten in hoeverre deze aanpak effectief kan zijn en waar zich nog eventuele knelpunten bevinden.

De evolutie van fysische, chemische en ecologische processen in gebieden met een hersteld getijregime wordt gestuurd door de combinatie en interactie van heersende sleutelfactoren en – processen bij de uitgangssituatie. Veel aspecten zijn hiervan beschreven in wetenschappelijke literatuur (bv. Zedler, 2001). Echter, de combinatie van factoren en processen is uniek voor elk herstelproject, waardoor de evolutie van een geplande maatregel moeilijk voorspelbaar en veralgemeenbaar blijft. Naast literatuurstudie is het dus belangrijk om zoveel mogelijk uitgevoerde maatregelen in zoveel mogelijk vergelijkbare omstandigheden in detail te bestuderen. Analyse van deze waarnemingen, in combinatie met die van estuariene herstelgebieden elders, vormt, naast modellering en *expert judgement*, een onmisbaar onderdeel om praktische inrichtingsuitspraken te kunnen doen.

Het voorbije decennium zijn in de Zeeschelde een aantal kleinschalige estuariene herstelprojecten opgestart. De inrichting van deze gebieden is gestoeld op het principe van het maximaal zelfstructurend vermogen. Ook voor de grotere geplande projecten wordt dit principe in de mate van het mogelijk aangehouden. De juiste uitgangssituatie kiezen gevormd door systeem, gebieds- en ontwerpfactoren is een dus cruciale stap bij de gebiedsinrichting. Deze factoren creëren condities zodat de fysische en chemische processen in de gewenste richting evolueren en er zich levensgemeenschappen vormen in de daaraan aangepaste samenstelling.

De hier bestudeerde kleinschalige natuurontwikkelingsprojecten zijn de ideale onderzoekssites om de inzichten, verkregen door literatuuronderzoek en modelleringen, te toetsen, bij te stellen, te verfijnen en te vervolledigen. Onderzoek van de evolutie van een welgekozen set variabelen moet informatie verschaffen over de kritische ontwikkelingen die zich typisch voordoen binnen verschillende inrichtingsvormen. Op deze manier kan vooraf een betere inschatting worden gemaakt van de doelgerichtheid en efficiëntie van inrichtingsmaatregelen ter realisatie van de doelstellingen voor elk specifiek gebied.

De evolutie in de estuariene herstelprojecten in de eerste jaren na de inrichting werd beschreven in Van den Neucker et al. (2007). Een eerste analyse van de sleutelfactoren en -processen werd beschreven. Uit deze analyse bleek dat de natuurontwikkelingsprojecten Paardenschor, Ketenisseschor en Paddebeek nog in ontwikkeling waren. De evoluties sinds de ontpoldering in Heusden werd nog niet beschreven. Om de verdere ontwikkeling te analyseren en de ontpoldering te Heusden te evalueren werd beslist om een tweede evaluatieproject voor deze herstelmaatregelen uit te voeren. Dit rapport bespreekt de resultaten van het project "Sleutelfactoren en -processen voor herstelmaatregelen van intergetijdengebieden" (post LD1208BC Minafonds, vastleggingsnummer VL NR 80011628), de tweede cyclus in de monitoring van vier estuariene herstelprojecten langs de Zeeschelde.

Slik- en schorgebieden doen er vaak decennia over om identieke levensgemeenschappen te ontwikkelen als referentiegebieden (Craft & Sacco, 2003; Reading et al., 2008; Mazik et al., 2010) en "echt functioneel" te worden.. Dit laatste is natuurlijk een enigszins vaag begrip. De beoordeling van de functionaliteit hangt af van de gestelde doelstelling. De functionaliteit als foerageergebied voor vogels kan zo bijvoorbeeld perfect voldaan zijn, ook al is de benthosgemeenschap sterk veranderd en eventueel minder divers geworden. Dus evaluatie en beoordeling zijn afhankelijk van de gestelde doelstellingen.

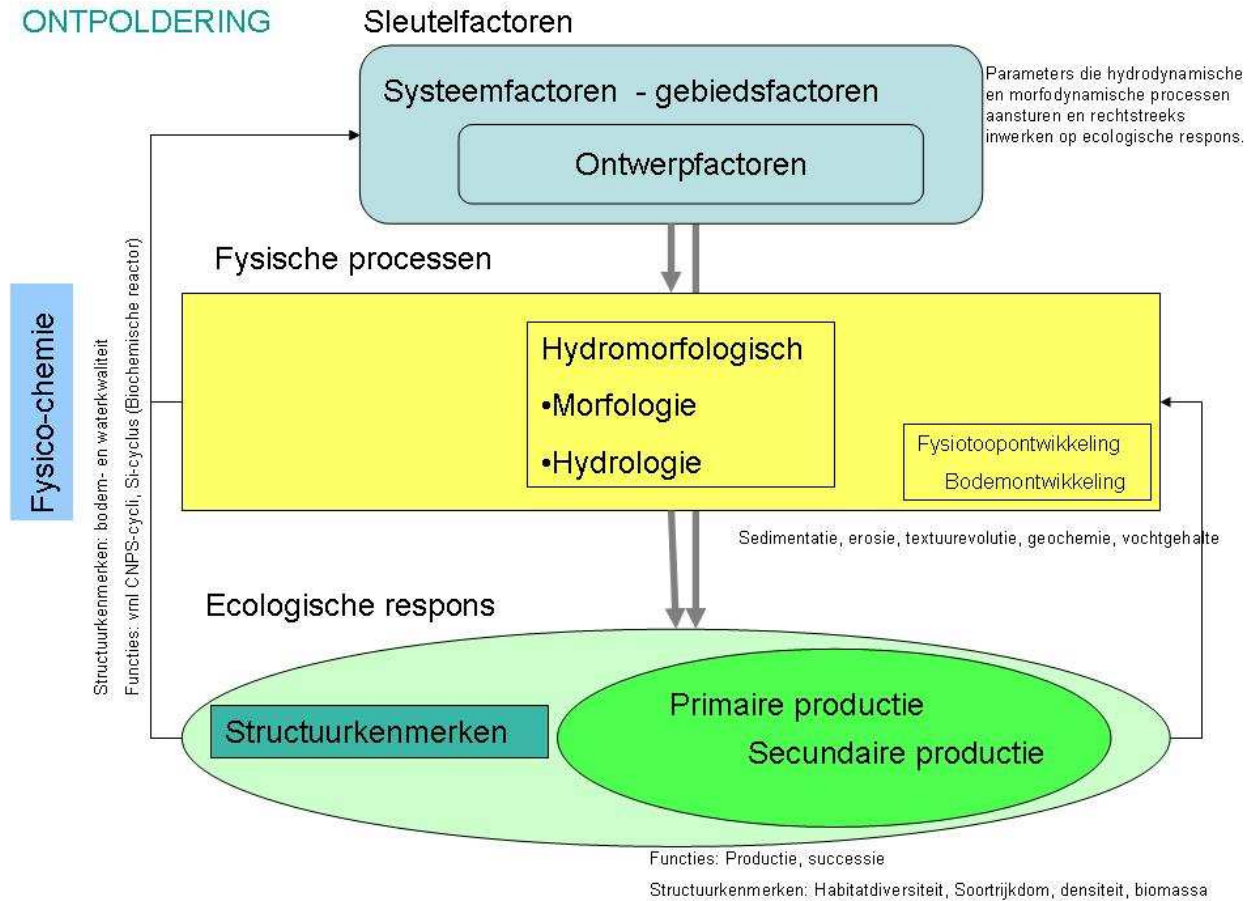
1.1.1 Omkadering

Sleutelfactoren, processen en functionele respons bij herstel van het getijregime

De voornaamste sleutelfactoren werden op basis van een literatuurstudie over herstelprogramma's wereldwijd geselecteerd (van Oevelen *et al.*, 2000; Mertens & Van den Bergh, 2006; Zedler, 2001). De relatie tussen sleutelfactoren, processen en ecologische respons van fauna en flora is vereenvoudigd weergegeven in Figuur 1-1.

De sleutelfactoren worden bepaald door lokale systeemeigenschappen en door het ontwerp van het natuurontwikkelingsgebied (plaats van het gebied langsheen het estuarium, historiek, fysische dimensies, topografie en geologie). Deze factoren spelen op elkaar in en dicteren de randvoorwaarden van de uitgangssituatie van elk herstelproject. Ze sturen de fysische processen in het gebied (sedimentatie, erosie, bodemdaling) waaruit onder meer kreekontwikkeling, bodemontwikkeling en veranderingen in het kombergend vermogen volgen. Ze lokken een ecosysteemrespons uit, die de structuurkenmerken van een gebied boetseert, en ecosysteemfuncties (processen over de tijd) vervult (Zedler & Lindig-Cisneros, 2001). De voornaamste structuurkenmerken zijn bodemtextuur, biogeochemie, habitatontwikkeling en een soortrespons (soortenaantal, densiteit/bedekking, biomassa). De voornaamste ecosysteemfuncties zijn de biochemische reactorfunctie, primaire en secundaire productie. Biotiek en abiotiek beïnvloeden elkaar constant in een veranderlijk milieu waarbij telkens opnieuw dynamische evenwichtssituaties gevormd worden. Als er wijzigingen optreden voor één van de sleutelfactoren of processen, dan zal de ontwikkeling zich naar verhouding aanpassen, zelfs in een gebied in dynamisch evenwicht. Ingrijpen in de ontwikkeling van het gebied kan door de ontwerpafhankelijke factoren adaptief te beheren. Het ontwerp van de herstelprojecten langs de Zeeschelde en de keuze van de opgevolgde variabelen in de monitoringsprogramma's zijn gebaseerd op dit verwachte relatiepatroon.

ONTPOLDERING



Figuur 1-1: Onderlinge samenhang van de sleutelfactoren, fysico-chemie, fysische processen en ecologische respons bij een natuurontwikkelingsproject in het Schelde-estuarium.

2. Materiaal en methode

2.1 Topografie

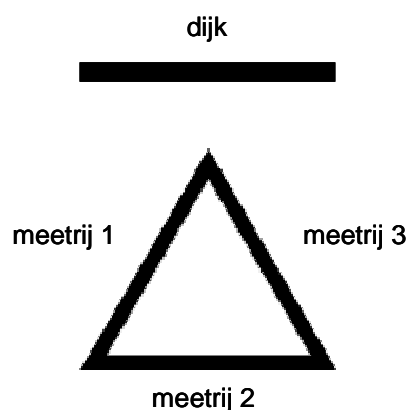
2.1.1 Profielen

Hoogteprofielen zijn opgemeten met behulp van een niveaumeter (tot eind 2006) of Trimble RTK-GPS (vanaf 2006). De niveaumeter heeft een nauwkeurigheid van 1-2 cm (z-coördinaat), de Trimble GPS van 2-3 cm op niet herhaalde metingen voor zowel de x-, y-, als z-coördinaat. Bij het opmeten van een klifrand in het meest stroomopwaarts gelegen deel van Ketenisseschor werd ook een theodoliet gebruikt. Dit is een hoekmeetinstrument met eveneens een nauwkeurigheid van 1 tot 2cm voor zowel x-, y-, als z-coördinaat. Sinds 2007 wordt hiervoor ook de RTK-GPS gebruikt. De opmetingen gebeuren door de veldwerker op een zo recht mogelijke lijn net naast de sedimentatie-erosieplots om de 5-10m een meting te laten uitvoeren.

Omdat de lijn waarop gelopen wordt niet perfect is en de tussenafstanden variëren worden alle metingen achteraf geprojecteerd op 1 rechte profiellijn (ArcGIS). De onderlinge afstand tussen elk van de punten werd cumulatief berekend ten opzichte van een referentiepunt op de dijk.

2.1.2 Sedimentatie-erosie-plots

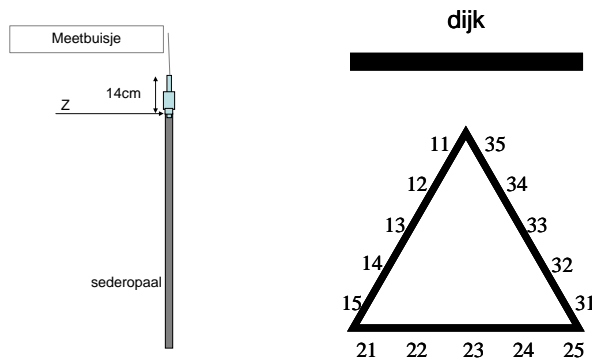
Sedimentatie-erosieprocessen werden op elke staalnamelocatie (sediment, benthos) opgevolgd door middel van vaste sedimentatie-erosie (sederop)plots (Figuur 2-1). Elke plot bestaat uit drie 1.5m lange buizen waarvan de onderste helft bestaat uit ijzer (zodat de buis vastroest in het sediment) en de bovenkant uit inox. Voor de nieuwe buizen is gekozen voor volledige inox buizen maar met ijzeren vleugels die vastroesten. Op deze manier hopen we dat op erosiezones de sedimentatieplots langer blijven rechtstaan (geen roestverschijnselen). De buizen staan in een gelijkzijdige driehoek in het slik verankerd en vormen op deze manier een referentievlak. Met behulp van een meetrij worden telkens twee buizen met elkaar verbonden en wordt elke 20cm de afstand tot het slik gemeten.



Figuur 2-1. Sederopplot met meetrij en schematische voorstelling van de oriëntatie ten opzichte van de dijk.

Elke zijde van de meetplot is 1.50m lang (de meetrij die op de plot geplaatst wordt is 1.70m lang), op een afstand van 25cm van de sederopaal is om de 10 cm is een meetbuisje voorzien. In deze

opening past een vouwmeter (nauwkeurigheid 1 mm). Er wordt gemeten van de bovenkant van het buisje tot op het sedimentoppervlak. Er is een minimale meting van 14cm (lengte meetbuisje). Voor de NOP-sedimentatie-erosieplots wordt elk even meetbuisje opgemeten. Dit betekent dus een meting om de 20 cm afstand, 5 meetpunten per meetrij, eerste meetpunt op 35cm van de sederopaal. De punten worden steeds in vaste volgorde opgemeten (meetrij 1-2-3). In totaal bekomt men dus per sederoplot 15 metingen (nauwkeurigheid 1mm) (Figuur 2-2). Bij aanhoudende sedimentatie komen uiteindelijk de meetpalen teveel in het sediment te zitten waardoor het nodig is om opzetstukjes te plaatsen. Deze zijn 30cm lang.



Figuur 2-2. Sedimentatie-erosieplot. Schema erosieplot van opzij bekeken en van bovenuit met de codering van de meetpunten.

De sederoplots worden gegeorefereneerd met behulp van RTK-GPS op de paal dichtst bij dijk (xyz), de inmeting gebeurt door de RTK-GPS-paal op de sederopaal te plaatsen, de pin valt hierdoor 5cm in de paal (dit dient in rekening gebracht te worden bij de TAW omzetting van de sederoplots), de andere palen hebben door waterpasplaatsing eenzelfde z-waarde.

2.2 Sediment

2.2.1 Granulometrie en organisch materiaal

Sedimentstalen werden verzameld met een inox steekbuis (diameter 2cm). Ten behoeve van granulometrie en bepaling van het percentage organische stof werden twee diepte fracties van het sediment bemonsterd: telkens werden drie replica's genomen tot op 1cm en één replica tot op 10cm diepte. De staalnamefrequentie staat weergegeven in de tabel aan het begin van het hoofdstuk van elk gebied.

De stalen werden geanalyseerd met een Malvern Mastersizer S, een toestel dat de korrelgrootteverdeling bepaalt door middel van laserdiffractie. Als belangrijkste outputvariabelen gelden de mediane korrelgrootte (D_{50}) en het slibgehalte (percentage van het staalvolume dat een korrelgrootte heeft die kleiner is dan $63\mu\text{m}$).

Het organische stofgehalte van het sediment werd bepaald door een hoeveelheid sediment te drogen (bij 105°C tot constante massa), te wegen en vervolgens gedurende 2 uur te verassen bij 550°C . Het bekomen verlies aan massa ten gevolge van het verbranden van de organische component, werd uitgedrukt als percentage van de oorspronkelijk droge massa van het deelmonster.

2.2.2 Polluenten

2.2.2.1 Stalen

Sedimentstalen voor fysisch-chemische analyse werden verzameld met een steekbuis (diameter 3.5cm) tot op een diepte van 10cm. Telkens werd een mengmonster gemaakt van vijf replica's rond een bepaald punt. De staalnamefrequentie staat weergegeven in de tabel aan het begin van het hoofdstuk van elk gebied.

De stalen werden geanalyseerd door het Provinciaal Instituut voor Hygiëne (PIH, Antwerpen). Voor alle stalen werden de concentraties aan zware metalen (arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel en zink) en organische contaminanten (apolaire koolwaterstoffen, extraheerbare organohalogenen, organochloorpesticiden, polychloorbifenylen en polyaromatische koolwaterstoffen) bepaald. De analyseprocedures verliepen volgens het Compendium voor Monsterneming en Analyse (CMA), een bundel van monsternemings- en analysemethoden, opgesteld door de VITO in opdracht van de OVAM.

Naast de concentraties aan contaminanten, werden ook het lutumgehalte en het percentage organische stof bepaald. Het lutumgehalte wordt uitgedrukt als percentage gemineraliseerde stof. Lutumbepaling wordt uitgevoerd na zeven over 2mm en verwijdering van cementerende materialen zoals carbonaten, organisch materiaal, oxiden en opgeloste zouten. Het percentage organische stof werd berekend uit het Totaal Organisch Koolstof (TOC) uitgedrukt in g/kg droge stof (DS) met de volgende formule: $(TOC/10) * 1.724$.

2.2.2.2 Triade beoordeling

Door de mogelijke variaties ten gevolge van de fysische eigenschappen van de sedimentdeeltjes, is het moeilijk om de concentraties aan contaminanten tussen verschillende locaties met elkaar te vergelijken (Ladd et al., 1998). Om de milieuhygiënische kwaliteit van het sediment te beoordelen, werd daarom gebruik gemaakt van het fysisch-chemische luik van de Triademethode, een beoordelingsstelsel waarmee finaal een kwaliteitsklasse aan het sediment wordt toegekend (Tabel 2-1). Hierbij wordt de kwaliteit van de waterbodem gerelateerd aan een referentietoestand door middel van omrekeningsformules (standaardisatie voor zware metalen t.o.v. klei (11%) en organische stof (5%) en organische microcontaminanten t.o.v. organische stof (5%)). Deze normalisatie reduceert de variatie in concentraties ten gevolge van variatie in sedimentkarakteristieken tussen de staalnamepunten. De Triade-referentiewaarden werden bepaald uit het geometrische gemiddelde van 12 geselecteerde referentielopen in Vlaanderen. Op deze locaties kwam een, op basis van de Biotische Sediment Index beoordeelde, goede macro-invertebratenpopulatie voor en werden geen toxische effecten waargenomen nadat de standaardisatie t.o.v. klei en organische stof gebeurde. (de Deckere et al., 2001).

Tabel 2-1: Betekenis (afwijking t.o.v. referentie) van Triade-klassen.

LogIndex	Klasse	Betekenis
0 - < 0.4	1	Niet afwijkend
0.4 - < 0.8	2	Licht afwijkend
0.8 - < 1.2	3	Matig afwijkend
1.2 - < 1.6	4	Sterk afwijkend
1.6 - < 2.0	5	Extreem afwijkend

De chemische variabelen die gebruikt worden voor de berekening van de fysisch-chemische toestand van het sediment zijn lutumgehalte, percentage organische stof, apolaire koolwaterstoffen (APKWS), extraheerbare organohalogenen (EOX), som van de organochloorpesticiden (OCP), som van 7 polychloorbifenylen (PCB), som van 6 polyaromatische koolwaterstoffen van Borneff (PAK) en zware metalen (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Hg, Zn en As).

De hoogste van alle klassen wordt de globale klasse of eindklasse van het staal. Maar, wanneer de concentraties van ten hoogste twee variabelen kleiner zijn dan het midden van die klasse, krijgt het staal een lagere eindklasse.

2.2.2.3 Ecotoxicologische beoordeling

De Triade-referentiewaarden zijn nauwelijks ecologisch of ecotoxicologisch onderbouwd, waardoor de Triade-classificatiemethode slechts in beperkte mate bruikbaar is om de gezondheid van een ontwikkelingssite te beoordelen. Op basis van de Waterbodembank (VMM) werd een eerste aanzet gemaakt tot het opstellen van ecologisch onderbouwde kwaliteitsdoelstellingen voor Vlaamse waterbodems (Leloup et al., 2006).

Ecologisch onderbouwing werd uitgewerkt door de bepaling van de LEL (Lowest Effect Level) en SEL (Severe Effect Level) waarden. LEL en SEL zijn SECs (Sediment Effect Concentration) die berekend worden met behulp van abundanties van macroinvertebraten. LEL is het gehalte van een contaminant waarbij 95% of meer van de macroinvertebratenpopulatie kan voorkomen, SEL is het gehalte van een contaminant waarbij slechts 5% of minder van de macroinvertebratenpopulatie nog kan voorkomen.

De ecotoxicologische onderbouwing werd uitgevoerd op basis van de TEL (Threshold Effect Level) en PEL (Probable Effect Level) waarden. TEL en PEL zijn SEC's die berekend worden aan de hand van de resultaten van ecotoxiciteitstesten. De TEL-waarde is het gehalte waarbij geen ecotoxicologisch effect verwacht wordt, de PEL waarde is het gehalte waarbij zeer waarschijnlijk wel een effect verwacht wordt (Leloup et al., 2006).

Uit de bekomen ecologische en ecotoxicologische waarden werd een consensuswaarde bepaald. Deze zijn voor consensuswaarde 1 het gemiddelde van LEL en TEL en voor consensuswaarde 2 het gemiddelde van PEL en SEL. Er worden verschillende klassen onderscheiden volgens het % klei in het sediment: < 10% klei (zandbodem), 10-30% klei (fijn zand – leem) en > 30% klei. Door de toenemende beschikbaarheid van pollutanten in meer zandige bodems wordt verwacht dat de LEL en SEL zullen toenemen met dalende korrelgrootte. Per bodemtype kan bij gehalten onder de 'consensuswaarde 1' gesproken worden van een "goede ecologische kwaliteit" waar 95% van de nu aangetroffen taxa in de Vlaamse waterbodems kan voorkomen en waar geen ecotoxicologisch effect valt te verwachten. Consensuswaarde 2 wordt voorgesteld als interventiewaarde: hier kan slechts 5% van de aangetroffen taxa in de Vlaamse waterbodems voorkomen en worden vrijwel zeker ecotoxicologische effecten verwacht (Leloup et al., 2006).

Een aantal belangrijke bemerkingen op deze methodiek zijn de beperkte basisdata uit de brakwaterzone en het feit dat de grenzen bepaald zijn op basis van de momenteel voorkomende macro-invertebraten. Hierdoor zijn de gestelde pollutantconcentratiegrenzen voor zeldzamere (momenteel afwezige) soorten mogelijk te hoog. De consensuswaarden zijn eveneens niet gecorrigeerd voor saliniteit, één van de bepaalde variabelen voor de biobeschikbaarheid in estuaria. Naarmate de saliniteit toeneemt, neemt de biobeschikbaarheid van zware metalen immers af (McLusky et al., 1986; Dauvin, 2008).

Kenmerken dataset Polluenten:

- Aantal pollutanten bepaald per plot per datum = 13
- Aantal staalnames = 169
- Aantal pollutantbepalingen (13*169= 1669 waarvan enkele analyses vervielen)
- 4 Natuurontwikkelingsgebieden (NOPs)
- 36 staalnamepunten

- Ongelijk aantal staalnames per staalname punt – enkele intensievere punten; aantal punten waar slechts 1 keer analyse van gebeurde.

Om de kwaliteit van de bodems van de natuurontwikkelingsgebieden na te gaan werd op basis van de berekende consensuswaarden (Leloup et al., 2006) voor iedere individuele pollutant per plot nagegaan voor welk percentage de concentratie zich onder consensuswaarde 1 bevond (klasse 1), tussen consensuswaarde 1 en 2 (= klasse 2) en boven consensuswaarde 2 (= klasse 3) bevond.

De pollutanten in rekening gebracht zijn dezelfde als deze bepaalt voor de Triade-methode met uitzondering van de OCP's waarvoor slechts voor 3 pollutanten richtwaarden voorhanden zijn (44DDD, 44DDE en HCBz).

2.3 Benthos

Het benthos is de ongewervelde fauna die in en geassocieerd met de bodem leeft. In de context van deze studie werd enkel de zogenaamde infauna bestudeerd: de fauna die in de bodem leeft. Zoals gebruikelijk bij de studie van benthos in zoutere milieus, wordt hierbinnen veelal het macrobenthos bestudeerd, wat de fauna is die niet door een zeef met maaswijdte 1mm gespoeld wordt. In de context van deze studie van brak tot zoete getijdengebieden is deze maaswijdte echter minder geschikt. Hoe zoeter de zone, hoe meer de infauna namelijk gedomineerd wordt door Oligochaeta (borstelarme borstelwormen). Omdat deze diergroep min of meer tussen het macrobenthos en het kleinere meiobenthos inzit, werd gekozen om deze fauna te bestuderen met een fijnere zeef van 250µm. Zodoende bekomt men 2 benthosstaaltypes: (1) een staal voor benthos s.s. en (2) een staal voor Oligochaeta.

Stalen van het tweede type werden in alle onderzochte gebieden genomen, terwijl stalen van het eerste type enkel nuttig zijn voor het brakke getijdengebied van de Zeeschelde (Paardenschor en Ketenisse).

2.3.1 Macrobenthos

Zoals gezegd, wordt dit staaltype enkel verzameld in de brakke zone van de Zeeschelde, dus op de gebieden Ketenissepolder en Paardenschor.

2.3.1.1 Staalname

De benthosstalen werden genomen met een inox buis (diameter 4.5cm) tot op een diepte van 30cm. Op elke locatie werden 15 replica's genomen. De stalen werden gefixeerd in een 7% geneutraliseerde formaldehydeoplossing. De staalnamefrequentie staat weergegeven in de tabel aan het begin van het hoofdstuk van elk gebied.

2.3.1.2 Analyse

In het laboratorium werd elke replica gezeefd over 1mm. Daarna werden de replica's gekleurd met 0.002% Bengaals roze in een 7% geneutraliseerde formaldehydeoplossing. De organismen werden met behulp van een stereomicroscop uitgezocht, gedetermineerd en geteld. Aangezien wormen vaak gefragmenteerd zijn, werden enkel stukken met koppen meegeteld. Polychaeta, Crustacea en Mollusca werden gedetermineerd tot op soortniveau. Oligochaeta en Nemertini werden niet op naam gebracht en insectenlarven werden gedetermineerd tot op familieniveau. Insecten kunnen in principe niet tot het benthos gerekend worden, ondermeer omdat ze slechts een deel van hun levenscyclus in de bodem doorbrengen. Insectenlarven werden echter wel in deze studie opgenomen, omdat ze door hun levenswijze en/of voedselvoorkeur informatie kunnen leveren over de evolutie van de herstelsites.

Ter bepaling van de biomassa werden de organismen eerst gedurende 12 uur gedroogd bij een temperatuur van 105°C. Daarna werden ze gedurende 2 uur verast bij een temperatuur van 550°C. Het verschil tussen het gewicht van de organismen na droging en het gewicht na verassing geeft het asvrij drooggewicht (AFDW).

Zowel de waarden van de biomassa als die van de aantallen werden gestandaardiseerd naar densiteiten per vierkante meter.

2.3.2 Oligochaeten

Oligochaetenstalen worden zowel in de brakke als in de zoete zone van de Zeeschelde genomen.

2.3.2.1 *Staalname*

Oligochaetenstalen werden genomen met een inox buis (diameter 3.5cm) tot op een diepte van 10cm. Op elke locatie werden vier of vijf replica's genomen. De stalen werden gefixeerd in een 7% geneutraliseerde formaldehydeoplossing. De staalnamefrequentie staat weergegeven in de tabel aan het begin van het hoofdstuk van elk gebied.

2.3.2.2 *Analyse*

In het laboratorium werden telkens drie replica's geanalyseerd. Elke replica werd gezeefd over 1mm(, soms 500µm) en 250µm. De kleine fractie werd gekleurd met 0.002% Bengaals roze in een 7% geneutraliseerde formaldehydeoplossing. Het benthos in de oligochaetenstalen werd met behulp van een stereomicroscop uitgezocht, gedetermineerd en geteld. Van de Oligochaeta werden per fractie maximaal 50 exemplaren op preparaat gebracht en vervolgens gedetermineerd. Achteraf werd er omgerekend naar het volledige staal. Determinatie van Oligochaeta gebeurde al dan niet na opklaren met glycerine of levulosesiroop. Oligochaeta, Polychaeta, Mollusca en Crustacea (behalve Copepoda en Ostracoda) werden gedetermineerd tot op soortniveau. Nematoda en Myriapoda werden niet op naam gebracht en insectenlarven werden gedetermineerd tot op familieniveau.

Oligochaeta van de familie Tubificidae zijn meestal slechts op soort te brengen als ze volgroeid (adult en/of reproductief) zijn. Juveniele Tubificidae worden daarom ingedeeld onder 'Tubificide met haren' en 'Tubificide zonder haren'. De 'haren' verwijzen naar de haarchaetae op de segmenten. Juveniele Oligochaeta waarvan niet duidelijk was of ze tot de Tubificidae of de Naididae behoren, worden aangeduid als 'Oligochaeta sp.'.

Voor Heusden werd de biomassa bepaald zoals voor de benthosstalen. Voor de overige gebieden werd een lengte-biomassaregressie gebruikt. Hiertoe werden voorafgaand regressies opgesteld tussen de breedte van een voorste lichaamsegment en de biomassa van het individuele organisme. Dit gebeurde voor de meest courante soorten.

De aantallen en biomassa werden omgerekend naar aantallen per vierkante meter.

2.4 Vegetatie

In de verschillende natuurontwikkelingsgebieden vatte de monitoring van de vegetatieveranderingen aan het groeiseizoen na het beëindigen van de inrichtingswerken. De monitoring gebeurt met behulp van permanente kwadraten (PQ's) welke zijn afgebakend langs raaien loodrecht op de dijk of waterlijn en door middel van vegetatiekaarten. Het aantal raaien en permanente kwadraten varieert in functie van de grootte van de verschillende gebieden (Tabel 2-2).

Jaarlijks in de zomer worden vegetatieopnames gemaakt van de permanente kwadraten in Paddebeek en Heusden LO. Hiervoor wordt de decimale schaal voor permanente kwadraten van Londo gebruikt (Londo 1976). Paardenschor en Ketenisse worden in de nazomer bemonsterd (Tabel 2-3).

Van de verschillende gebieden zijn vegetatiekaarten gemaakt. Ofwel zijn hiervoor gebiedsdekkende luchtfoto's aangewend (in Tabel 2-4 weergegeven als ortho) en is de fotogeleide veldmethode (photo-guided field survey) (Küchler & Zonneveld 1998) toegepast of is gebruik gemaakt van een theodoliet (in Tabel 2-4 weergegeven als theo). Met behulp van een theodoliet (Wild Leitz TC1600) zijn de grenzen tussen de verschillende vegetatietypes ingemeten (planimetrisch, altimetrisch), waarna de puntenkaart is omgezet in een polygonenkaart binnen een GIS omgeving (ESRI® ArcMap™ 9.3). Deze laatste methode is slechts toegepast op delen van de natuurontwikkelingsgebieden.

Van de vegetatiekaarten zijn vervolgens rasters gemaakt met een celgrootte van 2 x 2m. Vergelijking van de overeenkomstige rastercellen laat toe om veranderingen in de vegetatie na te gaan op basis waarvan een transitie- of Lesliematrix is opgesteld.

In de zomer van 2007 zijn hyperspectraalbeelden gemaakt van het hele Zeeschelde-estuarium (incl. natuurontwikkelingsgebieden), waarvan op basis van teledetectietechnieken een vegetatiekaart is gemaakt (in Tabel 2-4 weergegeven als *ortho**) (Bertels et al. 2008).

Ieder najaar wordt eveneens de hoogte ingemeten met behulp van een RTK-GPS (Trimble 5800) en theodoliet. Verspreid langs de Zeeschelde zijn op de schorren grond- en oppervlaktewaterniveaus opgemeten, zo ook in Paddebeek en Heusden LO. Een peilbuis is geplaatst waarin een druksensor (Divers®) wordt opgehangen die om de 5 minuten de waterdruk opmeet welke vervolgens kan omgerekend worden naar waterniveaus. Minstens gedurende een volledige doortij-springtijcyclus is er gemeten.

Tabel 2-2: Aantal raaien en permanente kwadraten in de verschillende gebieden.

Schor	Raaien	PQ's
Paardenschor	4	14
Ketenisse	11	38
Paddebeek	4	13
Heusden LO	5	16

Tabel 2-3: Periode wanneer vegetatieopnames van de PQ's zijn gemaakt (x geen opnames).

Schor	Jaar						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Paardenschor	x	x	okt.	sept.	okt.	okt.	sept.
Ketenisse	sept.-okt.	okt.	okt.	sept.	okt.	okt.	sept.
Paddebeek	x	juli	aug.	aug.	aug.	aug.	aug.
Heusden LO	x	x	x	sept.	aug.	aug.	aug.-sept.

Tabel 2-4: Overzicht van de beschikbare vegetatiekaarten van de verschillende gebieden met weergave van het jaar en de gebruikte methode (x: gebiedsdekkende kartering, (x): gedeeltelijke kartering).

Jaar	Methode	Schor			
		Paardenschor	Ketenisse	Paddebeek	HeusdenLO
2003	ortho theo		x (x)		
2004	ortho theo		x (x)		
2005	ortho theo	x	x	x	
2006	ortho theo	x		x	
2007	ortho* theo	x	x	x	x
2008	ortho theo				
2009	ortho theo	x			

3. Paardenschor

Het voormalige Paardenschor was gelegen langs de linkeroever van de Schelde, net stroomopwaarts het schor van Ouden Doel. In de jaren '60 werd het opgehoogd voor de bouw van de kerncentrale van Doel. Het noordelijk gedeelte van dit opgespoten gebied bleef onbebouwd en werd in de jaren '80 ingedijkt met een Sigmadijk op 11mTAW. Dit gedeelte van het Paardenschor werd hersteld als compensatie voor de strook brak schor die bij de aanleg van het Deurganckdok vernietigd werd. Het gebied werd afgegraven met een flauwe helling tussen 5mTAW en de hoogte van het voorliggende slik, zodat een goede uitgangssituatie voor de belangrijkste schorvormende processen (sedimentatie, de vorming van een functioneel krekpatroon, organische aanrijking van de bodem en de kolonisatie door fauna en flora) gecreëerd werd (Van den Bergh, 2002). Aansluitend op de dijk achter het schor van Ouden Doel werd een nieuwe dijk op Sigmahoogte (11mTAW) aangelegd. De oude Sigmadijk werd afgegraven. De werken gingen van start in februari 2003 en werden beëindigd in april 2004.

De gemiddelde getijamplitude ter hoogte van het Paardenschor bedraagt 5.13m en de getijdencyclus is er nagenoeg symmetrisch. Het Paardenschor bevindt zich in de mesohaliene zone van de Zeeschelde, met een saliniteit die schommelt rond 5.87‰. Het afgegraven gebied heeft een oppervlakte van 12ha en heeft de vorm van een driehoek. Omdat de voorliggende strook van het Schor van Ouden Doel gespaard bleef is de opening naar het estuarium beperkt en heeft het gebied de kenmerken van een ontpoldering door dijkdoorbraak. Bij de oplevering van de werken was het volledige gebied onbegroeid slik. In Tabel 3-1 wordt een overzicht gegeven van de sturende variabelen op het Paardenschor.

Tabel 3-1: Sturende variabelen op het Paardenschor.

Primaire sleutelfactoren	
afstand tot de monding (km)	57,3
Saliniteit (‰)	5,87
Getijamplitude (GLLW-GHHW in m)	6,62
Tijd sinds herstel (maanden)	30
Oppervlakte heringericht gebied (ha)	12
Vormindex (-)	4
Oriëntatie t.o.v. kust (5 klassen tussen 0° en 90°)	1
Absolute dimensies doorbraak (m)	190
Relatieve dimensies doorbraak (m/ha)	15,8
Initiële hoogteligging (mTAW)	5,04
Helling (%)	0,3
Sedimentsamenstelling (µm)	320,5
Drainering (m sloot/ha)	0
Secundaire sleutelfactoren	
Getijuitwisseling (%)	100
Relatieve overstromingsfrequentie (%)	62
Max. afstand tot doorbraak (m)	249



Figuur 3-1. Overzichtkaart Paardenschor met locatie van de opmetingen. Orthofoto van januari 2009.

In Tabel 3-2 worden de verzamelde en beschikbare gegevens, aanvullend aan Van den Neucker et al. (2007), samengevat.

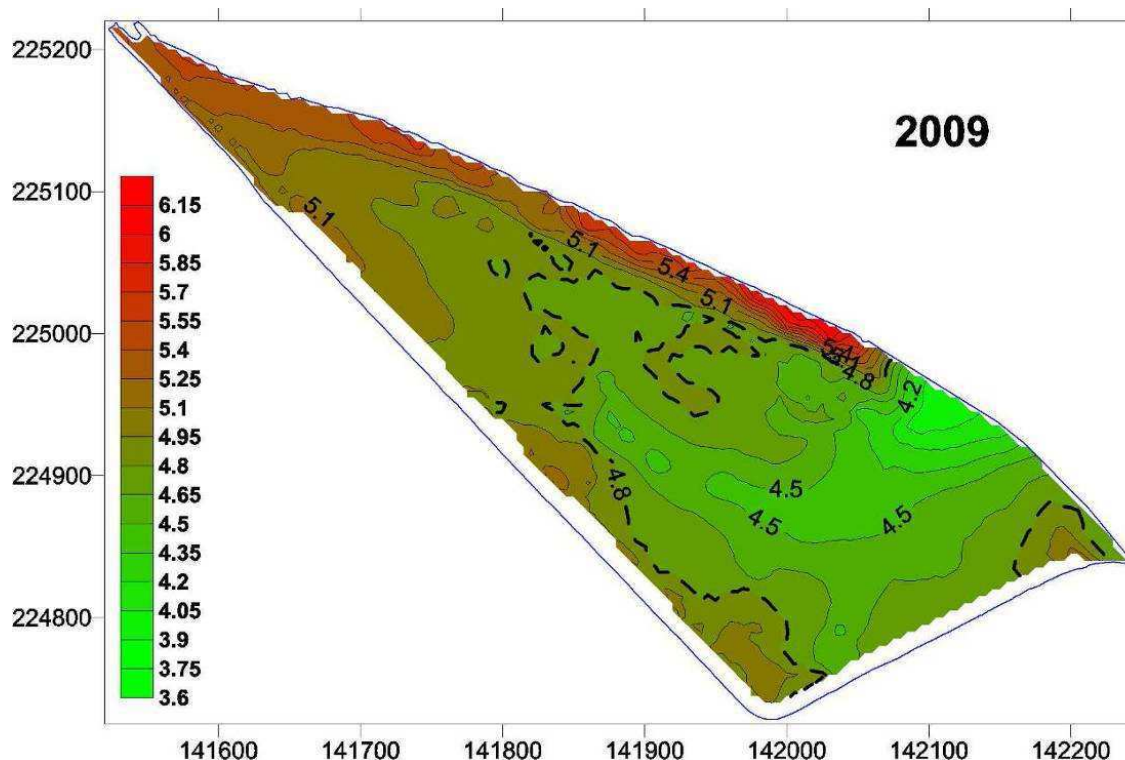
Tabel 3-2: Overzicht van de verzamelde gegevens vanaf 2007 - Paardenschor. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar; ?: nog op te lijsten.

	mrt/07	jun/07	okt/07	mrt/08	sep/08	okt/08	sep/09	okt/10
Sediment								
Granulometrie & organische stof	sv	sv	sv	sv	s		sv	s
Fysicochemie	sv		sv		sv		sv	s
Geomorfologie								
Sederplots	sv	sv	sv	sv	sv		sv	s
Profielmetingen	sv	sv	sv	sv	sv		sv	s
Vegetatie								
Kartering	2007 en 2009							
PQ's			sv			sv	sv	
Bodemdieren								
Benthos	s		s	s	sv		sv	s
Oligochaeta	s	s	s	s	s		s	s
Avifauna	onregelmatig maar veelal tientallen keren per jaar							

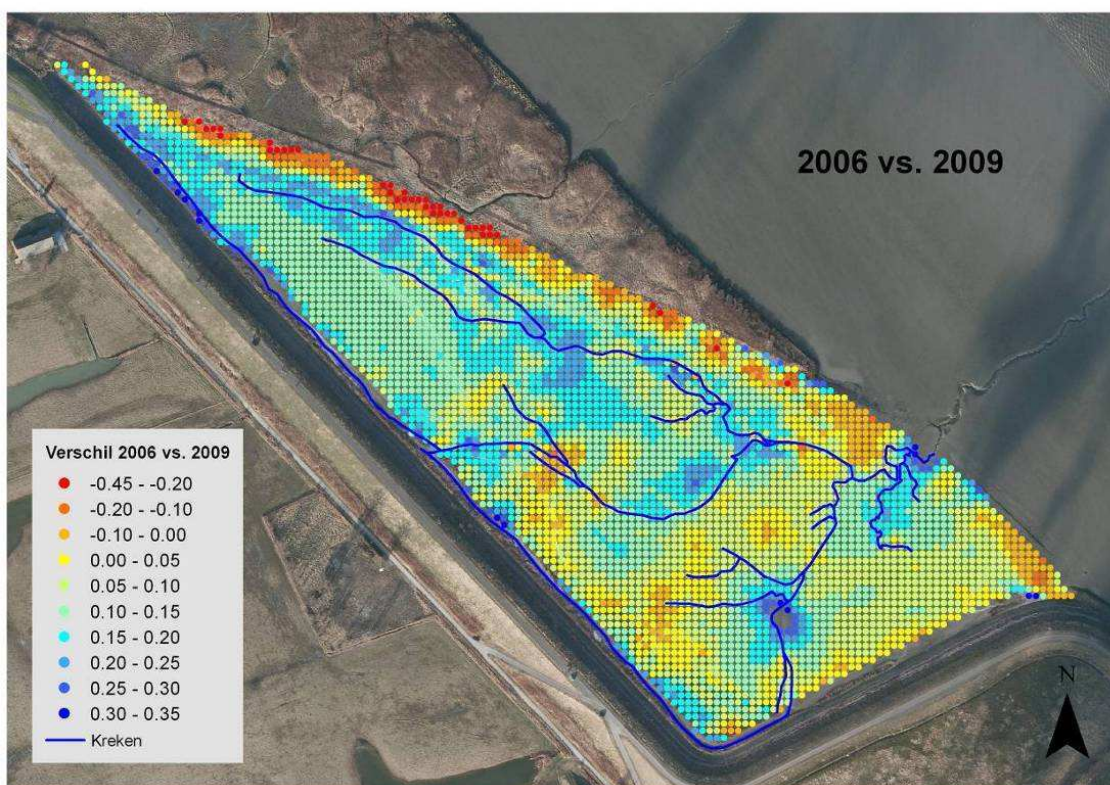
3.1 Topografie

3.1.1 Algemeen

De algemene patronen van sedimentatie werden beschreven in Spanoghe et al. (2010). Een gemiddelde sedimentatie van 10.1 cm werd berekend tussen 2006 en 2009 wat overeenkomt met gemiddelde sedimentatiesnelheid van 3.4 cm per jaar. Deze blijkt de laatste jaren hoger te liggen dan voorgaande jaren. Tussen 2004 en 2005 en tussen 2005 en 2006 is namelijk een sedimentatiesnelheid berekend van resp. 1.8 en 2.2 cm per jaar (Gyselings et al. 2007; Spanoghe et al. 2006). Ruw gerekend komt dit neer op een afzetting van 11842 m³ sediment tussen 2006 en 2009. Er is evenwel een duidelijk ruimtelijk verschil. In het noordwestelijk deel verloopt de sedimentatie opvallend sneller dan in het zuidoostelijk deel. De laatste 3 jaar is daar 10-15 cm tot lokaal zelfs 20 cm sediment afgezet. De sedimentatiesnelheid in het zuidoostelijk deel is geringer en bereikt waarden tussen 5 en 10 cm (Figuur 3-3). De verschillen in sedimentatiesnelheid zijn onafhankelijk van de hoogteligging maar worden eerder bepaald door de verschillen in hydrodynamiek. Het noordwestelijk deel is namelijk laagdynamisch omwille van de beschutte ligging achter het Schor van Ouden Doel, terwijl het zuidoostelijk deel in het verlengde ligt van de opening naar de Schelde en blootgesteld is aan een hogere hydrodynamiek (stroming, golven, etc.). Aan weerszijden van deze opening naar de Schelde vindt zelfs erosie plaats.



Figuur 3-2: Digitaal terreinmodel van het Paardenschor in het najaar van 2009 waaruit de geul langs de dijk is weggelaten. De isohypse van 4.8 mTAW is als streeplijn weergegeven. De blauwe lijn geeft de omtrek van het Paardenschor aan. Figuur uit Spanoghe et al. (2010).



Figuur 3-3: Verschilkaart van het Paardenschor tussen 2006 en 2009. De positieve waarden wijzen op sedimentatie (geel tot donkerblauw), de negatieve op erosie (oranje tot rood). Figuur uit Spanoghe et al. (2010).

Tabel 3-3: Hoogtegrenzen van ecotopen met de definities volgens Van Braeckel et al. (2006) ter hoogte van Paardenschor.

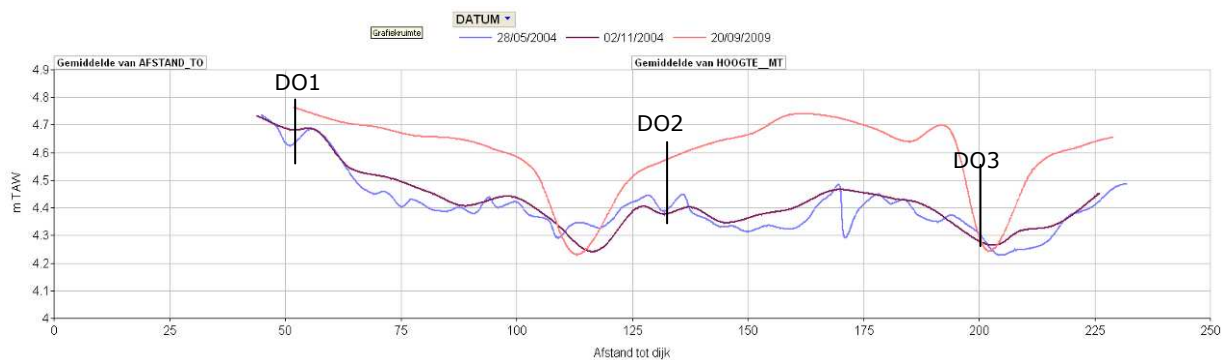
Liefkenshoek -Paardenschor:		
obv gevalideerde tijddata 10min 2008		
fysiotoopgrenzen SLIK	OD%	mTAW
ondergrens laag slik	100	-1.12
ondergrens middelhoog slik	75	0.94
ondergrens hoog slik	25	3.97
	0	6.93
grenzen schor	OF%	
lage pionierzone	> 80%	4.9
hoge pionierzone	45%	5.36
schorzona	<	> 5.36

3.1.2 Profiel

Het opgevolgde hoogteprofiel ligt centraal in het gebied ongeveer loodrecht op de Schel dedijk net door de punt van de oude Schel dedijk. Het profiel omvat naast het natuurontwikkelingsgebied dus ook het voorliggende slik (Figuur 3-1).

Het profiel van het natuurontwikkelingsgebied

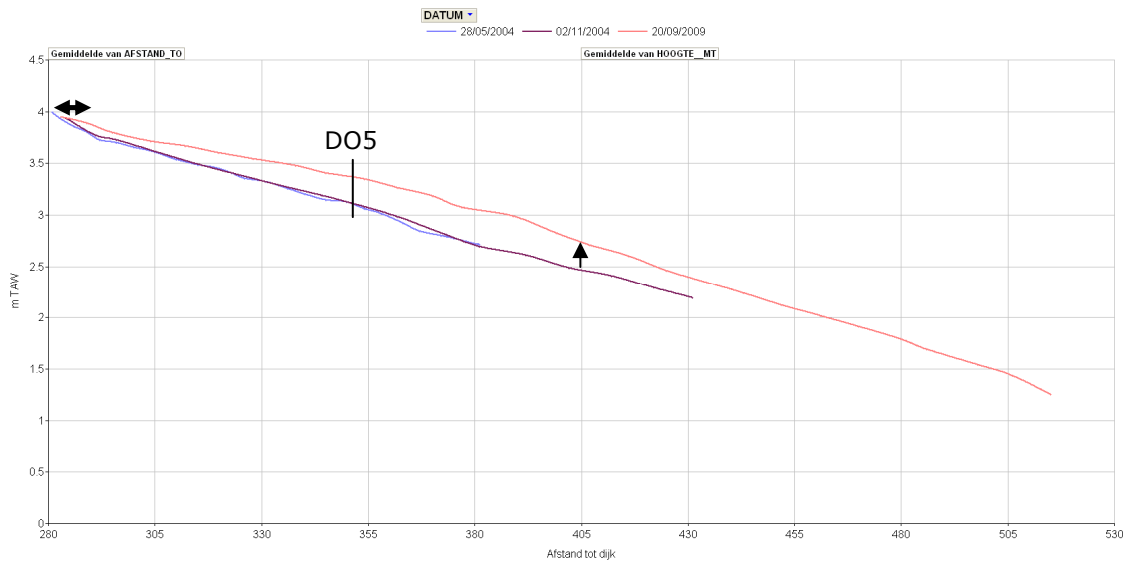
Het profiel in het natuurontwikkelingsgebied is gekenmerkt door een sedimentatie over de volledige profiellijn in de periode 2004-2009 en het ontstaan van enkele afwateringskreeken die het profiel kruisen. Er is tussen 10 en 30cm sedimentatie opgemeten. De zeer zwakke helling net na het realiseren van het NOP is nog verder afgezwakt in die mate dat van enige helling in het profiel tot aan de oude sigmadijk nog nauwelijks sprake is. De afwatering via kleine kreeken is in verhouding tot de afwatering als een waterdeken wellicht toegenomen in de periode van 2004 tot 2009. Dit kan mede een oorzaak zijn in de verandering van bochtigheid van de afwateringskreeken op het voorliggende slik. In combinatie met het 'boller' worden van het voorliggende slik (meer sedimentatie ter hoogte van DO5 in vergelijking met de laagst gemeten profielpunten) waardoor lokaal het hellingspercentage mogelijk wel toenam. Beide factoren (toename waterhoeveelheid door kreek en toegenomen snelheid in kreeksectie net voor de gemiddeld laag water lijn) kunnen een afname van de bochtigheid in de hoofdafwateringskreek veroorzaakt hebben (Figuur 3-6).



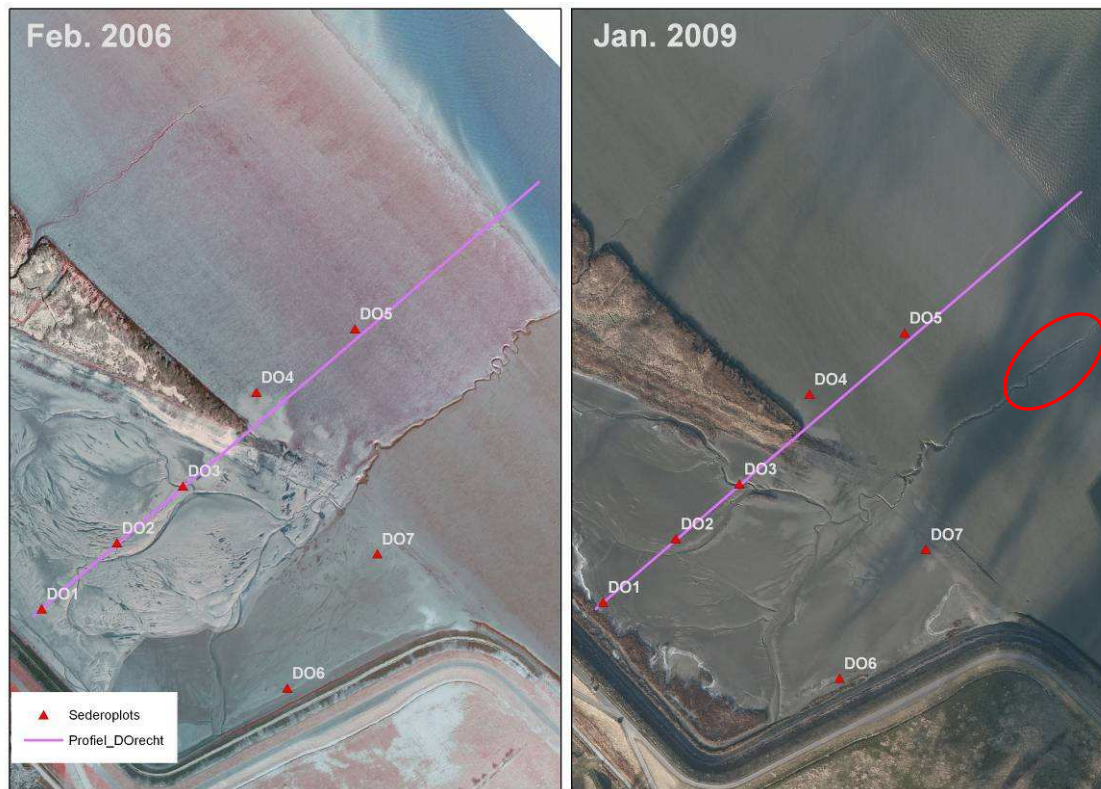
Figuur 3-4. Veranderingen in het hoogteprofiel van het natuurontwikkelingsgebied tussen 2004 en 2009. Met locatie van de sedimentatie-erosieplots langsheen het hoogteprofiel

Het profiel van het voorliggende slik

De helling van het voorliggende slik is geleidelijk afgenomen van 1.1% in 2004 naar 1.0% in 2009. Deze verandering in helling wordt veroorzaakt door een sedimentatie op het voorliggende slik terwijl er nauwelijks hoogteveranderingen zijn ter hoogte van de oude sigmadijk (zie DO4 Figuur 3-7). In totaal sedimenteerde deze zone tot een dertigtal cm op ongeveer 5.5 jaar ($\pm 5.5 \text{ cm jaar}^{-1}$) over de volledige periode. Sinds augustus 2004 is de sedimentatiesnelheid iets hoger ($\pm 8 \text{ cm jaar}^{-1}$) in de middensectie van het profiel. Hierdoor wordt het profiel eerder bol. Hoewel de globale helling licht afnam is er in de eindsectie een versteiling merkbaar. Om deze versteiling goed te documenteren is het belangrijk dat de profielen ver genoeg worden doorgemeten.



Figuur 3-5. Veranderingen van het slikprofiel ter hoogte van D05 tussen 2004 en 2009.



Figuur 3-6. Vergelijking in de structuur van de afwateringskreek 2006 versus 2009. Rode ellips toont zone met opmerkelijke veranderingen.

3.1.3 Sedimentatie-erosie-plots

3.1.3.1 Is er sprake van een hoekpunteffect bij de opmeting van sedimentatie-erosie plots

Een vaak aangehaalde vraag is het mogelijke effect van de sedimentatie-erosieplotpalen op de metingen. Om dit te testen werd op de data van het Paardenschor een test gedaan (excl. DO3 – te variabel vanwege de geul die erdoorheen loopt)

N = 138 (138 metingen tot nu toe, 4 sederoplots in rekening genomen)

Getest 1 : het gemiddelde van de dieptemeting per sedero tegenover het gemiddelde van de dieptemeting voor de meetreplica's aan de palen (11, 15, 21, 25, 31, 35). Gepaarde T-test per meetdatum. Eenzijdig T-test (hypothese: de gemiddelde diepte gemeten is niet minder dan de gemiddelde dieptemetingen nabij de sederopaal)

Resultaat

Significant 'hoekpunt effect' $p = 0.000$; hypothese verworpen. De kuilvorming is significant aanwezig in de metingen (hoewel de afstand tot de hoekpunten toch al één gaatje overslaat voor de NOP-meting), het effect is wel klein ($x - y: -0.08626242$ cm)

Getest 2: de standaardvariatie van de dieptemeting per sedero tegenover de standaardafwijking van de dieptemeting voor de hoekpunten. Gepaarde T-test per meetdatum. Eenzijdig T-test (hypothese: er is gemiddeld niet minder variatie op de globale meting dan dat er variatie is aan de hoekpunten)

Resultaat

Significant 'variatie effect' $p = 0.000$, hypothese wordt verworpen. Er is meer afwijking op de hoekpunten dan op de gemiddelde metingen. Het verschil op de standaarddeviatie is iets meer dan 1mm ($x-y: -0.13$).

Er is een significant grotere standaarddeviatie aan de hoekpunten (kuilvorming is variabel, niet in gelijke mate tussen de hoekpunten).

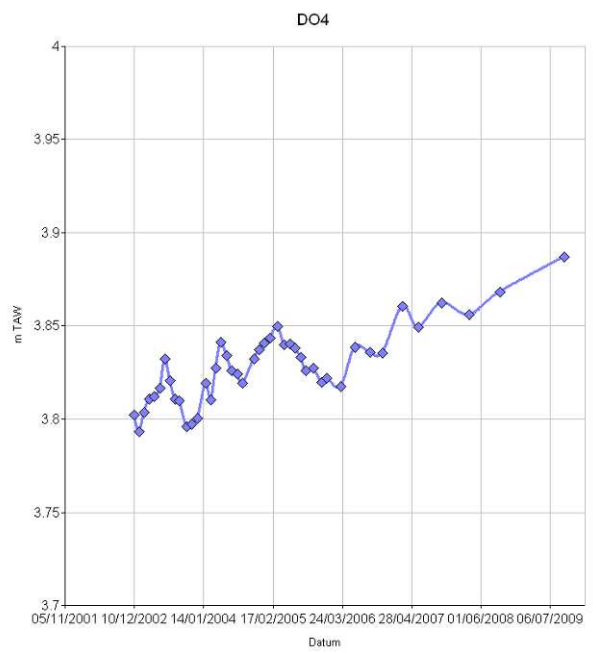
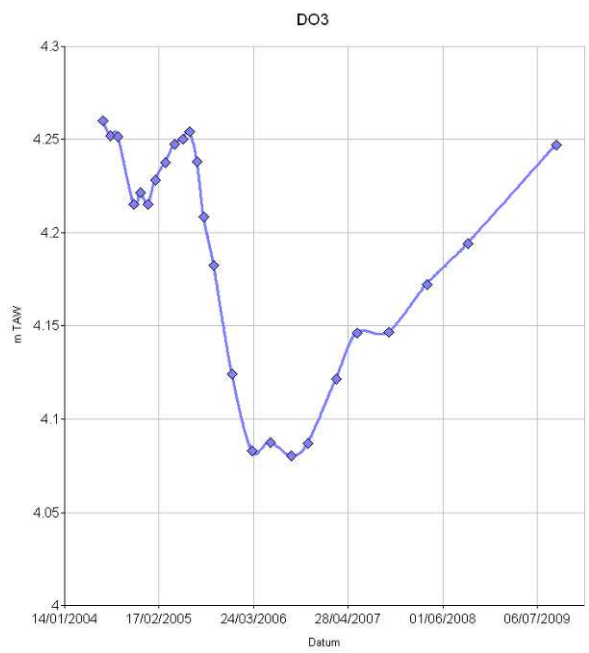
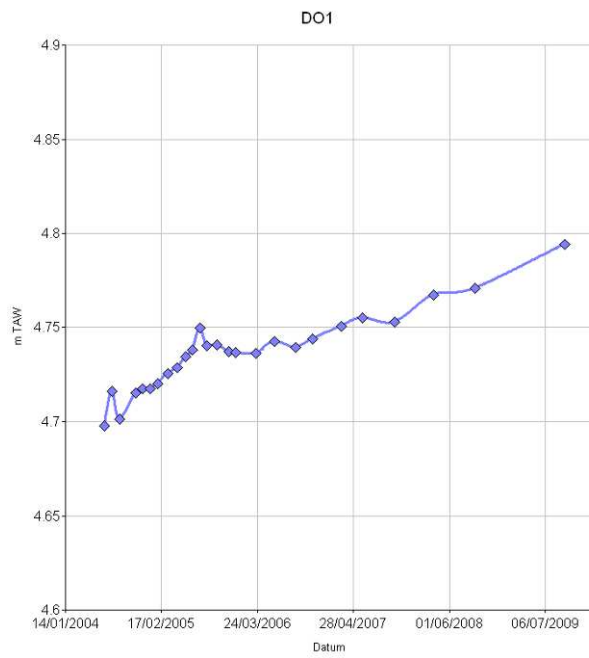
Conclusie: hoewel er een significant hoekpunteffect blijkt, is het effect op het gemiddelde en de gemiddelde afwijking wel zeer beperkt en niet van invloed op de interpretatie van de sedimentatie-erosieplotevolutie.

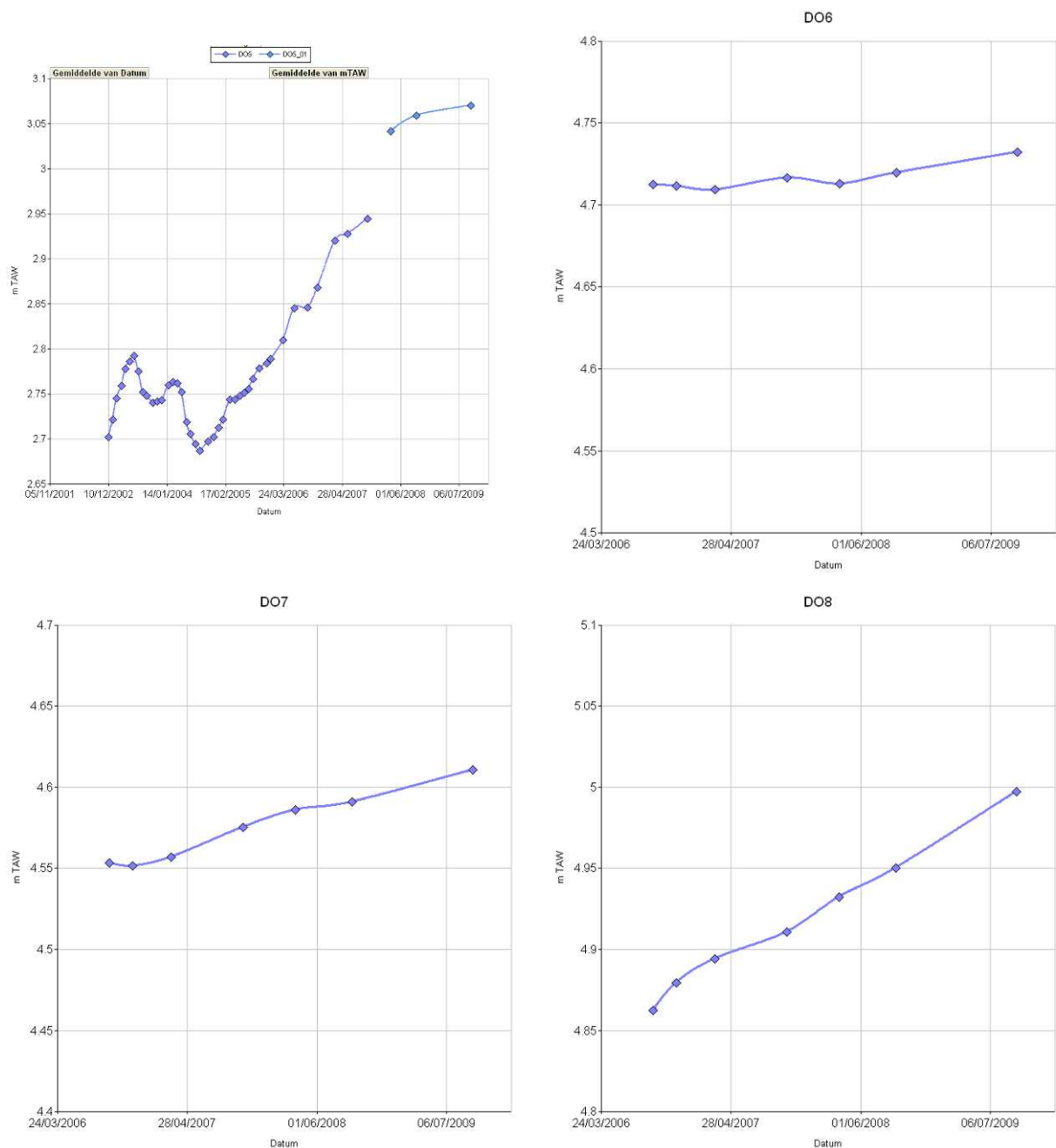
3.1.3.2 Metingen sedimentatie-erosieplots

De sedimentatie-erosieprocessen tonen globaal een zelfde patroon: beperkte netto sedimentatie en geen of beperkte seizoenale schommeling. De seizoenale verschillen werden in de beginperiode na uitvoering van de werken opgevolgd. Een seizoenaal effect was het duidelijkst nabij de schorrand op het voorliggende slik (DO4): ± 3 cm sedimentatie in het voorjaar en erosie in het najaar. Deze cyclus verschilde niet tussen de periode voor de voltooiing natuurinrichtingswerken (mei 2004) en die erna.

De hoogteligging van DO3 is atypisch voor het gebied omdat de opmeting sterk beïnvloed wordt door een kreek die langsheen en door de plot loopt.

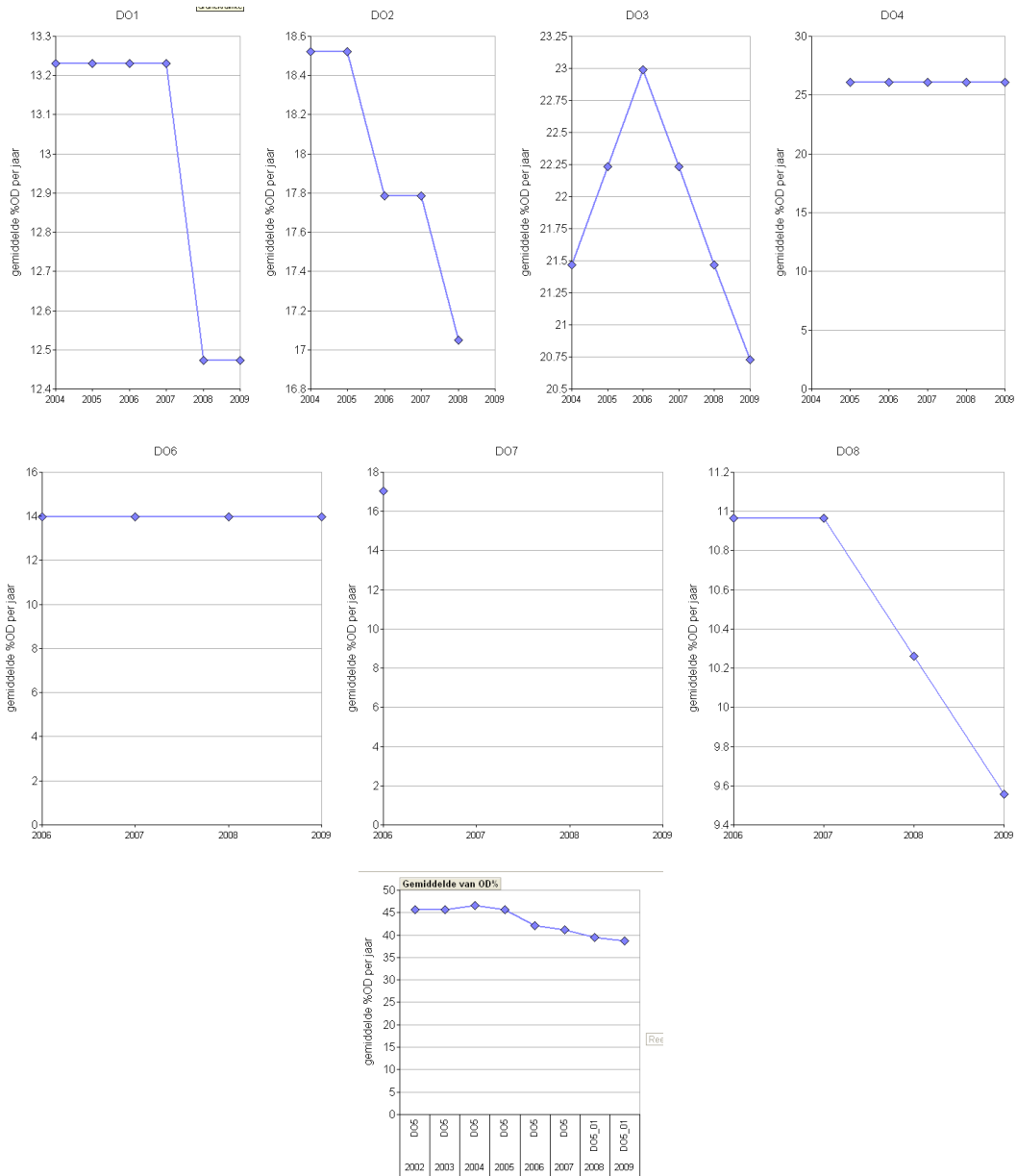
De sterkste sedimentatie (ongeveer 8 cm per jaar) treedt op ter hoogte van DO5. In DO2, DO3 en DO8 is de sedimentatiesnelheid 4-5 cm jaar⁻¹. Op de overige sedimentatieplots is de jaarlijkse sedimentatie gelijk aan of minder dan 2cm.





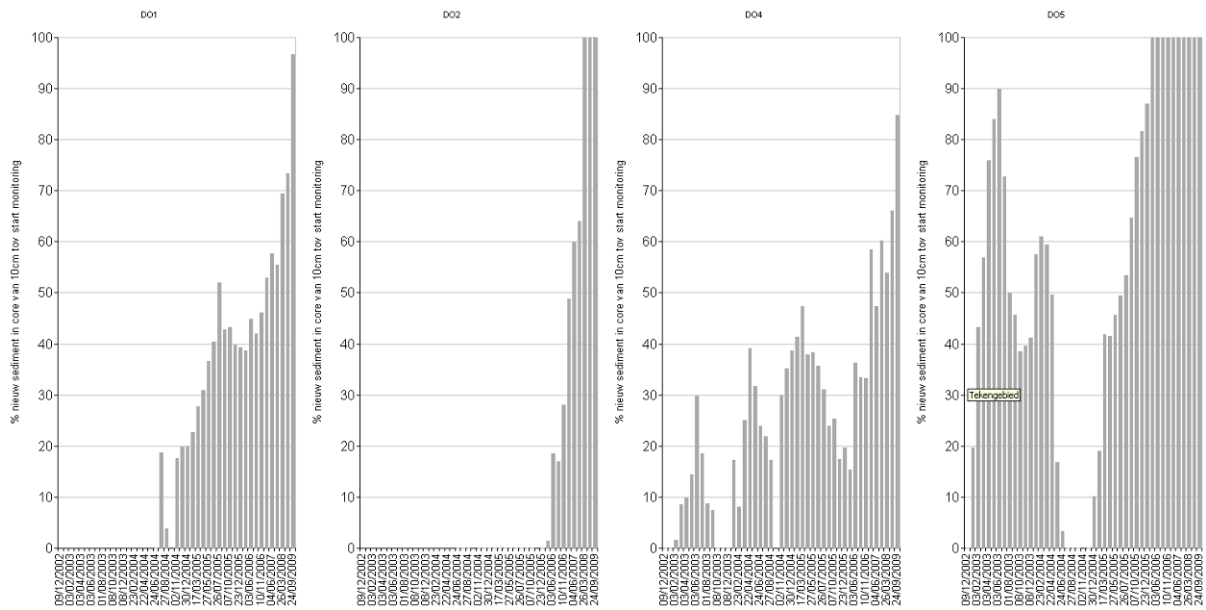
Figuur 3-7: Sedimentatie en erosieplotmetingen.

De hoogteligging en de evolutie ervan in de tijd resulteren in een overstromingsduur. Deze overstromingsduur werd berekend op basis van 10min gevalideerde tijddata van Liefkenshoek (data Waterbouwkundig labo Bergerhout) en getoond in Figuur 3-8. Alle sederplots zijn te karakteriseren als hoog slik ecotoop. DO4 bevindt zich net op de overgang naar middelhoog slik. DO5 is middelhoog slik. Conform het patroon van sedimentatie zien we een geleidelijke afname in overstromingsduur. Over de monitoringsperiode is deze verandering beperkt en maximaal net iets meer dan 5% voor OD5.



Figuur 3-8: Gemiddelde overstroomingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstroomingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdاتا 2008, Liefkenshoek. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).

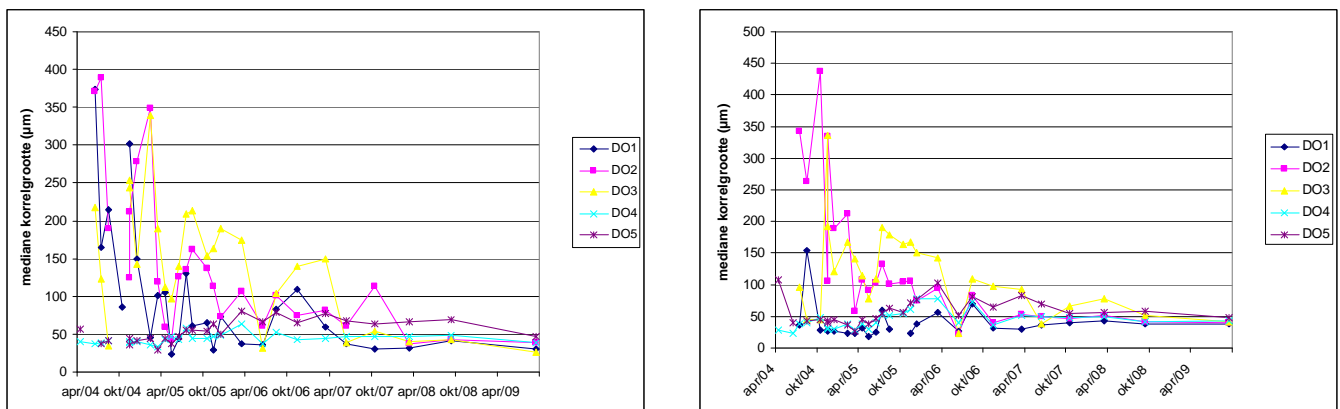
De veranderingen in de sedimentkenmerken kunnen best geïnterpreteerd worden in combinatie met de sedimentatie- en erosieprocessen ter hoogte van de plots. In Figuur 3-9 wordt het percentage getoond van het aandeel nieuw gesedimenteerd materiaal in een sedimentstaal van 10cm diep. De berekening gebeurt op basis van de sedimentatie-erosieplotmetingen gemiddeld per meetdatum. Stalen met 100% in de grafiek bestaan volledig uit nieuw opgesedimenteerd materiaal sinds het begin van de monitoring. Stalen met 0% bestaan volledig uit T0-bodem (mogelijk geërodeerd).



Figuur 3-9: Percentage 'nieuw' afgezet sediment per sedimentstaal in DO1, DO2, DO4 en DO5

3.2 Sediment

3.2.1 Granulometrie



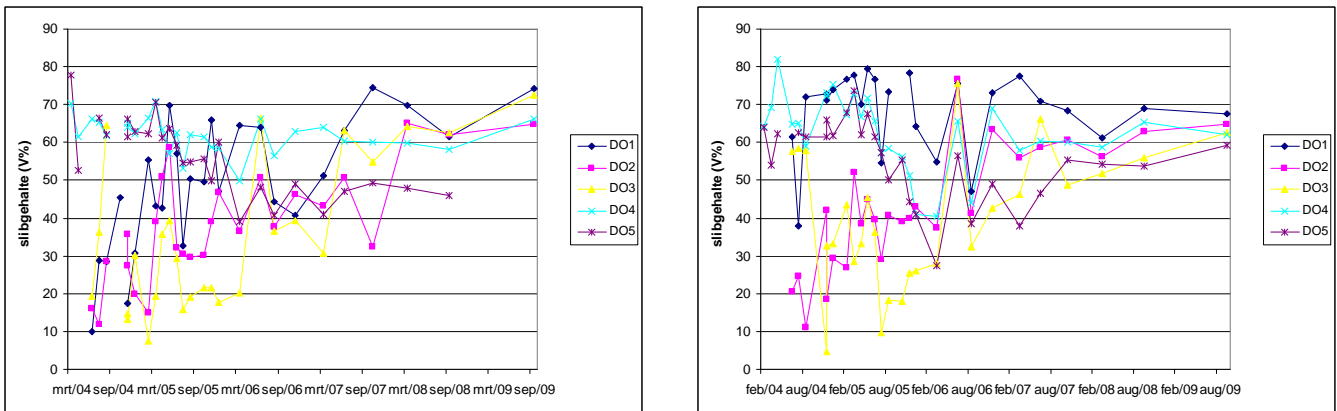
Figuur 3-10: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. DO6-8 buiten beschouwing gelaten.

Na de inrichting, waren de sedimenten op het slik in het natuurontwikkelingsgebied duidelijk grover dan die op het voorliggende slik (Figuur 3-10). Na ongeveer vier jaar lijken de sedimenten echter allen vergelijkbaar fijn en slibrijk. Deze verfijning lijkt zich sneller te voltrekken in de bovenste laag van 1 centimeter dan in de bovenste 10 centimeter. Aangezien sedimentatie optreedt in de plots, wijst dit op een afzetting met fijnere sedimenten op de oorspronkelijke bodem.

In de punten op het oorspronkelijke slik (DO4-5) lijkt een lichte initiële vergroving plaats te vinden van 2005 tot in 2007, wat mogelijk als indirect effect van de ingreep kan gelden.

Zoals te verwachten, wordt het waargenomen patroon van een dalende mediane korrelgrootte bevestigd door een stijging van het slibgehalte (Figuur 3-11). Opmerkelijk detail is dat de

recentste slibgehalten in de bovenste centimeter van het substraat 5 à 10 % lager lijken te liggen dan in de bovenste 10 centimeter. De algemene trend van een toenemend slibgehalte is echter in beide staaltypes duidelijk aanwezig. Ook hier zijn de waarden voor de locaties op het oorspronkelijk slik al van bij het begin van de bemonsteringen meer vergelijkbaar met de recentste waarden.

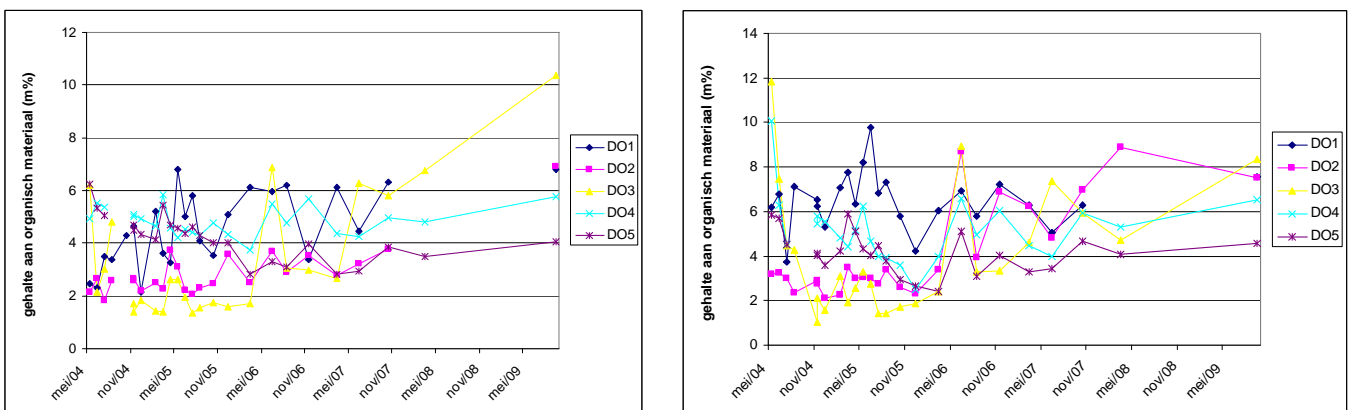


Figuur 3-11: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <math><63\mu\text{m}</math>) in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. DO6-8 buiten beschouwing gelaten.

Het verfijnen van intertidale zachte substraten duidt op een relatieve daling van de (hydro)dynamiek en vormt een van de randvoorwaarden voor een goede benthische secundaire productiviteit: de hoogste estuariene densiteiten en biomassa's van het benthos worden aangetroffen in fijne, slibrijke substraten.

3.2.2 Organisch materiaal

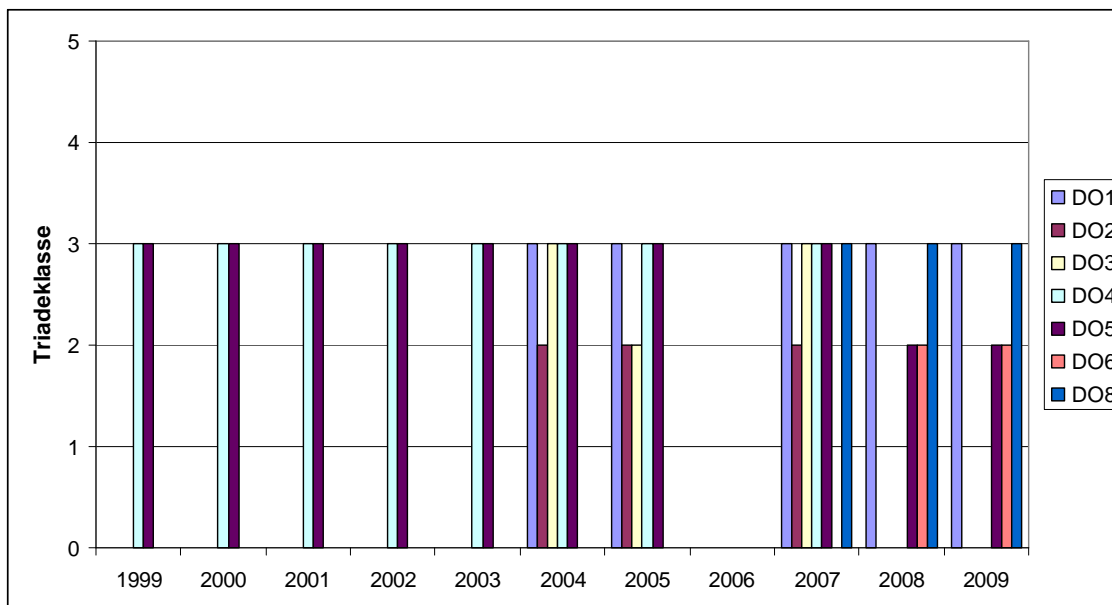
De evolutie van het gehalte aan organisch materiaal verloopt volledig analoog aan die van het slibgehalte (Figuur 3-12), gekenmerkt door een geleidelijke toename. Ook hier zijn de waarden voor de locaties op het oorspronkelijk slik al van bij het begin van de bemonsteringen meer vergelijkbaar met de recentste waarden. Deze evolutie vertoont een gelijkaardig patroon met het % nieuw afgezet sediment dat onderzocht wordt in een sedimentstaal (Figuur 3-9). In DO3 is zowel in de granulometrie als in het slibgehalte en de organische stof de grootste variatie merkbaar. Dit wordt veroorzaakt door de sterkere dynamiek ter hoogte van deze plot, veroorzaakt door het migreren van een geul doorheen de plot en de hieraan gekoppelde processen van erosie en sedimentatie op de geulwand en oeverwal.



Figuur 3-12: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. DO6-8 buiten beschouwing gelaten.

3.2.3 Polluenten Triade

In tegenstelling tot Van de Neucker et al. (2007), beperken we ons hier tot de temporele evolutie van de samenvattende Triadeklasse (Figuur 3-13).



Figuur 3-13: Globale triadeklasse in functie van de tijd.

Opvallend is de hoge mate van onveranderlijkheid van de waarden: enkel 2 (licht afwijkend t.o.v. de referentie) en 3 (matig afwijkend t.o.v. de referentie) werden vastgesteld. De als "matig afwijkend" aangeduide monsters worden voornamelijk als dusdanig benoemd door de aanwezige concentraties aan PCBs, kwik, APKWS. In mindere mate treden ook matig afwijkende concentraties aan cadmium, PAKs en lood op. Een echt duidelijke verandering in welke pollutie(engroep) de globale beoordeling bepaald lijkt niet aanwezig. Wel werden in 2007 duidelijk hogere concentraties aan PCBs vastgesteld.

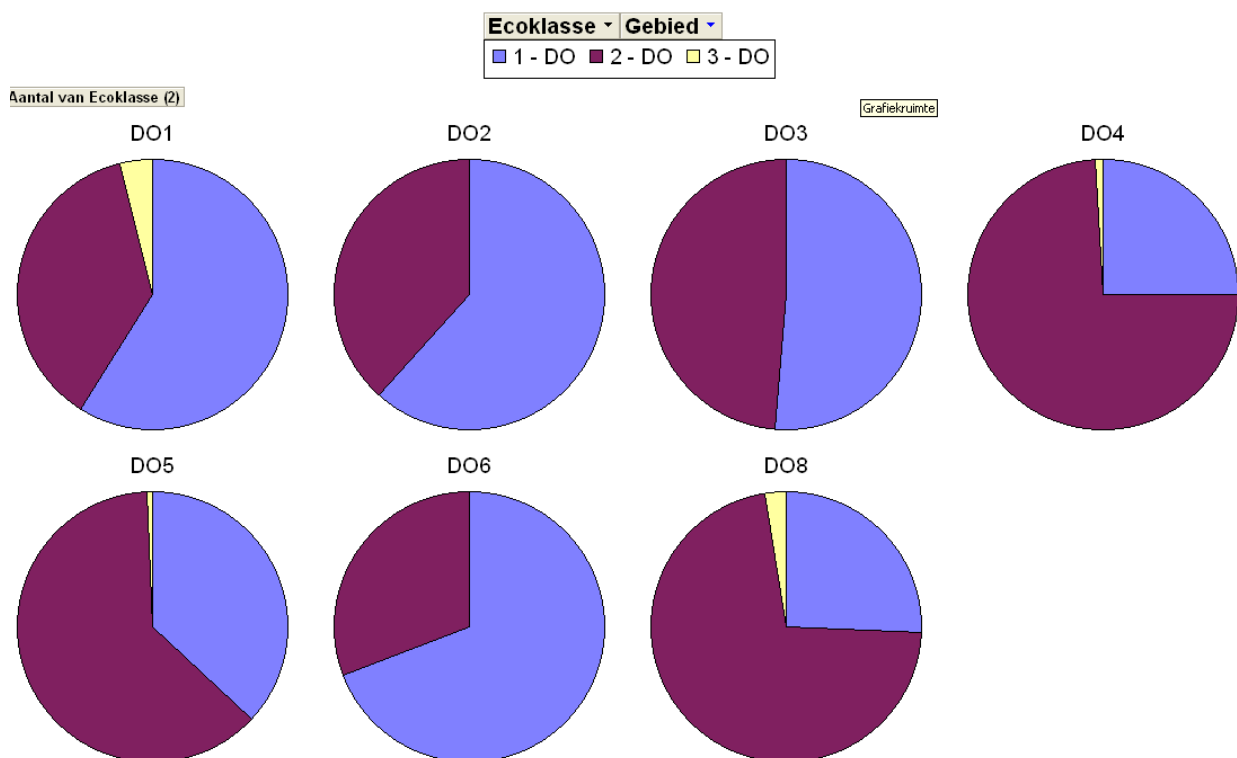
In relatie tot de sedimentafzetting op de staalnamelocaties in het natuurontwikkelingsgebied (Figuur 3-9) stellen we geen verandering vast in de bodemkwaliteitsbeoordeling op basis van de Triademethode. Sinds 2008 bestaat in DO1-DO3 de bovenste 10cm sediment uit nieuw opgesedimenteerde materiaal. De beoordeling blijft echter onveranderd 'matig afwijkend'. In het voorliggende slik lijkt het recent gesedimenteerde materiaal beter van kwaliteit. Dit uit zich in een verbetering met 1 klasse volgens de Triademethode naar 'licht afwijkend' sinds 2008..

3.2.4 Polluenten ecotoxicologisch

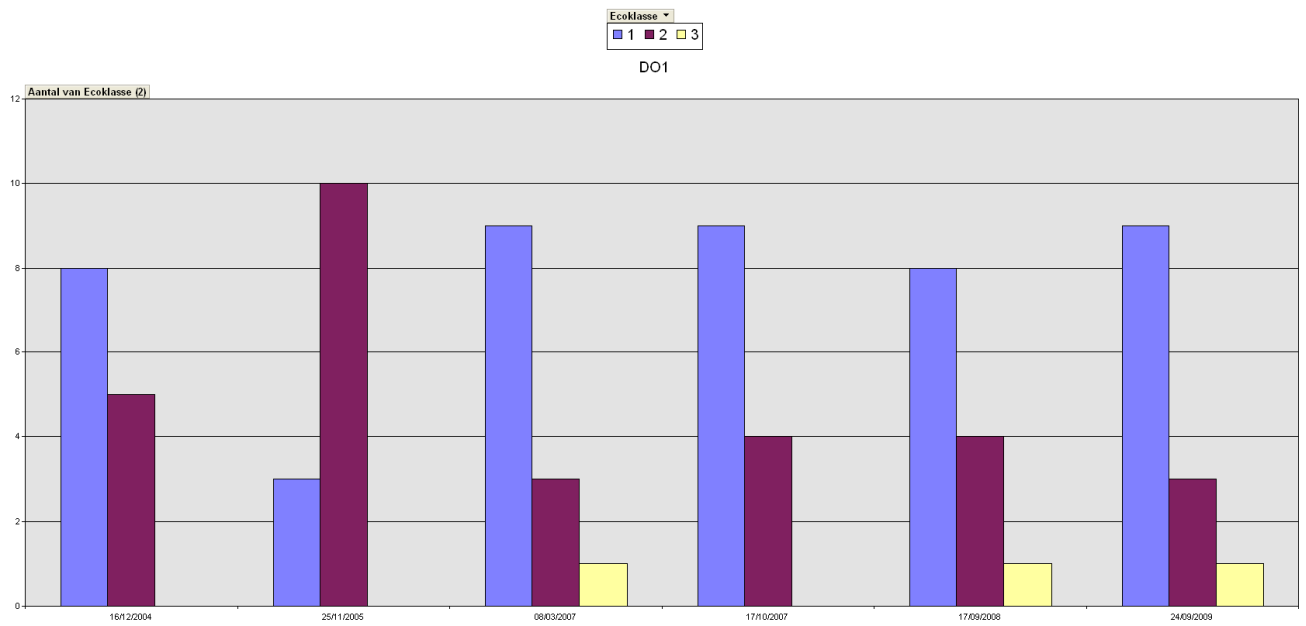
De ecologisch/ecotoxicologische classificatie van de sedimenten toont relatief de goede toestand van DO1,2, 3 en 6. De beoordeling van DO4 en 5 is minder gunstig alle staalnames samen beschouwd (Figuur 3-14) maar de beoordeling evolueert wel gunstig in de tijd (Figuur 3-15, Figuur 3-16). Dit wordt veroorzaakt door effectief lagere concentraties aan pollutie in de laatste jaren en doordat het lutumgehalte toeneemt waardoor de biobeschikbaarheid van de pollutie verkleint. De gunstige evolutie in DO1 is vooral een effect van een toename aan lutumgehalte, de

gemiddelde pollutieconcentraties zijn hier echter matig toegenomen over de periode 2004-2009. Er zijn toxische concentraties in DO1 (en niet in DO2 of DO3) voor PCB's en Pb. DO8 krijgt de slechtste beoordeling. Dit staalnamepunt is gelegen in de punt van het Paardenschor. Het is gekenmerkt door de fijnste sedimenten (hoog lutumgehalte, > 30%). In deze fijne kleisedimenten zijn de consensuswaarden iets lager ingeschat (betere biobeschikbaarheid) tegenover de fractie 10-30% lutum voor de meeste elementen (Leloup et al., 2006). Hierdoor worden de kritische concentraties toch vaker op deze locatie overschreden. In het Paardenschor lijkt dus een ecologisch/ecotoxicologische gradiënt te bestaan. Een toename aan pollutie naarmate men verder van de instroomopening en in de punt terecht komt. De biobeschikbaarheid en dus het potentiële toxicologische effect lijkt ook toe te nemen in deze richting. Wanneer we naar de benthosgegevens kijken lijkt dit geen invloed te hebben op de aanwezige benthosbiomassa. Er lijkt zelfs een toename naarmate je in verder in de punt komt.

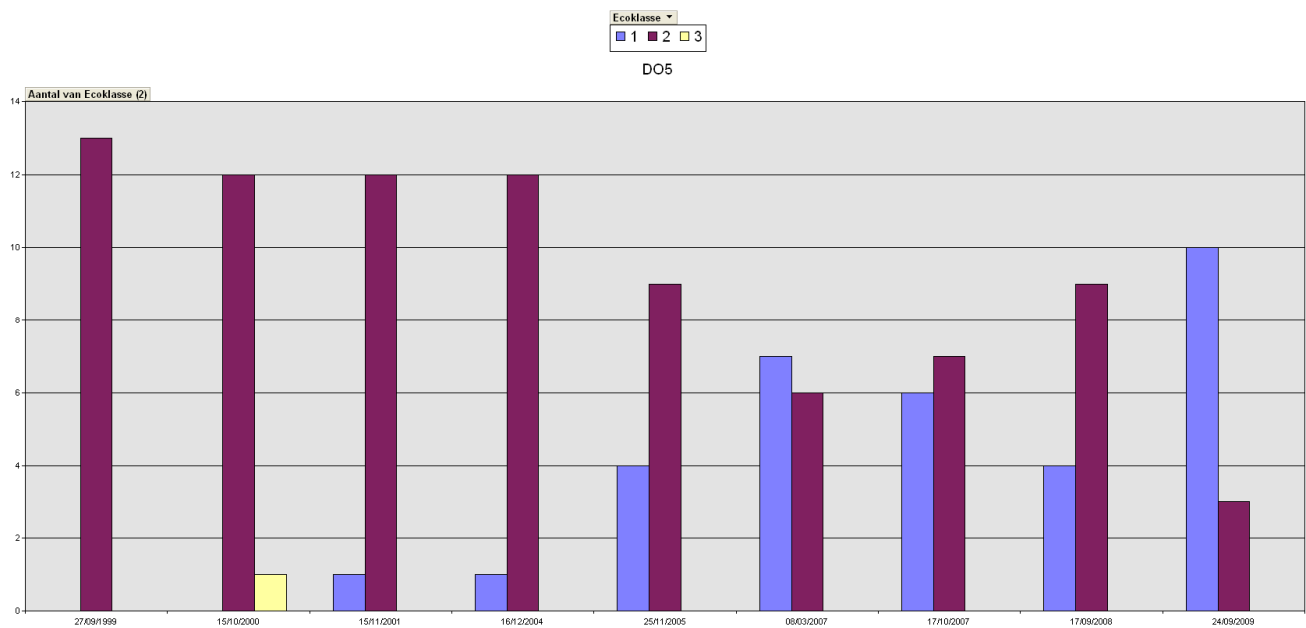
In 2000 is er op het voorliggende slik (voor realisatie NOP) een toxische verontreiniging geweest met EOX (Extraheerbare Organische Halogeenverbindingen). Dit werd zowel in DO4 als DO5 gemeten. De verhoogde concentraties werden na 2 jaar niet meer gemeten.



Figuur 3-14: Ecologisch – ecotoxicologische beoordeling van de sedimentstalen



Figuur 3-15: Evolutie van de ecologisch/ecotoxicologische classificatie van de sedimenten op locatie DO1 (2004-2009).



Figuur 3-16: evolutie van de ecologisch/ecotoxicologische classificatie van de sedimenten op locatie DO5 (1999-2009)

3.3 Benthos

3.3.1 Benthos s.s.

3.3.1.1 Soortensamenstelling

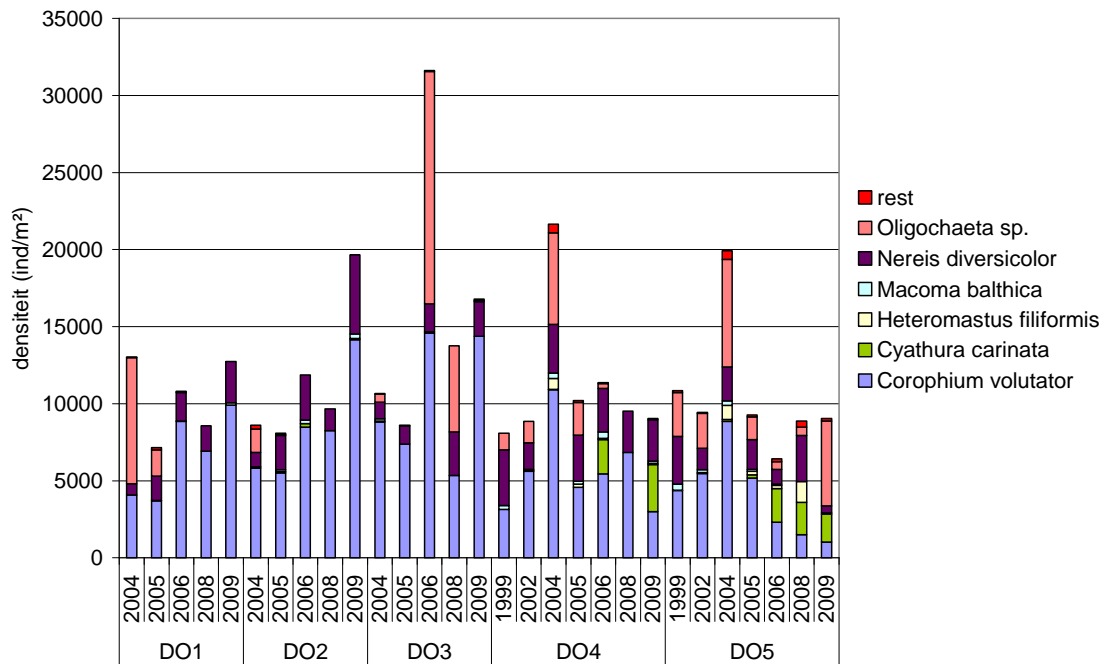
Tabel 3-4: Benthostaxa Paardenschor (DO) en Ketenissepolder (KP). Vetgedrukte taxa zijn kenmerkend voor het (estuariene) systeem. xxx = dominant; xx = vrij talrijk; x = sporadisch.

Soort	Groep	DO	KP	exoot?
<i>Bathyporeia pilosa</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)		x	
<i>Corophium volutator</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)	xxx	xxx	
<i>Orchestia cavimana</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)		x	Ja
<i>Orchestia gammarellus</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)		x	
<i>Cerastoderma edule</i>	Bivalvia (tweekleppigen)		x	
<i>Macoma balthica</i>	Bivalvia (tweekleppigen)	x	x	
Ceratopogonidae	Diptera (muggen en vliegen)		x	
Dolichopodidae	Diptera (muggen en vliegen)	x	x	
Dryomyzidae	Diptera (muggen en vliegen)		x	
Limoniidae	Diptera (muggen en vliegen)	x	x	
Tipulidae	Diptera (muggen en vliegen)	x	x	
<i>Alderia modesta</i>	Gastropoda (slakken)	x	x	
<i>Assiminea grayana</i>	Gastropoda (slakken)		xx	
<i>Hydrobia ulvae</i>	Gastropoda (slakken)	x	x	
<i>Cyathura carinata</i>	Isopoda (pissebedden)	xx	x	
<i>Sphaeroma rugicauda</i>	Isopoda (pissebedden)		x	
Nemertini	Nemertini (snoerwormen)	x		
Oligochaeta sp.	Oligochaeta (borstelarme gelede wormen)	xxx	xxx	
<i>Eteone longa</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Manayunkia aestuarina</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Marenzelleria viridis</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	ja
<i>Nereis diversicolor</i>	Polychaeta (borstelwormen)	xx	xx	
<i>Nereis succinea</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x		
<i>Polydora cornuta</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x		
<i>Pygospio elegans</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Streblospio benedicti</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	

Gemiddeld bestond tijdens de voorbije onderzoeksperiode een staal van het Paardenschor voor 57% uit *Corophium volutator*, voor 19% uit Oligochaeta en voor 17% uit *Nereis diversicolor*. In totaal maken deze drie taxa dus 93% van de aanwezige bodemfauna uit. Naast deze drie taxa zijn er slechts drie andere die minstens een keer een dichtheid van meer dan 1000 ind/m² en/of een biomassa van meer dan 1 g/m² bereiken: *Cyathura carinata*, *Macoma balthica* en *Heteromastus filiformis*. In vergelijking met de estuariene bodemfauna stroomaf (Westerschelde), is dit dus een erg soortenarme fauna.

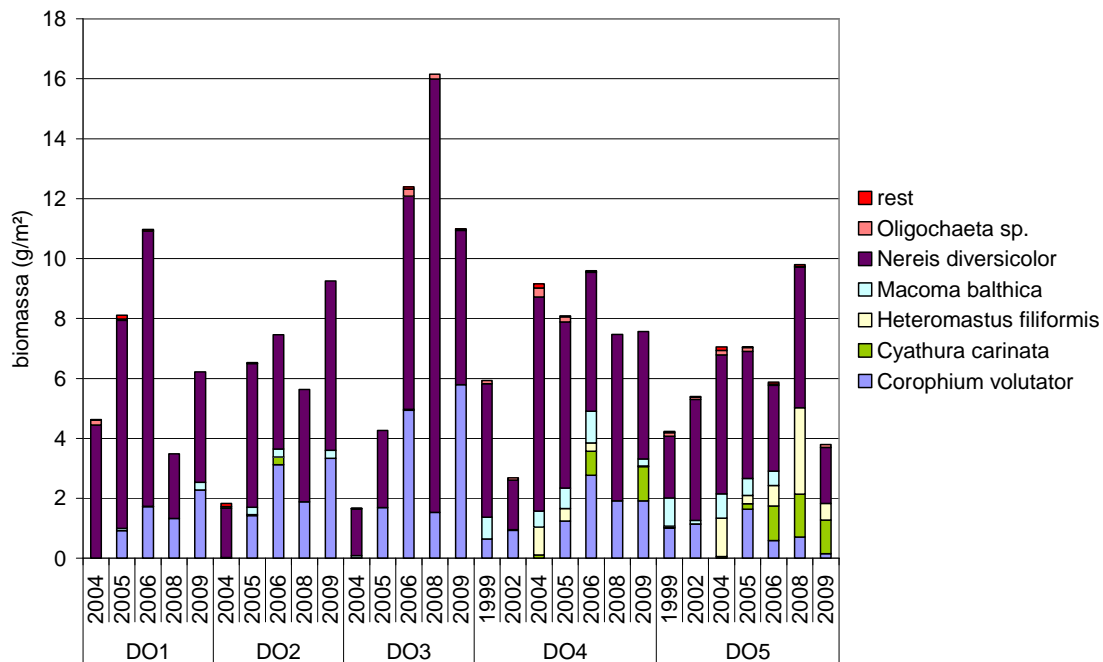
In DO1 en DO2 valt op dat de relatieve abundantie van de Oligochaeta al vrij vroeg afgenomen is (Figuur 3-17). De aantallen van *Corophium volutator* en (iets later) *Nereis diversicolor* stegen geleidelijkaan, al koloniseerden beide soorten het gebied snel. In vergelijking met oudere gegevens voor deze zone van het estuarium (1978-1997; Ysebaert et al., 2003), valt de lage relatieve abundantie van *Heteromastus filiformis* op. Recente monitoringsgegevens voor deze zone (2008-2009) bevestigen echter de lage waarden zoals op het Paardenschor aangetroffen, waarbij de soort

(eveneens zoals in het Paardenschor) opduikt in lager gelegen intertidale locaties (Speybroeck, ongepubl. geg.). Ook *Macoma balthica* lijkt schaarser geworden in het hele systeem.



Figuur 3-17: Gemiddelde densiteit per soort per jaar.

Qua biomassa is het belang van de Oligochaeta erg gering – hier domineert *Nereis diversicolor* en in mindere mate *Corophium volutator* (Figuur 3-18). Zelfs de erg hoge oligochaetendensiteit van 2006 draagt amper bij tot de totale biomassa.



Figuur 3-18: Gemiddelde biomassa per soort per jaar.

Ook in de Westerschelde, bleken *Corophium volutator* en *Nereis diversicolor* vooral mesohaliene, zeer fijnzandige substraten, met lage stroomsnelheden te prefereren (Ysebaert et al., 2002).

3.3.1.2 Densiteit en biomassa

Aanvullend op de beschikbare gegevens van Van de Neucker et al. (2007), werd geopteerd om de recente najaarscampagnes van 2008 en 2009 prioritair te verwerken.

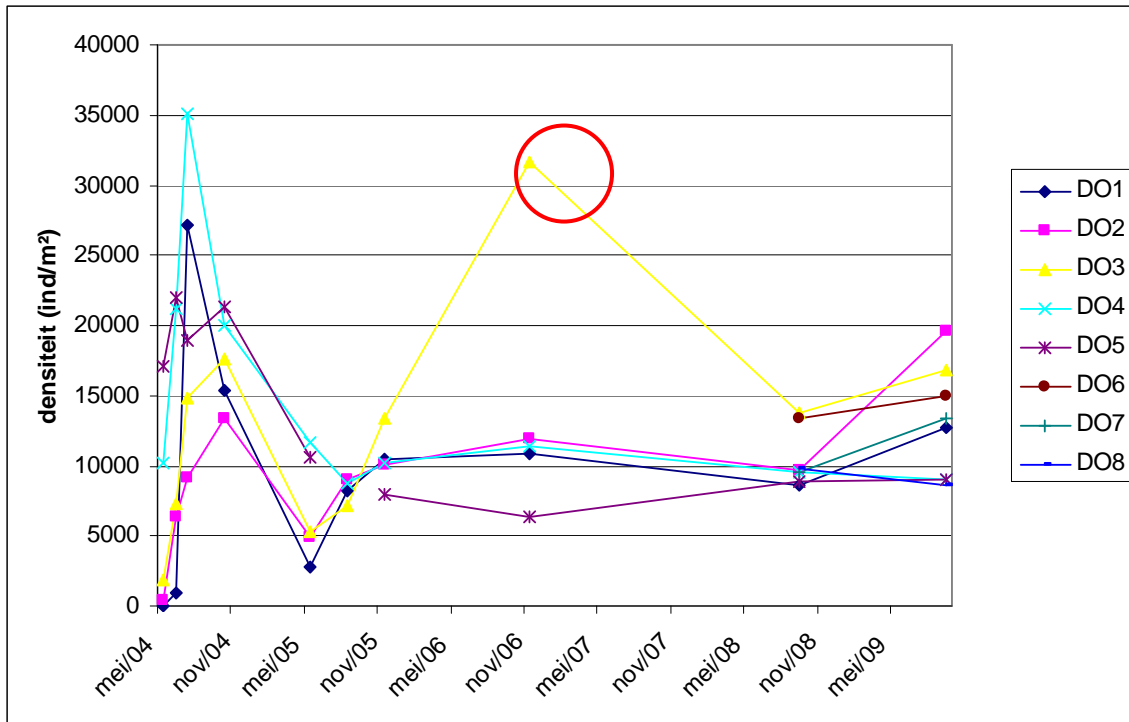
In de onderstaande grafieken en de corresponderende bespreking beperken we ons tot de periode vanaf de ingrepen, die werden voltooid in april 2004.

Voor dit gebied valt de sterk parallelle evolutie van de densiteit op alle staalnamelocaties op, met uitzondering van één datapunt (Figuur 3-19). In het najaar van 2006 werd namelijk op de locatie DO3 een hoge densiteit vastgesteld, die te wijten is aan de aanwezigheid van Nopjeswier (*Vaucheria* sp.) op de staalnamelocatie. Dit wier kan hoge dichtheden aan ermee geassocieerd levende Oligochaeten huisvesten (i.c. > 15000 ind/m²), maar is geen constante in de habitatkarakteristieken van een bepaalde staalnamelocatie. Het kan namelijk zich snel ontwikkelen, maar ook snel weer verdwijnen op een locatie, met eerder erratische schommelingen in de Oligochaetendichtheden tot gevolg. Van de Neucker et al. (2007) lichtten bovendien reeds de aparte dynamiek ter hoogte van DO3 toe, ten gevolge van de ontwikkeling en morfologische verandering van de kreekgeul die zich eerder toevallig ter hoogte van het staalnamepunt ontwikkelde.

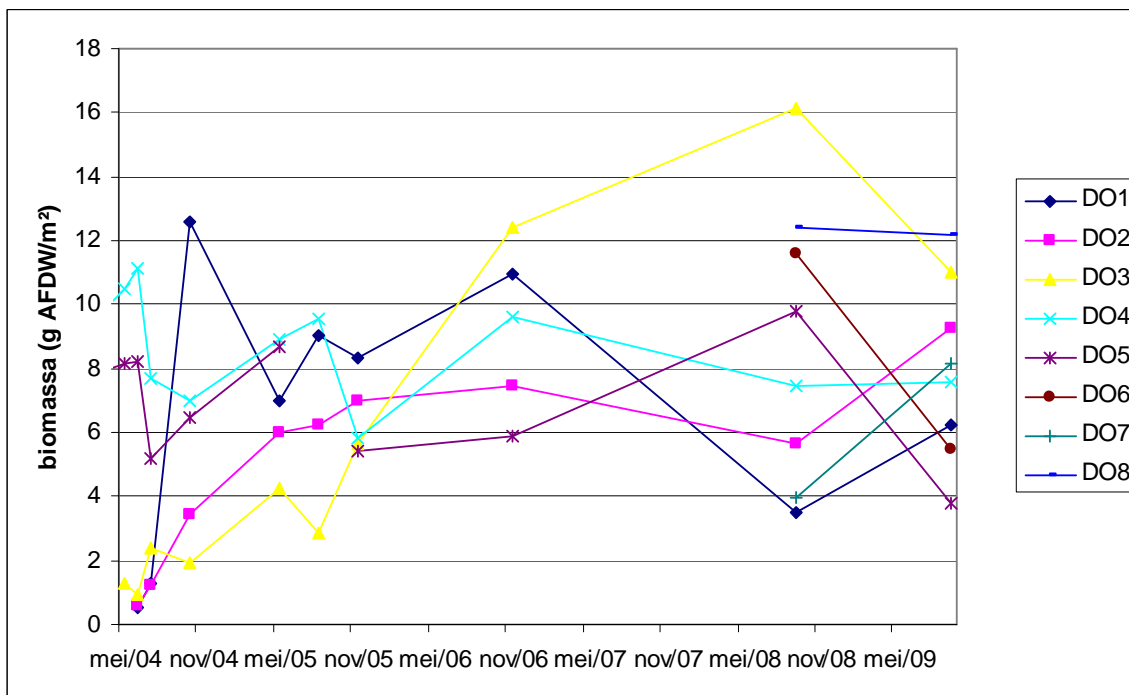
Laten we deze uitschieter echter buiten beschouwing, dan valt een algemeen patroon vrij duidelijk af te leiden. Na de inrichting van het gebied valt een duidelijke densiteitstoename waar te nemen in het hele gebied, niet enkel in de herstelde site (DO1-3), maar ook in het voorliggende lagergelegen slik (DO4-5). Meteen na de inrichting, tijdens de eerste campagne, valt de quasi afwezigheid van benthische fauna in het herstelde slik op. Deze wordt gevolgd door een sterke toename in zowel het herstelde als het voorliggende slik.

Het verdere verloop van de densiteiten van het ene najaar tot het volgende laat toe de evolutie waar te nemen los van seizoenale patronen. Na een algemene piek in het najaar van 2004 – een kolonisatie-‘overshoot’ – volgt een terugval, waarna de densiteit min of meer op het zelfde niveau blijft (5000-15000 ind/m²), met een schijnbare lichte toename in 2009. De beschikbare data laten niet toe na te gaan of deze toename significant is, noch of ze een teken is van het bereiken van een dynamisch evenwicht dat op het einde van het herstel van het hele gebied duidt, maar dit lijkt mogelijk.

De locaties op het voorliggende slik kunnen niet fungeren als controle voor het herstel(len)de slik omdat (a) het voorliggende slik onderhevig is aan andere omgevingskarakteristieken (bv. langere overstromingsduren) (Figuur 3-8) dan het herstelde en (b) er, gezien beide aangrenzend zijn, een grote graad van afhankelijkheid bestaat. Aanvullend bij dit laatste kan zeker niet uitgesloten worden dat het oorspronkelijke slik indirect invloed heeft ondervonden van de ingrepen. Toch loont het de moeite de onderlinge verhoudingen tussen de staalnamelocaties te bestuderen. Terwijl de locaties op het oorspronkelijk slik in eerste instantie hogere densiteiten vertonen en die op het nieuwe, ontwikkelende slik zich volledig moeten opbouwen via kolonisatie van quasi levenloos substraat, verandert dit patroon enigszins in de tijd. In het najaar 2009 merken we aldus lagere densiteiten op voor DO4 en DO5 in vergelijking met DO1-3. Dit lijkt overeen te stemmen met het algemene patroon van intertidale benthische densiteiten in deze zone van de Zeeschelde (Speybroeck, ongepubl. geg.), waarbij de lagere delen van intertidaal lagere dichtheden huisvesten, al liggen DO4 en DO5 beide nog ver boven het laag intertidaal (overstromingsduur 75% of hoger).



Figuur 3-19: Densiteit in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. De rode cirkel duidt de *Vaucheria*-gerelateerde uitschieter aan (zie tekst).



Figuur 3-20: Biomassa in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009.

De biomassa vertoont een gelijkaardig patroon – gestage toename in het nieuwe, ontwikkelende slik tot op een niveau van dynamisch evenwicht – al is hier veel minder sprake van een initiële piek

(Figuur 3-20). De aanwezigheid van een densiteitspiek in combinatie met de afwezigheid van een biomassapiek duidt op de aanwezigheid van een groot aantal 'lichte' en dus kleine, jonge organismen. Dit is een typisch kenmerk van een jong systeem dat wordt ingepalmd door een groot aantal aan rekruten, gevolgd door een densiteitsdaling maar een geleidelijk asymptotisch biomassaverloop.

Ook hier valt de wat grilligere trend ter hoogte van het dynamische punt DO3 op. In najaar 2006 treedt een hoge biomassa op, die echter niet te wijten is aan de aan het Nopjeswier gelinkte oligochaetendensiteit, maar aan een relatief hoge dichtheid aan slijkgarnalen (*Corophium volutator*) en vooral zeeduizendpoten (*Nereis diversicolor*). De hoge massa van een individuele zeeduizendpoot weegt namelijk veel meer door dan die van een veelheid aan kleine oligochaeten. De nog hogere biomassa op deze locatie in het najaar 2008 is dan ook te wijten aan een 57% densiteitstoename (van 1802 naar ca. 2829 ind/m²) en meer dan 100% biomassatoename (van ca. 7,1 g AFDW/m² naar ca. 14,5 g AFDW/m²) van deze zeeduizendpoten. Het valt moeilijk uit te maken of deze toename iets over de toestand van het gebied vertelt, dan wel specifiek is voor DO3.

3.3.2 Oligochaeten

Ten behoeve van de vorderingen in het verwerken van de stalen van het benthos s.s., werd nog geen verdere verwerking van recentere oligochaetenstalen sinds 2007 uitgevoerd.

3.4 Vegetatie

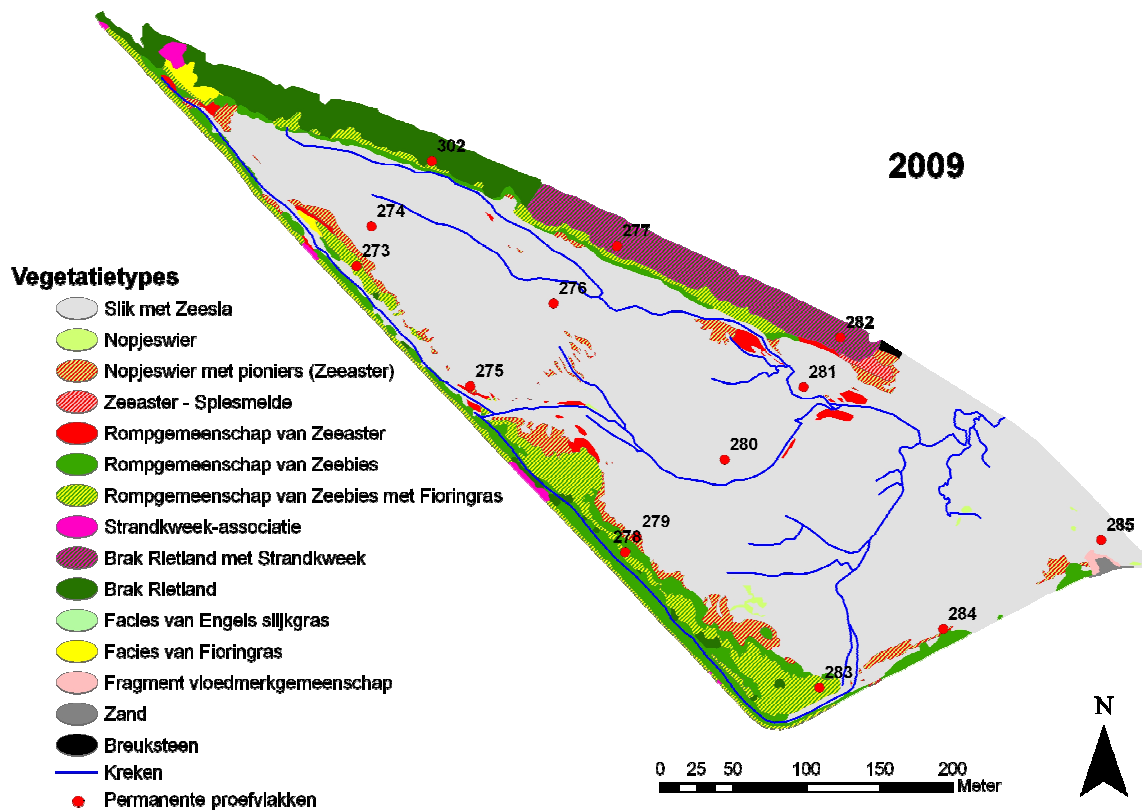
Vijf jaar na de aanleg bestaat het Paardenschor nog hoofdzakelijk uit kaal slik. Vergelijking van de verschillende vegetatiekaarten 2005, 2006, (2007) en 2009 toont aan dat de vegetatie-uitbreiding vrij traag verloopt. Jaarlijks wordt 3.6% van het slik ingenomen door vegetatie.

Enkel aan de randen en langs de ontwikkelende geulen heeft zich een schorvegetatie ontwikkeld. In 2009 bestond de schorvegetatie voornamelijk uit Zeebies (*Scirpus maritimus*) (Type 8) waartussen zich op de hogere delen Fioringras (*Agrostis stolonifera*) (Type 8') heeft gevestigd. Ook kolonisatie door Riet (*Phragmites australis*) treedt daar op. Grenzend aan de Zeebiesvegetaties, lager in de gradiënt, komen vegetaties gedomineerd door Zeeaster (*Aster tripolium*) (Type 6) voor of Nopjeswier met pioniers (Type 5). Matten van Nopjeswier (*Vaucheria sp.*) waren in 2009 in oppervlakte beperkt aanwezig (Figuur 1-1).

Vergelijking van de vegetatiekaarten van 2006 en 2009 (Tabel 3-6) en van de vegetatieopnames van de permanente kwadraten (Figuur 3-22) laat toe om een successiereeks voor het Paardenschor op te stellen.

Tabel 3-5: Vegetatietypes op het Paardenschor en Ketenisse.

Nummer	Omschrijving
1	Slik met Zeesla Slik met <i>Ulva lactuca</i>
2	Slik met Darmwier en Nopjeswier Slik met <i>Enteromorpha</i> - <i>Vaucheria</i>
3	Nopjeswier <i>Vaucheria</i>
5	Nopjeswier met pioniers (Zeebies, Zeeaster) <i>Vaucheria</i> met <i>Scirpus maritimus</i> / <i>Aster tripolium</i>
6	Rompgemeenschap van Zeeaster -[<i>Puccinellion maritimae</i>] RG <i>Aster tripolium</i> -[<i>Puccinellion maritimae</i>]
8	Rompgemeenschap van Zeebies -[<i>Asteretea tripolii</i>] RG <i>Scirpus maritimus</i> -[<i>Asteretea tripolii</i>]
8'	Rompgemeenschap van Zeebies -[<i>Asteretea tripolii</i>] met <i>Fioringras</i> RG <i>Scirpus maritimus</i> -[<i>Asteretea tripolii</i>] met <i>Agrostis stolonifera</i>
10	Zeeaster - Spiesmelde <i>Aster tripolium</i> - <i>Atriplex prostrata</i>
11	Fragmenten van de orde van vloedmerkgemeenschappen Fragment <i>Atriplicetum littoralis</i>
12	Brak Rietland <i>Typho-Phragmitetum</i> (brak)
12'	Brak Rietland met Strandkweek <i>Typho-Phragmitetum</i> (brak) met <i>Elymus athericus</i>
13	Strandkweek-associatie <i>Atriplici-Elytrigietum pungentis</i>
14	Facies van Engels slijkgras Facies van <i>Spartina townsendii</i>
15	Facies van Fioringras Facies van <i>Agrostis stolonifera</i>



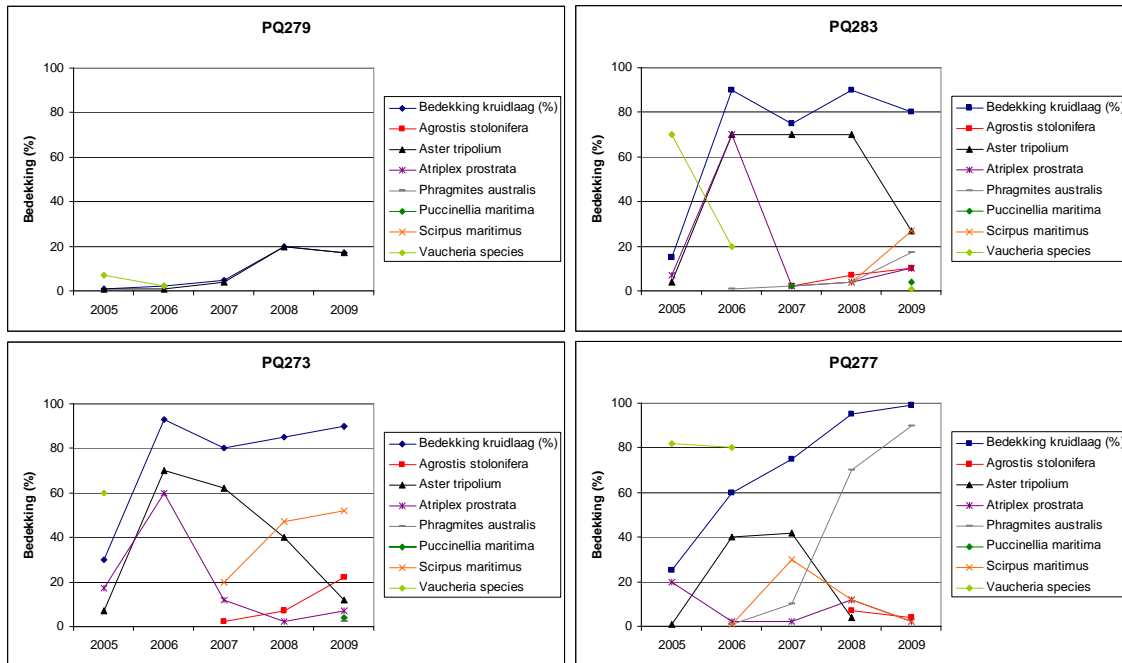
Figuur 3-21: Vegetatiekaart van het Paardenschor in 2009

**Tabel 3-6: Transitie matrix van de vegetatieveranderingen tussen 2006 en 2009 op het Paardenschor gebaseerd op de respectievelijke vegetatiekaarten. De uiterst rechtse kolom geeft het percentage van het totaal oppervlak (11.7ha) weer dat door de verschillende vegetatietypes werd ingenomen in 2006. De onderste rij geeft deze percentages voor 2009. De nummers van de vegetatietypes komen overeen met Tabel 3-5. De matrixelementen geven het percentage van het oppervlakte van een bepaald type in 2006 weer (rij) dat naar een ander type is gewijzigd in 2009 (kolom). De grijs gemarkeerde cellen zijn niet veranderd. Transitie die minder dan 1% van het type innamen, worden weergegeven met '<'.
'<'.</p>**

2009	Type 1	Type 3	Type 5	Type 6	Type 10	Type 8	Type 8'	Type 11	Type 12	Type 12'	Type 13	Type 14	Type 15	Breuksteen	Zand	%2006
2006																
Type 1	89.2	<	2.5	<	-	5.5	1.1	<	<	<	-	<	<	-	<	78.1
Type 3	53.4	1.3	27.1	10.7	1.2	3.1	-	1.5	-	0.8	-	-	-	-	<	3.6
Type 5	3.3	-	13.8	2.8	-	33.5	42.2	<	3.3	-	-	-	-	-	<	1.5
Type 6	3.3	-	-	-	-	63.3	16.7	-	16.7	-	-	-	-	-	-	0.1
Type 10	<	-	<	<	0.8	10.8	43.0	-	22.7	16.0	2.1	-	2.7	-	-	10.8
Type 8	-	-	-	-	-	47.1	29.4	-	23.5	-	-	-	-	-	-	0.1
Type 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	0.5
Type 12'	-	-	-	-	-	-	-	-	49.5	47.4	2.7	-	<	-	-	4.6
Glaux	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Zand	10.7	1.9	14.9	4.7	11.6	-	-	4.2	-	38.6	-	-	-	10.2	3.3	0.7
%2009	71.8	0.2	3.4	1.0	0.2	6.2	6.2	0.1	5.4	4.8	0.3	0.0	0.4	0.1	0.1	100

Op het kale slik komt af en toe Zeesla (*Ulva lactuca*) (Type 1) voor dat zich weet vast te hechten op vaste structuren die veelal onder het slib zijn bedolven. Nopjeswieren (*Vaucheria sp.*) zijn belangrijke kolonisatoren van het kale slik die door hun sedimentvangende eigenschappen de sedimentatie verder in de hand werken. Uit de transitie matrix waarin de vegetatiekaart van 2006 vergeleken wordt met 2009 (Tabel 3-6) blijkt echter dat Nopjeswier een vrij onbestendig karakter heeft. Slechts een klein deel is Nopjeswier gebleven. Grotendeels is het terug omgevormd tot kaal slik. Dit kan enerzijds te wijten zijn aan de periode waarin de vegetatiekaart is gemaakt. In het najaar komen namelijk geregeld grote matten Nopjeswier los tijdens stormen of anderzijds kunnen bioturbatie en begrazing door macrobenthos aan de basis liggen van deze omvorming naar kaal slik (Hughes 1999; Van den Neucker et al. 2007). Nopjeswier (Type 3) wordt gekoloniseerd door Zeeaster (*Aster tripolium*) wat een overgangstype van Nopjeswier met pioniers (Zeeaster) doet ontstaan (Type 5). Uit de transitie matrix (Tabel 3-6), die de overgang van 2006 naar 2009 aangeeft, volgt dat deze op drie jaar tijd grotendeels is geëvolueerd naar vegetatietypes gedomineerd door Zeebies (Type 8 en 8'). Uit de vergelijking van de permanente kwadraten blijkt evenwel dat hier nog stadium tussenkomt, met name een vegetatietype dat door Zeeaster wordt gedomineerd (Type 6 Rompgemeenschap van Zeeaster-*Puccinellion maritimae*) en Type 10 Zeeaster - Spijesmelde (cf. PQ273 en PQ277 in Figuur 3-22). Beide types evolueren vervolgens naar Zeebiesvegetaties (Type 8 Rompgemeenschap van Zeebies-*Asteretea tripolii*) of de variant met Fioringras (*Agrostis stolonifera*) (Type 8' Rompgemeenschap van Zeebies-*Asteretea tripolii*) met Fioringras). Het volgend stadium in de successie op het Paardenschor is de ontwikkeling naar Rietland (Type 12 en 12'). Vooral op de voormalige dijk op de overgang naar het Schor van Ouden Doel heeft zich reeds brak Rietschor (Type 12) ontwikkeld al dan met bijmenging van Strandkweek (*Elymus athericus*) (Type 12'). Ook in de Zeebiesvegetaties langs de dijk heeft zich Riet (*Phragmites australis*) gevestigd en vormt er cirkelvormige klonen.

Concluderend kan gesteld worden dat Nopjeswier (*Vaucheria sp.*) optreedt als kolonisor van kaal slik waarna vervolgens een door Zeeaster (*Aster tripolium*) gedomineerd successiestadium volgt. Zeebies (*Scirpus maritimus*) vestigt zich aansluitend en zal overheersen waarna met de kolonisatie en vervolgens dominantie van Riet (*Phragmites australis*) de climaxvegetatie is bereikt.



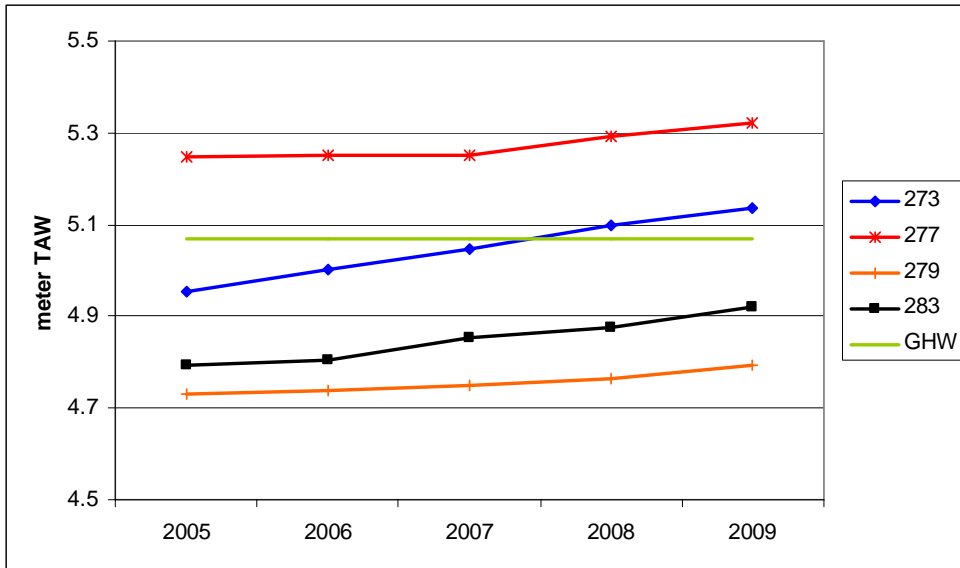
Figuur 3-22: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op het Paardenschor van 2005 tot 2009.

Vergelijking van de veranderingen in de bedekkingen van de soorten in de verschillende PQ's met de hoogteveranderingen in die PQ's toont aan dat onafhankelijk van de initiële hoogte alle hierboven beschreven successiestadia optreden. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 3-22 en Figuur 3-23 welke resp. de soort- en hoogteveranderingen weergeven.

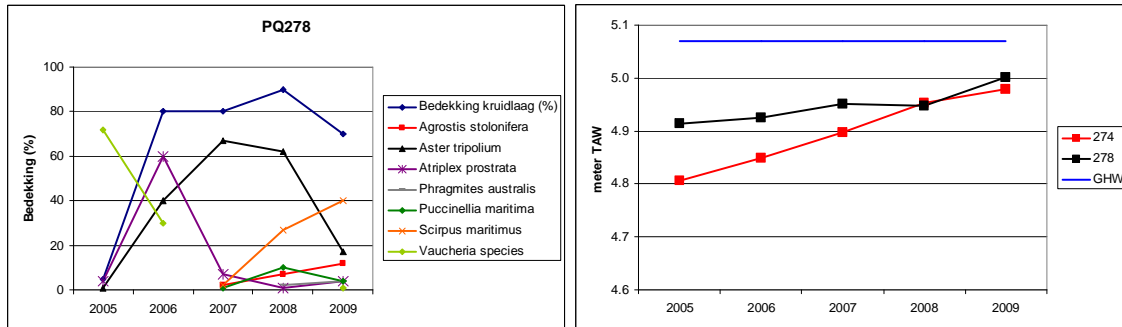
PQ277 is bijvoorbeeld initieel al hoog gelegen maar desondanks treedt ook hier Nopjeswier op als kolonisor. Zeeaster koloniseert het PQ al vrij snel om het volgend jaar (2007) samen met Zeebies als codominant op te treden. Ondertussen heeft Riet zich eveneens in het PQ gevestigd en domineert vanaf 2008. In PQ273, initieel iets lager gelegen dan PQ277 (Figuur 3-23), volstrekt zich een gelijkaardige successieserie maar treedt in 2009 Zeebies op als dominant. PQ283 is nog iets lager gelegen en is in 2009 net het Zeeasterstadium voorbij waarna Zeebies duidelijk de bovenhand krijgt. Het laagst gelegen is PQ279 welke door Zeeaster wordt gedomineerd.

Alle verschillende successiestadia treden dus op onafhankelijk van de initiële hoogte. De soorten turnover is echter hoog of de successie verloopt sneller indien de locaties initieel hoog in het getijdenster zijn gesitueerd.

Ook de mate van drainage heeft een belangrijke impact te hebben op de kolonisatie en successie van de vegetatie (Crooks et al. 2002). Op goed gedraineerde plaatsen kan kolonisatie en successie reeds plaatsvinden laag in het getijdenster. PQ274 en PQ278 hebben sinds 2008 vergelijkbare hoogtes en bevinden zich resp. op een slecht en goed gedraineerde locatie. In PQ 278 heeft zich bijvoorbeeld al een Zeebiesvegetatie ontwikkeld waarin Riet zich reeds heeft gevestigd, terwijl PQ274 nog uit kaal slik bestaat.



Figuur 3-23: Veranderingen in hoogte van de permanente kwadraten weergegeven in Figuur 3-22 op het Paardenschor tussen 2005 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Prosperpolder Taverniers & Mostaert 2009).



Figuur 3-24: Soortveranderingen in PQ278 gelegen naast een geul wat zorgt voor een goede drainage (links). Hoogteveranderingen in PQ274 en PQ278 die resp. op een slecht en goed gedraineerde locatie zijn gesitueerd.



Figuur 3-25: Door Zeebies (*Scirpus maritimus*) gedomineerde vegetatie in PQ278 waarin ook Riet (*Phragmites australis*) zich heeft gevestigd en nog Zeeaster (*Aster tripolium*) aanwezig is (links) en kaal slik in PQ274 (rechts). Beide opnames dateren van 2009.

4. Ketenisse

De Ketenissepolder werd ingedijkt tussen 1845 en 1877. Het noordelijk deel tussen Fort Liefkenshoek en de centrale polder werd in de jaren zestig van de 20e eeuw opgehoogd met voornamelijk zandig materiaal en hoogovenslakken. De dikte van ophoging werd op 3-4m geschat (Soresma, 1998). Op 10 juli 1987 werd gestart met de aanleg van de Liefkenshoektunnel. De specie die vrijkwam bij deze werken werd opgespoten achter de zomerdijk van de polder ten zuiden van de leidingendam. De opspuitingen achter de zomerdijk van de polder gebeurden niet overal even intens, waardoor er een plas overbleef tussen hoger opgespoten gebieden. De centrale polder stroomafwaarts de leidingendam bleef over als zomerpolder. Het zuidelijk deel tussen de polder en het voormalig Fort de Perle bleef buitendijks en ontwikkelde zich tot een rietschor. Bij de aanleg van de Kallosluis werd ook het deel tussen de sluis en de aanlegsteiger van Bayer opgespoten, het stukje rietveld tussen de aanlegsteiger en de leiding van Bayer bleef ongemoeid.

In 1994 werd gestart met de bouw van de Noordzeecontainerterminal, op de rechter Scheldeoever nabij de Belgisch-Nederlandse grens. Deze terminal nam 8ha in van het natuurgebied Groot Buitenschoor. Als compensatie voor dit verlies aan waardevol habitat stelde de overheid het herstel van de schorren tussen het Fort Liefkenshoek en de Kallosluis voorop.

De werken startten in december 2001 en in januari 2003 waren ze voltooid. De winterdijk werd over de volledige lengte, van Fort Liefkenshoek tot aan de Kallosluis verhoogd en verbreed tot Sigmahoogte en -breedte. Tussen Fort Liefkenshoek en Ketenissepolder werd het meest stroomafwaartse deel ongemoeid gelaten om de omgeving van de tunnel te beschermen. Het gebied vanaf deze niet ontpolderde zone tot de polder werd afgegraven met een helling tussen 5mTAW aan de teen van de dijk tot het niveau van het voorliggend slik. De polder stroomafwaarts de leidingendam werd niet afgegraven en lag dus relatief lager dan de rest van het gebied (Ysebaert & Van den Bergh, 2000). De zomerdijk werd slechts gedeeltelijk afgegraven, enkel ter hoogte van een bres helemaal stroomopwaarts werd tot op het slikniveau gegraven. Rond de leidingendam werd een Sigmadijk ter bescherming aangelegd. Het gebied binnen deze dijk heeft nog de kenmerken van de polder bewaard. Bovenop het meest rivierwaartse gedeelte van deze U-vormige beschermdijk werd schelpenzand gelegd om een vogeleiland te creëren. Het grootste grondverzet gebeurde in de polder stroomopwaarts de leidingendam. Steenslag van de zomerdijk en opgespoten specie werden verwijderd en het gebied werd afgegraven tot net onder GHW (i.e. gemiddeld hoogwater). Bij het afgraven werd een zwakke helling naar de rivier toe voorzien zodat de uitgangssituatie zo optimaal mogelijk zou zijn voor slik- en schorontwikkeling. De afgegraven grond werd per boot afgevoerd naar Kruibeke, waar deze gebruikt werd voor de aanleg van de ringdijk van het gecontroleerd overstromingsgebied van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde. Doordat de afgegraven specie bestemd was voor de aanleg van een dijk, werd alleen geschikte specie afgegraven en bleven een aantal delen van het gebied echter ongewijzigd. Ook werd de vroegere zomerdijk niet volledig afgegraven. Dit maakt dat vooral de hoogteligging en de helling van het gebied plaatselijk sterk verschilt van wat gepland was. Het rietveld tussen de twee steigers van Bayer werd ongemoeid gelaten. Het buitendijks gebied tussen dit rietveld en de Kallosluis werd afgegraven zoals het meest stroomafwaartse gedeelte.

Het huidige Ketenisseschor situeert zich tussen het fort van Liefkenshoek en de Kallosluis op de linkeroever van de Schelde en heeft momenteel een totale oppervlakte van 60ha (waarvan 35.5ha heringericht). De getijamplitude is er 5.27m en de getijdencyclus is nagenoeg symmetrisch. Het gebied bevindt zich in de mesohaliene zone. De saliniteit schommelt rond 3.60‰. In Tabel 4-1 wordt een overzicht gegeven van de sturende variabelen op Ketenisseschor.

Het volledige gebied ligt in een binnenbocht en heeft de langgerekte vorm van een boemerang. Het kan onderverdeeld worden in zones met een verschillende geschiedenis en uitgangssituatie. Van stroomaf- naar stroomopwaarts onderscheiden we:

-De zone LHT ter hoogte van de Liefkenshoektunnel die niet werd afgegraven.

-Zone ABC (met raaien KPa, KPb en KPc) tussen LHT en de voormalige Ketenisse polder. Dit gebied werd afgegraven met een relatief steile helling, omdat er onvoldoende ruimte was voor een meer geleidelijke overgang. Door de aanwezigheid van harde kleibanken is de helling ook eerder 'geaccidenteerd'. Bij aanvang van de monitoring was dit gebied een onbedijkt, eerder zandig slik.

-Zone D: De voormalige Ketenissepolder stroomafwaarts de leidingendam (met raai KPd). Dit gebied werd nooit opgehoogd en was daardoor relatief laaggelegen bij ontpoldering. De zomerdijk werd afgegraven tot op hoogte van het achterliggend gebied. Net naast de dijk rond de leidingendam bevindt zich een diepere bres die reeds zeer vroeg tijdens de werken ontstond bij de aanleg van de beschermdijk. De vegetatie was vlug verdwenen na deze doorbraak van de zomerdijk. Bij aanvang van de monitoring was het gebied dan ook al een slik waar reeds veel slibrijk sediment was afgezet. Het hersteld deel met zeer zwakke helling gaat via een steile breuksteenhelling over in het oorspronkelijk slik. De breuksteenhelling is een restant van de vroegere zomerdijk.

-Het gebied tussen de leidingendijken (polder). Dit centraal gelegen gebied is niet onderhevig aan getijdenwerking en behield de kenmerken van een polder.

-Zone E: De voormalige Ketenissepolder stroomopwaarts de leidingendam (met raai KPe). Zoals reeds vermeld was hier stroomopwaarts een plas tussen hoger opgespoten gebieden en de dijk. In dit gebied gebeurde het meeste grondverzet. Gebieden met specie die ongeschikt was voor dijkconstructie bleven echter ongemoeid achter en op sommige stukken werd dieper gegraven dan op andere. Hier waren dus zowel begroeide als onbegroeide delen bij oplevering van de werken. Naast de leidingendam bevindt zich eveneens een dieper uitgegraven bres die reeds zeer vroeg tijdens de werken ontstond bij de aanleg van de beschermdijk. Het gebied was bij aanvang van de monitoring een onbedijkt slik- en schorgebied met zowel slibrijk als meer zandig slik. Het afgegraven deel heeft een zeer zwakke helling en gaat via een steile breuksteenhelling over in het oorspronkelijk slik. De breuksteenhelling is een restant van de vroegere zomerdijk.

-Zone F: Deze zone (met raai KPf) was ook voor de aanvang van de monitoring onbedijkt. Tijdens de werkzaamheden werd wel een tijdelijke verhoging aangelegd nabij de laagwaterlijn om te manoeuvreren met de graafmachines. In het grootste deel van dit gebied werden de rietrhizomen weggeschraapt. Slechts op een klein deel werd de oorspronkelijke rietvegetatie ongemoeid gelaten.

-Rietveld ter hoogte van Bayer.

-Afgegraven zone G tussen het rietveld en Kallosluis (KPg). Dit gebied werd afgegraven met een relatief steile helling omdat er onvoldoende ruimte was voor een geleidelijker overgang. Bij aanvang van de monitoring was het gebied een onbedijkt zandig slik. Kort na de afgraving ontstond er door erosie een opmerkelijke klif.

Tabel 4-1: Sturende variabelen op het herstelde deel van Ketenisseschor. *: dimensies van de bressen die tot op het niveau van het voorliggend slik aangebracht werden, de rest van de zomerdijken werd later (weliswaar onvolledig) afgegraven. Hierdoor heeft de breswijdte weinig impact op de getij-uitwisseling. **: staalnamelocatie van f-raai op nieuw, ontwikkelend gebied langs rand van restanten van oorspronkelijk schor.

	Ketenisseschor				
	ABC	D	E	F	G
Primaire sleutelfactoren					
afstand tot de monding (km)	63,4	64,5	65,5	66,5	67,3
Saliniteit (‰)	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60
Getijamplitude (GLLW-GHHW in m)	6,74	6,74	6,77	6,78	6,78
Tijd sinds herstel (maanden)	52-54	52	49	47	52
Oppervlakte heringericht gebied (ha)	7,3	4,1	18,3	4,8	1
Vormindex (-)	22,8	1,2	4,4	4,4	4,7
Oriëntatie t.o.v. kust (5 klassen tussen 0° en 90°)	1	1	1	1	1
Absolute dimensies doorbraak (m)	1269	10*	7*		216
Relatieve dimensies doorbraak (m/ha)	173,8	2,4*	0,4*		216
Initiële hoogteligging (mTAW)	4,75	4,44	5,16	5,13	4,53
Helling (%)	5,1	0,2	0,4	1,7	5
Sedimentsamenstelling (µm)	186,1	36,5	93,7	16,9**	
Drainering (m sloot/ha)	0	0	0	0	0
Secundaire sleutelfactoren					
Getij-uitwisseling (%)	100	100	100	100	100
Relatieve overstromingsfrequentie (%)	92	99	68	70	97
Max. afstand tot doorbraak (m)	130	221	234		54



Figuur 4-1. Overzichtskaart Ketenisse met locatie van de opmetingen. In bijlage zijn detailkaarten weergegeven. Orthofoto van januari 2009.

In Tabel 4-2 worden de verzamelde en beschikbare gegevens, aanvullend aan Van den Neucker et al. (2007), samengevat.

Tabel 4-2: Overzicht van de verzamelde gegevens sinds 2007 - Ketenisse. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar; ?: nog op te lijsten.

	mrt/07	jun/07	okt/07	sep/08	okt/08	april/09	sep/09	okt/10
Sediment								
Granulometrie & organische stof		sv	sv	sv			sv	s
Fysicochemie	sv		sv	sv			sv	s
Geomorfologie								
Sederplots		sv	sv	sv			sv	s
Profielmetingen	sv	sv	sv (nov)			sv	sv	s
Vegetatie								
Kartering	2007							
PQ's			sv		sv		sv	
Bodemdieren								
Benthos			sv	sv			sv	s
Oligochaeta		s	sv	sv			s	s

4.1 Topografie

4.1.1 Algemeen

De grafieken met betrekking tot de profielen en de sedimentatie-erosieplots zijn opgenomen in bijlage per profielraai (zie hoofdstuk 10). In onderstaande bespreking wordt de evolutie van de overstromingsduur getoond in de tijd voor elke sedimentatie-erosieplot. De lezer kan hieruit afleiden in welke ecotoop de plot zich bevindt. Voor de slikecotopen worden volgende grenzen gehanteerd (Van Braeckel et al., 2006): voor laag slik ligt de grens van gemiddeld laag water bij springtij (GLWS) tot 75% overstromingsduur (OD), voor midden slik 25-75% OD, voor hoog slik 0-25% OD. De schorecotopen worden onderscheiden op basis van de overspoelingsfrequentie bij hoogwater. Pionierszones vallen tussen 45 en 80% overspoelingsfrequentie, de schorzzone wordt afgebakend vanaf 45% en minder overspoelingsfrequentie. Voor Ketenisse is de hoogteligging van de pioniersecotoop hierdoor gelegen tussen 5-5.4m TAW, alles boven de 5.4m TAW gelegen en begroeid wordt gekarteerd als schorecotoop.

Tabel 4-3: Hoogtegrenzen van ecotopen met de definities volgens Van Braeckel et al. (2006) ter hoogte van Ketenisse.

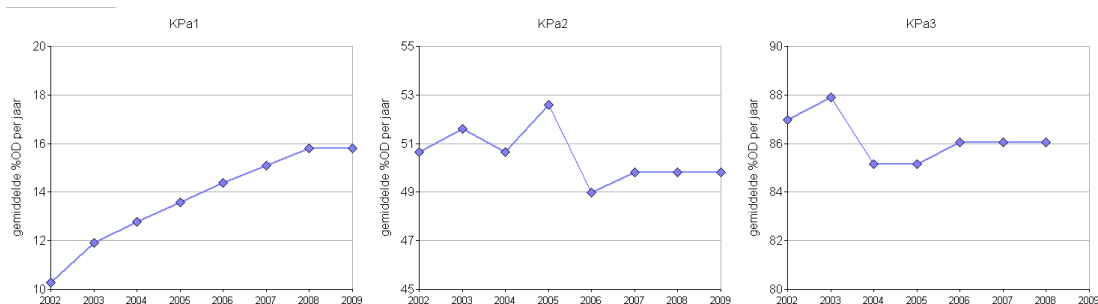
Antwerpen - Ketenisse:		
obv gevalideerde tijdsdata 10min 2008		
fysiootopgrenzen SLIK	OD%	mTAW
ondergrens laag slik	100	-1.24
ondergrens middelhoog slik	75	1.17
ondergrens hoog slik	25	4.04
	0	6.95
grenzen schor	OF%	
lage pionierzone	> 80%	5.01
hoge pionierzone	0.45	5.45
schorzzone	<	> 5.45

4.1.2 Profielen en sedimentatie-erosieplots

Algemeen is de maandelijkse en seizoenale variatie klein (net als in Paardenschor). Op basis van deze waarneming werd beslist om de zeer intensieve opmeting bij aanvang (14-daags tot maandelijks) te verminderen tot seizoenale metingen (tot 2007) naar uiteindelijk jaarlijkse opmeting sinds 2008.

4.1.2.1 KPa

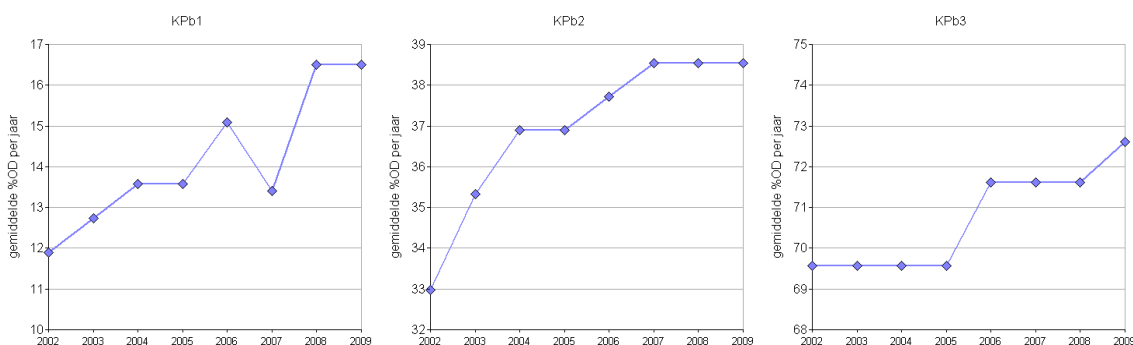
Alle plots zijn slikecotoop: hoog (KPa1), midden (KPa2) en laag slik (KPa3). De helling van het KPa profiel nam lichtjes af van 5.1% naar 4.8% in de periode 2002-2009. Dit wordt veroorzaakt door erosie van een zone nabij de dijk (ongeveer 35cm), een stabiele middensectie en een beperkte sedimentatie in de laagste zone (ongeveer 10cm) (zie hoofdstuk 10). Dit weerspiegelt zich in veranderde overstromingsduur in de bovenste zone van 10 naar 15% (Figuur 4-2). De middenzone en laagste zone vertonen weinig veranderingen in overstromingsduur. De smalle zone van het KPa profiel die zich op een goede uitgangshoogte bevindt voor de vorming van pioniersschor is hier hoogdynamisch door het optreden van erosie. Dit zal de ontwikkeling van schor in deze zone bemoeilijken. Het profiel is in tegenstelling tot KPb en KPc meer in 1 vlak geëvolueerd. Dit staat in relatie tot de inrichting. In KPa werd de volledige oude dijk goed weggenomen. In KPb en KPc zijn de restanten nog zichtbaar en in de loop van de tijd werden ze duidelijker door erosieprocessen in het profiel die trager verlopen op de hardere restanten.



Figuur 4-2: KPa gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijddata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).

4.1.2.2 KPb

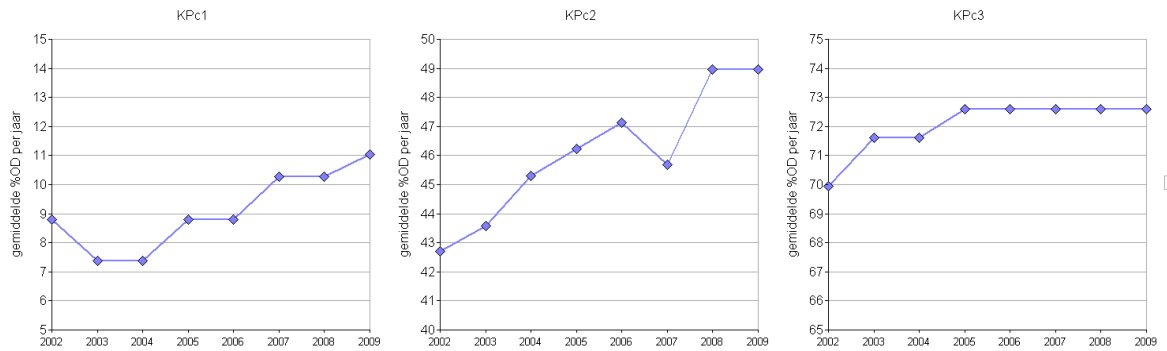
KPb is iets steiler dan KPa en KPc en veranderde nauwelijks in de periode 2002-2009 (van 6.8 naar 7.3%). Algemeen was er erosie over het volledige profiel. De vorm van het profiel wijzigde wel. Voor en achter de resten van de oude dijk met nog breuksteen en gecompacteerd bodem tred erosie op. Er vormde zich een kleine (ongeveer 30cm niveau verschil) 'migrerende' klif richting dijk in de middenzone van het profiel (ter hoogte van KPb2). Deze klifjes ontstaan door de hardere kleilagen die zich dijkwaarts KPb2 bevinden, ze eroderen trager tegenover de slibbige en zandigere bodemdelen. De erosie weerspiegelt zich in een toegenomen overstromingsduur die het meest uitgesproken is voor KPb2 voor de periode 2002-2009 (Figuur 4-3).



Figuur 4-3: KPb gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijddata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).

4.1.2.3 KPc

De helling van KPc wijzigde niet in de periode 2002-2009 (6.3%). In nagenoeg het volledige profiel heeft erosie plaatsgevonden (10-20cm). Vooral in de middenzone van het profiel was er erosie (ongeveer 40cm). Hierdoor nam in de middenzone de overstromingsduur toe met 6% en in de andere zones was dit slechts enkele percent (Figuur 4-4). Een breuksteenzone geeft zich enigszins duidelijker afgetekend in het profiel ten opzichte van de uitgangssituatie. Net als in KPb was de erosie het hoogst net voor en achter de breuksteenzone (oude dijk). KPc1 bevindt zich in de hoogstreekzone, KPc2 en KPc3 bevinden zich in de middensreekzone. KPc3 bevindt zich op de overgang met het laag slik.

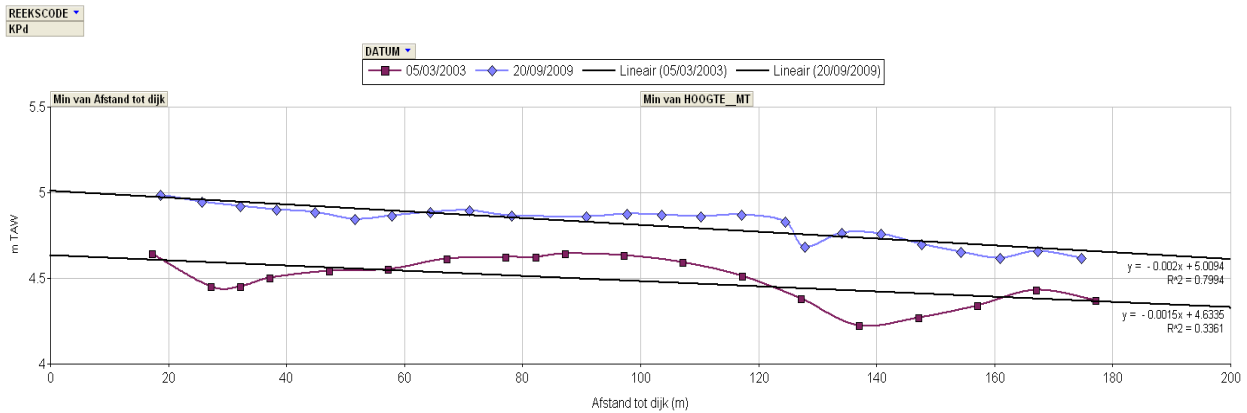


Figuur 4-4: KPC gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdeta 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).

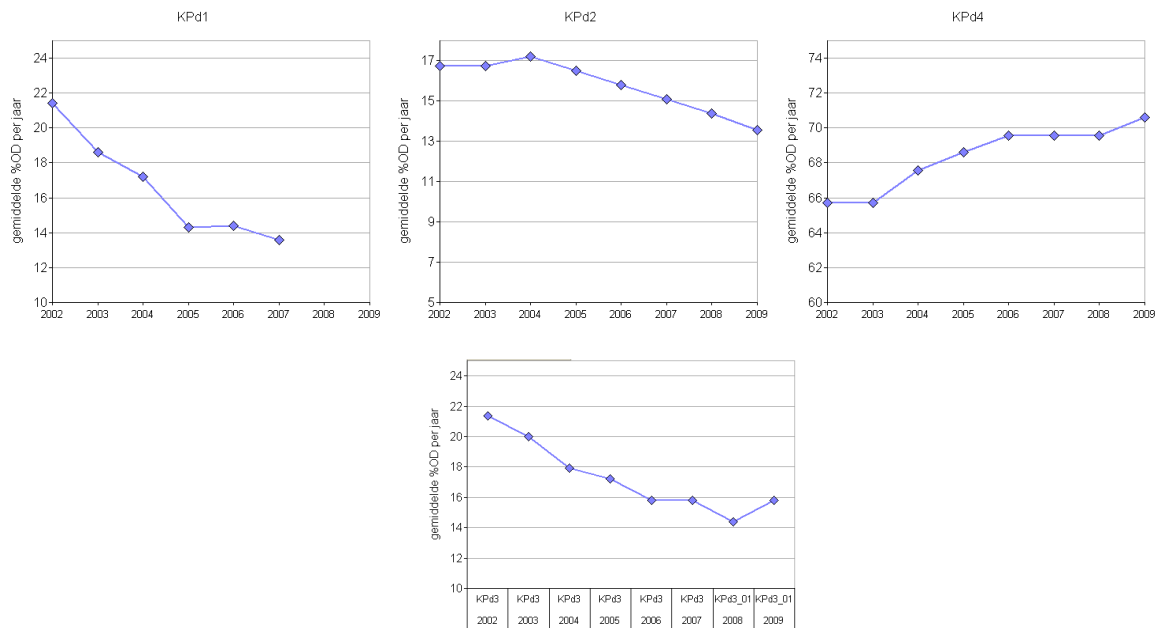
4.1.2.4 KPD

Het KPD profiel bevindt zich tot aan de oude zomerdijk op hoog slikniveau met een overstromingsduur van minder dan 25% (ongeveer 14% OD in 2009). In de periode 2002-2009 sedimenteerde dit deel op, ongeveer met 5 tot 10cm per jaar (zie Figuur 4-5, bijlage 10). Hierdoor verminderde de overstromingsduur (Figuur 4-6). De zone aan landzijde (KPD1) bevindt zich momenteel op pionierszone hoogte. Op basis van het profiel en hoogteligging wordt spoedig de eerste vegetatieontwikkeling verwacht. Gedurende de monitoringsperiode trad er een vervlakking op en de rivierwaartse helling nam licht toe (van 0.15 naar 0.2%)(Figuur 4-5). Dit resulteerde mogelijk in een vlottere afwatering van de zone (ook dit kan de schorontwikkeling bespoedigen).

In tegenstelling tot de sedimentatie in de NOP zone is het voorliggende slik hoogdynamisch en treedt er erosie op. Ruim 25cm over de monitoringsperiode gezien. Hierdoor nam de hellingsgraad toe van 5.4% naar 7.5%. De overstromingsduur nam in KPD4 toe met 5%. De oude zomerdijk beschermt de NOP-zone tegen erosie en zorgt zo voor een laagdynamische landwaartse zone.



Figuur 4-5: Profiel KPD tot aan de oude zomerdijk (NOP-zone), uitgangssituatie versus huidige situatie (2009).

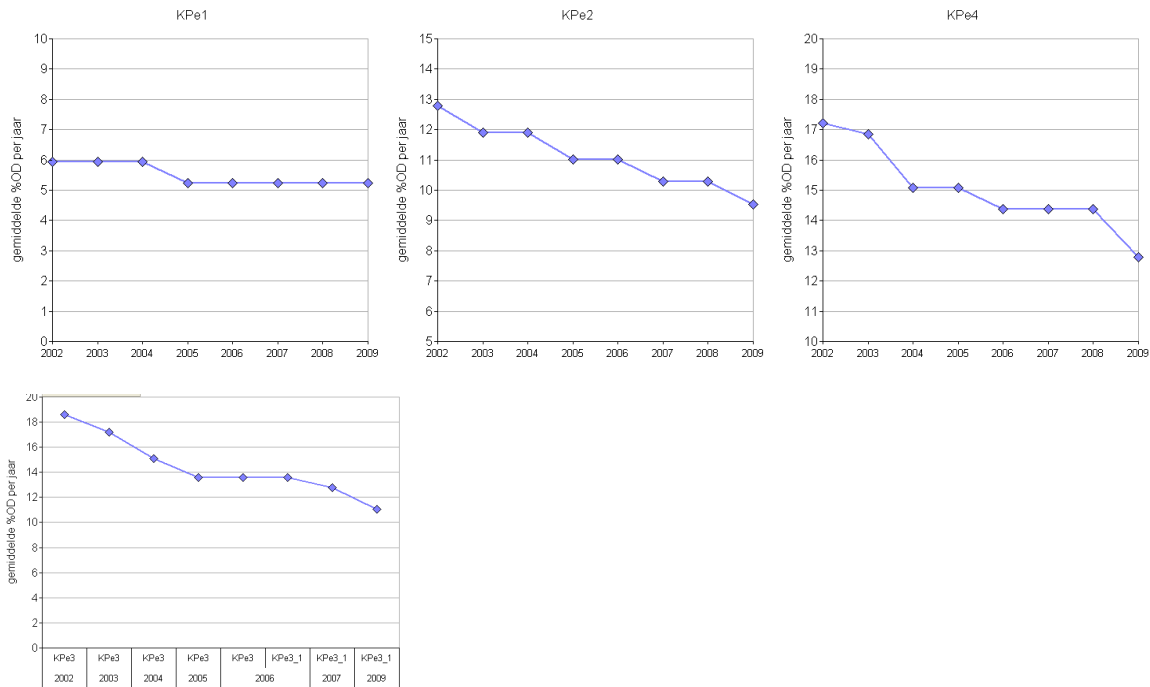


Figuur 4-6: KPd gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdendata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).

4.1.2.5 KPe

Het KPe profiel lijkt sterk op het KPd profiel. Het is iets hoger gelegen in het tijvenster wat resulteert in lagere overstromingsduur (Figuur 4-7) en lagere overstromingsfrequenties. Het afgegraven NOP-deel heeft een zeer zwakke rivierwaartse helling (0.35%) die via een steile breuksteenhelling over gaat in het voorliggende (oorspronkelijke) slik. Het profiel werd vlakker door het opvullen van de depressie (zie bijlage 10). Over het volledige profiel werd sedimentatie gemeten. Ter hoogte van KPe3 was dit maximaal met ruim 50cm over de monitoringsperiode. Het profiel bevindt zich momenteel bijna volledig op het niveau van (pioniers)schor. Indien de sedimentatiesnelheid zich doorzet zal de uitgangshoogte voor pioniersschorontwikkeling ook op KPe4 bereikt worden in 2011.

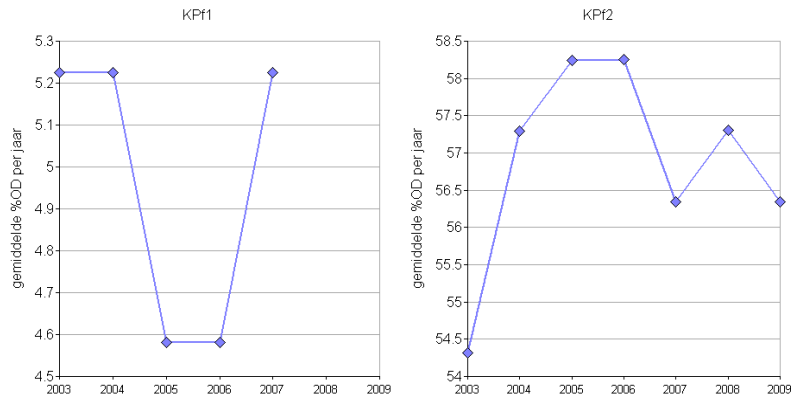
Het voorliggende (oorspronkelijke) slik is na een initiële erosieperiode (tot 2004) stabiel gebleven. KPe5 bevindt zich op laagsligniveau met een overstromingsduur van 90%.



Figuur 4-7: KPe gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijddata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).

4.1.2.6 KPf

KPf profiel wordt sinds 2007 maar opgemeten vanaf sederoplot KPf1. Landwaarts vormde zich een moeilijk doordringbaar schor. Het profiel van KPf1 tot aan de laagwaterlijn heeft een globale helling van 4.2% in 2009. De helling bleef nagenoeg onveranderd in de monitoringsperiode. In de monitoringsperiode worden zowel perioden van sedimentatie als perioden van erosie waargenomen. Initieel is er tot 2006 een sedimentatie vast te stellen. Sinds 2006 is er globaal erosie geweest op KPf profiel (ongeveer 15cm). De zone van de oude zomerdijk (met restanten breuksteen) is in de loop van de monitoringsperiode het meest veranderd. Het lijkt alsof deze stilaan erodeert. De sedimentatie-erosieplots KPf1 en KPf2 bevinden zich respectievelijk in de ecozones schor en middelhoog slik. KPf1 is gelegen in de NOPzone van het profiel, terwijl KPf2 gelegen is op het voorliggende (oorspronkelijke) slik. Beide sedimentatie-erosieplots veranderden in de monitoringsperiode niet veel. Ze zijn net gelegen in de zones van het profiel waar weinig sedimentatie en erosieprocessen zich afspeelden.



Figuur 4-8: KPf gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijddata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).

4.1.2.7 KPg

In deze zone werd geen profiel opgevolgd. Er vormde zich kort na het wegnemen van de zomerdijk een erosieklif. Deze wordt sinds april 2003 minstens jaarlijks ingemeten over de volledige lengte. Gemiddeld over de klif trad tussen de 8 en 13m erosie op. Ruim 1 m per jaar.



Figuur 4-9: KPG_klif. Evolutie van de top van de klif 2003-2009.

4.2 Sediment

4.2.1 Granulometrie en organisch materiaal

Algemeen:

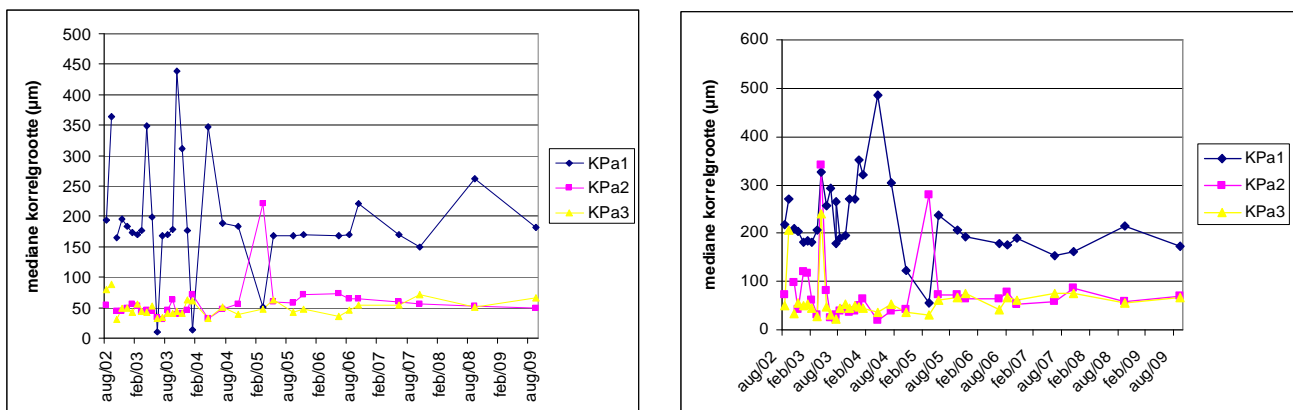
Het voorliggend slik is doorgaans redelijk stabiel of kent erosie. De bodem is niet gelaagd – er komt sediment in de toplaag te liggen met gelijke granulometrische kenmerken. De NOP-zone is echter een afgegraven ophoging met zandiger materiaal. Blijkbaar is het herstel niet tot op het oorspronkelijk 'Schelde'sediment' uitgevoerd en meten we nog zandige resten. De variabiliteit is daarom groter in het nieuw, ontwikkelend slik omdat hier en daar sedimentatie is opgetreden met fijner materiaal vergelijkbaar met het voorliggend slik.

Raai A

Mediane korrelgrootte

De initiële grote variatie lijkt af te nemen sinds halverwege 2005 (Figuur 4-10 ()). KPa1 is duidelijk zandiger dan beide lager gelegen punten. De twee lager gelegen punten (op het oorspronkelijk slik) vertonen (zeker tijdens de laatste jaren) erg constante waarden.

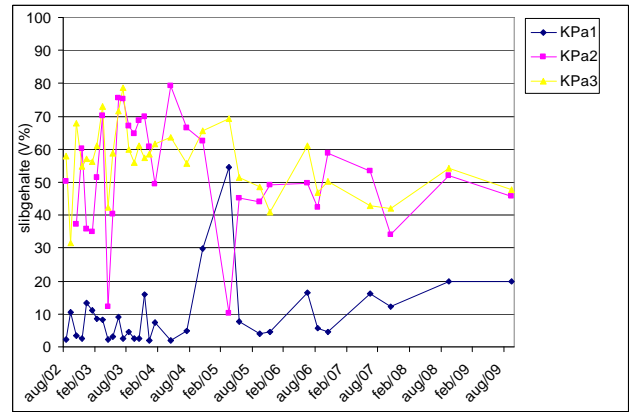
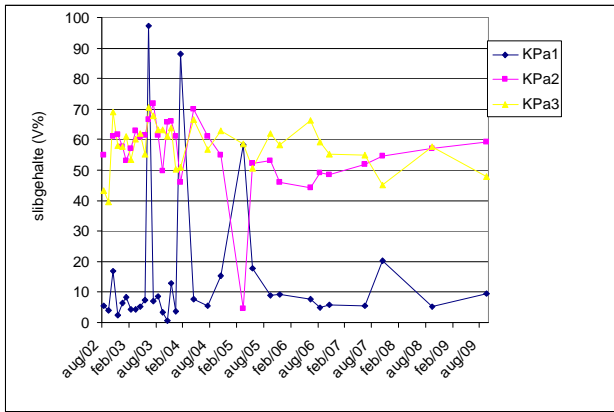
Bij de laatst verwerkte campagne is (op basis van de 0-10cm-stalen) het hoog intertidaal fijn zand en het laag intertidaal slib.



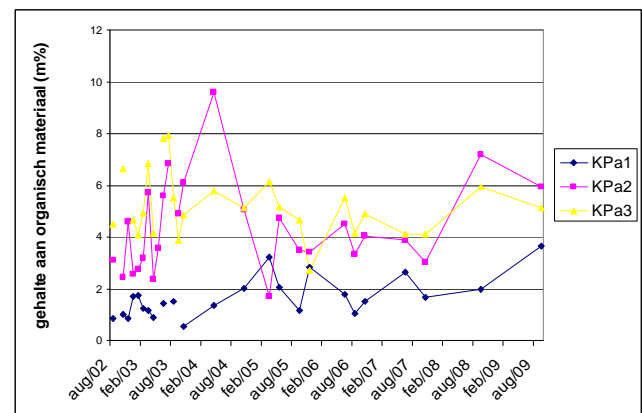
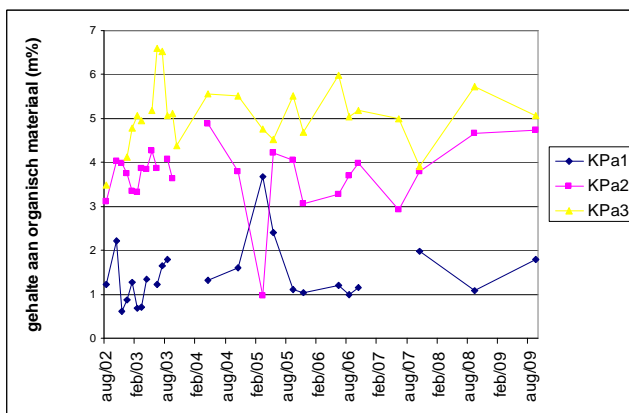
Figuur 4-10: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai A.

Slibgehalte en organisch materiaal

Het slibgehalte en het gehalte aan organisch materiaal vertoonden net zoals de mediane korrelgrootte de grootste variabiliteit in de beginperiode, om in recentere jaren vrij constant te worden (Figuur 4-11, Figuur 4-12).



Figuur 4-11: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <math><63\mu\text{m}</math>) in functie van de tijd – raai A.



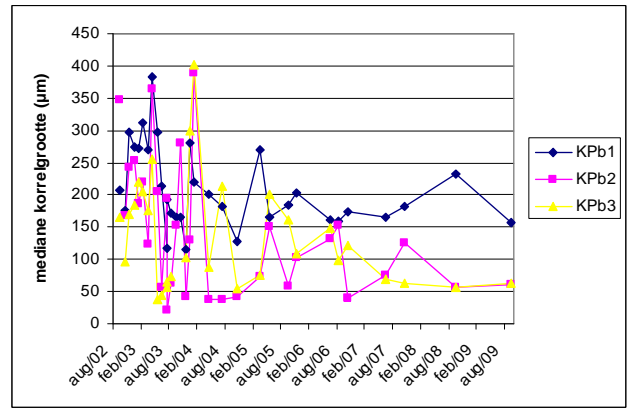
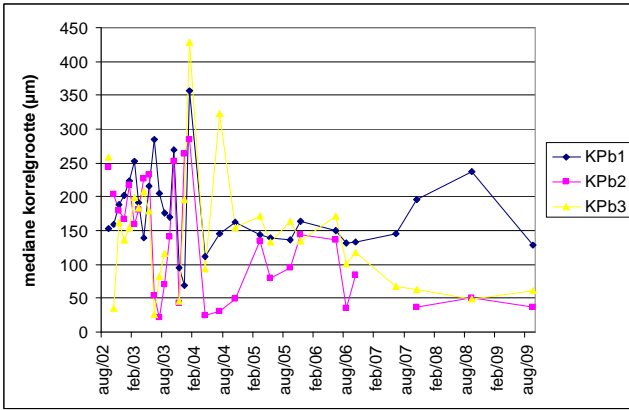
Figuur 4-12: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai A.

Raai B

Mediane korrelgrootte

De grote variatie blijft langer heersen dan in Raai A, vooral op het hoger gelegen KPb1 (Figuur 4-13). Analoog met KPa1, is KPb1 duidelijk zandiger dan beide lager gelegen punten. Deze laatste twee punten lijken sinds de tweede helft van 2007 minder temporele variabiliteit te vertonen. KPb2 op de grens van het nieuwe, ontwikkelende slik en KPb3 op het voorliggende lager gelegen slik, vertonen beiden duidelijk sterk gelijkaardige waarden. Beide locaties ondervinden een gestage erosie (hoofdstuk 10).

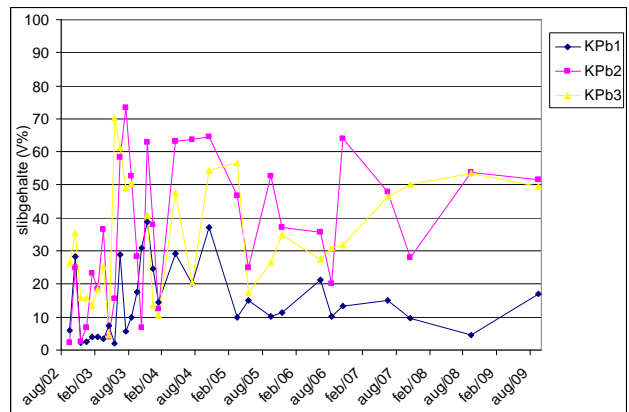
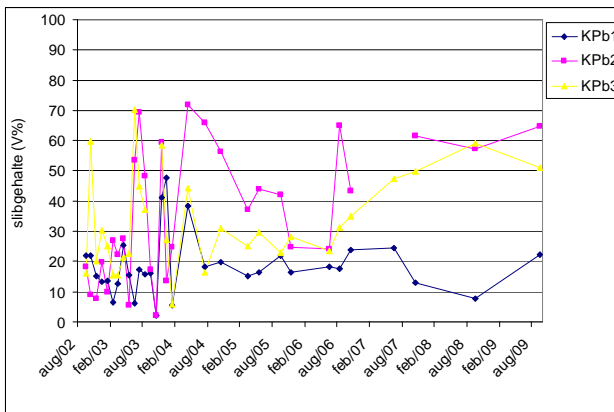
Bij de laatst verwerkte campagne is (op basis van de 0-10cm-stalen) het hoog intertidaal fijn zand en het laagst gelegen punt (net geen laag slik, (Figuur 4-3)) slib.



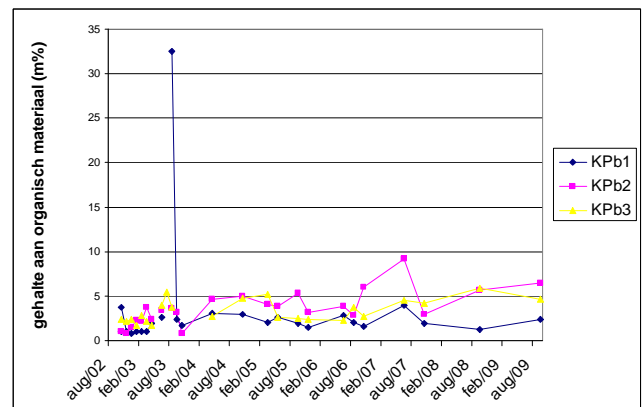
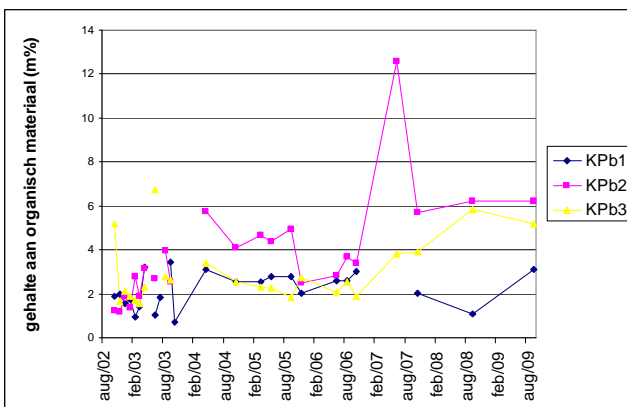
Figuur 4-13: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai B.

Slibgehalte en gehalte aan organisch materiaal

Het slibgehalte en het gehalte aan organisch materiaal vertoonden net zoals de mediane korrelgrootte de grootste variabiliteit in de beginperiode, om in recentere jaren vrij constant te worden (Figuur 4-14, Figuur 4-15).



Figuur 4-14: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <math><63\mu m</math>) in functie van de tijd – raai B.



Figuur 4-15: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai B.

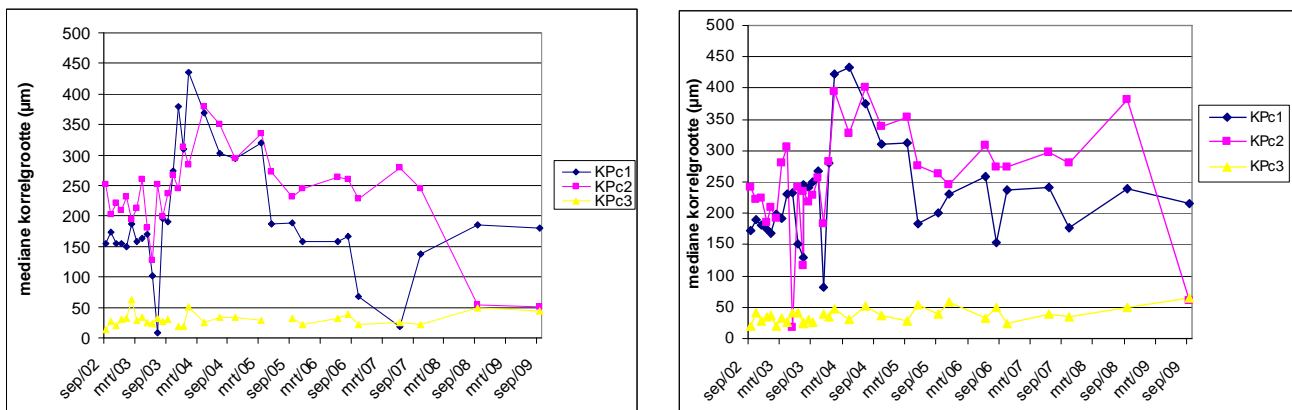
Raai C

Mediane korrelgrootte

KPc1 op het nieuwe, ontwikkelende slik en KPc2 op de rand van het nieuwe, ontwikkelende slik, vertonen beiden duidelijk sterk gelijkaardige waarden. De fijnzandige stalen weerspiegelen de bodem van de afgegraven (eerder opgehoogde) zone. Het laagst gelegen punt KPc3 blijft gedurende de monitoringsperiode constant (Figuur 4-16). Mogelijk wijst dit op vrij sterke indirecte effecten van de ingreep op de locatie KPc2.

Terwijl KPc3 een bijzonder constante en lage mediane korrelgrootte vertoont, lijken de twee overige punten na een vrij erratische stijging van halverwege 2002 tot in 2004 tijdens de recentere jaren een daling door te maken. Dit komt overeen met afwissellende (kleinere) sedimentatie- en erosieprocessen in de beginperiode. In de laatste jaren is er een gestage erosie. Het lijkt erop dat de gestage erosie van KPc2 gekomen is tot op de bodemlaag van het estuarium waardoor KPc2 en KPc3 gelijkaardige granulometrie krijgen. Het eerder gelijkaardig komen van de granulometrie voor de diepte (0-10cm) dan voor (0-1cm) wijst daar ook op.

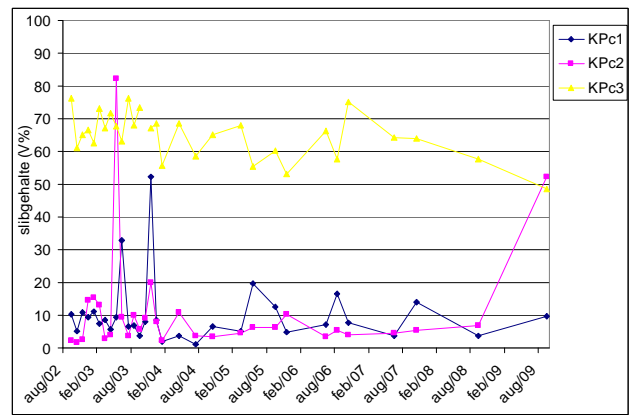
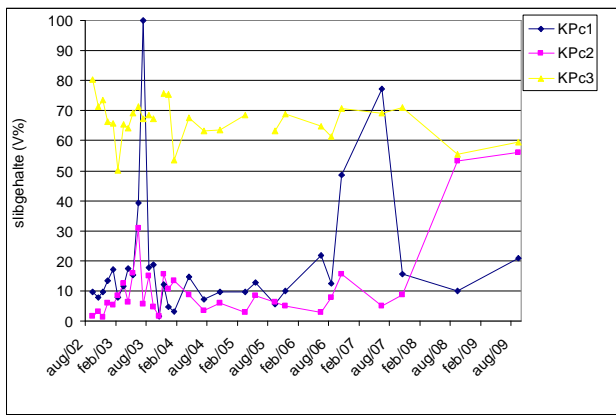
Bij de laatst verwerkte campagne is (op basis van de 0-10cm-stalen) het hoogste punt fijn zand en het laagste punt intertidaal slib.



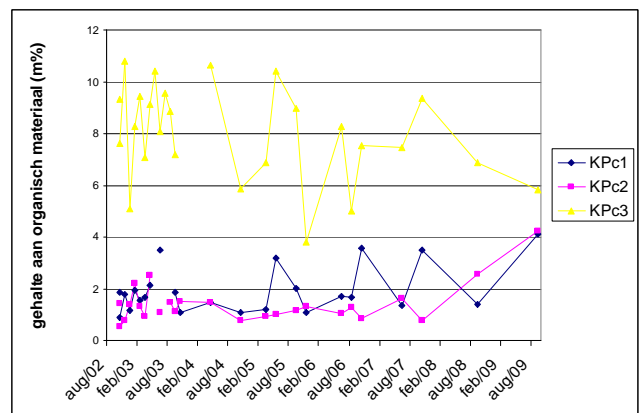
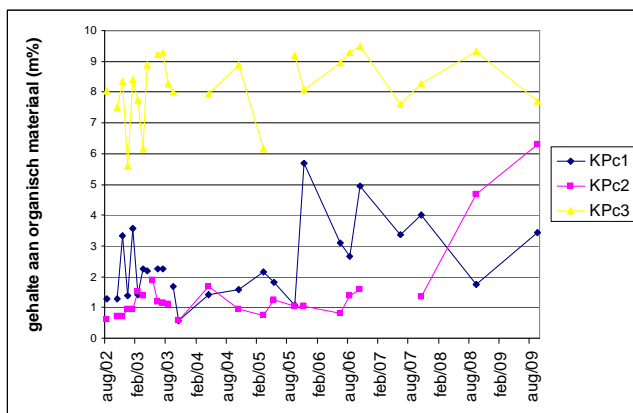
Figuur 4-16: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai C.

Slibgehalte en organisch materiaal

Het slibgehalte vertoont een evolutie die logisch aansluit bij die van de mediane korrelgrootte (Figuur 4-17). De recente daling van de mediaan in KPc1 en KPc2 gaat gepaard met een stijgend slibgehalte en hogere concentraties aan organisch materiaal (Figuur 4-18), waardoor deze locaties meer vergelijkbaar worden met KPc3. De onderliggende (Schelde)bodemlaag heeft een hoger gehalte aan slib en organisch materiaal.



Figuur 4-17: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai C.



Figuur 4-18: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai C.

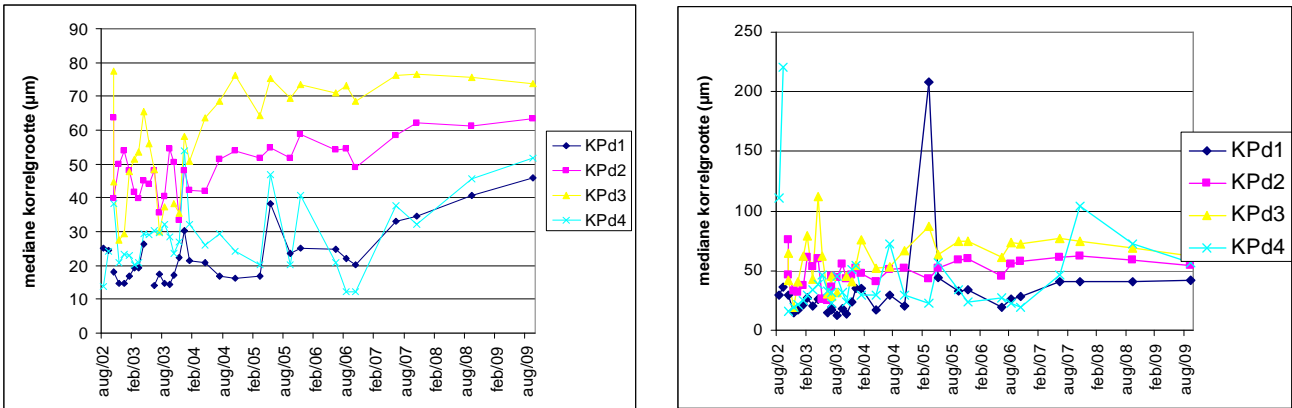
Raai D

Mediane korrelgrootte

KPd1, 2 en 3 worden gekenmerkt door (sterke) sedimentatie. KPd1 ligt het dichtst tegen de dijk aan, hier bezinken de fijnste sedimenten. De korrelgrootte neemt rivierwaarts duidelijk toe. In de laatste jaren lijkt het sediment grover te worden. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de hogere delen van deze raai zich in de beginperiode in een kom bevonden met tragere afwatering en een langere overstromingsduur. Hierdoor konden de fijnste sedimenten beter bezinken en afgezet worden. Hierop volgende ophoging en opvullen van de kom resulteerde in een kortere overstromingsduur en iets betere drainage. Dit resulteerde in relatief minder bezinkingstijd voor de allerfijnste sedimenten, waardoor er geleidelijk aan een vergroving optreedt.

KPd4, op het voorliggende slik, wordt gekenmerkt door erosie en heeft een gelijkaardige korrelgrootte als de laaggelegen punten van Raai ABC. Er is ook hier een tendens tot het iets zandiger worden (en een daling in slibgehalte). Mogelijk komt hier door de erosieprocessen een andere bodemlaag aan de oppervlakte die iets zandiger is (of inmenging door historische verstoring van de Scheldebodem bij aanleg van Kennedytunnel).

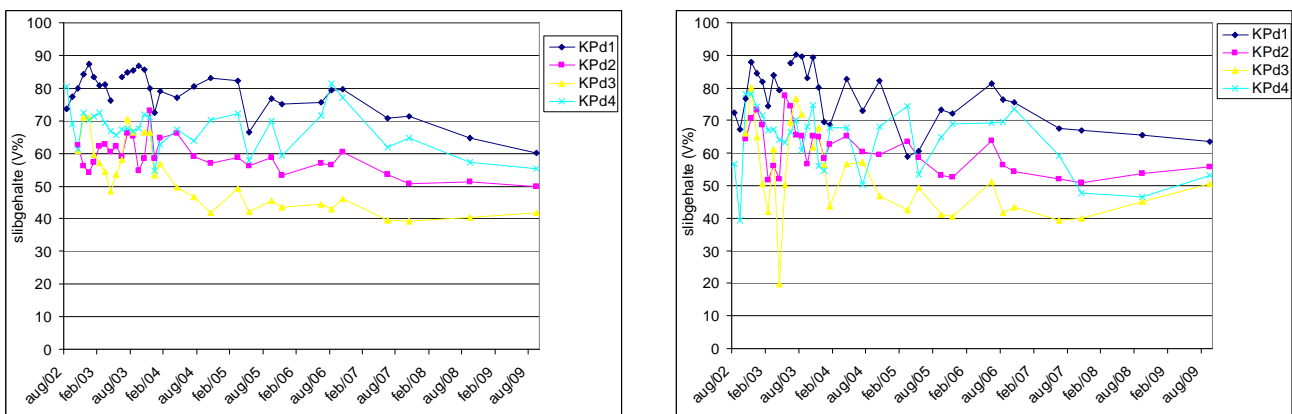
Bij de laatst verwerkte campagne is (op basis van de 0-10cm-stalen) is er weinig verschil tussen de plots (Kpd1 hoog slik is slibbig net als Kpd4 middelhoog slik), Kpd2 en 3 beide hoog slik worden gekenmerkt als fijn zand.



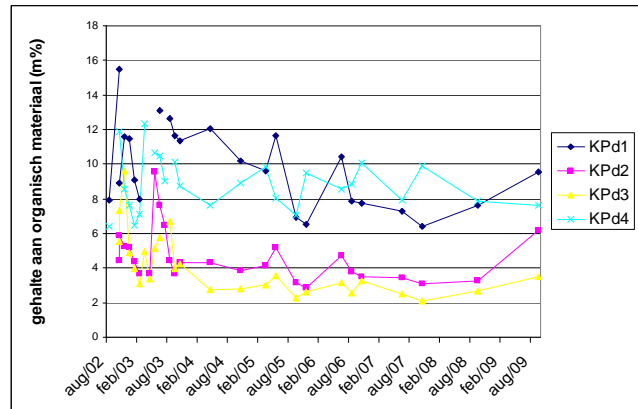
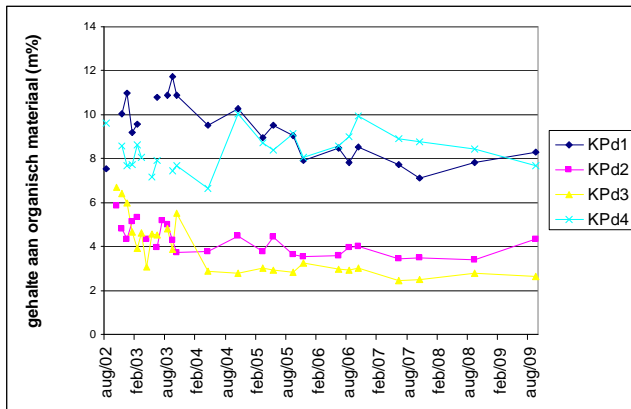
Figuur 4-19: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai D.

Slibgehalte en organisch materiaal

De recente vergroving van het sediment uit zich eveneens in het dalende slibgehalte, dat echter mogelijk recentelijk begint te stagneren (Figuur 4-20). Ook het gehalte aan organisch materiaal daalde, al lijkt er (voornamelijk) in de bovenste centimeter sprake van een lichte stijging (Figuur 4-21).



Figuur 4-20: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai D.



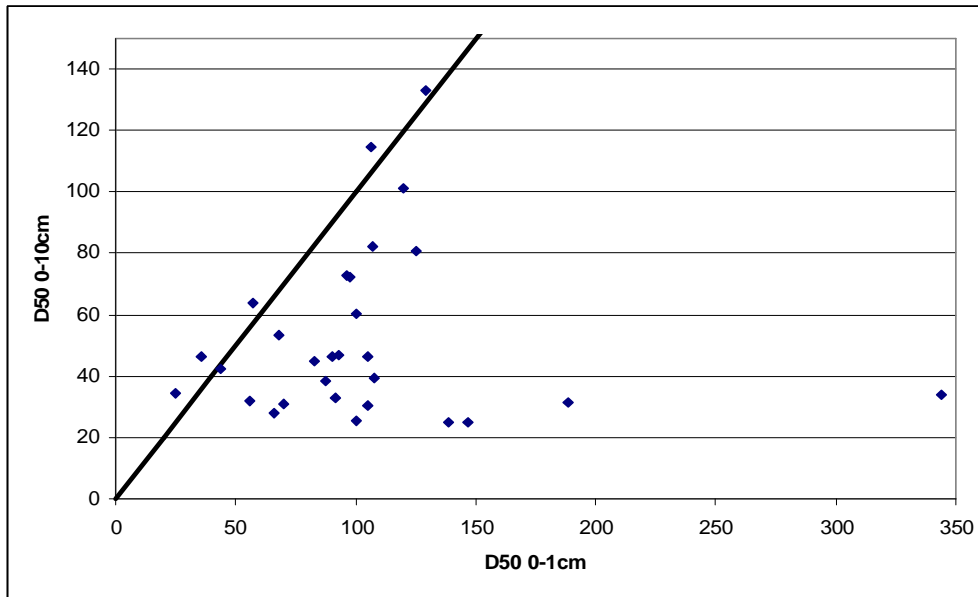
Figuur 4-21: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai D.

Raai E

Mediane korrelgrootte

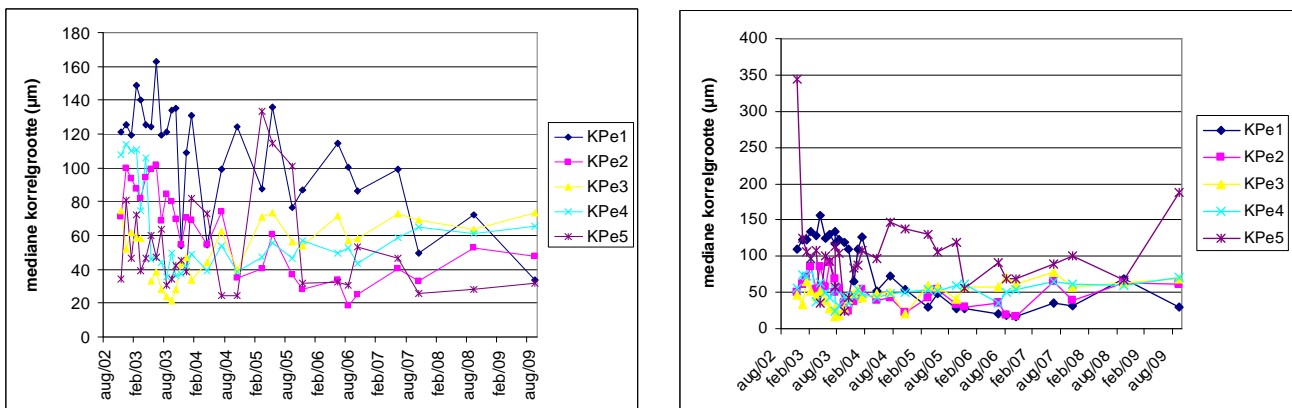
De variabiliteit van de ene tot de volgende campagne lijkt hier ook recent nog vrij groot. Deze variabiliteit wordt in de hand gewerkt door beperkte sedimentatie waardoor ook kleine seizoenale erosieprocessen meer doorwegen in een variabel % aan opgesedimenteerde bodem mee in de analyse voor granulometrie (hoofdstuk 10). Dit speelt vooral in de punten KPe1 en KPe2. (Figuur 4-23). Een algemene daling van de mediane korrelgrootte lijkt te hebben plaatsgevonden in de hoger gelegen punten, te verklaren door sedimentatie van fijner sediment. De granulometrie van deze punten gaat hierdoor meer lijken op deze van KPe3 en 4 waar sterkere sedimentatie heeft plaatsgevonden. Eerst van fijnere sedimenten door een hogere bezinkingsduur en het komvormig aspect van de zone (moeilijker afwatering) en recenter door afvlakking van iets grovere sedimenten door een kortere bezinkingsduur (cf. KPd).

KPe5 erodeerde sterk in de beginperiode maar is stabiel de laatste 3 jaar. Dit weerspiegelt zich in een evolutie van een wisselende granulometrie in de beginjaren naar eerder stabiele metingen (met uitzondering van een uitschieter in laatste jaar in de bovenste cm). Opvallend is het zandiger aspect van de toplaag in vergelijking met een slibbiger onderlaag in de stabiele periode (Figuur 4-22). KPe5 is zeer laag gelegen. De momenteel heersende, weinig variabele waterdynamiek houdt een kleine zandige toplaag in stand. Deze dynamiek is momenteel te hoog om slibafzet toe te laten. In een recent verleden was dat wel mogelijk. KPa3 ligt op vergelijkbare hoogte maar hier is de dynamiek lager: er is sedimentatie van slibbig sediment.



Figuur 4-22: Sediment: Mediane korrelgrootte 0-10cm in functie van mediane korrelgrootte 0-1cm – KPe5. De rechte geeft de bisectrice weer voor stalen met gelijke mediane korrelgrootte.

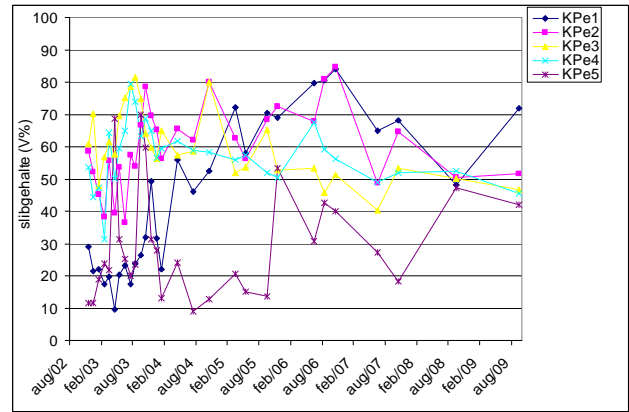
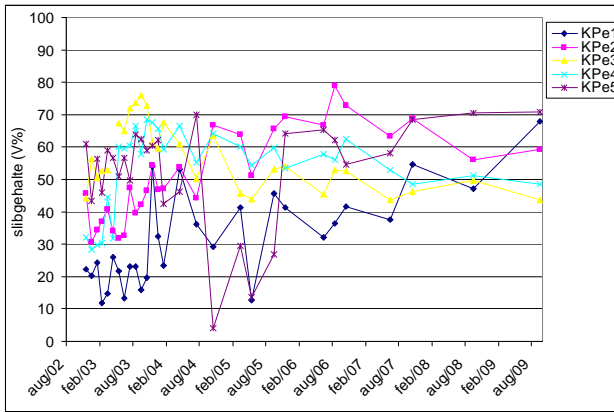
Bij de laatst verwerkte campagne wordt (op basis van de 0-10cm-stalen) de middelzone van het intertidaal gekenmerkt door fijn zand en de lagere en hogere delen door slib.



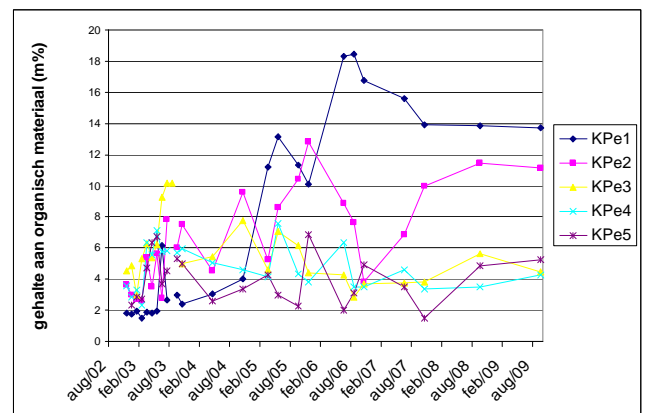
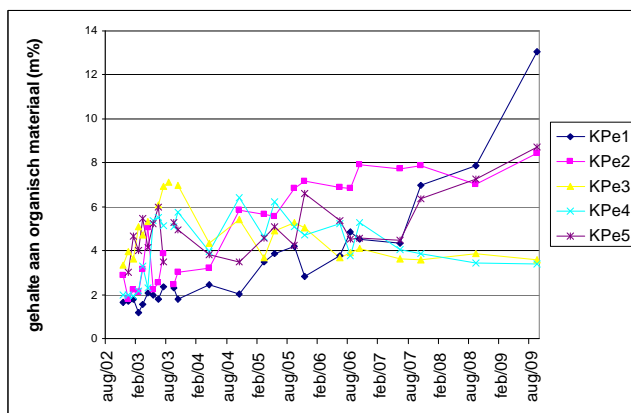
Figuur 4-23: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai E.

Slibgehalte en organisch materiaal

Ook in slibgehalte en concentratie aan organisch materiaal lijkt de variabiliteit iets trager te zijn afgenomen dan langsheen andere raaien (Figuur 4-24, Figuur 4-25). De evolutie in het organisch materiaal lijkt te stroken met de evolutie van de mediane korrelgrootte: in de lager gelegen locaties daalt de concentratie, terwijl deze hogerop stijgt.



Figuur 4-24: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <math><63\mu\text{m}</math>) in functie van de tijd – raai E.



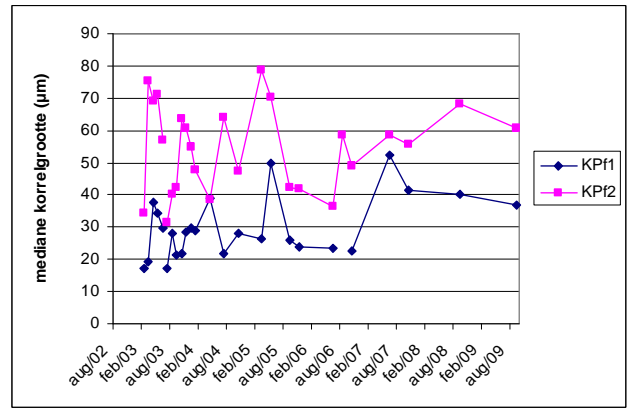
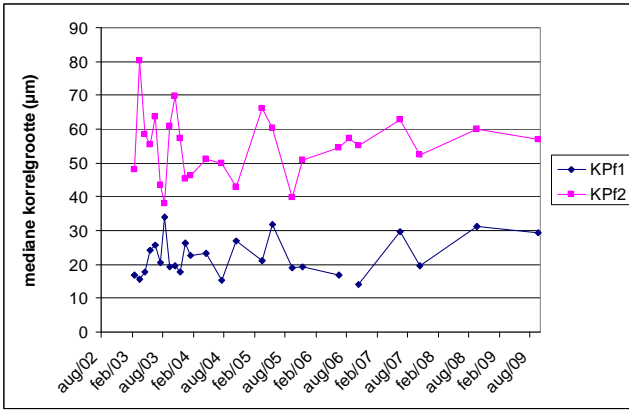
Figuur 4-25: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai E.

Raai F

Mediane korrelgrootte

Beide staalnamelocaties lijken nagenoeg constant in de tijd. Er is weinig afzetting, noch erosie in deze raai opgemeten. (Figuur 4-26).

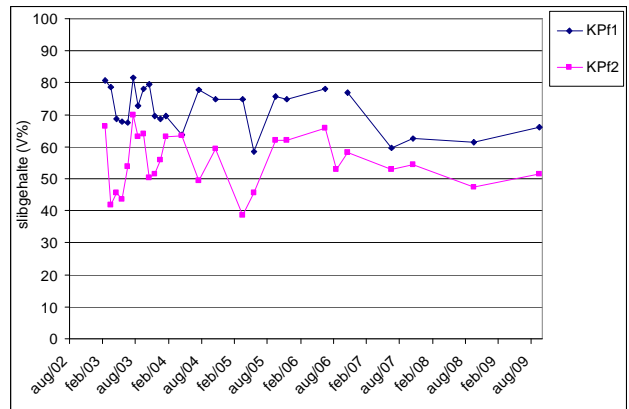
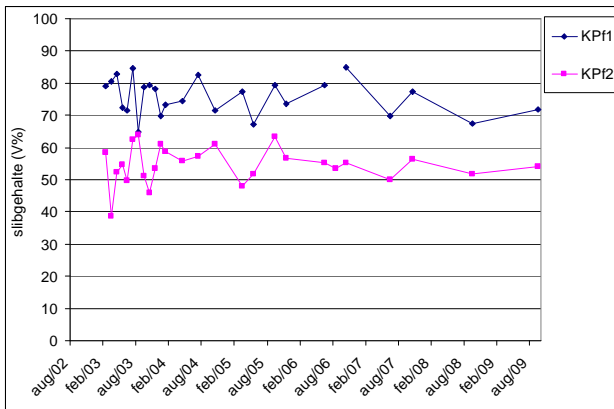
Bij de laatst verwerkte campagne is (op basis van de 0-10cm-stalen) de raai (op basis van twee staalnamelocaties) als slibbig te typeren.



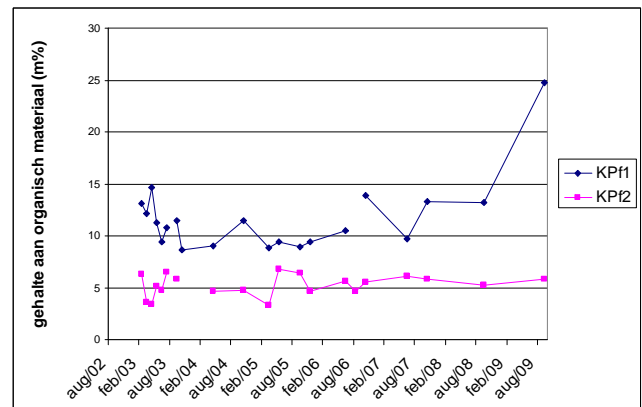
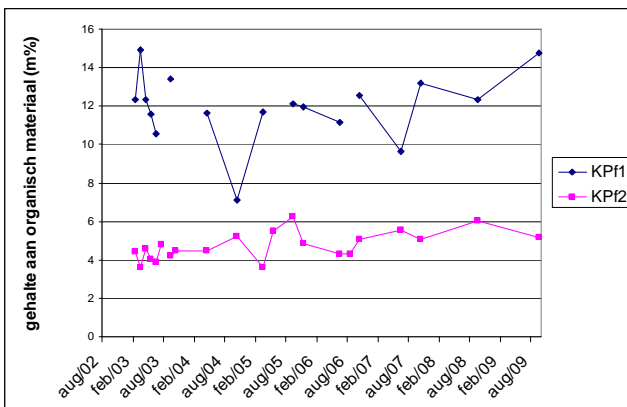
Figuur 4-26: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai F.

Slibgehalte en organisch materiaal

Ook slibgehalte en organisch materiaal veranderen vrij weinig over de onderzoeksperiode heen (Figuur 4-27).



Figuur 4-27: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai F.

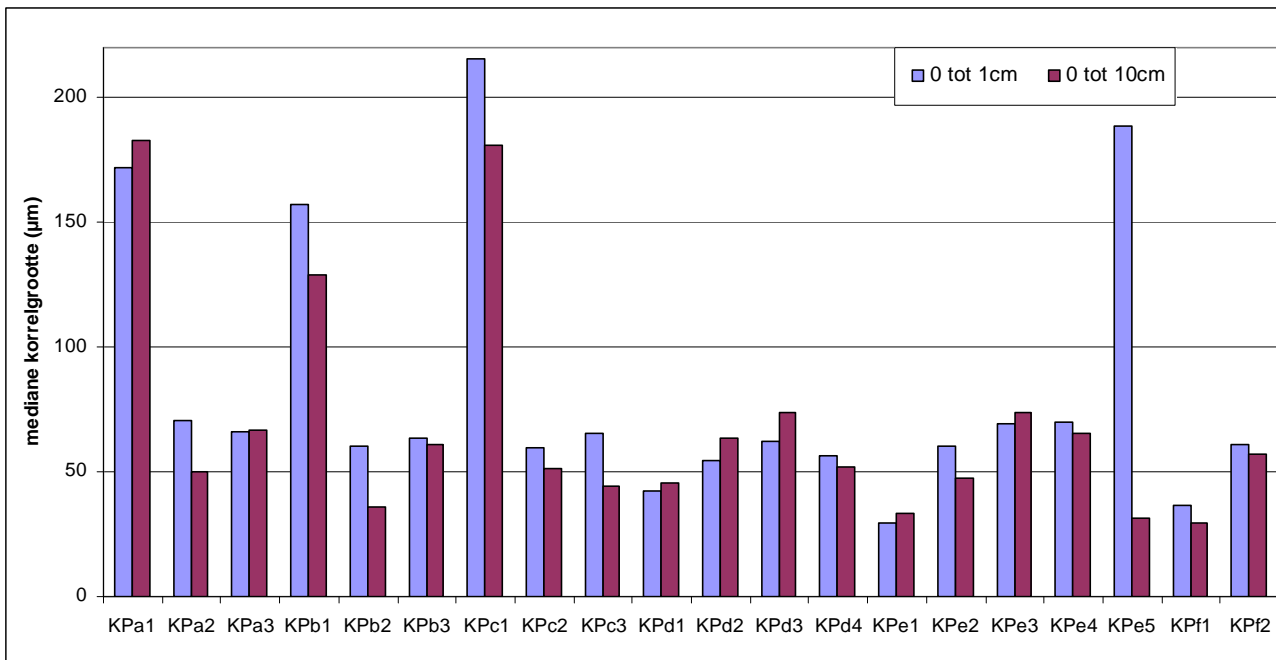


Figuur 4-28: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai F.

Vergelijking van de raaien/staalnamepunten

Mediane korrelgrootte

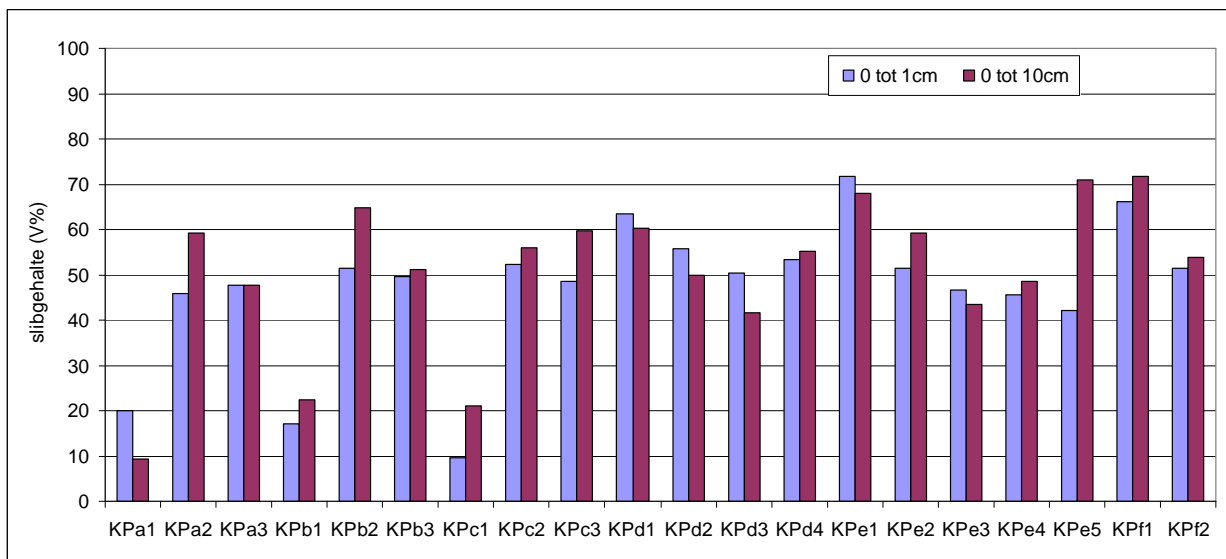
Hoewel de hoge uitschieters vooral optraden in de eerste jaren na de ingrepen, blijven er een aantal duidelijke verschillen tussen de raaien aanwezig. Op een uitschieter ter hoogte van KPe5 na, bevinden de zandige substraten zich anno najaar 2009 allen ter hoogte van de hoogste locaties langs de raaien A, B en C (Figuur 4-29). Dit zijn restanten van de vroegere opspuitingen. Alle overige stalen hebben een erg vergelijkbare mediane korrelgrootte; ze situeren zich rond of onder de grens tussen slib en zeer fijn zand. De fijnste substraten vinden we momenteel in het hoog intertidaal van de raaien E en F.



Figuur 4-29: Sediment: Mediane korrelgrootte per locatie najaar 2009.

Slibgehalte

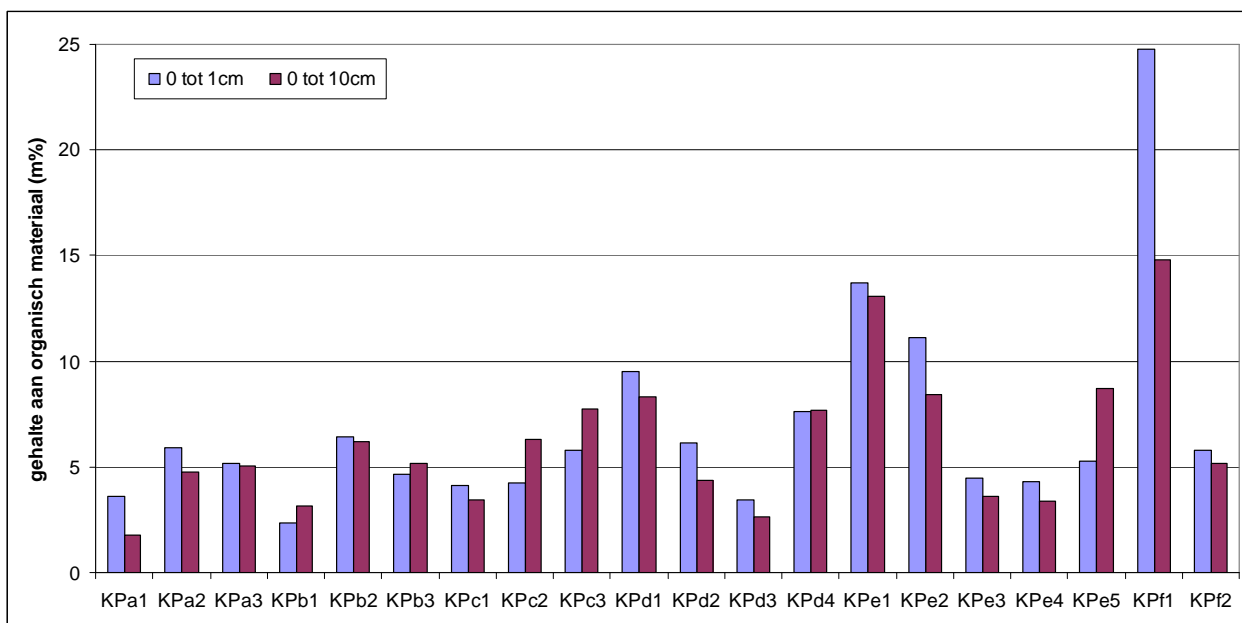
De vergelijkbaarheid tussen de waarden van de beide staaltypes is iets lager (Figuur 4-30). In overeenkomst met de observaties bij de mediane korrelgrootte, treffen we de laagste slibconcentraties in de hoge locaties langs de raaien A, B en C. Ook hier is het verschil tussen beide staaltypes het grootst ter hoogte van KPe5.



Figuur 4-30: Sediment: Slibgehalte (volumepercentage) per locatie najaar 2009.

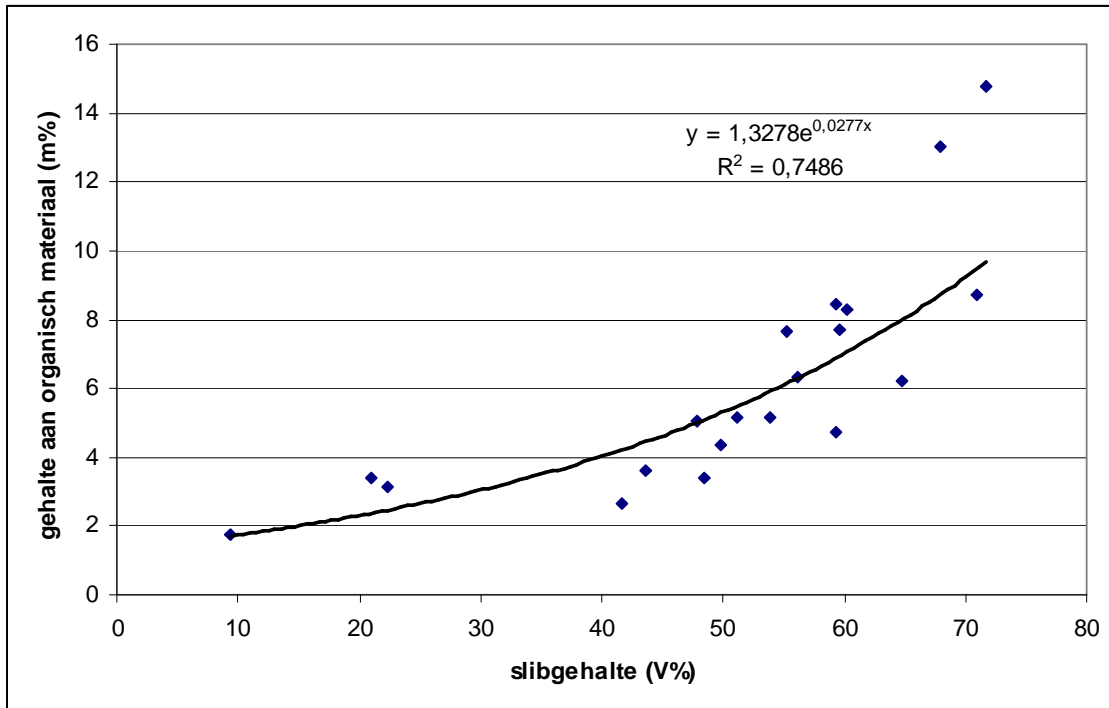
Organisch materiaal

De vergelijkbaarheid tussen twee staaltypes is groter dan voor het slibgehalte (Figuur 4-31). Uitzondering vormt KPf1. Mogelijk wordt de afwijkend hoge waarde van 0 tot 1cm-staal veroorzaakt door de aanwezigheid van wortels (of dierlijk materiaal) in het staal.



Figuur 4-31: Sediment: Gehalte organische stof (massapercentage) per locatie najaar 2009.

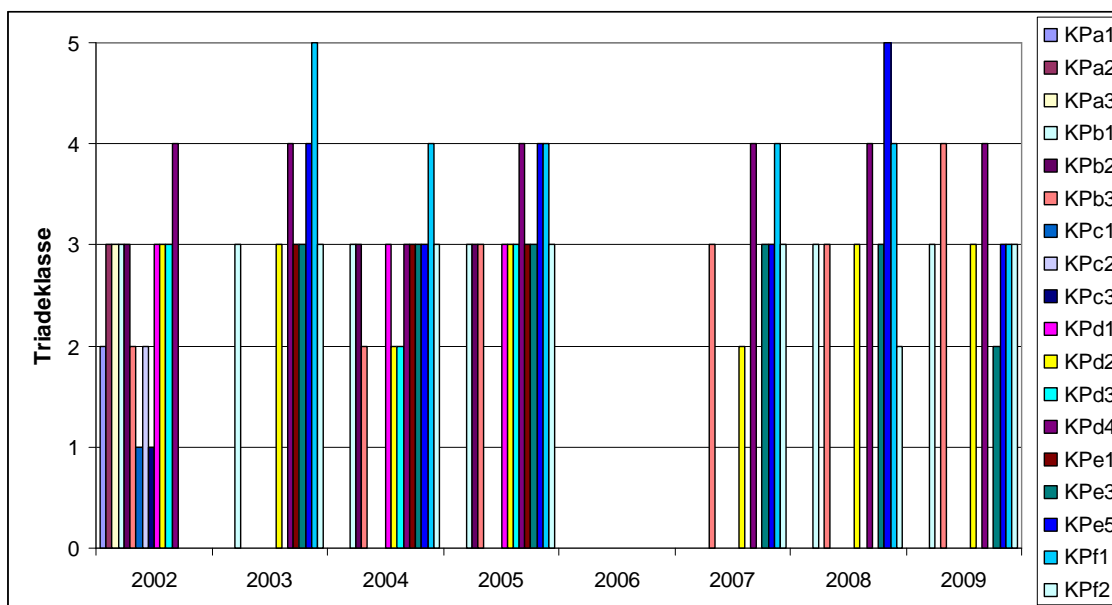
Zoals te verwachten valt, bestaat er een positief verband tussen organisch materiaal en slibgehalte: hoe meer slib, hoe meer organisch materiaal (Figuur 4-32).



Figuur 4-32: Sediment: Gehalte aan organisch materiaal in functie van slibgehalte in het staal 0-10cm – najaar 2009.

4.2.2 Polluenten Triade

In tegenstelling tot Van de Neucker et al. (2007), beperken we ons hier tot de temporele evolutie van de samenvattende Triadeklasse (Figuur 4-33).



Figuur 4-33: Globale triadeklasse in functie van de tijd.

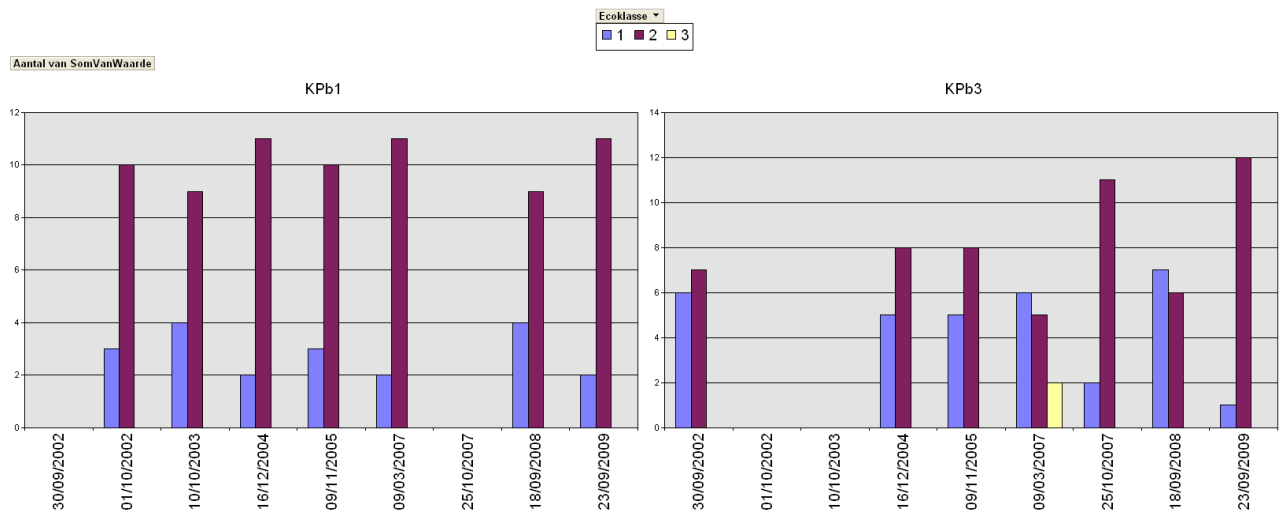
Anders dan in Paardenschor, treden hier ernstiger afwijkende waarden op (4: sterk afwijkend, 5: extreem afwijkend t.o.v. referentie). De als "sterk" of "extreem afwijkend" aangeduide monsters worden voornamelijk als dusdanig benoemd door de aanwezige concentraties aan kwik en cadmium. Hoewel in mindere mate ook de concentratie aan PCBs hiermee gemoeid is, zijn de concentraties aan PCBs zijn hier relatief gezien(!) minder de voornaamste pollutengroep. Enkel kwik veroorzaakt een globale klassebeoordeling als "extreem afwijkend" – een keer op KPe5 en 1 keer op KPf1. De meest vervuilde locaties zijn KPd4, KPf1 en (iets minder frequent) KPe5, terwijl op KPb3 slechts eenmalig een "sterk afwijkende" globale beoordeling volgde. Het is opmerkelijk dat deze locaties verspreid liggen in het gebied, al betreft het -op KPf1 na- allen laag intertidale locaties. De gegevens van sederoplots en profielen leren dat het in alle vier deze locaties historische vervuiling betreft: het gaat steeds om eroderende of onveranderlijke locaties.

Een echt duidelijke verandering in welke pollut(engroep) de globale beoordeling bepaalt, lijkt niet aanwezig.

4.2.3 Polluenten ecotoxicologisch

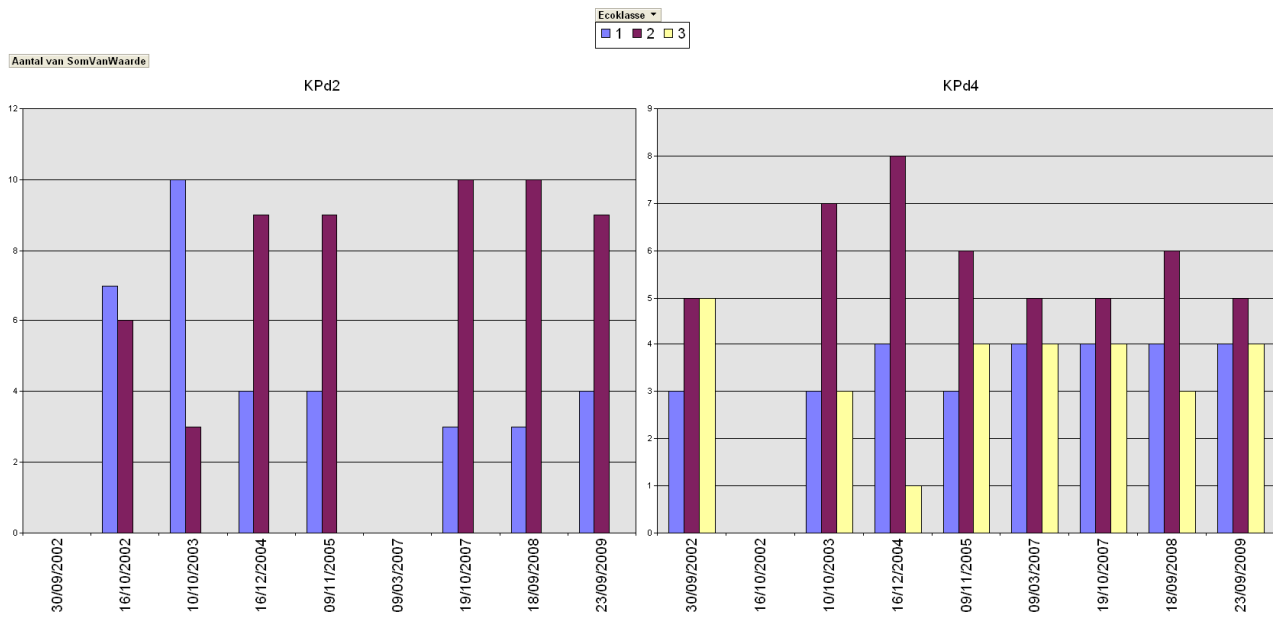
In KPb1, KPb3, KPd2, KPd4, KPe3, KPe5, KPf1 en KPf2 werden de pollut(en) sinds het uitvoeren van de herstelwerken opgevolgd. Voor de overige punten is enkel de nulsituatie bepaald. Voor enkele punten zijn ook enkele losse metingen voorhanden. We beperken de bespreking hieronder tot de punten waarvoor we een meetreeks hebben tot 2009.

In raai B KPb1 is er geen verandering te merken in de ecologische/ecotoxicologische kwaliteit van het sediment. In het lager gelegen punt KPb3 waar er erosie optreedt van de Scheldebodem komen sedimenten vrij te liggen die hogere concentraties aan polluenten bevatten. Dit weerspiegelt zich in een toenemende 'Klasse 2' beoordeling van de sedimentkwaliteit.

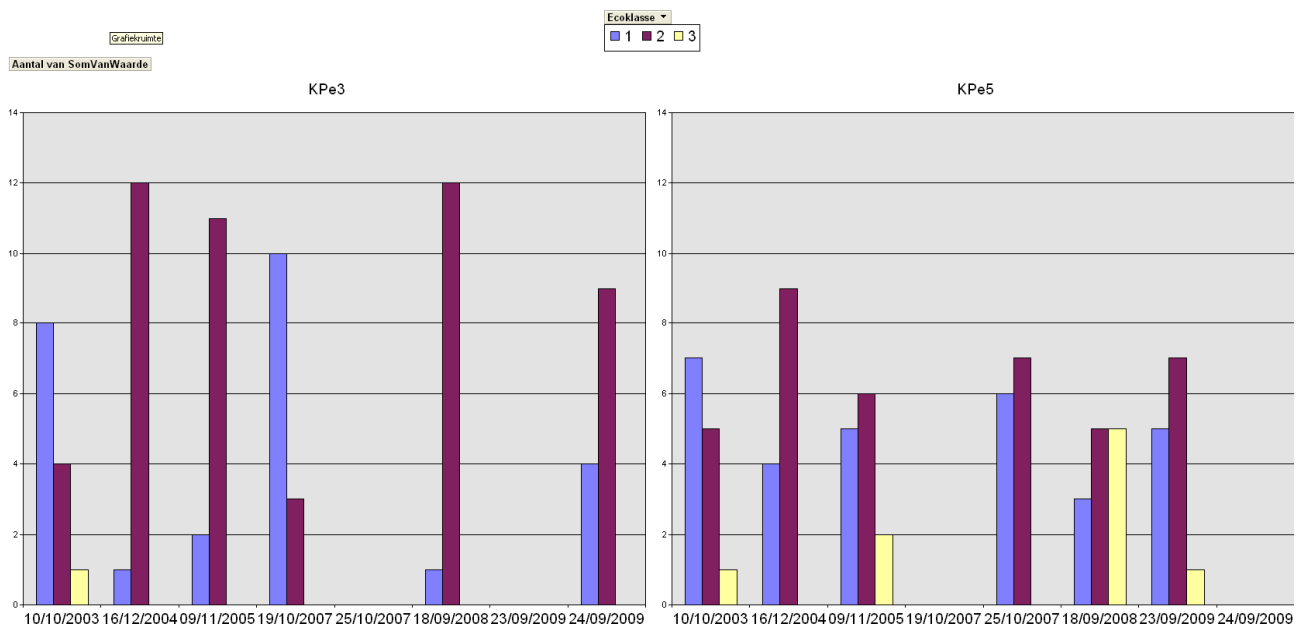


Figuur 4-34: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen raai B (2002-2009).

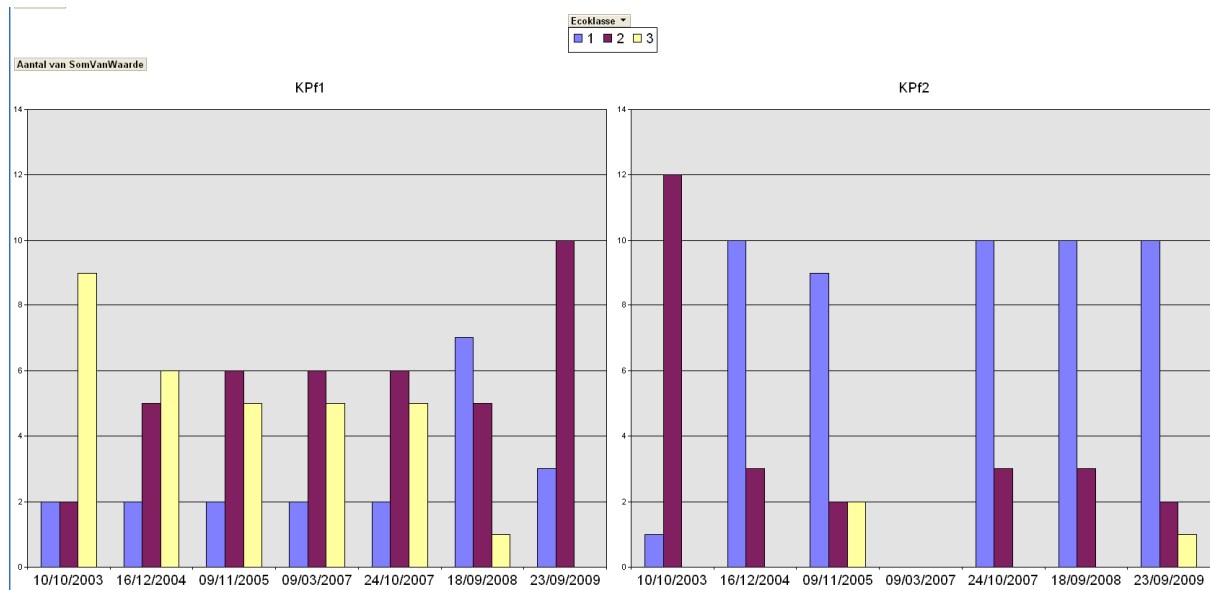
In raai D – wordt een verhoogd pollutanten effect getoond op de macroinvertebraten sinds het begin van de monitoring. Dit heeft te maken met het zandiger worden van het sediment. Hierdoor zouden de pollutanten meer biobeschikbaar komen (KPd2). De kwaliteit van het voorliggende – eroderende slik is met sterk verhoogde As, Pb, Cu, Hg mogelijk giftig voor macroinvertebraten. Op Ketenisse zijn het algemeen gezien de laagste punten in het voorliggende slik die het meest vervuild zijn (zie ook raai E, Figuur 4-36). KPf1 vormt hier een uitzondering op: het niet of nauwelijks afgegraven schor was sterk verontreinigd bij aanvang van de monitoring. Het opgesedimenteerde sediment is echter van betere kwaliteit. In dit punt stellen we dus een verbetering vast (Figuur 4-37).



Figuur 4-35: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen in raai D (2002-2009).



Figuur 4-36: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen in raai E (2002-2009).



Figuur 4-37: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen in raai F (2002-2009).

4.3 Benthos

4.3.1 Benthos s.s.

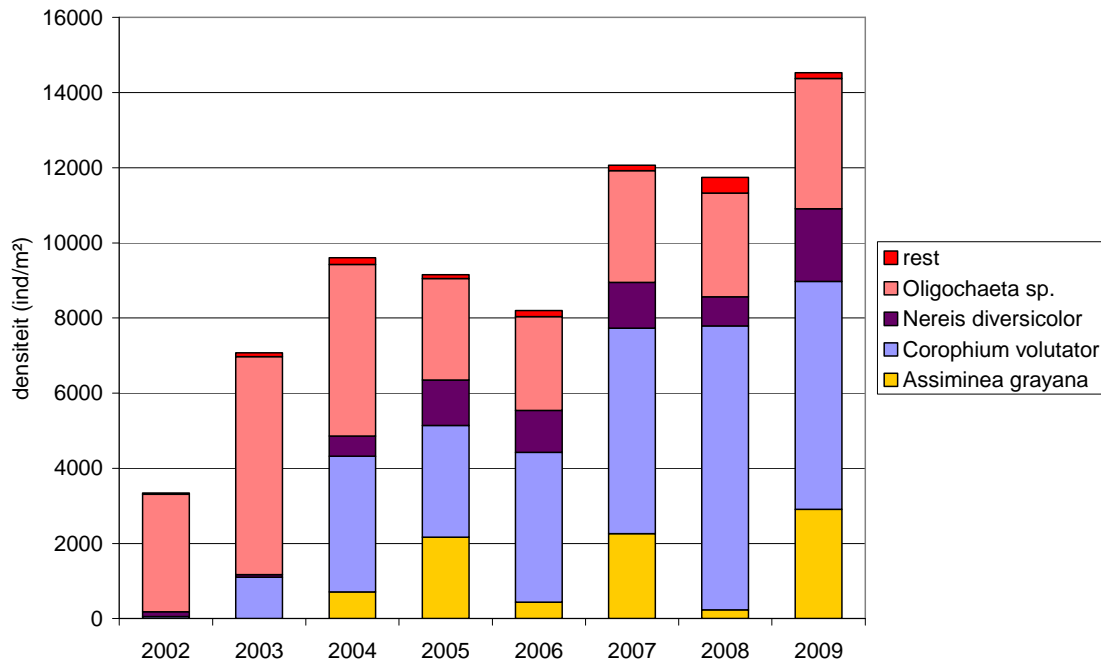
4.3.1.1 Soortensamenstelling

Tabel 4-4: Benthostaxa Paardenschor (DO) en Ketenissepolder (KP). Vetgedrukte taxa zijn kenmerkend voor het (estuariene) systeem. Xxx = dominant; xx = vrij talrijk; x = sporadisch.

Soort	Groep	DO	KP	exoot?
<i>Bathyporeia pilosa</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)		x	
<i>Corophium volutator</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)	xxx	xxx	
<i>Orchestia cavimana</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)		x	ja
<i>Orchestia gammarellus</i>	Amphipoda (vlokkreeftjes)		x	
<i>Cerastoderma edule</i>	Bivalvia (tweekleppigen)		x	
<i>Macoma balthica</i>	Bivalvia (tweekleppigen)	x	x	
Ceratopogonidae	Diptera (muggen en vliegen)		x	
Dolichopodidae	Diptera (muggen en vliegen)	x	x	
Dryomyzidae	Diptera (muggen en vliegen)		x	
Limoniidae	Diptera (muggen en vliegen)	x	x	
Tipulidae	Diptera (muggen en vliegen)	x	x	
<i>Alderia modesta</i>	Gastropoda (slakken)	x	x	
<i>Assiminea grayana</i>	Gastropoda (slakken)		xx	
<i>Hydrobia ulvae</i>	Gastropoda (slakken)	x	x	
<i>Cyathura carinata</i>	Isopoda (pissebedden)	xx	x	
<i>Sphaeroma rugicauda</i>	Isopoda (pissebedden)		x	
Nemertini	Nemertini (snoerwormen)	x		
Oligochaeta sp.	Oligochaeta (borstelarme gelede wormen)	xxx	xxx	
<i>Eteone longa</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Manayunkia aestuarina</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Marenzelleria viridis</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	ja
<i>Nereis diversicolor</i>	Polychaeta (borstelwormen)	xx	xx	
<i>Nereis succinea</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x		
<i>Polydora cornuta</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x		
<i>Pygospio elegans</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	
<i>Streblospio benedicti</i>	Polychaeta (borstelwormen)	x	x	

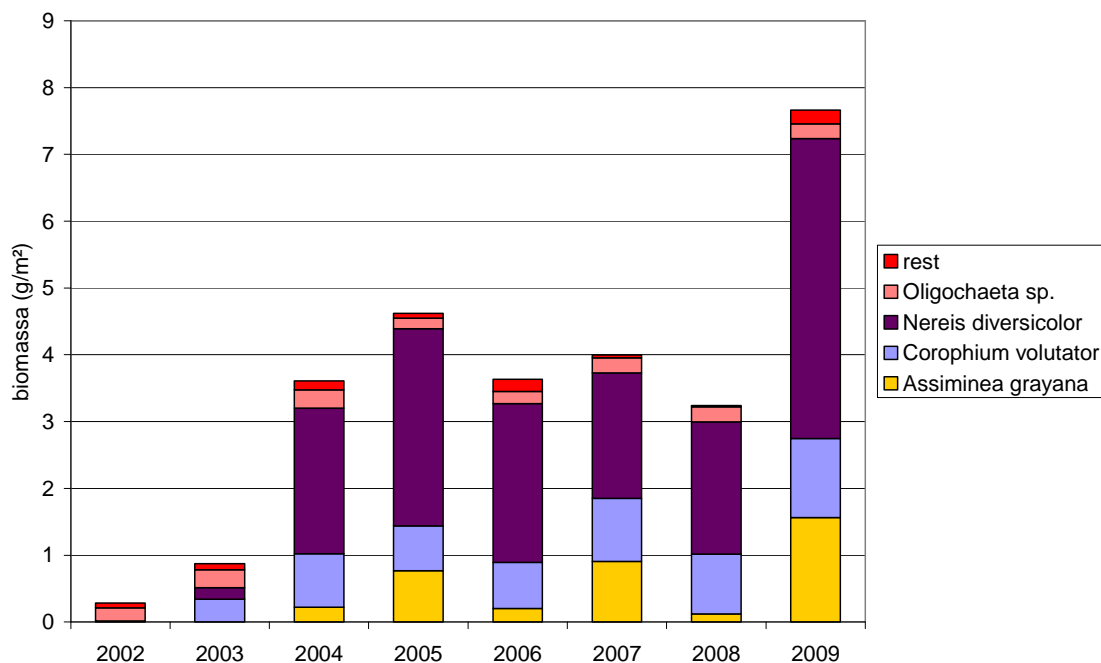
Over de hele onderzoeksperiode tot dusver bestond gemiddeld 44% van de bodemfauna uit *Corophium volutator* en eveneens 44% uit Oligochaeta. Verder nemen *Nereis diversicolor* en *Assiminea grayana* respectievelijk 9% en 2%. De overige soorten maken dus slechts 1% van de fauna uit.

Het relatief aandeel alsook de abundantie van *Corophium volutator* en *Nereis diversicolor* nam vrij snel toe, terwijl de abundantie van de Oligochaeta enigszins afnam (Figuur 4-38).



Figuur 4-38: Gemiddelde densiteit per soort per jaar.

Qua biomassa is het belang van de Oligochaeta erg gering – hier domineert *Nereis diversicolor* en in mindere mate *Corophium volutator* en de meer schorgebonden *Assiminea grayana* (Figuur 4-39). De occasioneel iets hogere biomassa van de overige soorten wordt voornamelijk ingenomen door *Macoma balthica*.

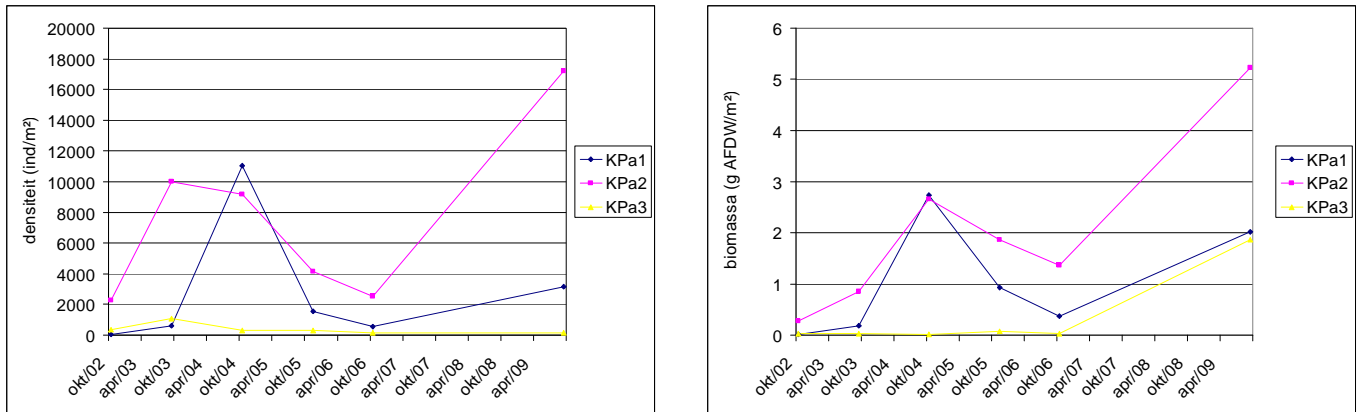


Figuur 4-39: Gemiddelde biomassa per soort per jaar.

4.3.1.2 Densiteit en biomassa

Raai A

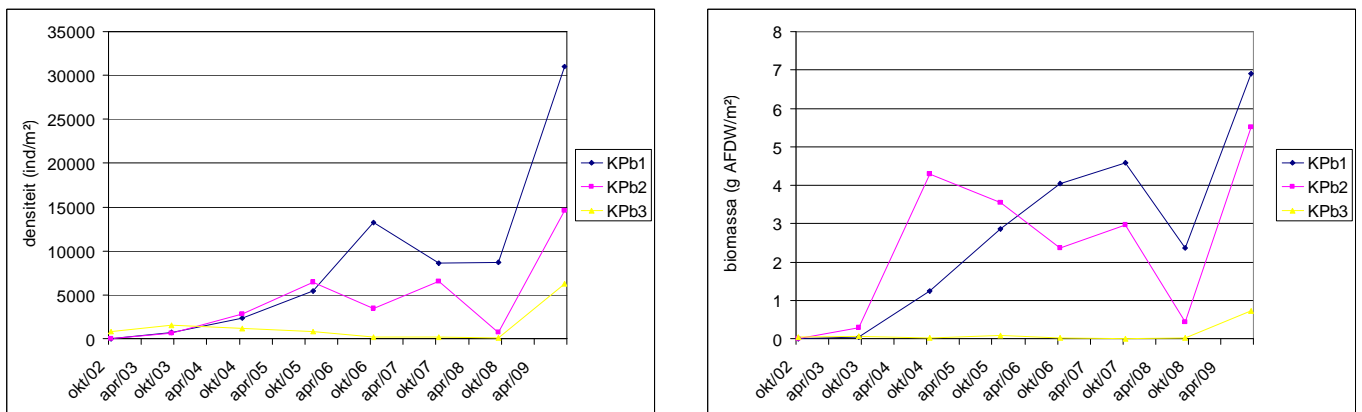
Na een gestage toename van de inrichting tot ongeveer eind 2004, volgde een duidelijke terugval (Figuur 4-40). In 2009 worden echter opnieuw duidelijk hogere (en ook de hoogste) waarden genoteerd.



Figuur 4-40: Densiteit (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai A.

Raai B

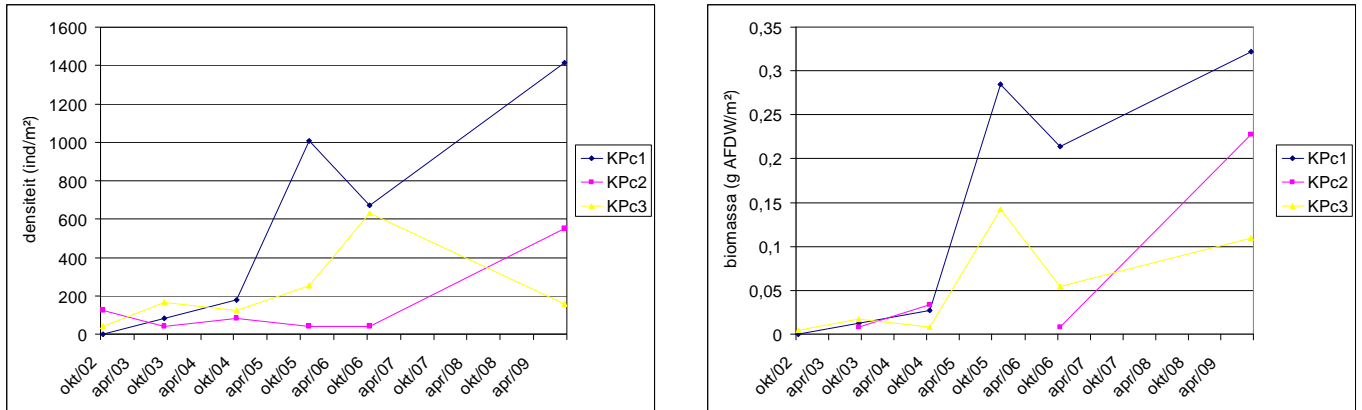
Het zelfde patroon lijkt op te treden als in raai A, al valt de eerste piek hier duidelijk later en is de recente toename nog meer uitgesproken (Figuur 4-41).



Figuur 4-41: Densiteit (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai B.

Raai C

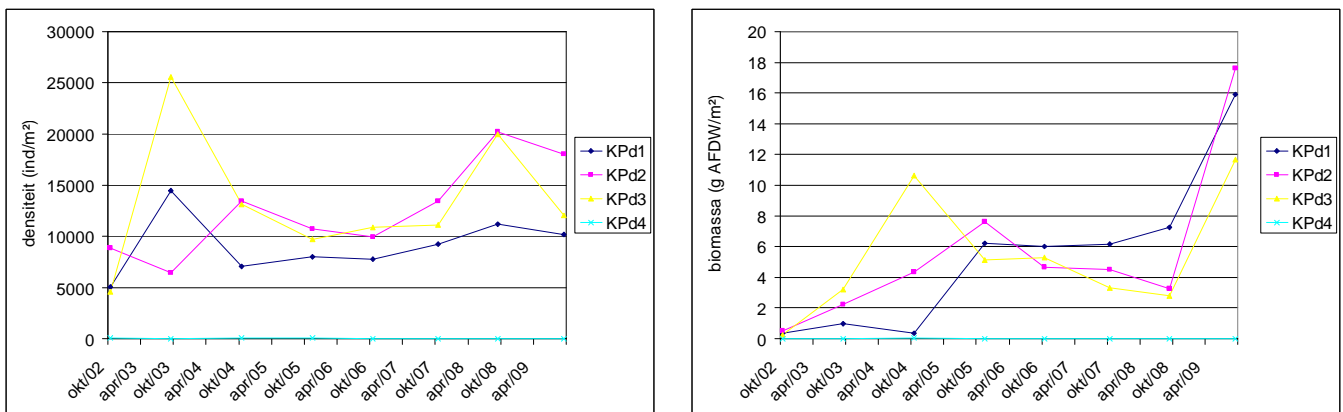
Opnieuw vergelijkbaar met de twee voorgaande raaien, waarbij de intiële piek zich tussen beide in bevindt (Figuur 4-42).



Figuur 4-42: Densiteit (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai C.

Raai D

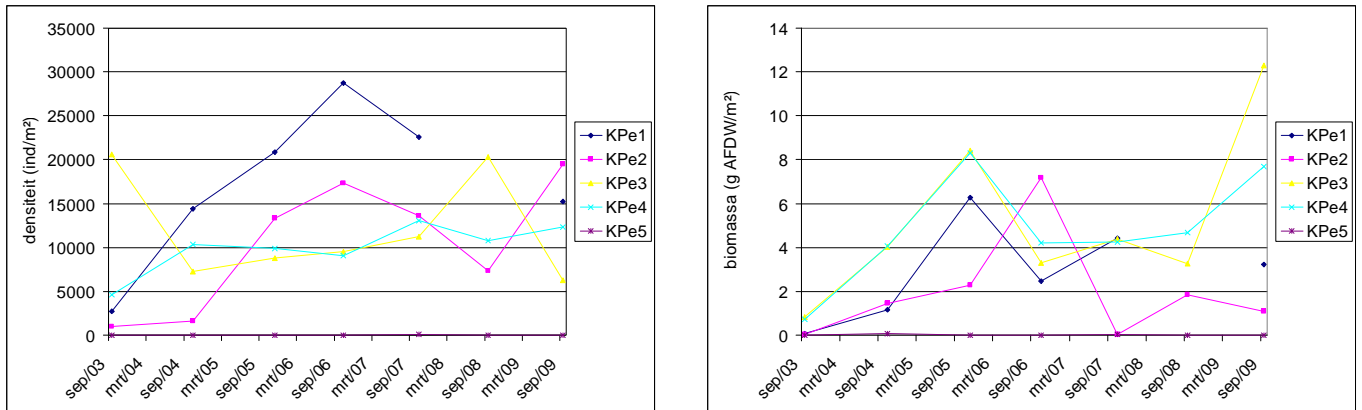
Ook hier hetzelfde patroon als bij de voorgaande raaien (Figuur 4-43). Een snelle densiteitspiek wordt gevolgd door een biomassapijk. Stagnerende waarden in 2005-2007 worden ook hier gevolgd door een recente toename. Ook hier gaat de densiteitspiek (2008) de duidelijke biomassapijk (2009) vooraf. Het valt moeilijk uit te maken of de piek in 2009 te wijten is aan een reële toename, dan wel aan de natuurlijke variabiliteit van benthospopulaties. Hoge biomassawaarden zijn bovendien veelal het gevolg van de 'toevallige' aanwezigheid van een laag aantal zwaardere dieren (*Nereis diversicolor*), die met de gebruikte staalnameoppervlakte mogelijk ontoereikend gekwantificeerd worden.



Figuur 4-43: Densiteit (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai D.

Raai E

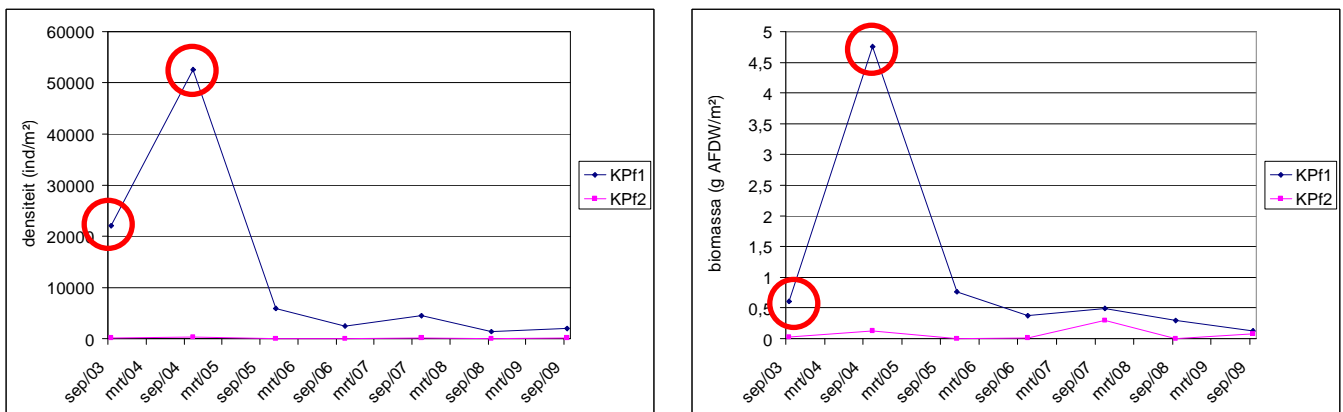
Hoewel minder duidelijk, wordt ook hier een (wat latere) intiële piek gevolgd door een dal, waarna een recent maximum wordt bereikt (Figuur 4-44). Dezelfde bedenkingen dienen in acht genomen als deze geformuleerd bij raai D.



Figuur 4-44: Densiteit (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai E.

Raai F

Deze raai wijkt enigszins af (Figuur 4-45). Extreme (vnl. densiteits)pieken in de beginperiode (2003-2004) worden nooit geëvenaard. Deze pieken zijn te wijten aan de toenmalige aanwezigheid van Nopjeswier (*Vaucheria*), waarin hoge densiteiten aan Oligochaeten worden aangetroffen. Los van de met dit wier geassocieerd levende fauna, is dit een eerder arme raai.

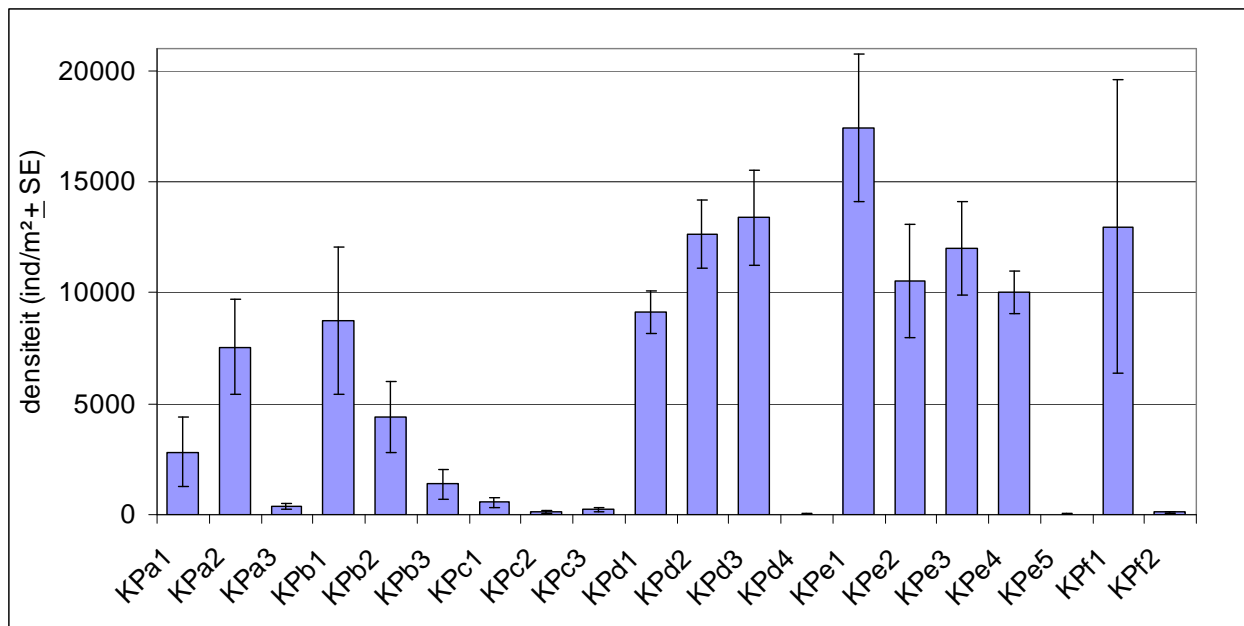


Figuur 4-45: Densiteit (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai F. Rode cirkels duiden prominente aanwezigheid van *Vaucheria* aan.

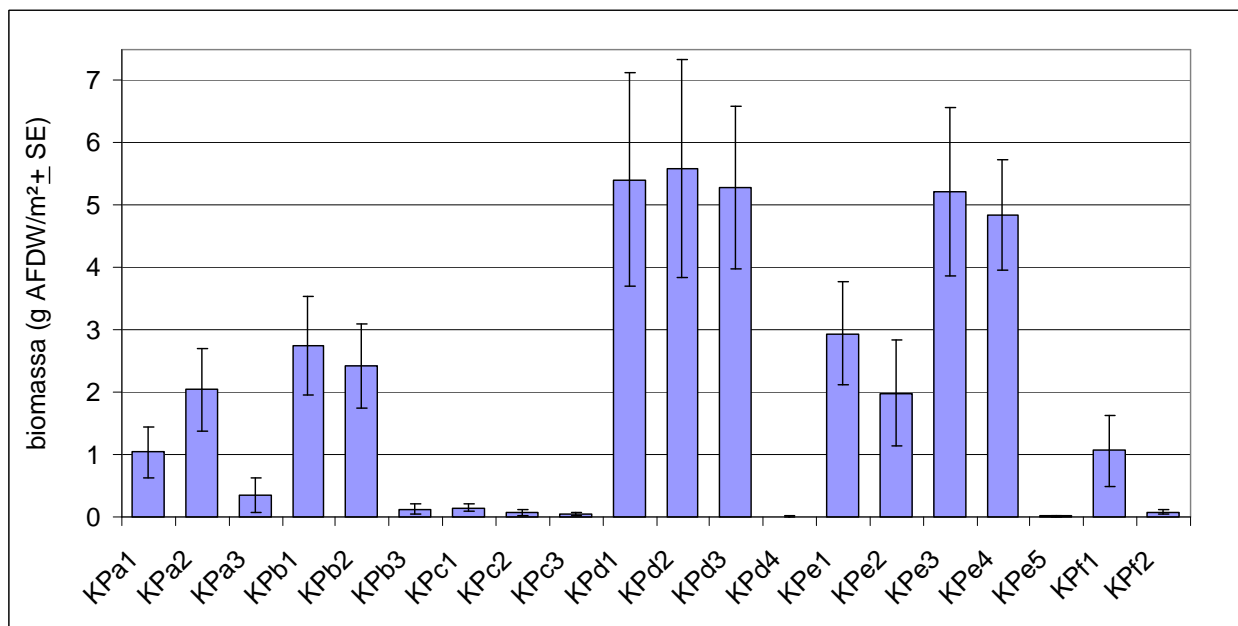
Vergelijking van de raaien

De verschillende raaien en staalnamelocaties verschillen merkkelijk in densiteit en biomassa (Figuur 4-46, Figuur 4-47). Opmerkelijk binnen elke raai zijn de erg lage waarden in de laagste punten (KPa3, KPB3, KPC3, KPd4, KPe5, KPF2). Dit sluit aan bij algemene patronen in dit deel van de Zeeschelde, die gekenmerkt worden door hoge(re) waarden in hoge en middelhoge intertidale

locaties, terwijl de lage waarden in de lagere delen van het intertidaal vergelijkbaar zijn met deze uit het subtidaal gebied (Speybroeck et al., ongepubl. geg.).



Figuur 4-46: Densiteit per locatie – tijdsgemiddelde.



Figuur 4-47: Biomassa per locatie – tijdsgemiddelde.

Verder valt op dat:

- de raaien A en B vrij vergelijkbaar lijken,

- o de C-raai (langsheen de hele hoogtegradiënt) erg arm is,
- o de raaien D en E vergelijkbaar hoog scoren.

Enkele bemerkingen dienen te worden gemaakt. Het is meestal moeilijk seizoensale (maar ook interannuele) schommelingen te onderscheiden van de processen die geassocieerd zijn met een eventueel herstel (kolonisatie, rekrutering, ...) Hierdoor wordt een evaluatie van de ontwikkelingen bemoeilijkt.

Het lijkt echter dat erosie-gevoelige locaties worden gekenmerkt door armere benthosgemeenschappen. Een hogere hellingsgraad, grotere mediane korrelgrootte en hogere dynamiek lijken eveneens kenmerken van zones met soorten- en individuenarm benthos.

Tenslotte merken we nog op dat de vastgestelde biomassawaarden iets lager lijken te liggen dan die op het Paardenschor. Het valt moeilijk in te schatten of dit te wijten is aan de verschillende ligging langsheen de saliniteitsgradiënt, dan wel aan specifieke gebiedskenmerken of beide.

4.3.2 Oligochaeten

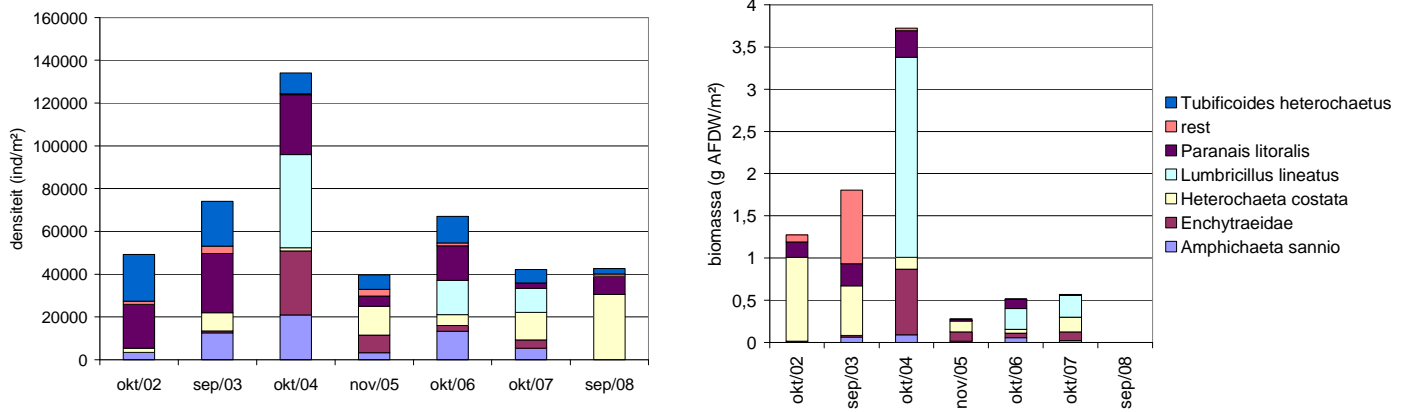
De gemiddelde soortensamenstelling voor het gehele gebied doorheen de onderzoeksperiode tot nog toe en op basis van de reeds verwerkte stalen, staat weergegeven in Tabel 4-5. Een zestal taxa maken in vergelijkbare mate deel uit van de totale fauna, met een rest van 2% overige taxa.

Tabel 4-5: Relatieve verhouding van de oligochaetentaxa Ketenisse. Enchytraeidae omvat de soorten binnen deze familie behalve *Lumbricillus lineatus*.

taxon	%
<i>Paranais litoralis</i>	21
Enchytraeidae	17
<i>Lumbricillus lineatus</i>	17
<i>Tubificoides heterochaetus</i>	17
<i>Heterochaeta costata</i>	14
<i>Amphichaeta sannio</i>	12
rest	2

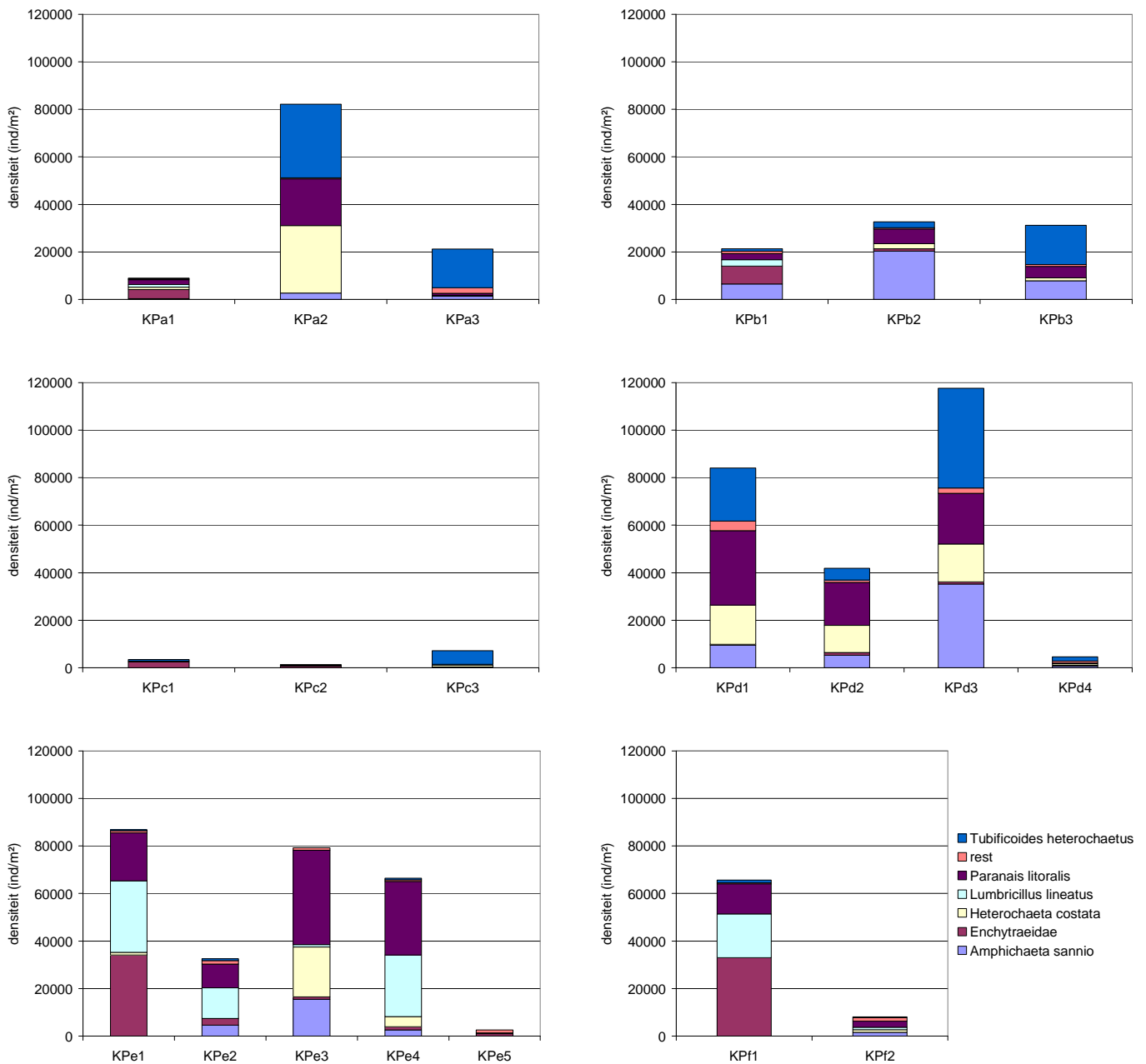
Er bestaat echter vrij aanzienlijke variatie binnen het gebied op een aantal niveaus: (1) tussen de raaien, (2) langsheen de raaien (zonatie langsheen de intertidale gradiënt, (3) in de tijd.

Na een gemiddelde piek in de densiteit en biomassa in 2004, vallen de oligochaeten terug naar densiteiten zoals in de beginperiode, terwijl de biomassa verder daalt (Figuur 4-48). Twee bedenkingen zijn hierbij essentieel. Ten eerste zijn de extreme uitschieters vaak gelinkt aan het eerder toevallig al dan niet aanwezig zijn van *Vaucheria* ter hoogte van de staalnamelocatie. Het is duidelijk dat geassocieerd met dit wier erg hoge dichtheden kunnen worden aangetroffen. Ten tweede is het van groot belang aan te geven dat de biomassawaarden geen rechtstreekse verrassingsresultaten betreffen, maar gebaseerd zijn op (indirecte) lengte-biomassaregressie, waarbij voor een aantal taxa/soorten bovendien geen regressie voorhanden is. Hieruit volgt wellicht een (ongelijkmatige) onderschatting.



Figuur 4-48: : Gemiddelde densiteit (links) en biomassa (rechts) per soort in functie van de tijd (najaarscampagnes). Biomassagegevens 2008 ontbreken (niet bepaald). Enchytraeidae omvat de soorten binnen deze familie behalve *Lumbricillus lineatus*.

Het verschil tussen de raaien wordt geïllustreerd aan de hand van de gemiddelde samenstelling (Figuur 4-49).



Figuur 4-49: : Gemiddelde densiteit per soort per locatie. Enchytraeidae omvat de soorten binnen deze familie behalve *Lumbricillus lineatus*.

Hierbij valt op dat de Enchytraeidae (inclusief heel wat *Lumbricillus lineatus*) zich veelal boven in de intertidale zone ophouden, voornamelijk langs de raaien E en F. Dit hangt samen met schorontwikkeling op deze locaties. Een soort die anderzijds deze ontwikkelende locaties mijdt en daarom vaak iets lager in slibrijke locaties wordt aangetroffen is *Tubificoides heterochaetus*. Ook *Heterochaeta costata* lijkt locaties met ontwikkeling van (pionier)schor te vermijden, al mijdt deze soort ook de lageregelegen zandigere locaties. Het lijkt een soort van goed ontwikkeld, slibrijk maar vegetatieloos slik. *Amphichaeta sannio* lijkt vergelijkbare habitateisen te stellen.

De oligochaetenfauna van de hoogste punten langs de raaien A, B, en C lijkt aan te geven dat hier pas na opslibben een meer abundante fauna zou kunnen ontstaan. Mogelijk sluit een te hoge dynamiek deze evolutie uit. Het blijft echter vreemd waarom de C raai armer is dan de raaien A en B.

4.4 Vegetatie

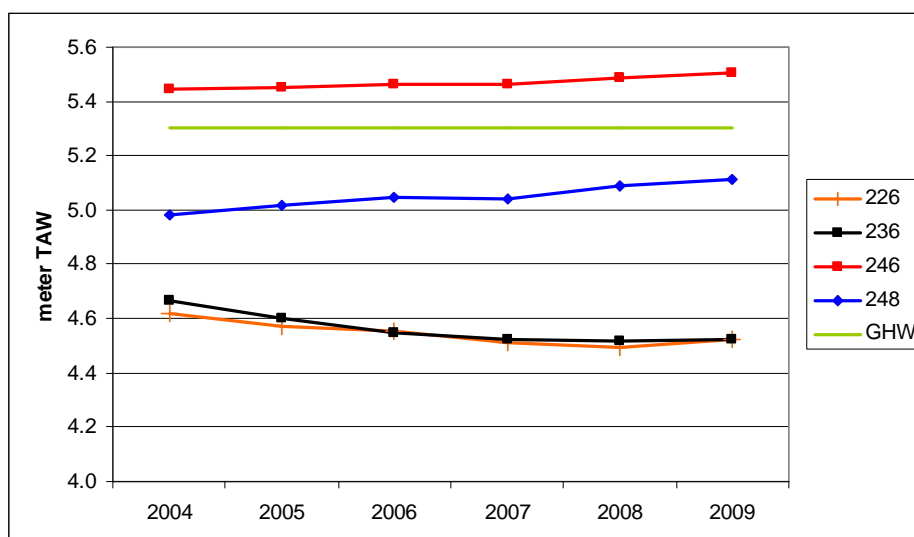
De bestendigheid, successie en verdere kolonisatie is sterk afhankelijk van de heersende morfologische processen. Daar waar sedimentatie plaatsvindt, treedt progressieve successie op of de ontwikkeling naar een meer gedifferentieerde structuur. Locaties die eroderen vertonen net het omgekeerde of regressieve successie. Het optreden van sedimentatie is afhankelijk van de helling van het aangelegde schor. Als deze helling steiler is dan 2.8% treedt erosie op, onder een flauwere helling vindt sedimentatie plaats (Van de Koppel et al. 2005; Van den Neucker et al. 2007; Vandevoorde et al. 2008). De impact van de morfologische processen (erosie, sedimentatie) op de vegetatieveranderingen worden geïllustreerd in de permanente kwadraten en vegetatiekaarten.

In

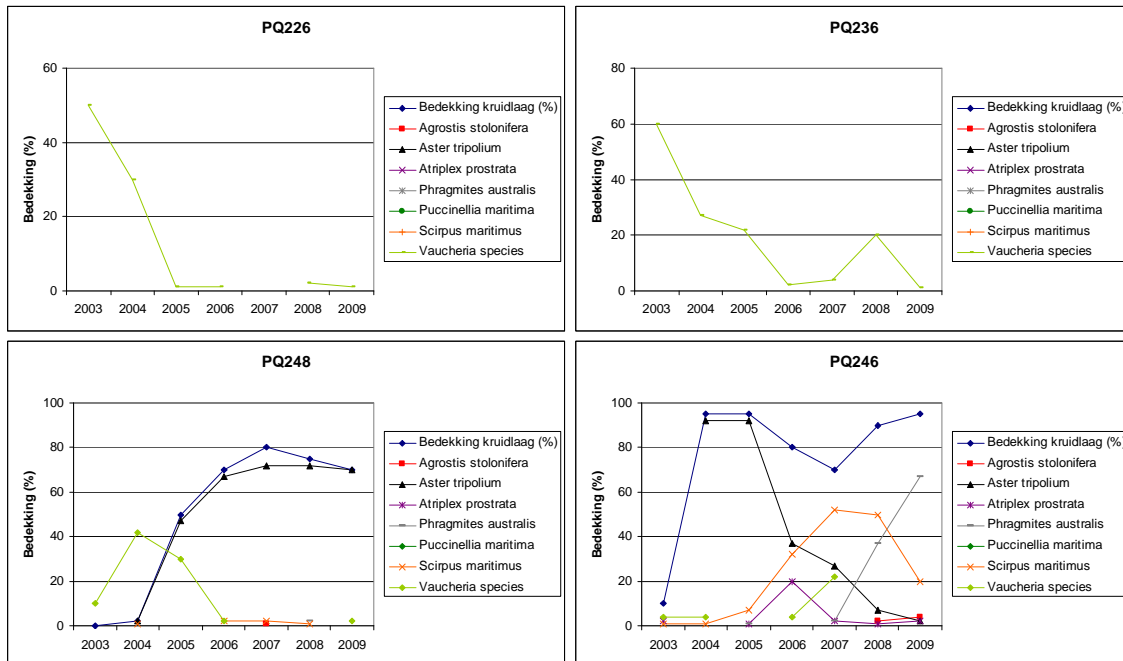
Figuur 4-50: Veranderingen in hoogte van de permanente kwadraten weergegeven in Figuur 4-51 op Ketenisse tussen 2004 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Kallosluis Taverniers & Mostaert 2009).

worden de veranderingen in hoogte weergegeven van twee PQ's (PQ226 en PQ236) (Raai A tot C) die op een steile helling zijn gelegen en duidelijk verlagen door erosie en van twee PQ's (PQ246 en PQ248) (Raai E) die op een flauwe helling zijn gelegen en geleidelijk verhogen ten gevolge sedimentatie (cf. 4.1 Topografie).

Initieel koloniseerde Nopjeswier (*Vaucheria sp.*) PQ226 en PQ236 maar na verloop van tijd daalde hun bedekking sterk ten gevolge erosie (Figuur 4-51) i.e. regressieve successie. Het omgekeerde, progressieve successie, doet zich voor in PQ246 en PQ248. Deze laatste is gekoloniseerd door Nopjeswier (*Vaucheria sp.*) waarna Zeeaster (*Aster tripolium*) de bovenhand neemt. Een gelijkaardig successiepatroon treedt op in PQ246 al is het dominantiestadium van zowel Zeeaster (*Aster tripolium*) als van Zeebies (*Scirpus maritimus*) daar reeds voorbij en heeft Riet (*Phragmites australis*) zich gevestigd. Vanaf 2009 domineert Riet PQ246. Zowel op het Paardenschor als op Ketenisse manifesteert zich dus dezelfde successieserie.



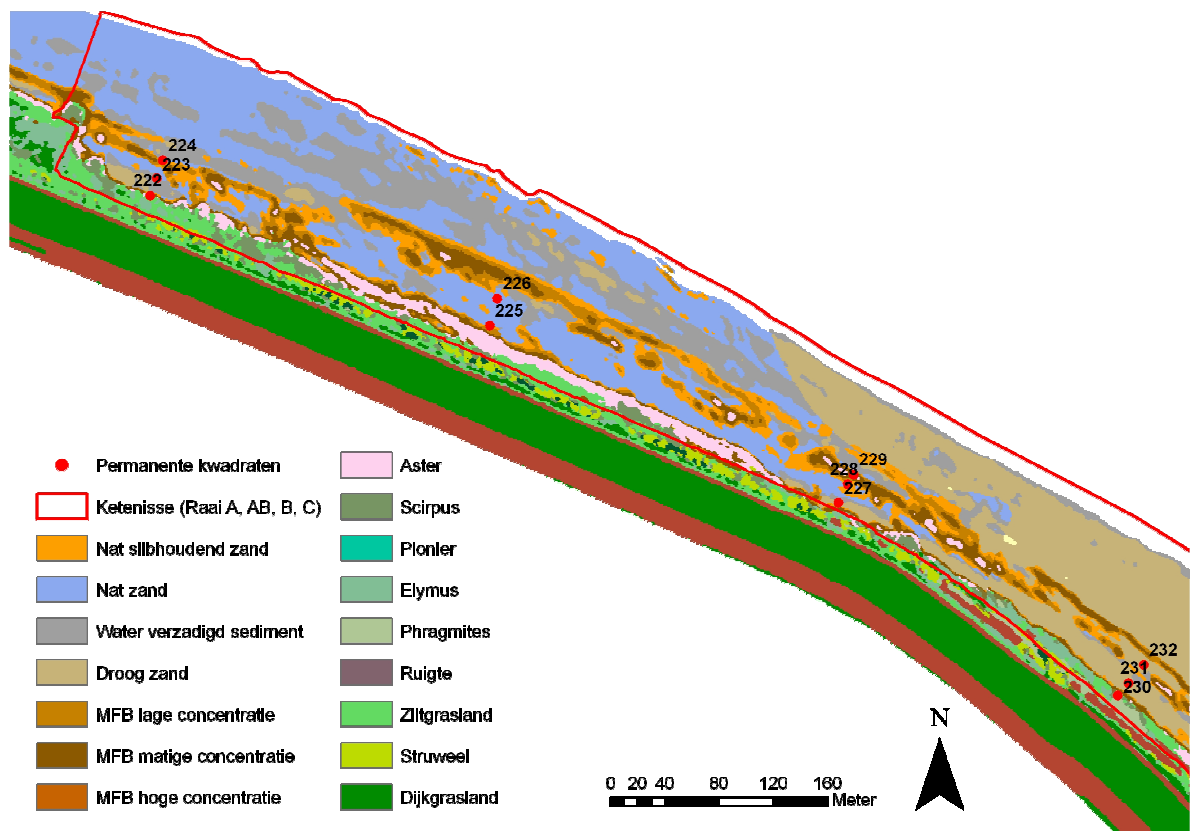
Figuur 4-50: Veranderingen in hoogte van de permanente kwadraten weergegeven in Figuur 4-51 op Ketenisse tussen 2004 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Kallosluis Taverniers & Mostaert 2009).



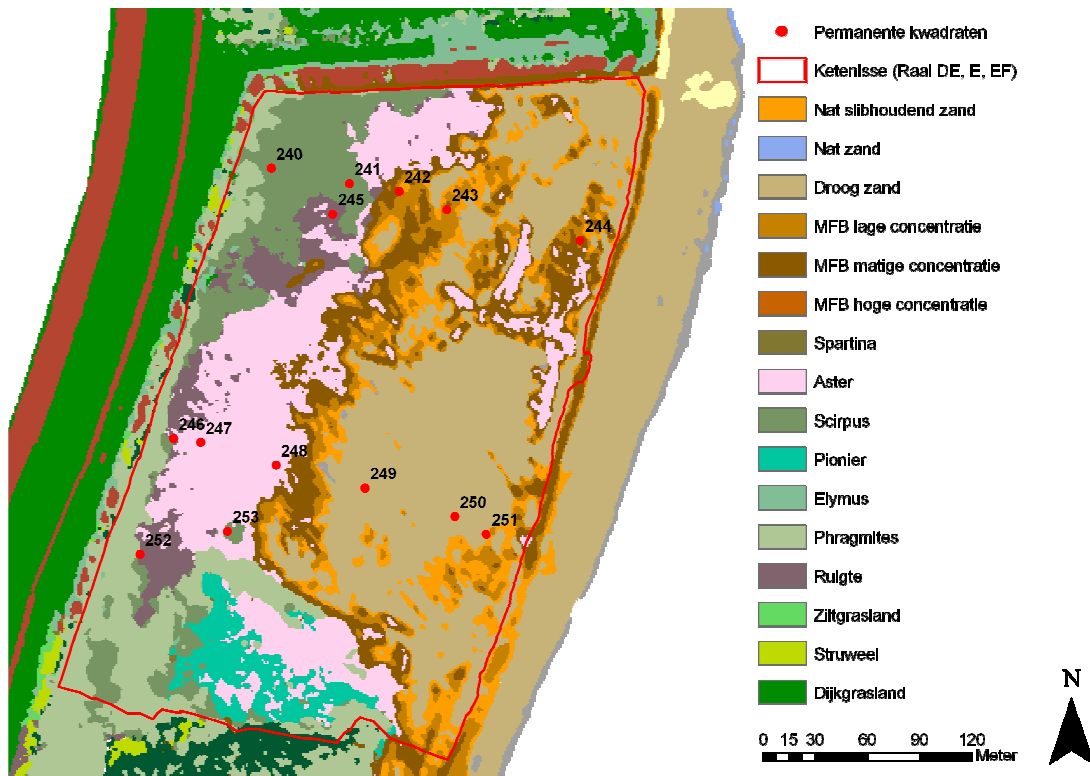
Figuur 4-51: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op Ketenisse van 2003 tot 2009.

In Figuur 4-52 wordt de vegetatiekaart van 2007 gegeven van het stroomafwaartse deel van Ketenisse ter hoogte van raai A tot C. Dit is een zone met steile hellingen (>2.8%) waar vooral erosie plaatsvindt (cf. 4.1 Topografie). Enkel op de hogere delen tegen de dijk vindt ophoging plaats door eolische afzettingen. Dit uit zich in het zo goed als ontbreken van schorvegetaties. Enkel tegen de dijk komen verspreid vegetaties van Zeeaster (*Aster tripolium*), Zeebies (*Scirpus maritimus*), Strandkweek (*Elymus athericus*) of Riet (*Phragmites australis*). Supratidaal heeft er zich een plantengemeenschap ontwikkeld met Hertshoornweegbree (*Plantago coronopus*), Fioringras (*Agrostis stolonifera*), Selderij (*Apium graveolens*), Melkkruid (*Glaux maritima*) en Zeeaster als aspectbepalende soorten waartussen ook Dunstaart (*Parapholis strigosa*) te vinden is. Een gemeenschap die affiniteiten heeft met een Zeevetmuur-verbond (*Saginion maritimae*) (Schaminée et al. 1998). Het grootste deel is evenwel onbegroeid (nat zand, nat slibhoudend zand, droog zand en waterverzadigd sediment; indeling sensu Bertels et al. 2008) of bedekt met Nopjeswier (*Vaucheria sp.*) (Microfytobenhos (MFB) lage of matige concentratie) (*niet alles wat geklasseerd is als MFB lage of matige concentratie is Nopjeswier, ook breukstenen die bedekt zijn met wieren zijn aan deze klassen toegekend!*).

De zone stroomopwaarts van de omdijkte polder ter hoogte van raai DE en E heeft een veel flauwere helling (<2.8%) (cf. 4.1 Topografie) wat sedimentatie en bijgevolg progressieve successie toelaat (Figuur 4-53). Van west naar oost strekt zich een gradiënt uit van hoog naar laag. Op de hogere delen domineert Riet (Type 12) met aansluitend een Zeebiesvegetatie (Type 8) en vervolgens een gemeenschap gedomineerd door Zeeaster (Type 6) welke overgaat in Nopjeswier met pioniers en Nopjeswier s.s. (resp. Type 5 en 3; MFB lage of matige concentratie in Figuur 4-53) en uiteindelijk in onbegroeid slik (Droog zand in Figuur 4-53).



Figuur 4-52: Vegetatiekaart van 2007 van het stroomafwaartse deel van Ketenisse ter hoogte van raai A tot C (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).



Figuur 4-53: Vegetatiekaart van 2007 van het deel van Ketenisse stroomopwaarts van de omdijkte polder (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).

5. Paddebeek

Het gebied Paddebeek situeert zich ter hoogte van Schoonaarde, tussen de Schoonaardebrug en de Paddebeek, op de rechteroever van de Zeeschelde. In het kader van het Sigmaplan moesten de dijken in dit gebied op Sigmahoogte en -breedte gebracht worden. Deze dijkwerken werden in de Algemene Milieu Impact Studie (AMIS, Anoniem, 1994) ondergebracht in categorie III, met dijklocatie en/of uitvoeringsalternatieven. Hoffman & Meire (1995) adviseerden een landwaartse verschuiving van de dijk ter hoogte van een visvijver en maïsakker. Op die manier zou een, weliswaar klein slik- en schorgebied ontstaan in een zone van de Zeeschelde waar slikken en schorren zeer schaars zijn.

Omwille van de langgerekte vorm van het gebied in een sterk gekanaliseerde Zeeschelde werd geadviseerd om met terrassen te werken (Van den Bergh & Vandevoorde, 2001). Naargelang de verwachte dynamiek kunnen terrassen op twee manieren gerealiseerd worden: een ondoorlaatbare constructie met harde breuksteen of een meer permeabele structuur met perkoenpalen en wilgenbussels (Hoffman et al., 1997). Bij de uitvoering van Paddebeek werden beide varianten gebruikt. Landwaarts werd een nieuwe Sigmadijk aangelegd. Deze werd niet verstevigd met breuksteen maar in plaats daarvan werden twee terrassen op hoog schorniveau aangelegd met perkoenpalen en wilgenbussels. De oude vijver werd opgevuld met puin en landwaarts van de oude dijk werd een versteviging met schanskorven aangebracht vooraleer de oude dijk werd afgegraven. Na afgraven van de oude dijk werden bovenop de schanskorven nog breukstenen aangebracht. De werken vingen aan in 2002 en werden in september 2003 opgeleverd.

Het nieuwe slik en schorgebied heeft een totale oppervlakte van 1.6ha. De getijamplitude bedraagt 3.26m en de getijdencyclus is asymmetrisch. Paddebeek bevindt zich in het zoete deel van de Zeeschelde, met een saliniteit die schommelt rond 0.14‰. In Tabel 5-1 wordt een overzicht gegeven van de sturende variabelen op Paddebeek.

Het gebied was bij aanvang van de monitoring een onbedijkt slik- en schorgebied met terrassen. In het stroomopwaartse deel van het gebied, ter hoogte van de voormalige vijver bevindt zich een depressie waarin water achterblijft bij laagtij. Door de harde breuksteenverdediging verloopt de afwatering vertraagd.

Tabel 5-1: Sturende variabelen Paddebeek.

Primaire sleutelfactoren	
afstand tot de monding (km)	130,3
Saliniteit (‰)	0,14
Getijamplitude (GLLW-GHHW in m)	4,16
Tijd sinds herstel (maanden)	40
Oppervlakte heringericht gebied (ha)	1,6
Vormindex (-)	17,7
Oriëntatie t.o.v. kust (5 klassen tussen 0° en 90°)	1
Absolute dimensies doorbraak (m)	556
Relatieve dimensies doorbraak (m/ha)	347,5
Initiële Hoogteligging (mTAW)	4,78
Helling (%)	0,5
Sedimentsamenstelling (µm)	50,5
Drainering (m sloot/ha)	0
Secundaire sleutelfactoren	
Getijuitwisseling (%)	100
Relatieve overstromingsfrequentie (%)	88
Max. afstand tot doorbraak (m)	40,5



Figuur 5-1. Overzichtskaart Paddenbeek met locatie van de opmetingen. Orthofoto januari 2009.

In Tabel 5-2 worden de verzamelde en beschikbare gegevens, aanvullend aan Van den Neucker et al. (2007), samengevat.

Tabel 5-2: Overzicht van de verzamelde gegevens sinds 2007 - Paddebeek. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar.

	mei/07	aug/07	okt/07	dec/07	mrt/08	mei/08	jun/08	aug/08	sep/08	mei/09	aug/09	sep/09	okt/10
Sediment													
Granulometrie & organische stof	sv		sv	sv	sv	sv			sv	sv		sv	s
Fysicochemie			sv						sv			sv	
Geomorfologie													
Sederplots	sv		sv	sv			sv		sv	sv		sv	s
Profielmetingen			sv							sv		sv	s
Vegetatie													
Kartering	2007												
PQ's		sv						sv			sv		
Bodemdieren													
	s		s	s	s	s			s	s		s	s

5.1 Topografie

5.1.1 Profielen en sedimentatie-erosie-plots

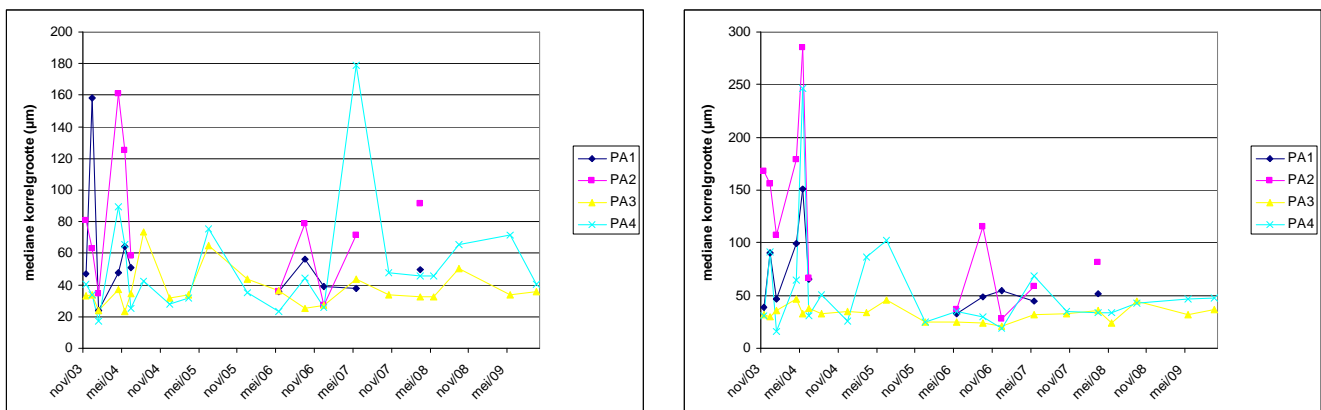
De globale helling van het profiel PA is 3.7% en veranderde niet in de monitoringsperiode. De middenzone heeft een rivierwaartse helling van ongeveer 0.5%. De steilere overgang naar de vaargeul na plot PA4 wordt gevormd door de restanten van de oude dijk en is bedekt met breuksteen. Deze zone heeft een hellingspercentage van ongeveer 12% (zie bijlage 11 figuren).

De sedimentatie-erosieplots PA1 en PA2 gelegen in de terrassen in de zone 5-15m van het referentiepunt op de dijk werden niet meer opgemeten. In de zone 20-40m van de dijk trad een geleidelijke sedimentatie op van ongeveer 2cm per jaar.

5.2 Sediment

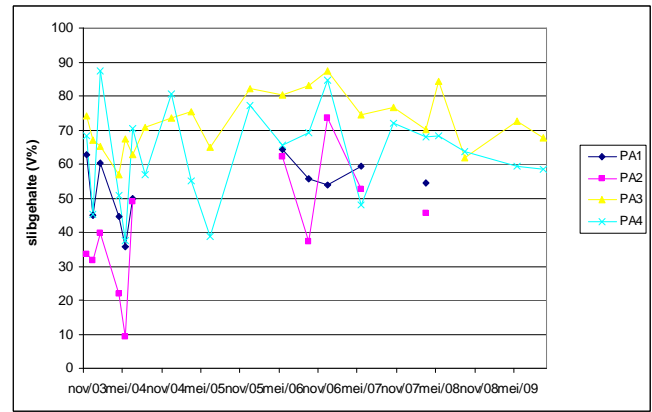
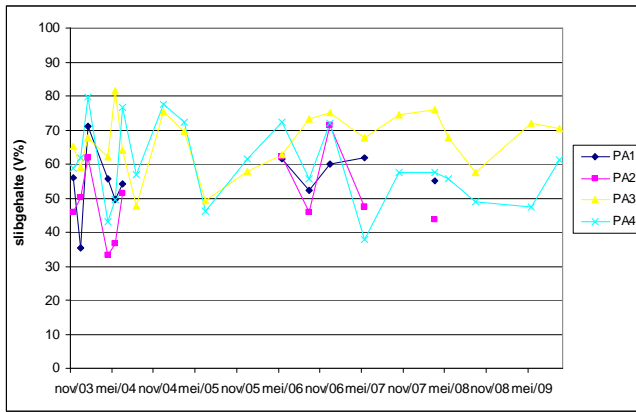
5.2.1 Granulometrie

De mediane korrelgrootte lijkt geen echt duidelijke trend te vertonen (Figuur 5-2). Op een paar uitschieters na, lijkt echter de variatie in de mediane korrelgrootte (en mogelijk het sediment in zijn geheel) vooral in de bovenste centimeter te dalen. Er blijft echter sprake van enige erratische veranderingen.



Figuur 5-2: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd.

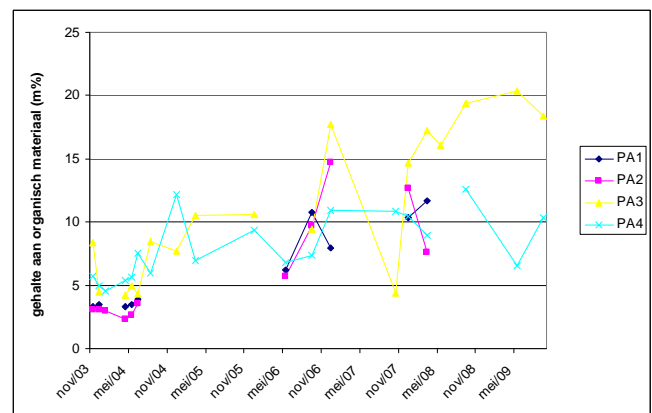
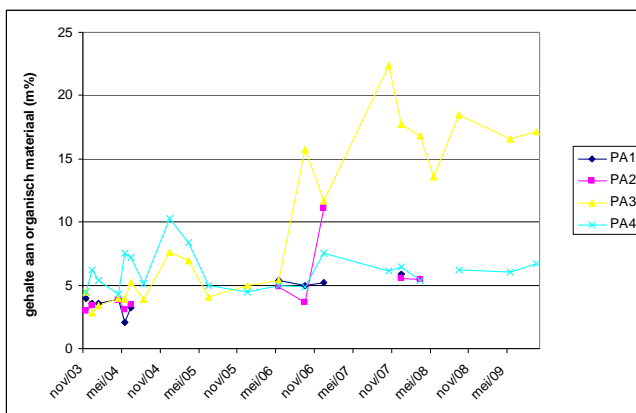
In PA4 lijkt het slibgehalte een lichte daling door te maken, waardoor mogelijk het sediment toch iets grover wordt (Figuur 5-3).



Figuur 5-3: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage $<63\mu\text{m}</math>) in functie van de tijd.$

5.2.2 Organisch materiaal

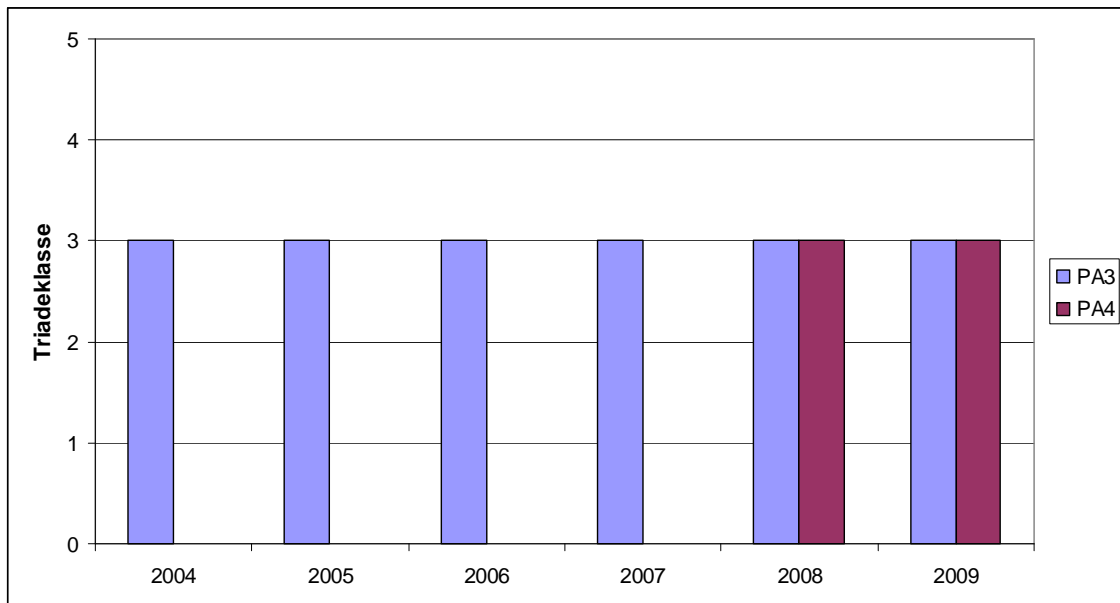
In tegenstelling tot de mogelijke lichte daling van het slibgehalte (zie hoger), lijkt het organisch materiaalgehalte toch enigszins in stijgende lijn te verlopen (Figuur 5-4). Ook hier is de trend duidelijker in de bovenste centimeter. Opmerkelijk is dat PA3 duidelijk hogere waarden behaalt dan PA4, terwijl op het gebied van slibgehalte en mediane korrelgrootte de verschillen in de meest recente metingen eerder klein zijn. Een mogelijke verklaring is de eerder beschutte ligging van PA3 in het schor waardoor het organisch materiaal eerder ter plaatse afgebroken wordt. Dit in tegenstelling tot de meer geëxposeerde plot PA4 waar het detritus beter zijn weg vindt naar de Schelde.



Figuur 5-4: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd.

5.2.3 Polluenten Triade

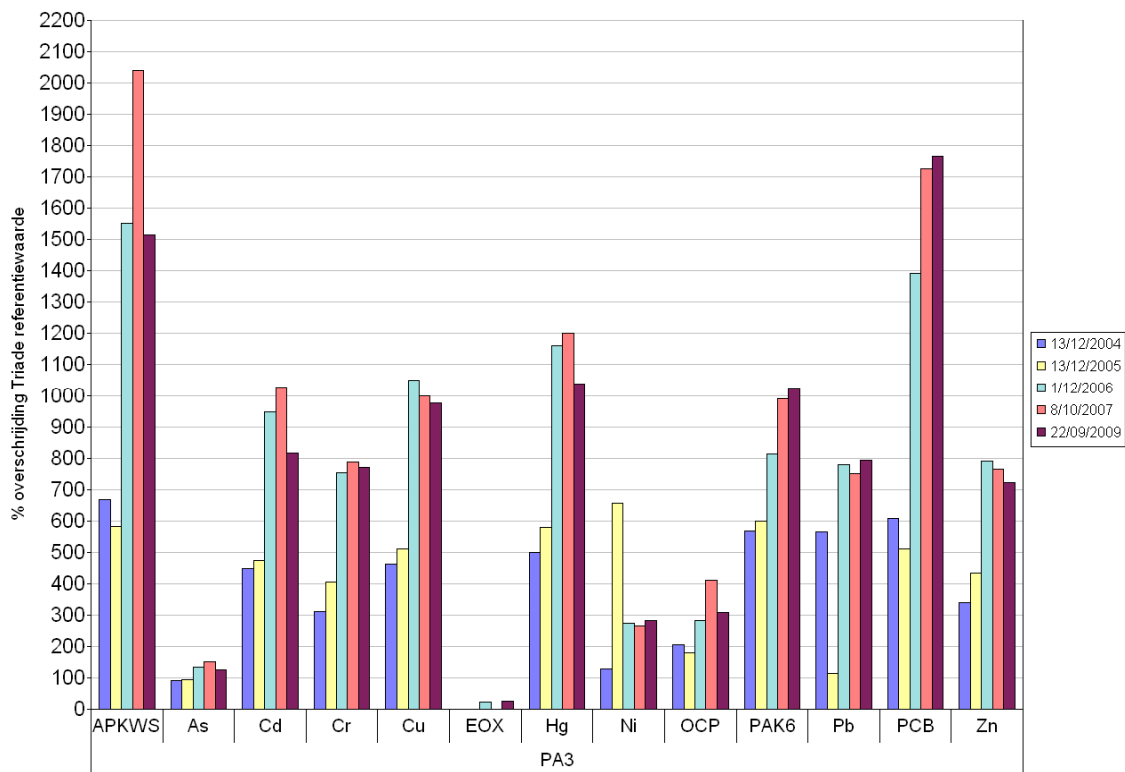
In tegenstelling tot Van de Neucker et al. (2007), beperken we ons hier tot de temporele evolutie van de samenvattende Triadeklasse (Figuur 5-5).



Figuur 5-5: Globale triadeklasse in functie van de tijd.

Alle metingen van pollutanten worden geklasseerd als matig afwijkend tegenover de referentie (klasse 3). De als "matig afwijkend" aangeduide monsters worden voornamelijk als dusdanig benoemd door de aanwezige concentraties aan kwik, APKWS en PCBs. In mindere mate treden ook matig afwijkende concentraties aan cadmium, koper en zink op. Een echt duidelijke verandering in welke pollutant(en) de globale beoordeling bepaald lijkt niet aanwezig. Uit de onveranderde Triadebeoordeling zou men kunnen stellen dat de bodemkwaliteit van de uitgangssituatie gelijkaardig is. Anders gezegd, lijkt de sedimentatie geen kwaliteitsverandering teweeg gebracht te hebben.

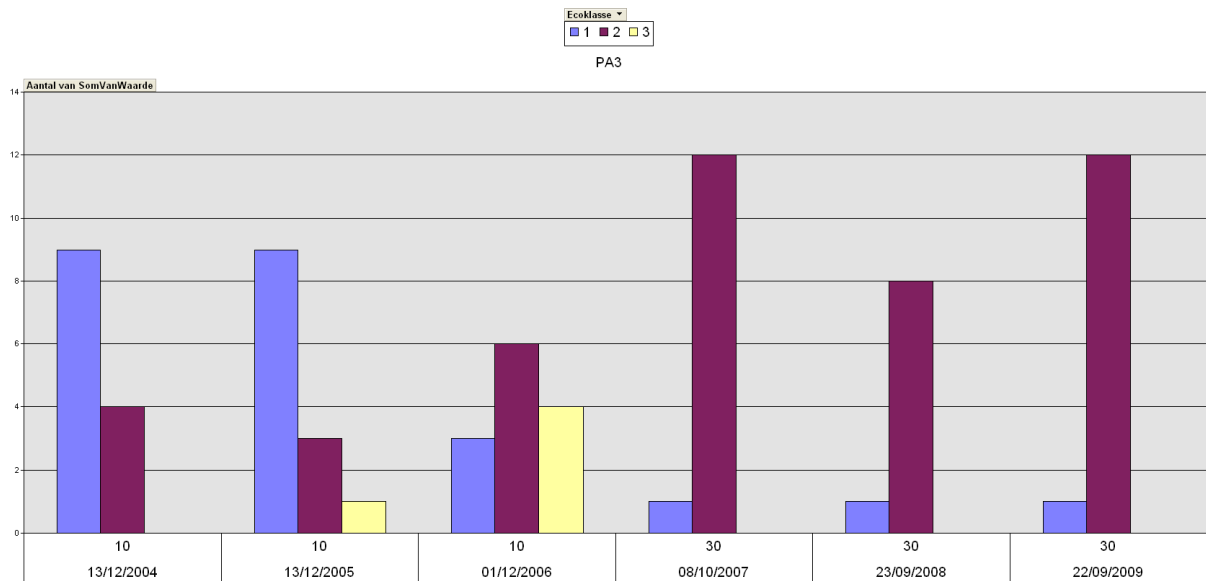
De in de Triadebeoordeling uitgevoerde correctie van pollutantenconcentraties lijkt een groot effect te hebben op de uiteindelijke interpretatie van de metingen. In Figuur 5-6 wordt aangegeven met hoeveel procent de referentiewaarden (zoals vooropgesteld in Triade) worden overschreden, gebaseerd op de gemeten concentraties t.h.v. PA3. Hieruit blijkt een zeer duidelijke toename van zowat alle pollutanten tussen najaar 2005 en najaar 2006. Uit de vegetatiegegevens (zie verder) blijkt dat de bedekkingsgraad ter hoogte van PA3 sterk toeneemt in 2005 (van 10 naar 80%). Ten gevolge van deze vegetatie-ontwikkeling stijgt het organisch materiaalgehalte in de pollutantenstalen van 3 naar 10 % in 2006 (om vervolgens constant te blijven tot en met de recentste gegevens - 2009). Het is in dat jaar dat ook alle pollutantenconcentraties sterk stijgen. Wellicht speelt hier het gekende pollutanten-accumulerende karakter van het toenemend degraderend plantenmateriaal een rol (Du Laing et al., 2006). Doordat (naast lutumgehalte) organisch materiaal echter corrigeert voor pollutantenconcentraties, zien we geen verandering in de algemene triadeklasse (Figuur 5-5).



Figuur 5-6: Procentuele graad van overschrijding van de Triadereferentiewaarden per pollutant(engroep) in functie van de tijd – PA3.

5.2.4 Polluenten ecotoxicologisch

De ecologisch/ecotoxicologische toestand op Paddenbeek lijkt verslechterd sinds het inrichten van het natuurontwikkelingsgebied (Figuur 5-7). De bodem op het plateau werd fijner (kleiig), hierdoor wordt de biobeschikbaarheid iets hoger voor de meeste elementen (Leloup et al., 2006).



Figuur 5-7: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen PA3 (2004-2009). Met weergave van de lutumklasse (10 = tussen 10-30% lutum; 30 = > 30% lutum)

5.3 Benthos

Stalen van de hoger opgelijste campagnes in dit gebied werden vooralsnog niet verwerkt. Zodoende is (nog) geen nieuwe informatie over het benthos voorhanden.

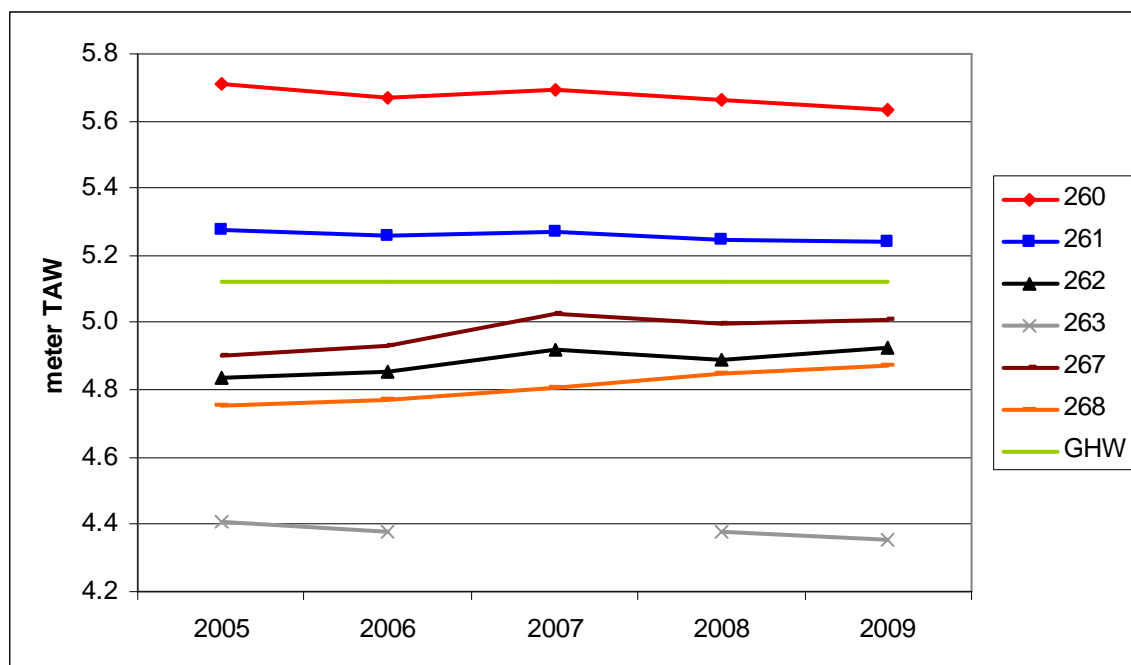
5.4 Vegetatie

Bij het landwaarts verschuiven van de dijk is in Paddebeek gekozen voor een alternatieve inrichtingsvariant. In plaats van de voet van de nieuwe dijk te bestorten met breuksteen zijn met perkoenpalen en wilgenbussels twee terrassen aangelegd. Het bovenste terras situeert zich boven gemiddeld hoogwater bij springtij (GHWS), het onderste of tweede net onder GHWS. Op deze terrassen evolueerde de initiële pioniersvegetatie tot een gevarieerde vegetatie. Vooral soorten van droge ruigtes en graslanden zoals Gewone smeerwortel (*Symphytum officinale*), Akkerdistel (*Cirsium arvense*), Ridderzuring (*Rumex obtusifolius*), Gewone en Grote engelwortel (*Angelica sylvestris*, *A. archangelica*), Kweek (*Elymus repens*), Kruipende boterbloem (*Ranunculus repens*), Hondsdraf (*Glechoma hederacea*), Fioringras (*Agrostis stolonifera*), etc. zijn aspectbepalend op het hoogste terras. Het aandeel soorten van natte of vochtige ruigtes als Harig wilgenroosje (*Epilobium hirsutum*), Riet (*Phragmites australis*), Grote brandnetel (*Urtica dioica*), etc. neemt toe op het tweede terras. Tijdens de onderzoeksperiode zijn in de permanente kwadraten niet minder dan 140 soorten hogere planten en mossen aangetroffen. De gebruikte wilgenbussels bestonden uit levend materiaal en zijn ondertussen uitgegroeid tot een struiklaag waartussen ook andere soorten als Zwarte els (*Alnus glutinosa*) zijn gekiemd.

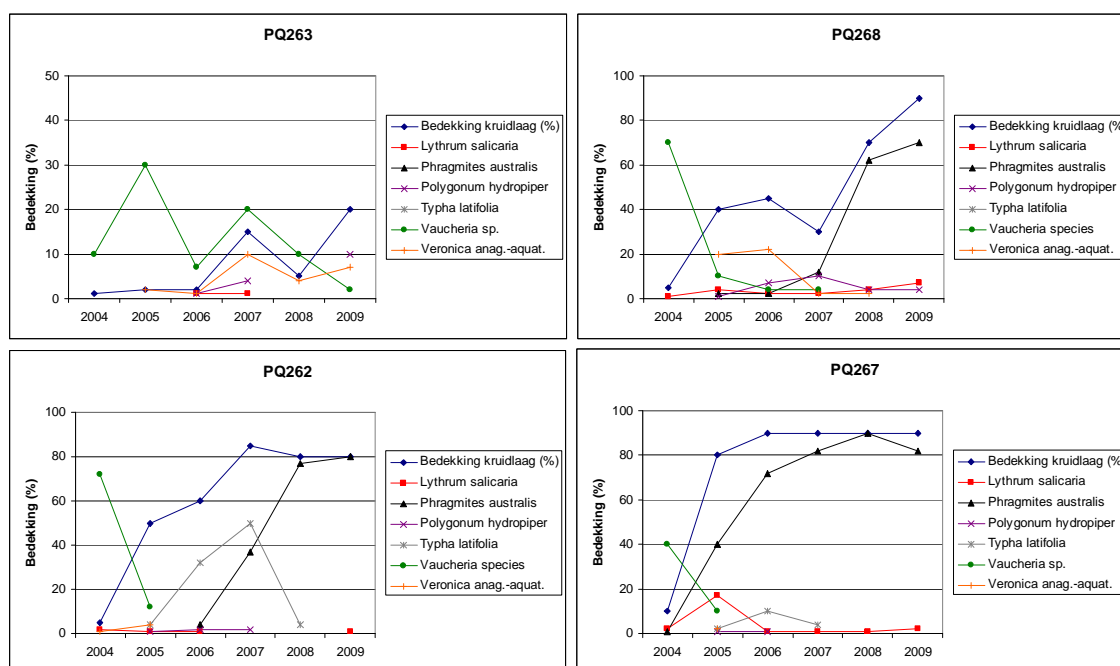
Het kale slik dat ontstond tussen de terrassen en de vooroever (breuksteen op schanskorf) is vrij snel gekoloniseerd door pioniersoorten als Nopjeswier (*Vaucheria sp.*), Waterpeper (*Polygonum hydropiper*), Blauwe waterereprijs (*Veronica anagallis-aquatica subsp. anagallis-aquatica*), etc. Riet (*Phragmites australis*) koloniseerde net als andere helofyten zoals Grote kattenstaart (*Lythrum salicaria*) en Grote lisdodde (*Typha latifolia*) de pioniersvegetatie en domineert (PQ262 en PQ267 in Figuur 5-9). Een verdere successie naar ruigte heeft zich nog niet voorgedaan, te wijten aan de geleidelijke ophoging door sedimentatie (gemiddelde ophoging van de PQ's tussen terrassen en vooroever bedraagt 17 mm/jaar) (Figuur 5-8) maar vooral door de heersende hydrologische omstandigheden.

In Figuur 5-10 worden de grond- en oppervlaktewaterschommelingen gegeven gemeten in oktober-november 2008 nabij PQ267 en PQ268. Deze schommelingen zijn de resultante van enerzijds de getijden en anderzijds de bodemopbouw en inrichting van het gebied. In PQ267 is gedurende de gehele doortij-springtijcyclus de drainage uiterst beperkt en is ook het aantal overstromingen geringer dan in PQ268. Tijdens laagwater bij springtij blijft het grondwater rond het maaiveld schommelen. Bij doortij treden geen overstromingen op en zakt het grondwater slechts weg tot ca. 10 cm onder het maaiveld. De aanwezigheid van de vooroever zorgt voor een geringer aantal overstromingen van PQ267 en zorgt ook deels voor een geringere drainage, al heeft de beperkte hydraulische conductiviteit van de bodem door compactie en het storten van steenpuin daar meer verantwoordelijkheid in. In PQ268, gelegen aan de andere zijde van de vooroever en ook dicht bij de Zeeschelde, is het aantal overstromingen iets hoger en draineert het grondwater dieper weg (20 à 25 cm onder maaiveld).

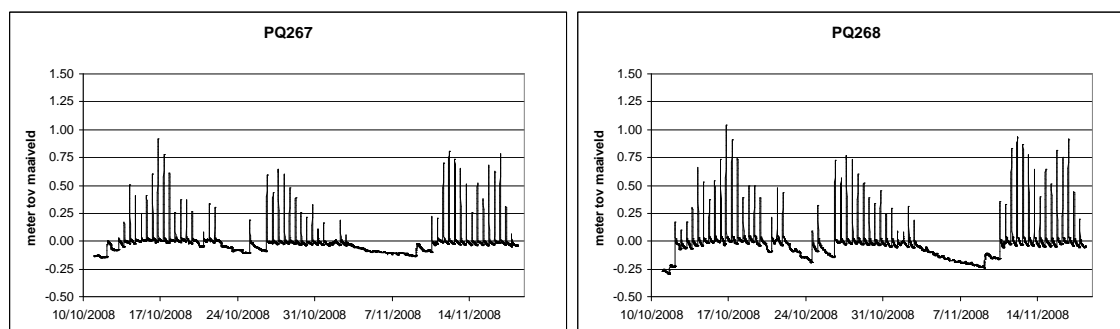
Op de meer geëxposeerde locaties die onderhevig zijn aan een hogere hydrodynamiek wat zelfs leidt tot erosie (Figuur 5-8), blijft de vegetatie in een pioniersstadium met Waterpeper (*Polygonum hydropiper*) en vooral Blauwe waterereprijs (*Veronica anagallis-aquatica subsp. anagallis-aquatica*) als aspectbepalende soorten (PQ263 in Figuur 5-9).



Figuur 5-8: Veranderingen in hoogte van enkele permanente kwadraten in Paddebeek in meter TAW tussen 2005 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Schoonaarde Taverniers & Mostaert 2009).

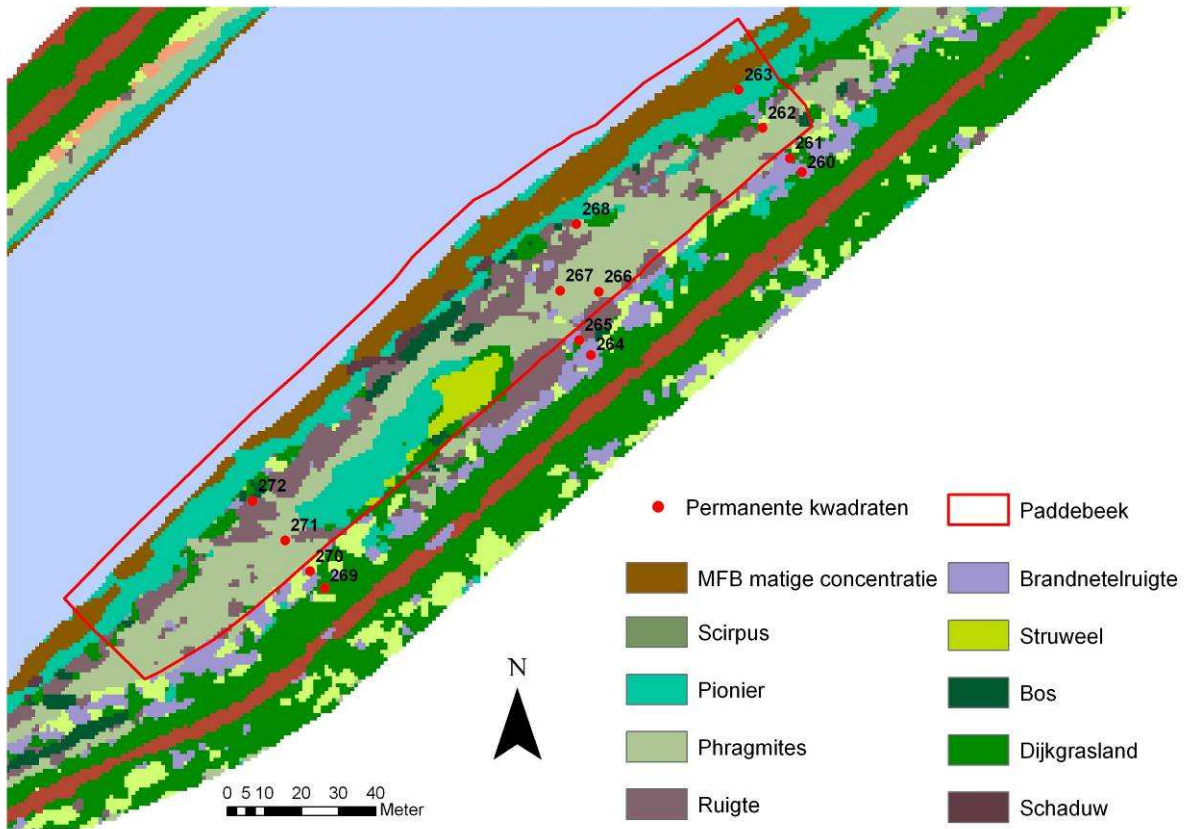


Figuur 5-9: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op Paddebeek van 2004 tot 2009.



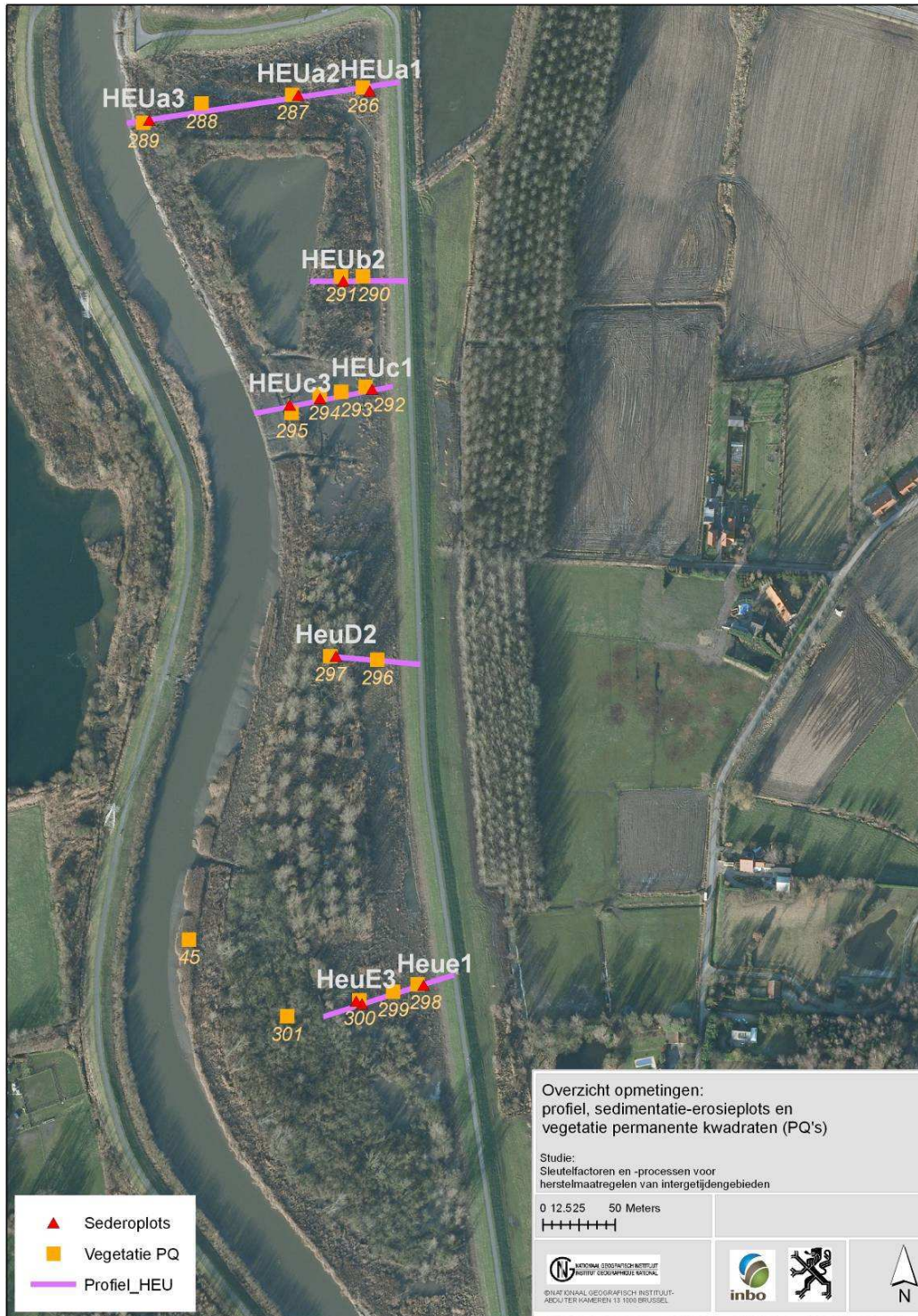
Figuur 5-10: Overspoelings- en drainageregime in PQ267 en PQ268 in meter ten opzichte van het maaiveld (11/10/2008 tot 18/11/2008).

De vegetatiekaart van 2007, aangemaakt door middel van teledetectietechnieken (Bertels et al. 2008), toont de verspreiding van de belangrijkste vegetatietypes in Paddebeek (Figuur 5-11). De rood omlijnde perimeter omvat het getijdenbeïnvloede deel van het natuurontwikkelingsgebied. Het centrale deel bestaat hoofdzakelijk uit rietland. In de richting van de Zeescheelde gaat dit over in een ruigte die zich heeft ontwikkeld op de vooroever. Aansluitend treffen we een pioniervegetatie die overgaat in breuksteenbestorting. Deze laatste is op de kaart toegekend aan de klasse MFB (microfytobenthos) matige concentratie ten gevolge van de algen die op de breukstenen groeien. Centraal in het rietland, stroomafwaarts van PQ271, is het kale slik verkeerdelijk toegewezen aan de klasse pionier.



Figuur 5-11: Vegetatiekaart van 2007 van Paddebeek (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).

6. Heusden



Figuur 6-1 Overzichtskarta Heusden met locatie van de opmetingen. Orthofoto januari 2009.

In Tabel 6-1 worden de verzamelde en beschikbare gegevens, aanvullend aan Van den Neucker et al. (2007), samengevat.

Tabel 6-1: Overzicht van de verzamelde gegevens - Heusden. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar; ?: nog op te lijsten; *: eigenlijk gesampeld begin oktober 2007; **: augustus-september.

	mrt/06	apr/06	mei/06	jun/06	jul/06	sep/06	okt/06	nov/06	dec/06	feb/07	mrt/07	apr/07	mei/07	jun/07	jul/07	aug/07	sep/07*	okt/07	nov/07	dec/07	mrt/08	jun/08	aug/08	sep/08	dec/08	mei/09	sep/09
Sediment																											
Granulometrie & organische stof	sv	sv	sv		sv	sv		sv	sv		sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv		sv	sv	sv	sv
Fysicochemie																		sv						sv			sv
Geomorfologie																											
Sederoplots		sv	sv	sv		sv		sv	sv	sv		sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv		sv	sv	sv	sv
Profielmetingen	sv							sv		sv								sv								sv	sv
Vegetatie																											
Kartering	2007																										
PQ's						sv										sv								sv			sv
Bodemdieren	sv		sv	s	s	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv	sv		sv	sv	sv	sv	sv	sv		sv		sv	sv	sv	sv

6.1 Topografie

6.1.1 Profielen en sedimentatie-erosie-plots

Algemeen werden geen seizoenale patronen gevonden in de sedimentatie- en erosieprocessen. De sedimentatiedruk op het gebied is beperkt.

6.1.1.1 HEUa

Profiel HEUa toont een bijzonder grillig verloop (bijlage 12). De variatie wordt in belangrijke mate veroorzaakt door het moeilijk doordringbaar zijn van de schorvegetatie waardoor men afwijkt van de profiellijn met kleine variaties (10-20cm) in de opmetingen tot gevolg. De profiellijnen zelf vertonen ook een relatief grote variatie die wijst op een relatief hoge topografische variabiliteit in de zone. Of deze toegenomen is over de monitoringsperiode is moeilijk af te leiden uit de profieldata. In het profiel is duidelijk zichtbaar dat de oude sigmadijk ter hoogte van dit profiel onvoldoende afgegraven werd. Hierdoor heeft het profiel globaal bekeken een landwaartse helling. De afwatering van de zone verloopt dan ook in deze richting via een kreek die loopt tegen de nieuwe Sigmadijk doorheen HEUb en HEUc.

De sedimentatie-erosieplots tonen voor deze raai de evolutie van de hoogteligging betrouwbaarder. In de NOP zone trad ter hoogte van raai a ongeveer 10cm erosie op over een periode van bijna 4 jaar.

6.1.1.2 HEUb

Profiel HEUb toont ook een landwaartse helling naar de afwateringskreek toe. Er trad een matige sedimentatie (6cm) op vanaf 25m afstand tot dijk tot HEUb2 gedurende de monitoringsperiode van bijna 4 jaar. Verder richting driehoekige vijver is er bijna geen sedimentatie of erosie geweest. De veranderingen in hoogteligging van HEUb2 en HEUa1, beide op zelfde hoogte gelegen, gebeurde vooral in de beginperiode na ontpoldering. Sinds 2008 vertonen de punten minder (tot bijna geen) sedimentatie.

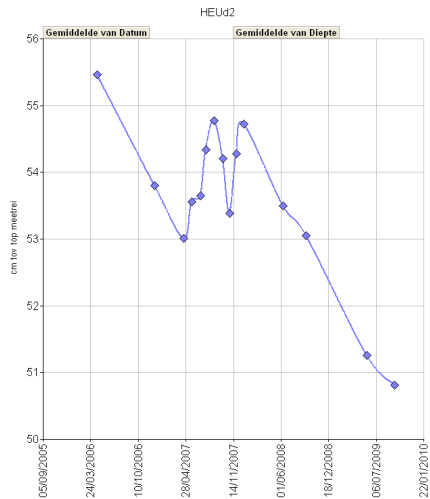
6.1.1.3 HEUc

Profiel HEUc loopt doorheen de laagst gelegen zone van het herstelproject. Deze zone vertoont de hoogste overstromingsduur en overspoelingsfrequentie van het volledige NOP. Dit resulteerde in hogere sedimentatie. Vooral in de zone tussen HEUc2 en HEUc3 is er gesedimenteerd, tot ongeveer 30cm. In de zone tussen HEUc2 en HEUc1 vormde zich een afwateringskreek (afwatering zone A en B) met erosie van het profiel merkbaar in deze zone.

Er vormde zich een duidelijke oeverwal langsheen de parallelle gracht met de Schelde ter hoogte van de HEUc3.

6.1.1.4 HEUd

Het profiel van deze raai vertoont zeer grote variatie doordat niet steeds in dezelfde lijn werd gelopen (niet getoond in bijlage). De sederoplot werd opgemeten maar nog niet ingemeten tegenover TAW. Er was ongeveer 6 cm sedimentatie op HEUd2.



6.1.1.5 HEUe

Globaal gesproken was er beperkte sedimentatie op deze raai van ongeveer 10 cm. Het hellingspercentage is zeer flauw (0.75%) hellend richting rivierdijk en veranderde niet. De aanwezige depressies bleven bestaan sinds de aanleg van het NOP.

6.2 Sediment

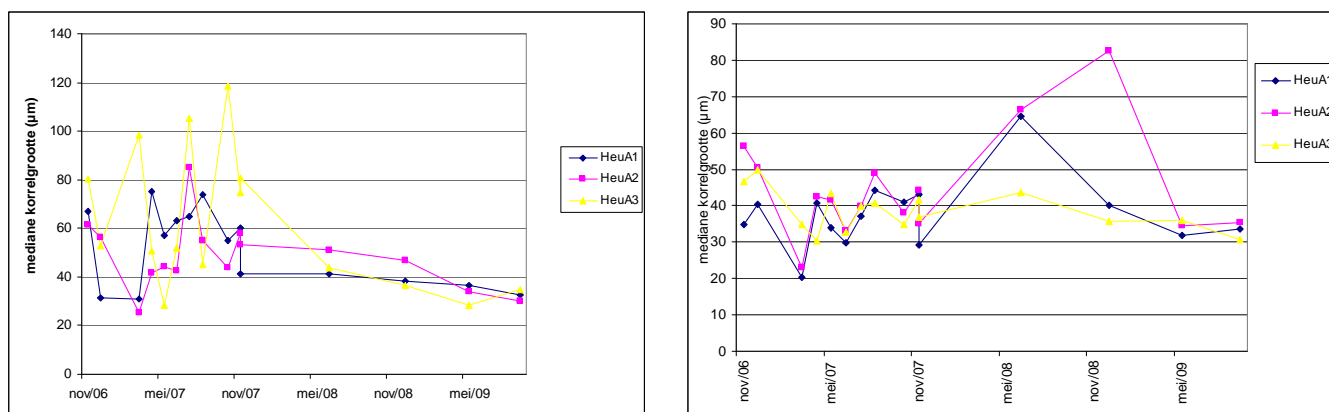
6.2.1 Granulometrie en organisch materiaal

Raai A

Mediane korrelgrootte

De variabiliteit van de bovenste centimeter lijkt hoger dan die van de onderliggende bodemlaag (Figuur 6-2). Toch lijkt enige stabiliteit te zijn opgetreden, zeker sinds 2009, waarbij alle staalnamepunten langsheen deze raai een zeer vergelijkbare mediane korrelgrootte hebben.

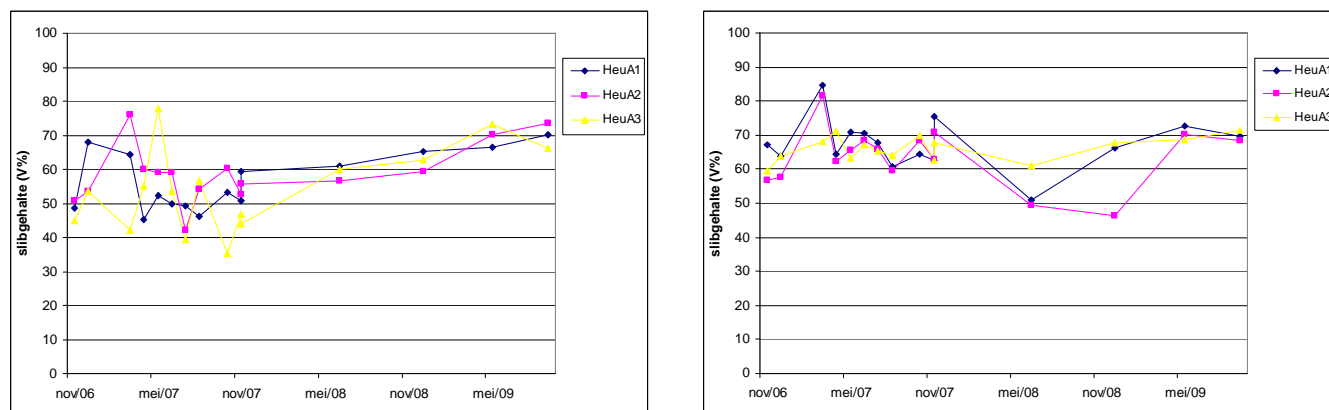
Bij de laatst verwerkte campagne valt de hele raai te typeren als slib. Het verschil tussen de staaltypes was in (sinds?) 2009 minimaal.



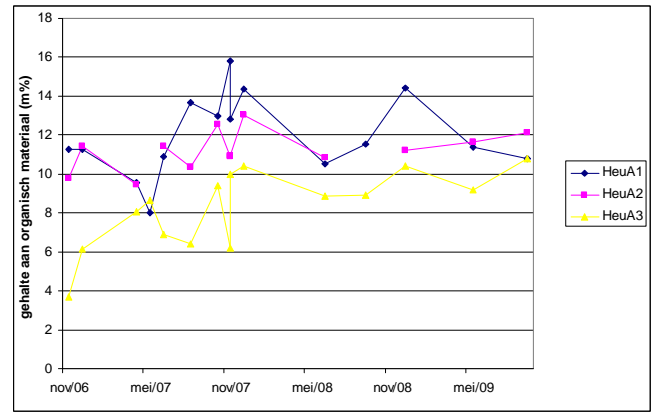
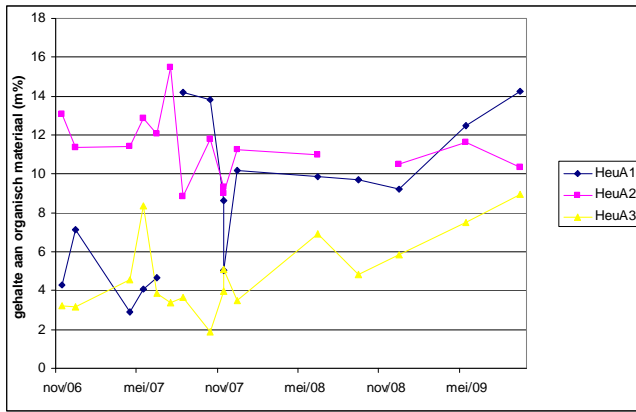
Figuur 6-2: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai A.

Slibgehalte en organisch materiaal

In logisch verband met de daling in mediane korrelgrootte, zijn slibgehalte en het gehalte aan organisch materiaal na een initiële fase van grotere variabiliteit licht toegenomen (Figuur 6-3, Figuur 6-4).



Figuur 6-3: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai A.



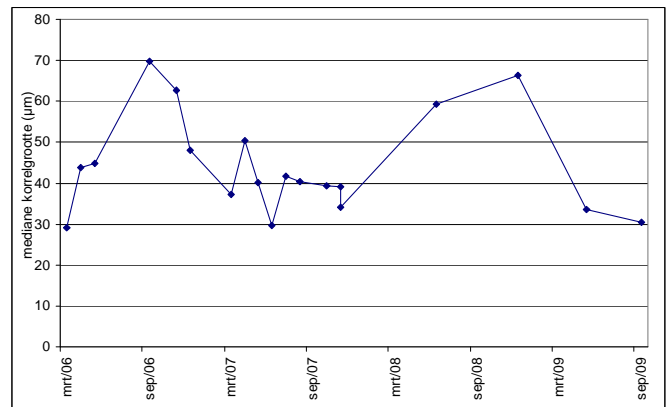
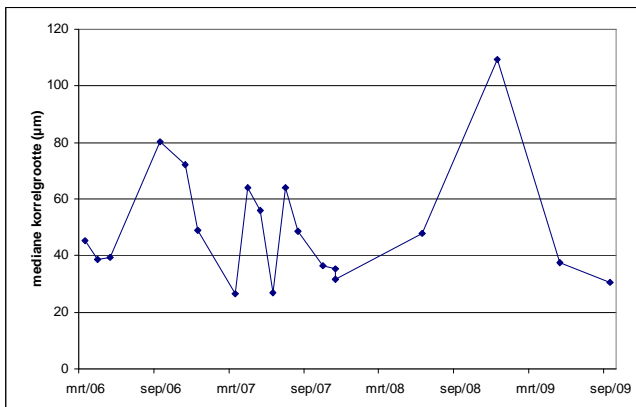
Figuur 6-4: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai A.

Raai B – punt B2

Mediane korrelgrootte

Een vrij variabele mediane korrelgrootte van zeer fijn zand tot (fijn) slib kenmerkte deze locatie (Figuur 6-5).

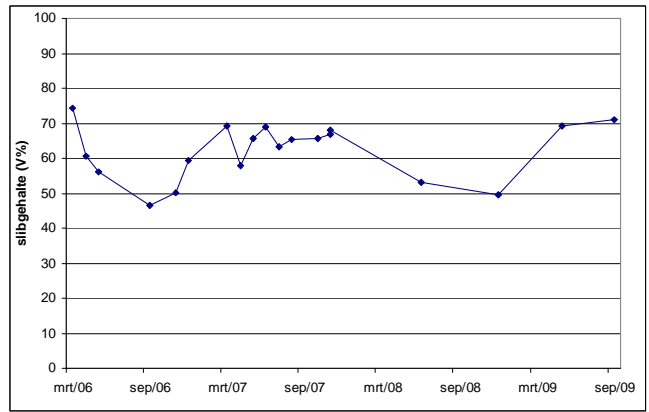
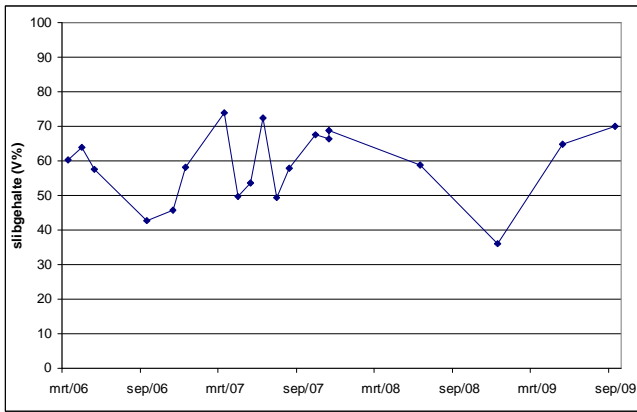
Bij de laatst verwerkte campagne was dit een sliblocatie.



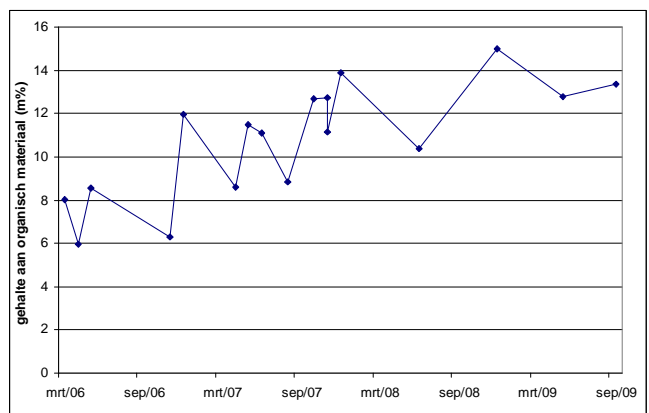
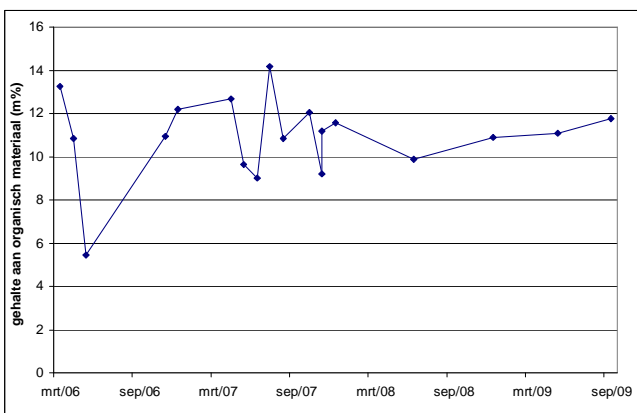
Figuur 6-5: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai B – punt B2.

Slibgehalte en organisch materiaal

Een lichte (vooral in de bovenlaag merkbare) toename van het gehalte aan organisch materiaal vond hier plaats (Figuur 6-7).



Figuur 6-6: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <math><63\mu\text{m}</math>) in functie van de tijd – raai B – punt B2.



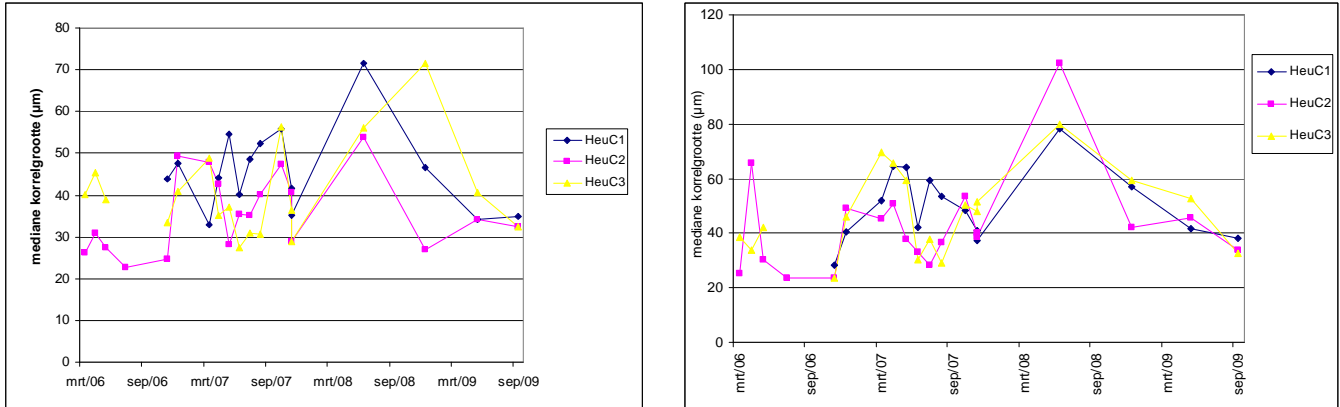
Figuur 6-7: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai B – punt B2.

Raai C

Mediane korrelgrootte

Ook hier lijkt een recente verfijning gepaard te gaan met een daling in variabiliteit (Figuur 6-8).

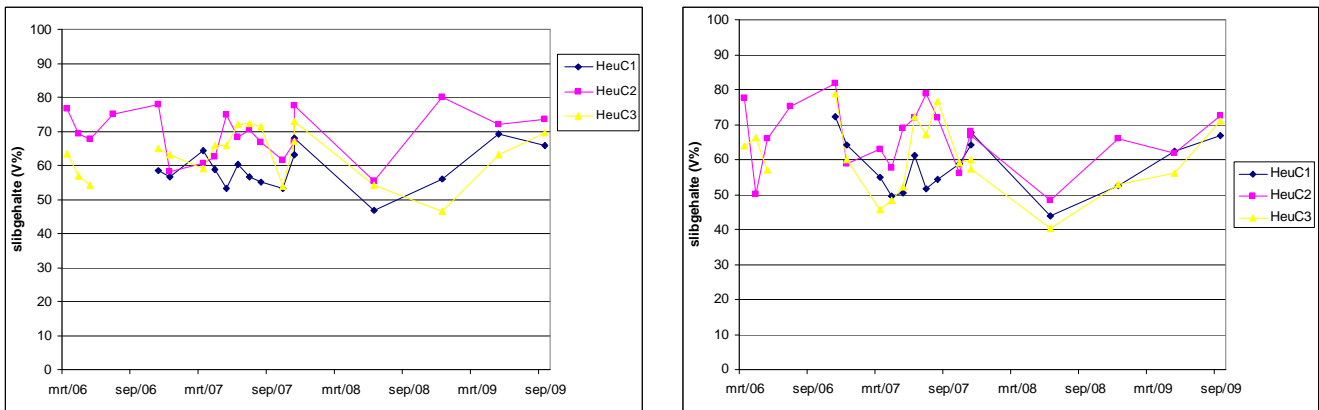
Bij de laatst verwerkte campagne waren dit allen sliblocaties.



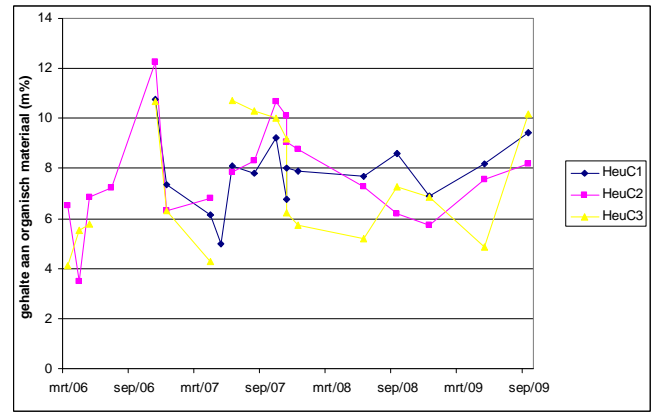
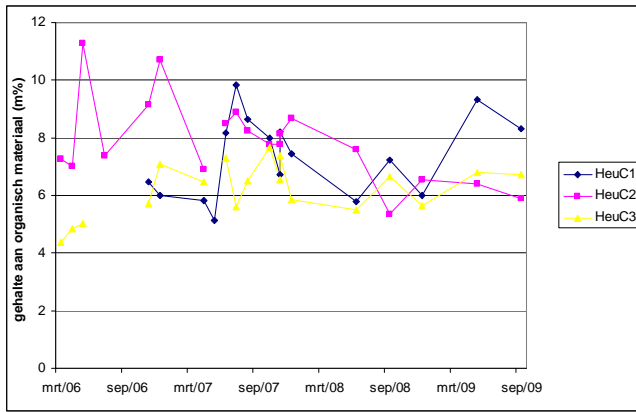
Figuur 6-8: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai C.

Slibgehalte en organisch materiaal

Sinds halverwege 2008 lijken beide variabelen te zijn toegenomen in grootte (Figuur 6-9, Figuur 6-10).



Figuur 6-9: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <math><63\mu\text{m}</math>) in functie van de tijd – raai C.



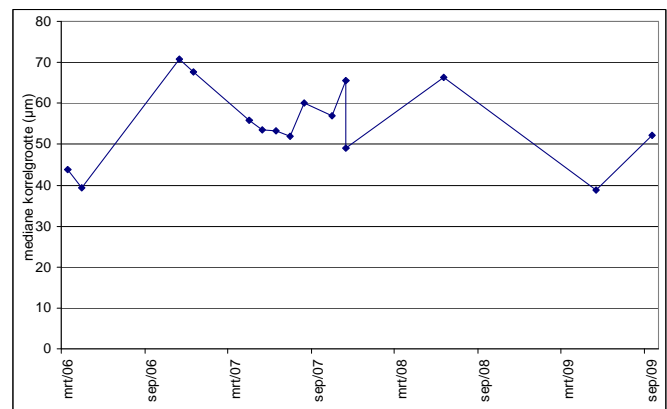
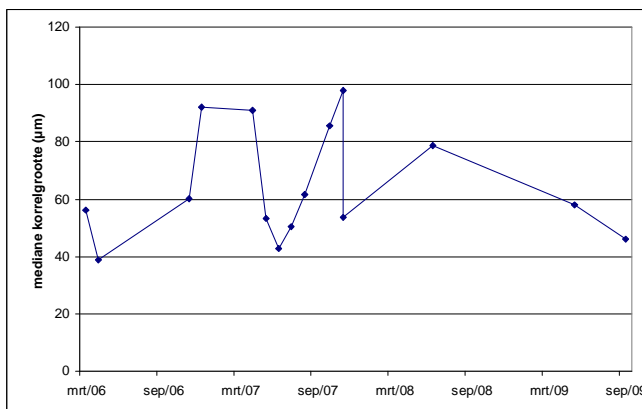
Figuur 6-10: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai C.

Raai D – punt D2

Mediane korrelgrootte

Ook hier lijkt een periode van behoorlijke variabiliteit te worden gevolgd door een daling (Figuur 6-11).

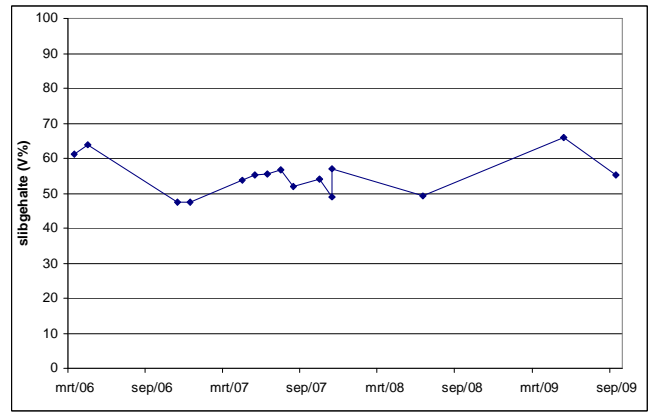
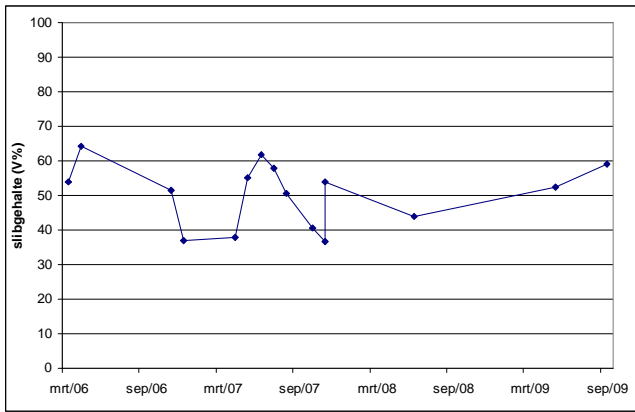
Bij de laatst verwerkte campagne is dit een sliblocatie.



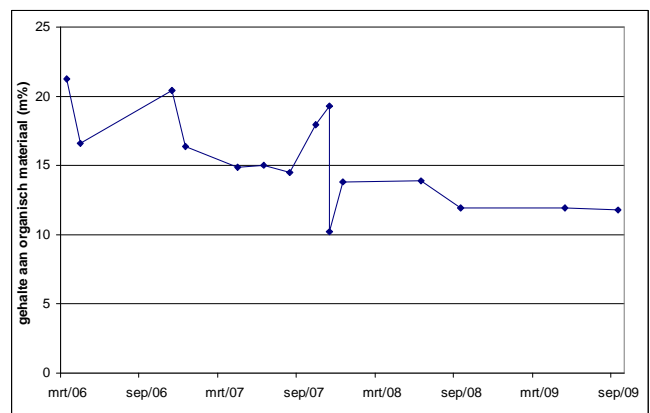
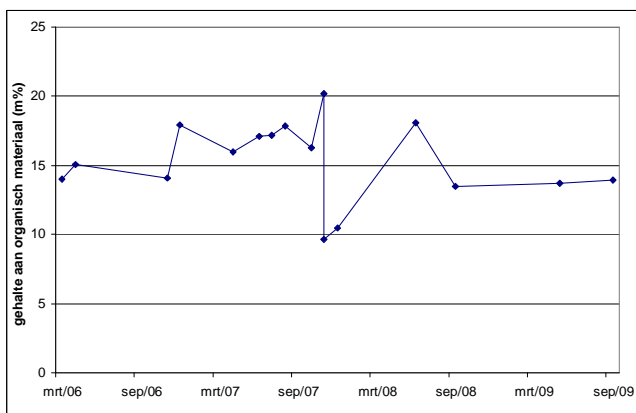
Figuur 6-11: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai D – punt D2.

Slibgehalte en organisch materiaal

Een lichte stijging in slibgehalte staat hier in contrast met een schijnbare afname van organisch materiaal in de bovenlaag (Figuur 6-12, Figuur 6-13).



Figuur 6-12: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai D – punt D2.



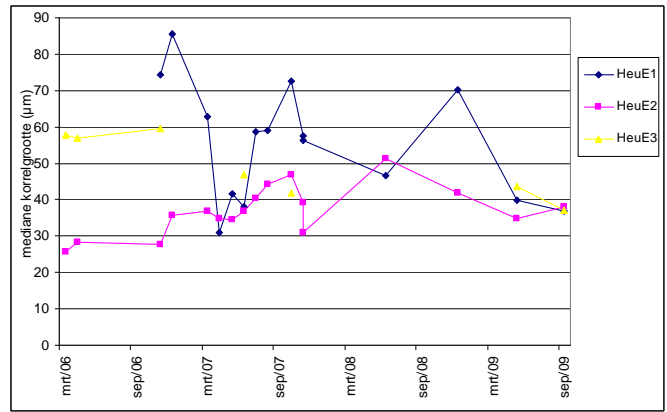
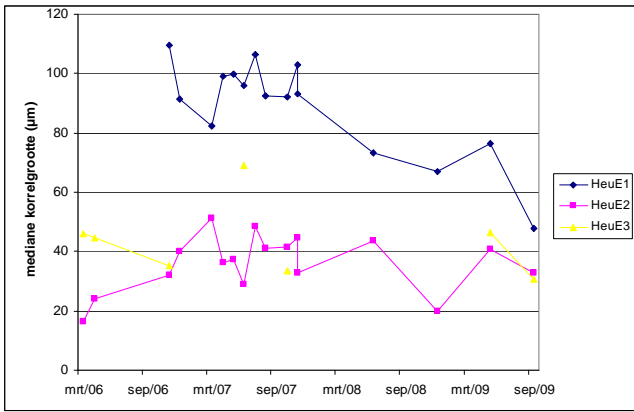
Figuur 6-13: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai D – punt D2.

Raai E

Mediane korrelgrootte

Ook hier is het verschil tussen de locaties het kleinst in het laatste jaar (2009) en lijkt er sprake van een daling (Figuur 6-14).

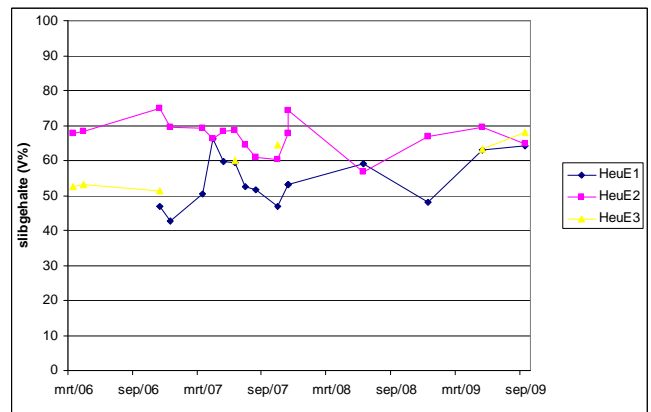
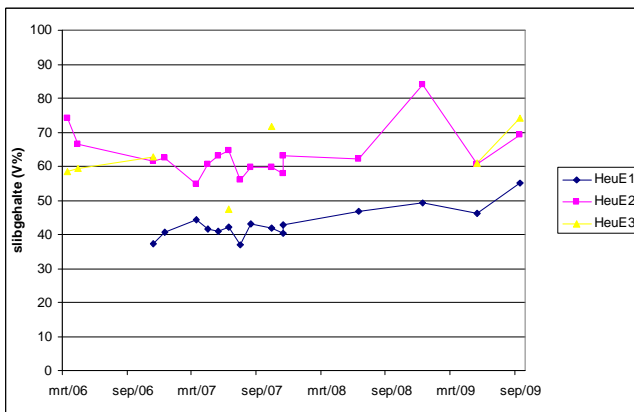
Bij de laatst verwerkte campagne zijn dit alle drie sliblocaties.



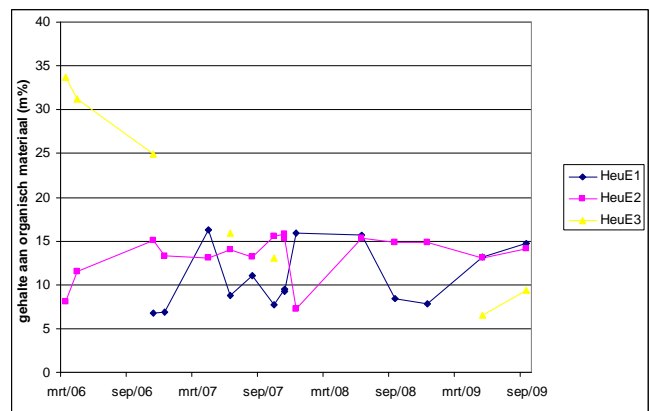
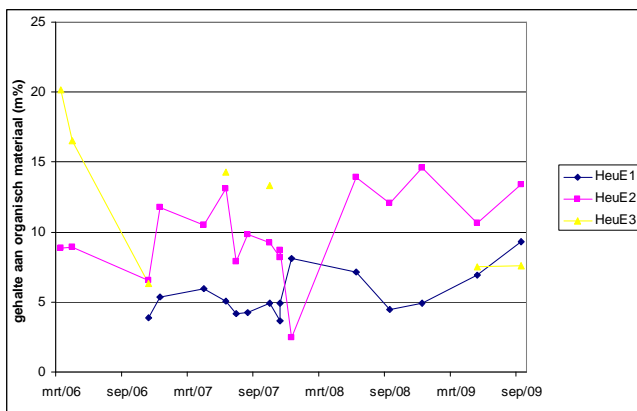
Figuur 6-14: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai E.

Slibgehalte en organisch materiaal

In logisch verband met de daling in mediane korrelgrootte, zijn slibgehalte en het gehalte aan organisch materiaal na een initiële fase van grotere variabiliteit licht toegenomen (Figuur 6-15, Figuur 6-16).



Figuur 6-15: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai E.

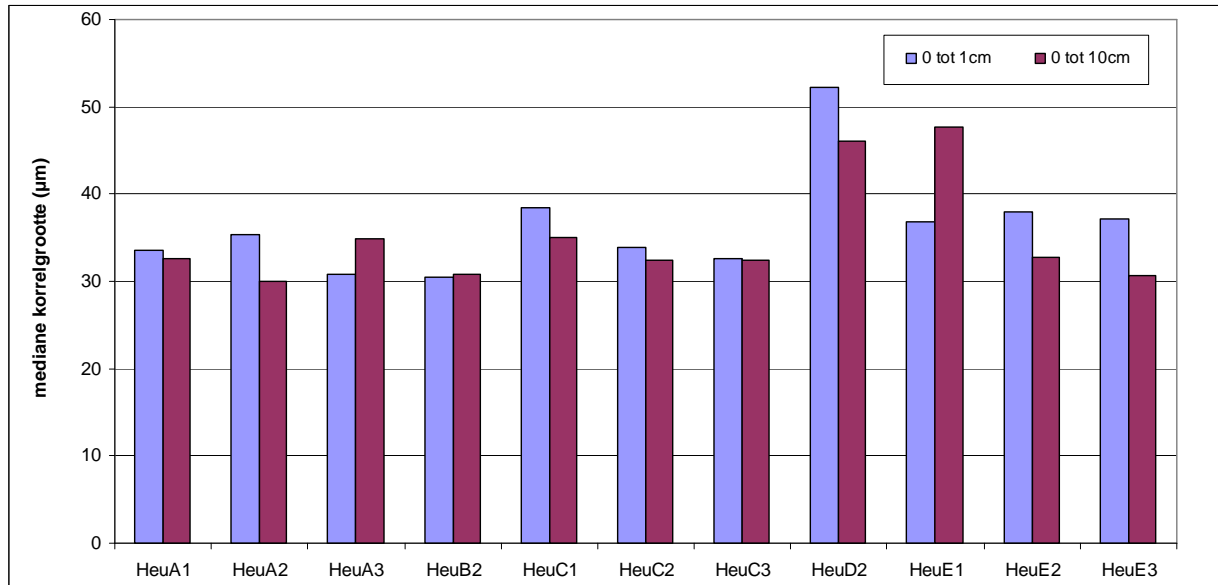


Figuur 6-16: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai E.

Vergelijking van de raaien

Mediane korrelgrootte

De mediane korrelgrootte varieert relatief weinig binnen het hele gebied, als men de najaarsgegevens van 2009 beschouwt. Enkel locaties HeuD2 en HeuE1 halen in één of beide staaltypes waarden > 40µm (Figuur 6-17), maar over het algemeen zijn dit allemaal slibrijke substraten met een mediane korrelgrootte van 30-40µm.

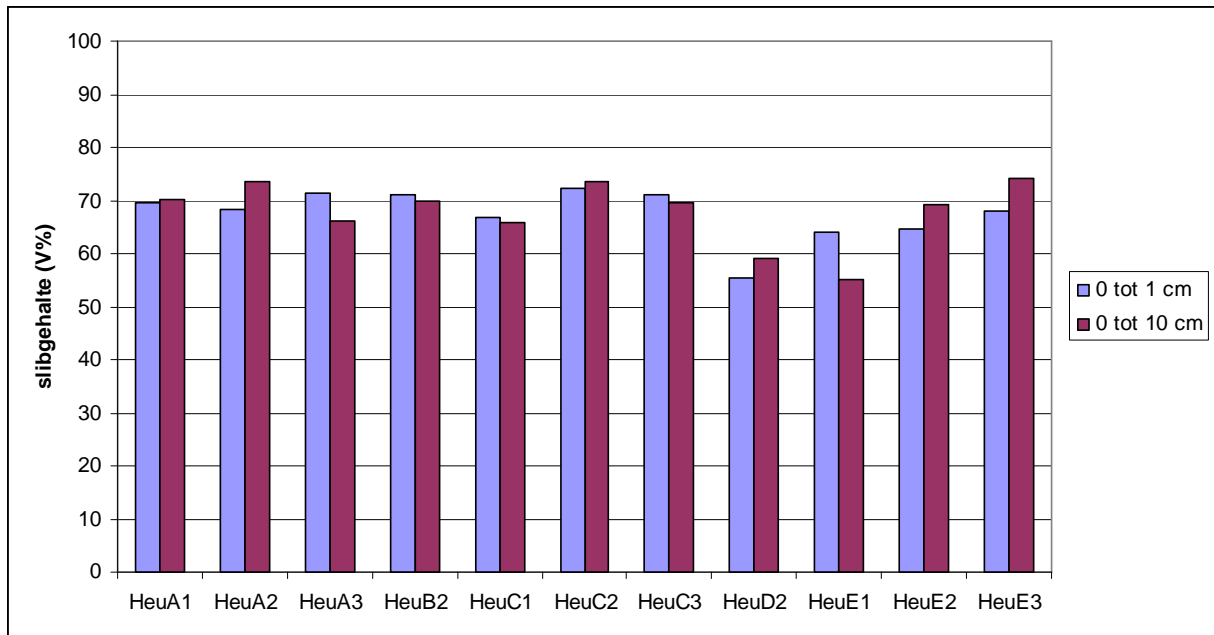


Figuur 6-17: Sediment: Mediane korrelgrootte per locatie najaar 2009.

De bovenste centimeter is een klein beetje grofkorreliger dan de bovenste 10 centimeter in 8 van de 11 staalnamelocaties.

Slibgehalte

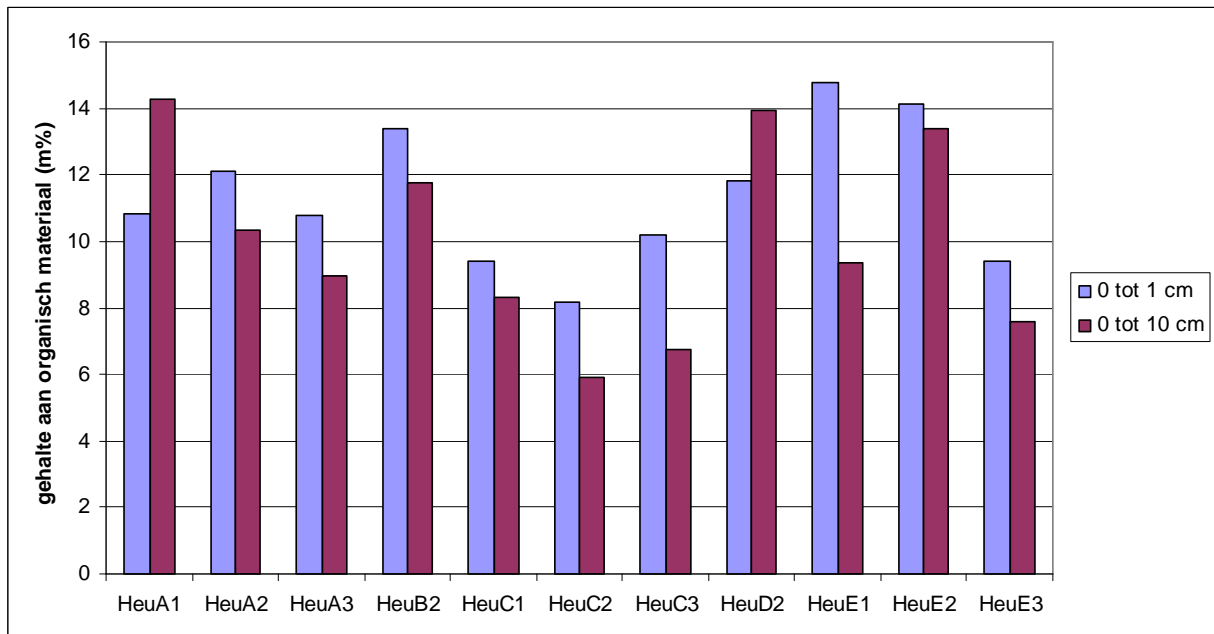
Het slibgehalte verschilt weinig tussen locaties én staaltypes (Figuur 6-18). Logischerwijs halen de locaties met de hoogste mediane korrelgrootte (HeuD2 en HeuE1) de laagste slibgehaltenes.



Figuur 6-18: Sediment: Slibgehalte (< 63 µm) per locatie najaar 2009.

Gehalte aan organisch materiaal

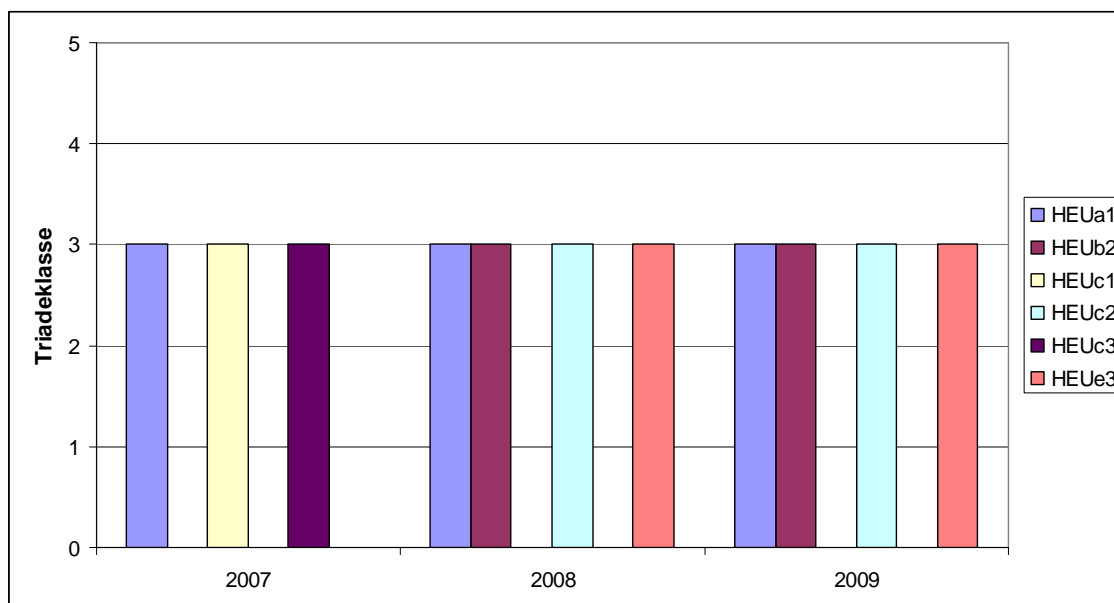
Hoewel relatief analoog met het slibgehalte, lijkt er iets meer variatie binnen het gebied inzake gehalte aan organisch materiaal (Figuur 6-19). De zones waar de vegetatieontwikkeling nog niet op gang kwam (HEUC2 en HEUC3) vertonen de laagste concentraties aan organisch materiaal.



Figuur 6-19: Sediment: Gehalte aan organisch materiaal (m%) per locatie najaar 2009.

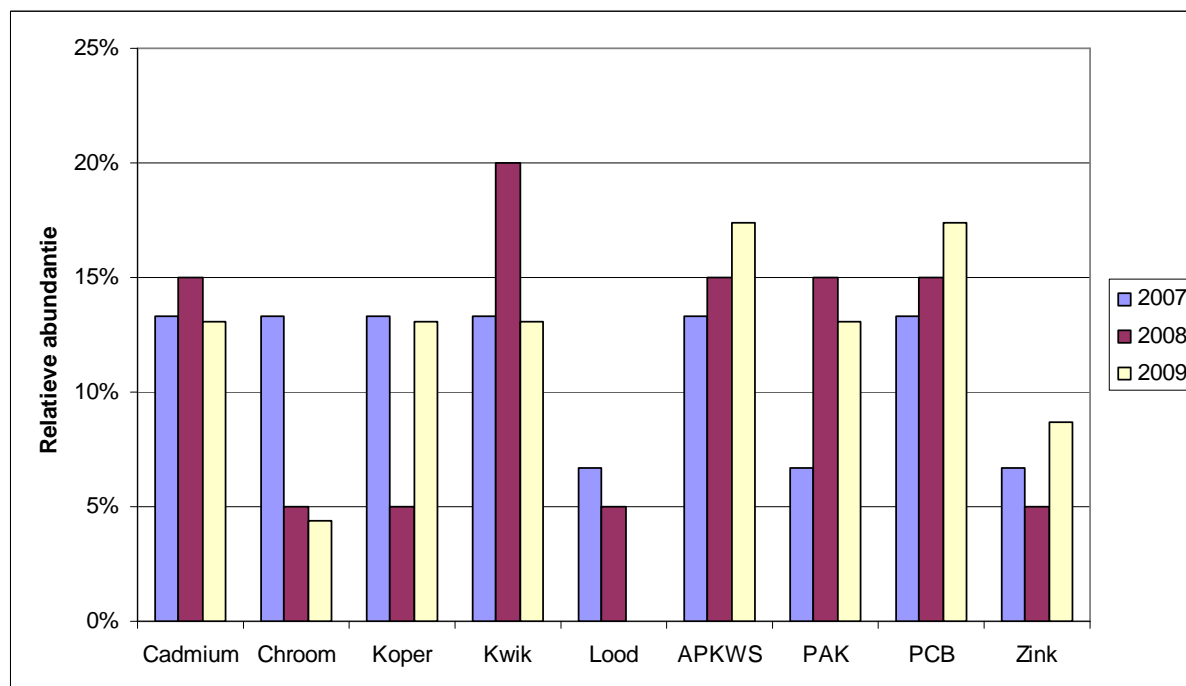
6.2.2 Polluenten Triade

In tegenstelling tot Van de Neucker et al. (2007), beperken we ons hier tot de temporele evolutie van de samenvattende Triadeklasse (Figuur 6-20).



Figuur 6-20: Globale triadeklasse in functie van de tijd.

Opvallend is de hoge mate van onveranderlijkheid van de waarden: enkel 3 (matig afwijkend t.o.v. de referentie) werd vastgesteld. Deze aanduiding werd voornamelijk bepaald door de aanwezige concentraties aan kwik, APKWS, PCBs, cadmium, PAKs, koper en in mindere mate chroom, zink en lood.

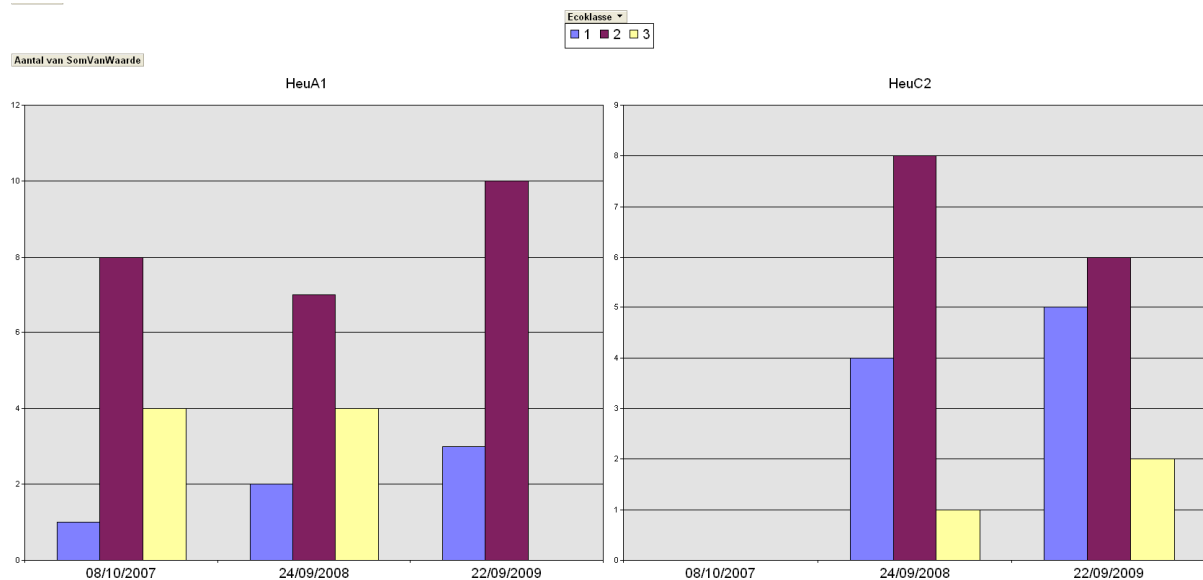


Figuur 6-21: Relatieve abundantie van het optreden van de triadeklasse "matig afwijkend" per pollutant te Heusden (n =58).

Hoewel niet echt afgetekend, lijken een aantal pollutanten een trend te vertonen inzake de graad waarin hun concentraties afwijkend t.o.v. de referentie (Figuur 6-21). De triadeklassen van een aantal zware metalen nemen af (chromium, lood), terwijl die van een aantal organische pollutanten (PAKs, PCBS, APKWS) toenemen.

6.2.3 Polluenten ecotoxicologisch

De meetreeksen zijn voor Heusden nog kort om patronen te zien in de tijd maar de ecologisch en ecotoxicologische consensuswaarden lijken in HeuA1 iets minder vaak overschreden over de periode 2007-2009. In 2009 werden toxische hoeveelheden aan Cu en PCB's gemeten (klasse 3 toekenning in B1,C3 en E3).



Figuur 6-22: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutantbepalingen voor HeuA1 en HeuC2.

6.3 Benthos

Zoals aangegeven onder Materiaal en Methode, wordt het benthos van Heusden enkel bestudeerd aan de hand van de zogeheten type 2 – stalen (oligochaeten).

Zoals eveneens reeds vermeld, werden biomassa's hier niet bepaald aan de hand van (indirecte) regressievergelijkingen, maar door middel van (directe) verassing.

Bemonsteringen werden ruimtelijk uitgevoerd voor nagenoeg alle staalnamelocaties in het najaar van 2006, 2007 en 2008. Op fijnere temporele schaal werden bovendien 2 geselecteerde staalnamelocaties onderzocht: HeuB2 en HeuC2.

6.3.1 Soortenrijkdom

De benthische fauna te Heusden wordt zeer sterk gedomineerd door Oligochaeta. Daarom spitsen we ons hier toe op deze diergroep.

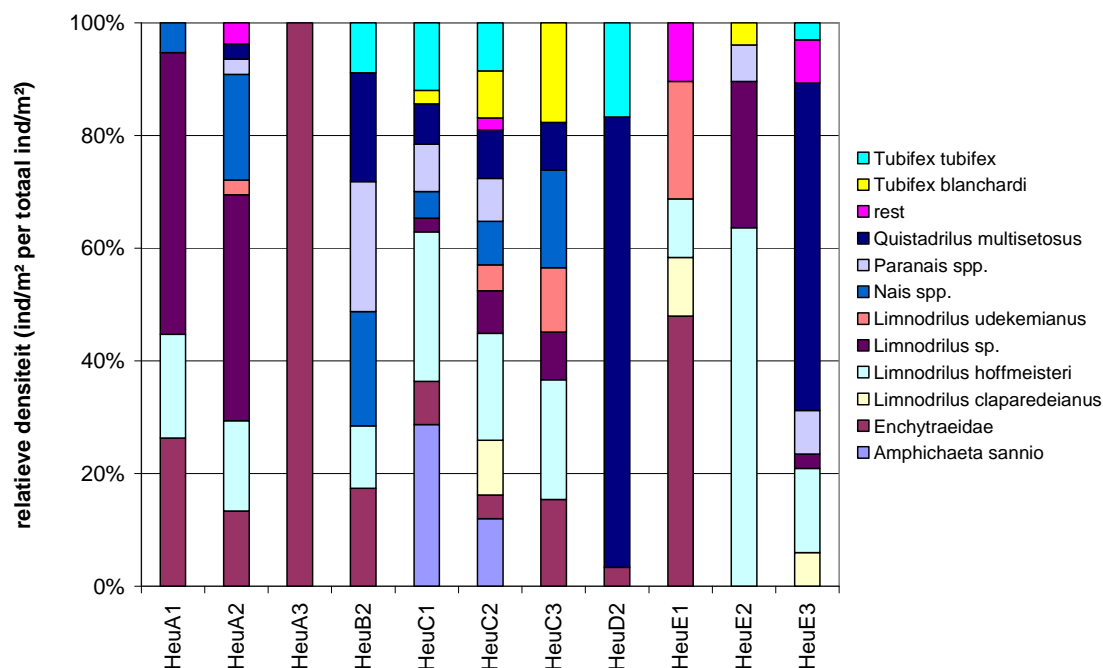
Een heel groot deel van de oligochaeten kan niet tot op soort gedetermineerd worden. Zo behoort 60% tot de Tubificiden zonder haren en 16% tot de Tubificiden met haren, wat leidt tot 76% die niet nader te benoemen valt. Laten we deze buiten beschouwing, dan verdelen de overige taxa zich zoals weergegeven in Tabel 6-2.

Tabel 6-2: Relatieve verhouding van de oligochaetentaxa Heusden zonder niet ander gedetermineerde Tubificiden met of zonder haren.

Taxon	Totaal	%
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	430852	29%
<i>Limnodrilus</i> sp.	199858,3	14%
<i>Quistadrilus multisetosus</i>	152517,5	10%
<i>Limnodrilus claparedeianus</i>	129016	9%
<i>Tubifex tubifex</i>	113500,7	8%
<i>Paranais</i> spp.	100874,7	7%
Enchytraeidae	80721,96	5%
<i>Nais</i> spp.	74216,99	5%
<i>Amphichaeta sannio</i>	59642,31	4%
<i>Tubifex blanchardi</i>	61728,27	4%
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	45468,76	3%
rest	26493,77	2%

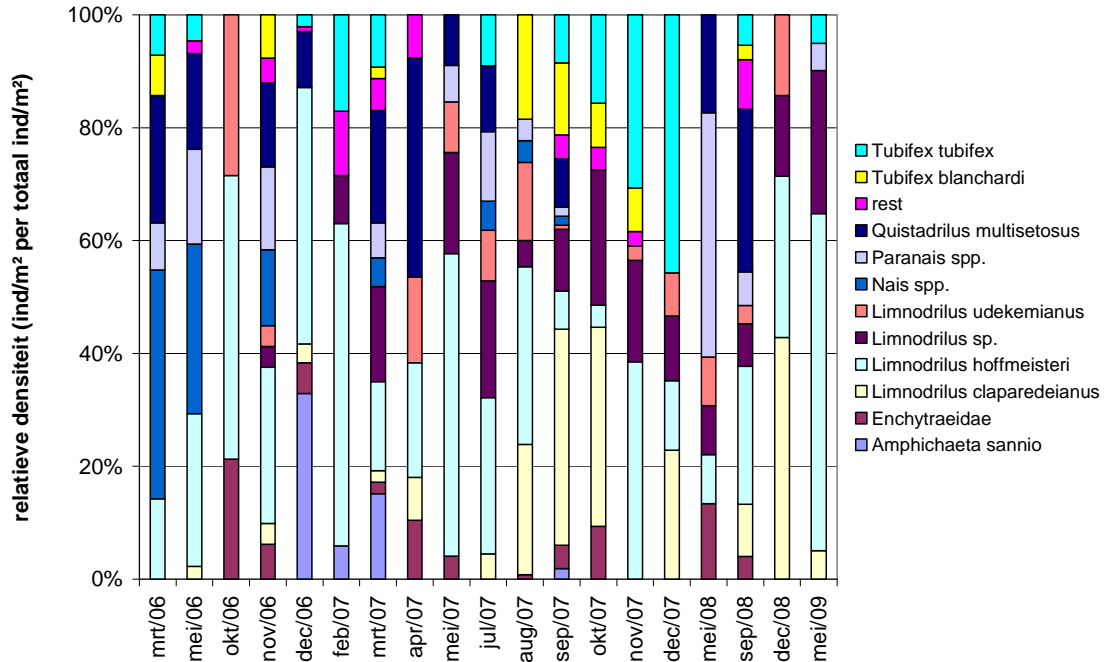
De veelal opportunistische soorten van het genus *Limnodrilus* domineren (55%). Zowel *Limnodrilus hoffmeisteri* als *Tubifex tubifex* staan bekend als kensoorten van (zwaar) geëutrofieerde substraten (e.g. Brinkhurst, 1966; Aston, 1973, Eyres et al., 1978).

Figuur 6-23 geeft de gemiddelde soortensamenstelling per locatie weer.



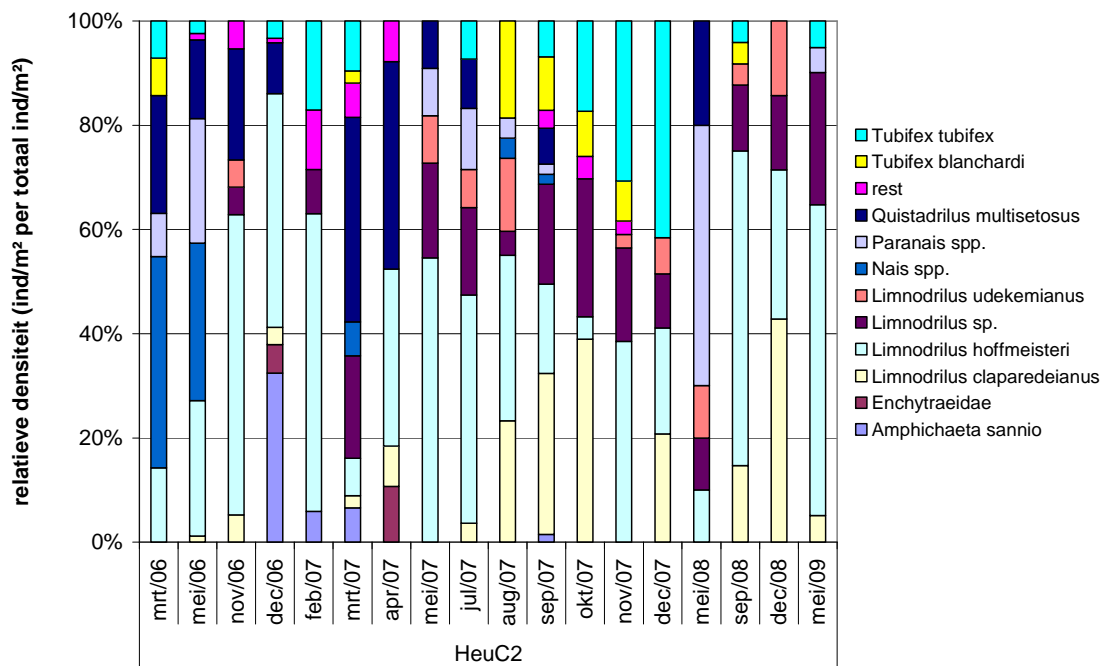
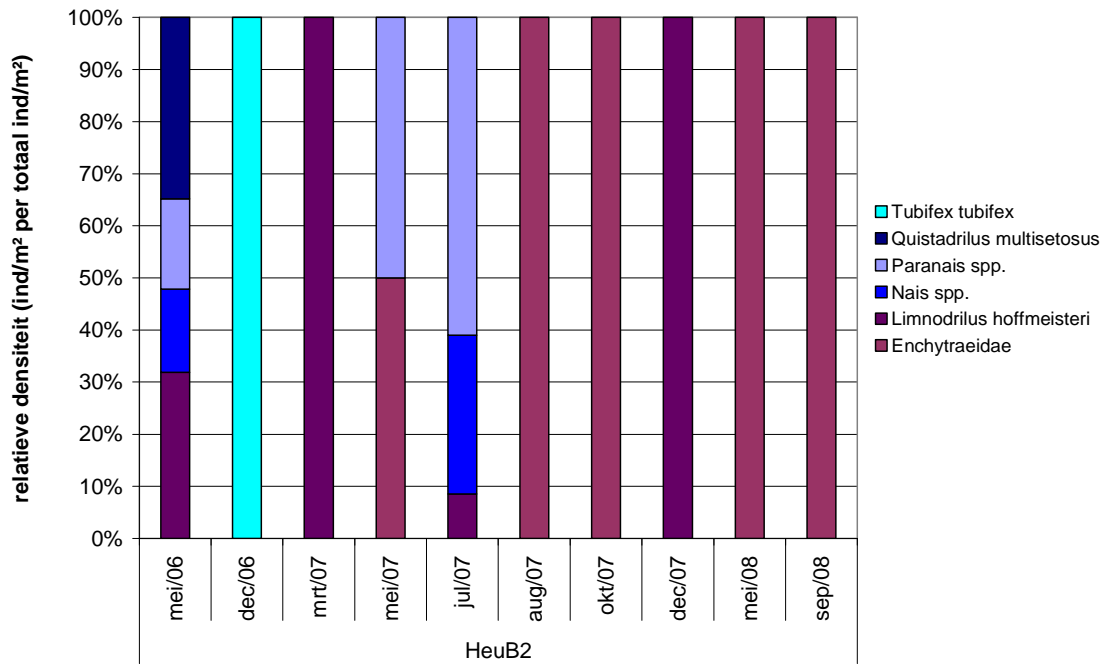
Figuur 6-23: Gemiddelde relatieve abundantie per soort per locatie Heusden. Niet nader gedetermineerde Tubificiden niet beschouwd (76% van de fauna).

In de tijd zien we een gemiddelde toename in densiteit en diversiteit (Figuur 6-24).



Figuur 6-24: Gemiddelde relatieve abundantie per soort per campagne Heusden. Niet nader gedetermineerde Tubificiden niet beschouwd (76% van de fauna).

Om de temporele variatie per locatie beter te onderzoeken, werden twee locaties in detail opgevolgd en verwerkt: HeuB2 en HeuC2 (Figuur 6-25).



Figuur 6-25: Temporele evolutie van de oligochaetenfauna op B2 en C2. Niet nader gedetermineerde Tubificiden niet beschouwd (76% van de fauna).

Hierin zijn grote verschillen te bemerken. HeuB2 lijkt qua oligochaetenfauna sinds augustus 2007 te zijn veranderd in een waar schorpunt: terwijl in juli nog de pionierschortaxa domineren, worden nadien vrijwel enkel Enchytraeidae aangetroffen. Opvallend zijn echter de duidelijk (veel) lagere densiteiten dan op HeuC2 (zie verder), die wellicht meer erratische sprongen in de soortensamenstelling veroorzaken.

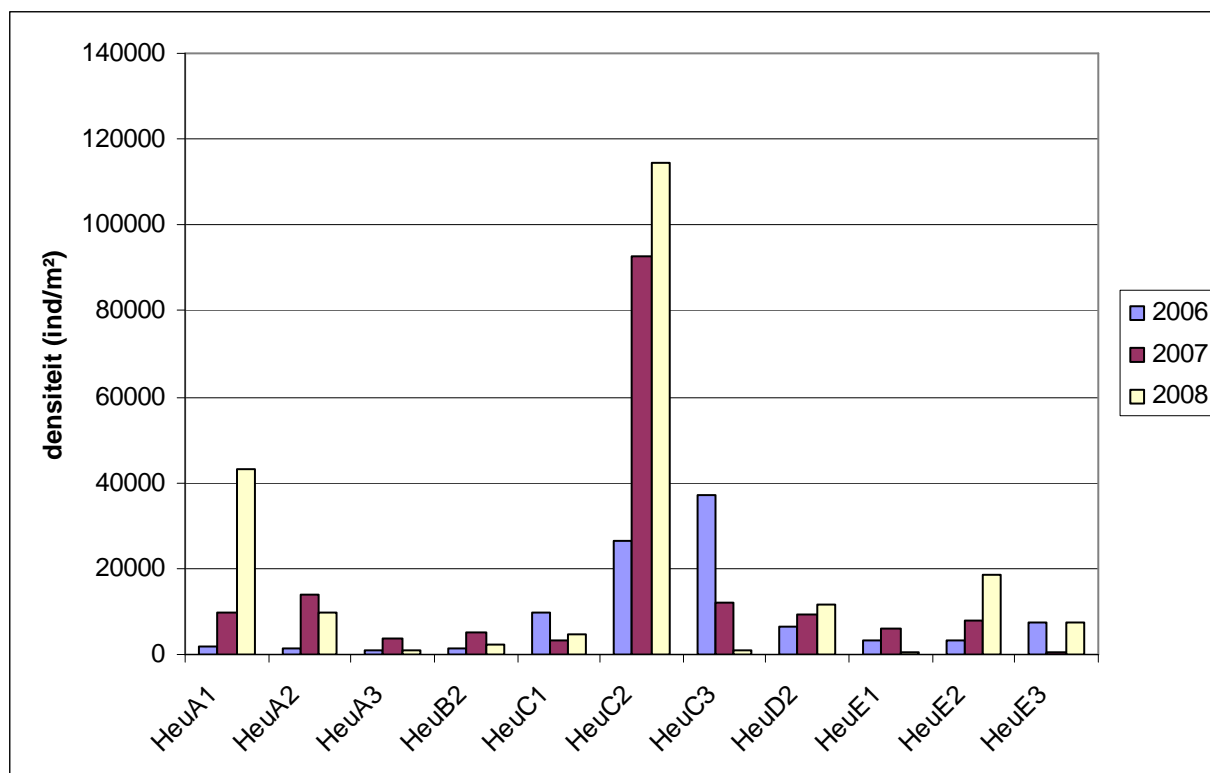
Net zoals in HeuB2, lijken ook de densiteiten in HeuC2 sterk te variëren zonder een vooralsnog erg duidelijke trend. De soortensamenstelling is steeds diverser dan op HeuB2 en varieert ook sterk in de tijd, met een dominantie van *Limnodrilus* als constante. Een aantal soorten kenden een behoorlijke densiteit in 2007, maar leken nadien af te nemen - bv. de twee *Tubifex* spp., *Limnodrilus claparedeianus* en *L. udekemianus*. *Quistadrilus multisetosus* leverde in de beginperiode een bescheiden bijdrage, die recenter lijkt te zijn afgenomen. Deze laatste is (net zoals *Limnodrilus hoffmeisteri* en *L. claparedeianus*) een soort van eerder jonge, ongeconsolideerde substraten gekenmerkt door een grotere waterinhoud (Smit et al., 1995). Ook de eerder schorgebonden Enchytraeidae leken tot april 2007 zich te handhaven, maar verdwenen vervolgens. In overeenstemming met de bevindingen van Seys et al. (1999), schijnen ook hier de Naididae s.s. (*Paranais* en *Nais* soorten) in het voorjaar te pieken als adulten. Bij *Tubifex tubifex* en *Limnodrilus* lijkt dit eerder in het najaar te zijn. Hierbij is het moeilijk in te schatten hoe deze soorten in de voorgaande maanden zich verhouden, aangezien deze niet op soort kunnen gebracht worden en dus gemeenzaam als Tubificiden met haren aangeduid moeten worden.

6.3.2 Densiteit en biomassa

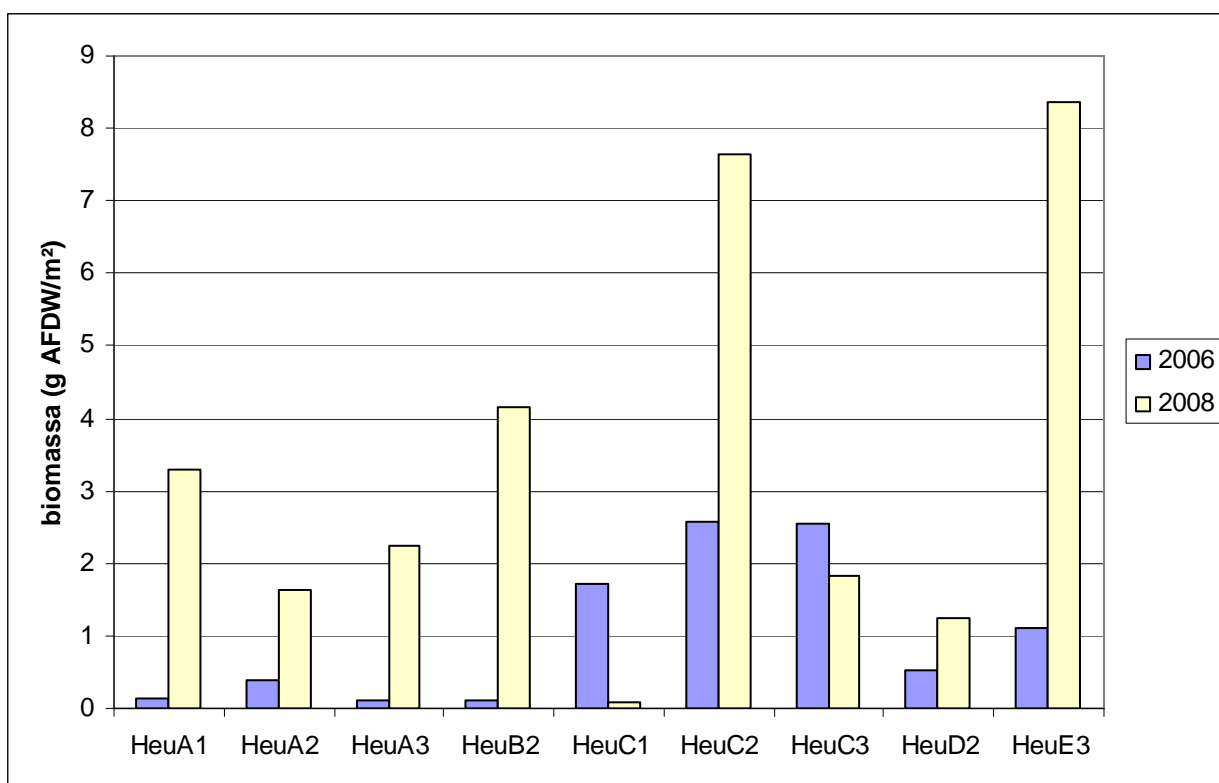
6.3.2.1 Ruimtelijk (najaarsbemonsteringen)

Voor deze gegevensreeks zijn momenteel gegevens beschikbaar voor het najaar van 2006, 2007 (enkel densiteit) en 2008.

De bentische densiteit en -vooral- biomassa vertonen op de meeste locaties een gestage toename van jaar tot jaar (Figuur 6-26, Figuur 6-27). Enkel HeuC1 en HeuC3 lijken hierop uitzonderingen te vormen. Terwijl deze twee locaties enkele van de hogere waarden opleverden in 2006, volgde in de komende jaren een afname. Mogelijk is dit het gevolg van een initiële snelle kolonisatie, gezien de ligging van beide locaties nabij de in- en uitstroomborgang, gevolgd door een verarming naarmate het slik begroeid geraakte.



Figuur 6-26: Densiteit per locatie - najaarscampagnes van 2006, 2007 en 2008.



Figuur 6-27: Biomassa per locatie - najaarscampagnes van 2006 en 2008. Biomassa 2007 niet beschikbaar.

Het enige punt dat gedurende hele periode onbegroeid slik is en blijft, is tevens het punt dat de hoogste densiteiten bereikt en de op 1 na hoogste biomassa – HeuC2. De hoge biomassa van HeuE3 in het najaar van 2008 is echter uitsluitend te wijten aan een de aanwezigheid van drie bloedzuigers (Hirudinea).

Het lijkt vrij duidelijk dat de benthische secundaire productie is toegenomen sinds de inrichting van het gebied. Doordat vele locaties echter overgingen van onbegroeid slik naar schor, vond ook een drastische verandering in habitatkenmerken plaats. Dit bemoeilijkt het interpreteren van trends in alle punten behalve HeuC2. Het onbegroeide slik lijkt echter een meer abundante benthische fauna te huisvesten dan het nieuw ontwikkelde schor, waar slechts lokaal en eerder 'toevallig' een hogere biomassa en een ietwat hogere densiteit kan worden aangetroffen.

Een bijkomende moeilijkheid schuilt in de campagnetiming. Door praktische en logistieke redenen, konden de opeenvolgende campagnes niet elk jaar in dezelfde maand of seizoen worden uitgevoerd. Zo werd de najaarscampagne van 2006 halverwege november gehouden, terwijl die van 2007 begin oktober was en die van 2008 halverwege september. Het kan dus niet uitgesloten worden dat de lagere waarden in de vroegere najaarscampagnes te wijten zijn aan het seizoen, eerder dan aan een feitelijke herstelontwikkeling. Dit geldt ook voor de temporele patronen (zie onder).

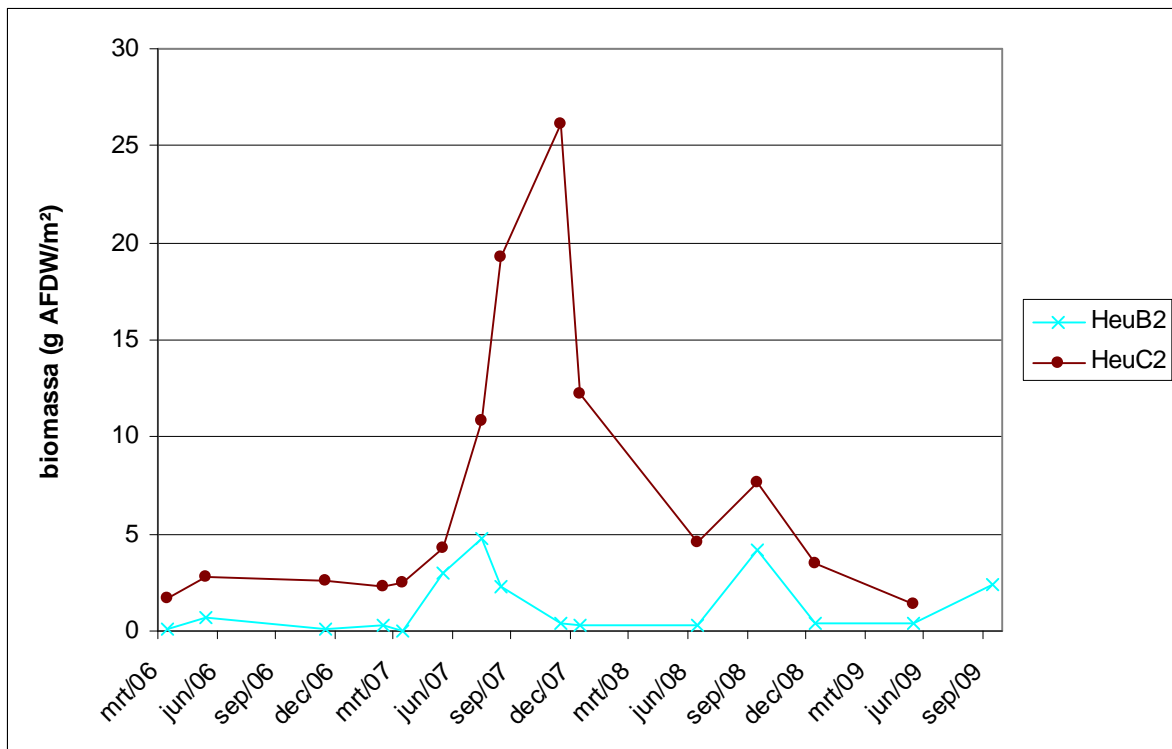
6.3.2.2 Temporeel (frequenter bemonsteringen van HeuB2 en HeuC2)

Zoals eerder aangeduid, zijn er van twee locaties gegevens van een hogere temporele frequentie beschikbaar (HeuB2 en HeuC2). Op beide locaties worden min of meer duidelijke najaarspieken vastgesteld. Aan de hand van deze hogere tijdsresolutie is te zien dat tussen najaar 2006 en najaar

2007 een zekere 'overshoot' heeft plaatsgevonden, waarbij densiteit en biomassa erg hoog zijn en vervolgens terug afzakken tot een vrij herkenbaar seizoenaal patroon (Figuur 6-28, Figuur 6-29). Bovendien worden ter hoogte van HeuC2 duidelijk (veel) hogere waarden bereikt. Dit is mogelijk te wijten aan verschillen in (links) de ligging t.o.v. de instroom, (rechts) de snelheid waarmee de schorontwikkeling op beide locaties plaatsvindt en/of (c) de met dit laatste deels verband houdende hoogteligging in het getijdenster.



Figuur 6-28: Densiteit per locatie – temporele reeksen HeuB2 en HeuC2.



Figuur 6-29: Biomassa per locatie – temporele reeksen HeuB2 en HeuC2.

6.4 Vegetatie

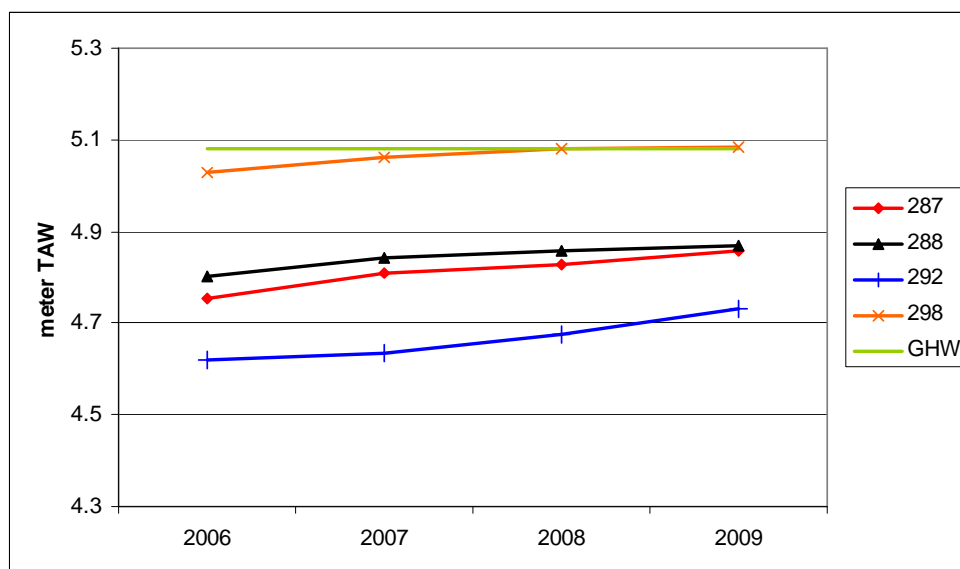
De vegetatieontwikkeling in het natuurontwikkelingsgebied Heusden LO is het resultaat van het voormalig landgebruik, de voorgeschiedenis van het gebied, de inrichtingsmaatregelen, het hydrologisch regime en de morfologische processen (sedimentatie/erosie).

Het reliëf en hoogteligging van de polder bepaalde het voormalig landgebruik en is nog steeds herkenbaar na inrichting en natuurontwikkeling. De hogere delen in de polder waren namelijk in gebruik als grasland of akker, terwijl de lagere en bijgevolg nattere delen bebost werden. Na inrichting van het gebied leidde dit tot een omgekeerde successie omdat wilgenstruwelen en -bossen, de climaxvegetatie op zoetwaterschorren en dus normaal gezien voorkomend op de hoogste delen van het schor, in Heusden LO voorkomen op de laagste delen (Figuur 6-30).

Vooraleer het gebied definitief onder getijdeninvloed kwam, overspoelde het in het voorjaar van 2006 reeds een korte periode wat leidde tot het afsterven van de bestaande vegetatie en het afzetten van een dunne sliblaag. In de zomer van 2006 ontwikkelde zich op deze dunne sliblaag op grote schaal een soortenrijke pioniersvegetatie met tal van soorten uit de Ganzenvoet- en Duizendknoopfamilie (*Chenopodiaceae*, *Polygonaceae*). Ook verschillende wilgen vonden een ideaal kiembed in het drooggevalen kaal slik. Vanaf het najaar van 2006 kwam het gebied definitief onder getijdeninvloed.

Deze voorgeschiedenis leidde tot een divergerende successie. PQ286 en PQ288 bijvoorbeeld die een gelijkaardige initiële hoogte kenden en ook nu nog op circa dezelfde hoogte liggen (Figuur 6-30), ontwikkelden sterk verschillend. PQ286 werd gekoloniseerd door pioniers zoals Waterpeper (*Polygonum hydropiper*) en Zwart tandzaad (*Bidens frondosa*) en evolueerde naar een door Riet (*Phragmites australis*) gedomineerde vegetatie. In PQ288 echter waren Wilgen (*Salix sp.*) gekiemd en deze groeiden uit tot een wilgenstruweel met beperkte kruidlaag (Figuur 6-31).

De inrichting van het gebied heeft een belangrijke impact op het hydrologisch regime in het gebied. De voormalige dijk is grotendeels afgegraven maar uitwisseling van water gebeurt vooral via de verschillende (3) bressen die in de dijk zijn gemaakt. Net ten noorden van het populierenbos ligt trouwens een hogere zone (voormalige werfweg) welke het noordelijk deel hydrologisch scheidt van het zuidelijk deel, tenzij bij hoge hoogwaterniveaus. In Figuur 6-32 worden de grond- en oppervlaktewaterschommelingen gegeven gemeten van begin september tot begin oktober 2008 nabij PQ287 en PQ292, resp. ver en dicht bij de in- en uitwatering gelegen. De afstand tot de in- en uitwatering en de hoogteligging blijken een impact te hebben op het aantal overstromingen, die beduidend lager zijn in PQ 287 in vergelijking met PQ292. Deze verschillen komen ook tot uiting in de duurlijnen van beide locaties. Het drainageregime is op beide locaties sterk gelijkaardig, zeker bij doortij wanneer het grondwater niet dieper dan 20 à 25 cm wegzakt onder het maaiveld. Tijdens de springtijperiode heeft de afstand tot de in- en uitwatering wel een geringe invloed. Verder van de in- en uitwatering blijkt het grondwater namelijk minder diep te draineren (ca. 5 cm onder maaiveld in PQ287 en ca. 10 cm onder maaiveld in PQ292). Op de hogere zone in het zuidelijk deel is PQ299 gelegen welke een duidelijk verschillend hydrologisch regime heeft. Tijdens de doortijperiode is het aantal overstromingen beduidend lager en zijgt het grondwater vrij diep weg (35 tot 55 cm onder het maaiveld). Tijdens de springtijperiode is het aantal overstromingen lager in vergelijking met PQ287 en PQ292, maar is de drainagediepte ook zeer gering. Het grondwater schommelt rond het maaiveldniveau.

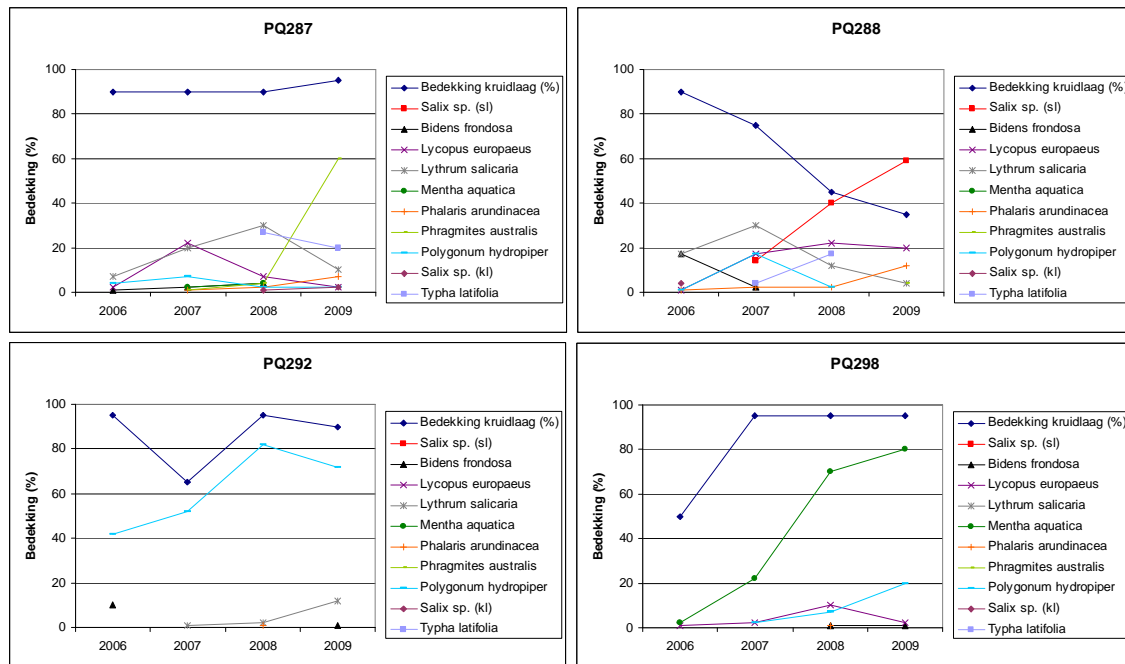


Figuur 6-30: Veranderingen in hoogte van de permanente kwadraten weergegeven in Figuur 6-31 in Heusden LO tussen 2006 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Melle Taverniers & Mostaert 2009).

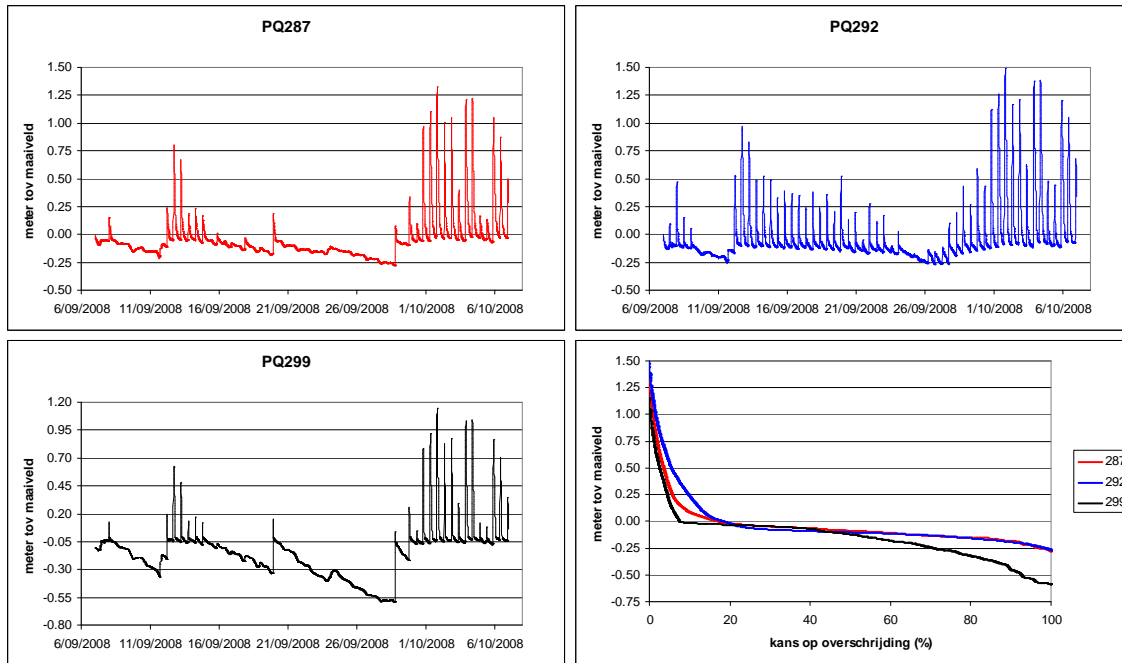
De impact van deze verschillende invloeden uit zich in de vegetatieontwikkelingen. Vanaf november 2006 stond het gebied onder getijdeninvloed. Het groeiseizoen daarna leidde dit tot de ontwikkeling van uitgebreide pioniersvegetaties. Rond de driehoekige vijver zijn nog enige rietvegetaties herkenbaar net als verspreid staande struwelen. Centraal ligt het populierenbos met ten zuiden daarvan het wilgenstruweel, beide overblijfsels van het voormalig landgebruik (Figuur 6-33).

In het populierenbos sterven de populieren (*Populus x canadensis*) systematisch af. De kruidlaag is er eveneens drastisch gewijzigd en heeft zich omgevormd van een ruigte van Braam (*Rubus sp.*) tot rietland (*Phragmites australis*) met wat Oeverzegge (*Carex riparia*). Het wilgenstruweel van voornamelijk Duitse dot (*Salix x dasyclados*) waartussen onder andere *Salix x mollissima* en Amandelwilg (*Salix triandra*) staat, heeft geen kruidlaag, hoofdzakelijk te wijten aan de zeer hoge sedimentatiesnelheden (80 mm/jaar). De bodem is sterk waterverzadigd en slap. Tijdens de springtijperiode zijgt het water niet dieper weg dan 10 cm onder het maaiveld, bij doortijperiode wordt een drainagediepte van 15 cm bereikt.

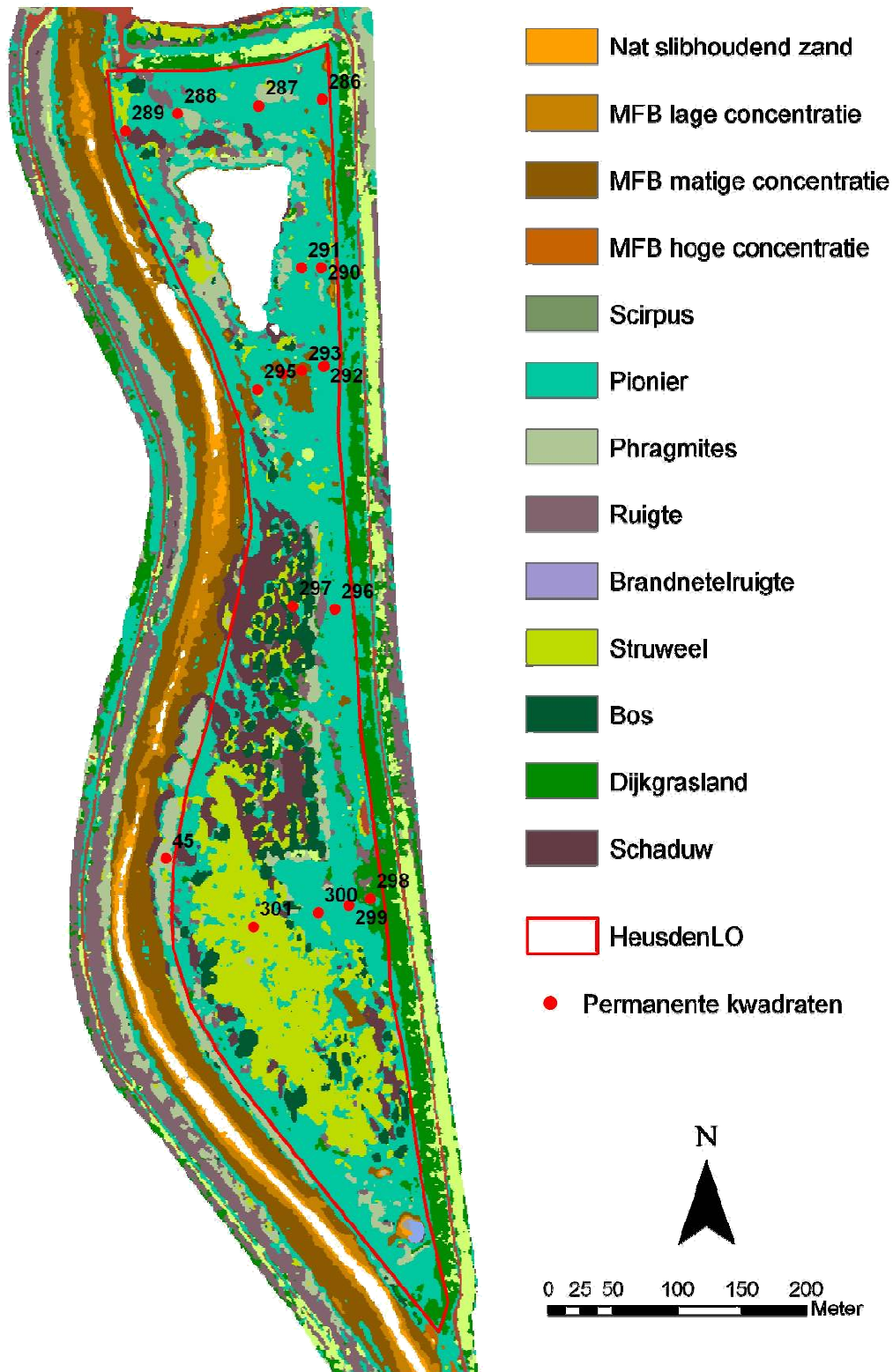
Op de laagste zones waar bijvoorbeeld PQ292 is gelegen, ontwikkelde zich een pioniersvegetatie van Waterpeper (*Polygonum hydropiper*). Ook in PQ286 ontwikkelde zich een gelijkaardige pioniersvegetatie van Waterpeper en Zwart tandzaad (*Bidens frondosa*) maar evolueerde reeds naar een rietvegetatie (*Phragmites australis*). Op de hogere zones die minder frequent overspoelen maar toch nat zijn (hydrologisch regime PQ299 \approx PQ298), ontstond een gevarieerde helofytengemeenschap die bijvoorbeeld gedomineerd wordt door Watermunt (*Mentha aquatica*) waartussen pioniersoorten als Waterpeper (*Polygonum hydropiper*) en Zwart tandzaad (*Bidens frondosa*) staan net als andere helofyten zoals Wolfspoot (*Lycopus europaeus*) (Figuur 6-30 en Figuur 6-31).



Figuur 6-31: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op Heusden LO van 2006 tot 2009.



Figuur 6-32: Overspoelings- en drainageregime in PQ287, PQ292 en PQ299 in meter ten opzichte van het maaiveld (07/09/2008 tot 06/10/2008). Rechtsonder wordt de duurlijn van deze tijdsreeksen gegeven wat de kans aangeeft dat een bepaald niveau wordt overschreden.



Figuur 6-33: Vegetatiekaart van 2007 van Heusden LO (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).

7. Conclusies

De vier bestudeerde projectgebieden hebben elk heel specifieke kenmerken. Ze bevinden zich in verschillende delen van het estuarium, waardoor ze verschillen in onder meer saliniteit, getijdenamplitude, topografie en morfologie, deels inherent aan hun specifieke ligging. Ook de inrichting valt moeilijk te vergelijken, met "klassieke" ontpoldering in het ene gebied en dijkdoorbraak zonder afgraving in het andere. Alle bieden echter kansen op een versterking van het functioneren van het estuariene ecosysteem van de Zeeschelde.

Herstel en/of ontwikkeling van de onderzochte gebieden naar een natuurlijk dynamisch evenwicht binnen het estuarium dient optimaal te worden afgetoetst aan de hand van referentie- of controlegebieden. In het kader van deze studie waren deze niet voorhanden. Hierdoor blijft het moeilijk te achterhalen hoe de binnen de gebieden geobserveerde ontwikkelingen van abiotiek en biologische ecosysteemcomponenten zich verhouden ten opzichte van grootschalige veranderingen in een bepaalde zone van het systeem of zelfs van het volledige estuarium. Beschikbare gegevens van systeemmonitoring kunnen hierbij slechts indicatief, of eerder speculatief, dienen, omdat deze een andere finaliteit hebben en niet zomaar voor eender welk onderzoeksdoeleinde kunnen worden ingeschakeld. Ondanks deze beperkingen, kunnen we toch een aantal algemene conclusies afleiden uit de vrij omvangrijke set aan beschikbare gegevens.

Doorheen de verschillende gebieden is merkbaar dat een lage plaatselijke dynamiek bevorderlijk is voor de ontwikkeling van de typische en diverse biologische componenten. Deze lage dynamiek wordt veelal verwezenlijkt door voldoende intertidale breedte en een zwakke helling. In dergelijke gebieden kan sedimentatie plaatsvinden en wordt het sediment fijner. Op het slik is dit sediment rijk aan organisch materiaal en staat garant voor meer abundante en productieve benthosgemeenschappen. Deze evolutie was waarneembaar in de 'd'-zone van Ketenisse. Dergelijke intertidale zones fungeren op hun beurt als geschikt foerageergebied voor vogels, maar ook grotere schaaldieren en vissen bij vloed. In contrast, sluit erosie - gelinkt aan hogere dynamiek (stroomsnelheid), steilere helling en grover sediment- de ontwikkeling van dergelijke gemeenschappen uit. Dit werd waargenomen in de 'abc'-zone van Ketenisse. De benthosabundantie blijft hier erg laag en biedt dan ook geen voedsel voor hogere trofische niveaus.

Dergelijke ophoging zorgt ook voor de omstandigheden waarbij de schorontwikkeling optimaal kan verlopen. Van zodra een bepaalde hoogte in het getijvenster bereikt is en er voldoende drainage van het sediment optreedt, kan de vegetatieontwikkeling plaatsvinden. Op goed gedraineerde plaatsen kan kolonisatie en successie namelijk reeds plaatsvinden laag in het getijvenster.

Om ontpolderingen en andere estuariene natuurontwikkelingsprojecten kans te geven op optimale bijdrage aan het ecologisch functioneren binnen het estuarium, lijkt daarom het voorzien van voldoende breedte met zwakke helling van groot belang. Deze randvoorwaarden zetten de kans op luwe, sedimenterende slik- en schorzones in gang.

De te verwachten ontwikkeling van een specifiek gebied zal grotendeels bepaald worden door de dimensionering van de inrichting. Evenzeer van groot belang is echter de kennis van de lokaal heersende hydrodynamiek. Zijn de lokale omstandigheden alsdusdanig dat erosie te verwachten valt, dan zal zich dit logischerwijs ook doorzetten na de inrichting. Interessant is in deze context dat de onvolledige verwijdering van de steenbestortingen in Ketenisse een zwak hellend en laag dynamisch, hoger gelegen slik hebben geschapen. De minder natuurlijke aanblik door de beperkte habitatdiversiteit en bruuske overgangen gaan gepaard met de ontwikkeling van slik met een lange vrijliggingsduur waar een benthische fauna met hoge abundantie ontwikkelt en vogels kunnen foerageren. Dit betekent dat toch waardevolle ontpolderingen gerealiseerd kunnen worden in een suboptimale context (beperkte breedte).

Schorontwikkeling en de kolonisatie van het slik door ongewervelde bodemdieren blijven goede indicatoren van de ontwikkeling van projectgebieden. In de brakke zone kan een afname van het relatieve belang van oligochaeten in de bentische abundantie als indicator worden beschouwd van de (gunstige) evolutie naar een fauna met meer soorten en hogere productiviteit, die zich vertaalt in hogere biomassa en dus groter belang voor predatoren.

Drainage, absolute breedte loodrecht op de rivier, hoogte in het getijvenster en het type en/of grootte van de bres moeten in acht genomen worden bij de keuze van het te ontwikkelen areaal aan slik of schor. Hierbij is het belangrijk te beseffen dat het fixeren van slik en schor binnen bepaalde zones op langere termijn per definitie in strijd is met het natuurlijke karakter van deze habitats.

Beheerders zullen keuzes moeten maken welke habitats binnen de beschikbare ruimte meest wenselijk zijn afhankelijk van de doelstellingen en middelen. Het maximaal vervullen van zo veel mogelijk ecosysteemfuncties dient de voorkeur te genieten.

8. Referenties

- Anoniem 1994 A.M.I.S. Algemene milieu-impactstudie voor het eerste deel van het Sigmaplan. Algemene beginselen en algemeen kader, edn. Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.
- Aston RJ 1973 Tubificids and water quality: a review. *Environmental Pollution* 5 : 1-10.
- Bertels L., Houthuys R., Deronde B., Knaeps E., Vandevoorde B., & Van den Bergh E., 2008. Automatische kartering voor opvolging areaal slikken en schorren. Rapport VITO 2008/TAP/R/076, 137 p.
- Brinkhurst RO 1966 The Tubificidae (Oligochaeta) of polluted waters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 16 : 854-859.
- Crooks S., Schutten J., Sheern G.D., Pye K., & Davy A.J., 2002. Drainage and elevation as factors in the restoration of salt marsh in Britain. *Restoration Ecology* 10(3): 591-602.
- Dauvin, J.-C. (2008). Effects of heavy metal contamination on the macrobenthic fauna in estuaries: The case of the Seine estuary. *Marine Pollution Bulletin* 57: 160-169.
- de Deckere E, De Cooman W, Florus M, Devroede-Vander Linden MP 2001 Handboek voor de karakterisatie van de bodems van de Vlaamse waterlopen, volgens Triade. Devroede-Vander Linden MP, Brussel.
- Du Laing G, Van Ryckegem G, Tack FMG, Verloo MG 2006 Metal accumulation in intertidal litter through decomposing leaf blades, sheaths and stems of *Phragmites australis*. *Chemosphere* 63: 1815-1823.
- Eyres JP, Williams NV, Pugh-Thomas M 1978 Ecological studies on Oligochaeta inhabiting depositing substrata in the Irwell, a polluted English river. *Freshwater Biology* 8 : 25-32.
- Gyselings, R., Spanoghe, G. & Van den Bergh E. (2007). Monitoring van het Linkerscheldeoevergebied in uitvoering van de resolutie van het Vlaams Parlement van 20 februari 2002: resultaten van het tweede jaar. Bijlage 9.10 van het vierde jaarverslag van de Beheercommissie Natuurcompensaties Linkerscheldeoevergebied. Rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2007.2. Brussel.
- Hoffmann M, Graré W, Meire P 1997 De oevers langs de Zeeschelde: van uniformiteit naar structuurdiversiteit. *Water* 95:139-146.
- Hughes R.G., 1999. Saltmarsh erosion and management of saltmarsh restoration: the effects of infaunal invertebrates. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 83-95.
- Ladd SC, Marcus WA, Cherry S 1998 Differences in trace metal concentrations among fluvial morphologic units and implications for sampling. *Environmental Geology* 36 : 259-270.
- Küchler A.W., & Zonneveld I.S., 1988. Vegetation mapping. *Handbook of vegetation science* Vol. 10 (Ed. H. Lieth). Kluwer, Den Haag, 635 pp.
- Leloup V., P. Meire & E. de Deckere. (2006), Ontwikkeling van ecologisch en ecotoxicologisch onderbouwde kwaliteitsdoelstellingen voor waterbodems –Suggestie richting kwaliteitsdoelstellingen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2006/01, Universiteit Antwerpen, Onderzoeksgroep Ecosystembeheer, ECOBE 06-R91.
- Londo G., 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: 61-64.

- McLusky, D.S., Bryant, V., Campell, R. (1986). The effects of temperature and salinity on the toxicity of heavy metals to marine and estuarine invertebrates. *Oceanography and Biology, an Annual Review* 24:481-520.
- Reading, C.J., Garbutt, R.A., Watts, C.W., Rothery, P., Turk, A., Yates, M., Boffey, C., Saunders, J., Wolters, M., 2008. Managed Realignment a Tollesbury. R&D. (2008). Technical Report FD1922/TR. Defra, p. 115.
- Schaminée J.H. J., Weeda E.J., & Westhoff V., 1998. De vegetatie van Nederland : deel 4 : plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala, Leiden, 346 p.
- Smit H, Reinhold-Dudok van Heel HC, Wiersma SM 1995 Sublittoral macrozoobenthic assemblages in the enclosed sediment-polluted Rhine-Meuse Delta; their relationship to environmental conditions. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 29(1) : 31-47.
- Soresma NV 1998 Milieueffectrapport: Zeeschelde L.O. te Beveren Dijkewerken tussen Kallosluis en Fort Liefkenshoek – Afgraving van de Ketenissepolder.
- Spanoghe, G. , Gyselings, R. & Van den Bergh E. (2006). Monitoring van het Linkerscheldeoevergebied in uitvoering van de resolutie van het Vlaams Parlement van 20 februari 2002: resultaten van het derde jaar. Bijlage 9.10 van het vijfde jaarverslag van de Beheercommissie Natuurcompensaties Linkerscheldeoevergebied. Rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.R.2008.14. Brussel.
- Spanoghe, G., Gyselings, R. Vandevoorde, B., Van den Bergh, E., Mertens, W. & Hessel, K. (2010). Monitoring van het Linkerscheldeoevergebied in uitvoering van de resolutie van het Vlaams Parlement van 20 februari 2002: resultaten van het zevende jaar. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2010 (INBO.R.2010.8). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Taverniers E., & Mostaert F., 2009. MONEOS - jaarboek monitoring WL 2008. Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2008 in het Zeescheldedebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten, Projectnr. 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium Antwerpen, België, 185 p.
- Van Braeckel, A.; Piesschaert, F.; Van den Bergh, E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren: 19e eeuw tot heden. Rapport INBO, 2006.29. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek: Brussel, Belgium. 143 pp.
- van de Koppel J., van der Wal D., Bakker J.P., & Herman P.M.J., 2005. Self-Organization and vegetation collapse in salt marsh ecosystems. *The American Naturalist* 165(1): E1-E12.
- Van den Bergh E 2002 Afgraving "Paardenschor" t.b.v. Belconsulting. IN.A.2002.128.
- Van den Bergh E, Vandevoorde B 2001 Advies aan AWZ Afdeling Zeeschelde in verband met de Dijkwerken van Schoonaardebrug tot aan de Paddebeek (R.O., project AMIS 17). IN.A.2001.131.
- Van den Neucker T, Verbessem I, Vandevoorde B, Van Braeckel A, Stevens M, Spanoghe G, Gyselings R, Soors J, De Regge N, De Belder W, Van den Bergh E 2007 Evaluatie van natuurontwikkelingsprojecten in het Schelde-estuarium. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2007 (INBO.R.2007.57). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Vandevoorde B., Van Braeckel A., & Van den Bergh E. (2008). Sedimentation and erosion processes drive vegetation development on restored tidal marshes. Extended abstract, 6th European Conference on Ecological restoration, Gent.
- Ysebaert T, Herman PMJ, Meire P, Craeymeersch J, Verbeek H, Heip CHR 2003 Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57: 335-355.

Ysebaert T, Meire P, Herman PM, Verbeek H 2002 Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. *Marine Ecology Progress Series* 225:79-95.

Ysebaert T, Van den Bergh E 2000 Inrichting Ketenissepolder. Advies IN.A.2000.41 Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Zedler, J.B. (2001). Handbook for restoring tidal wetlands. CRC Press.

Zedler, J. B., and R. Lindig-Cisneros. 2001. Functional equivalency of restored and natural salt marshes. Pp. 565-582 in M. Weinstein and D. Kreeger, eds. *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Lijst van figuren

Figuur 1-1: Onderlinge samenhang van de sleutelfactoren, fysico-chemie, fysische processen en ecologische respons bij een natuurontwikkelingsproject in het Schelde-estuarium.....	14
Figuur 2-1. Sederoplot met meetrij en schematische voorstelling van de oriëntatie ten opzichte van de dijk.....	15
Figuur 2-2. Sedimentatie-erosieplot. Schema erosieplot van opzij bekeken en van bovenuit met de codering van de meetpunten.....	16
Figuur 3-1. Overzichtskaart Paardenschor met locatie van de opmetingen. Orthofoto van januari 2009.....	24
Figuur 3-2: Digitaal terreinmodel van het Paardenschor in het najaar van 2009 waaruit de geul langs de dijk is weggelaten. De isohypse van 4.8 mTAW is als streeplijn weergegeven. De blauwe lijn geeft de omtrek van het Paardenschor aan. Figuur uit Spanoghe et al. (2010).....	25
Figuur 3-3: Verschilkaart van het Paardenschor tussen 2006 en 2009. De positieve waarden wijzen op sedimentatie (geel tot donkerblauw), de negatieve op erosie (oranje tot rood). Figuur uit Spanoghe et al. (2010).	26
Figuur 3-4. Veranderingen in het hoogteprofiel van het natuurontwikkelingsgebied tussen 2004 en 2009. Met locatie van de sedimentatie-erosieplots langsheen het hoogteprofiel	27
Figuur 3-5. Veranderingen van het slikprofiel ter hoogte van DO5 tussen 2004 en 2009.	28
Figuur 3-6. Vergelijking in de structuur van de afwateringskreek 2006 versus 2009. Rode ellips toont zone met opmerkelijke veranderingen.	28
Figuur 3-7: Sedimentatie en erosieplotmetingen.....	31
Figuur 3-8: Gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijddata 2008, Liefkenshoek. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout).	32
Figuur 3-9: Percentage 'nieuw' afgezet sediment per sedimentstaal in DO1, DO2, DO4 en DO5.....	33
Figuur 3-10: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. DO6-8 buiten beschouwing gelaten.....	33
Figuur 3-11: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. DO6-8 buiten beschouwing gelaten.....	34
Figuur 3-12: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. DO6-8 buiten beschouwing gelaten.....	34
Figuur 3-13: Globale triadeklasse in functie van de tijd.....	35
Figuur 3-14: Ecologisch – ecotoxicologische beoordeling van de sedimentstalen	36
Figuur 3-15: Evolutie van de ecologisch/ecotoxicologische classificatie van de sedimenten op locatie DO1 (2004-2009).....	37
Figuur 3-16: evolutie van de ecologisch/ecotoxicologische classificatie van de sedimenten op locatie DO5 (1999-2009).....	37

Figuur 3-17: Gemiddelde densiteit per soort per jaar.	39
Figuur 3-18: Gemiddelde biomassa per soort per jaar.	40
Figuur 3-19: Densiteit in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009. De rode cirkel duidt de <i>Vaucheria</i> -gerelateerde uitschieter aan (zie tekst).....	41
Figuur 3-20: Biomassa in functie van de tijd – voorjaar 2004 - najaar 2009.	41
Figuur 3-21: Vegetatiekaart van het Paardenschor in 2009	43
Figuur 3-22: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op het Paardenschor van 2005 tot 2009.	45
Figuur 3-23: Veranderingen in hoogte van de permanente kwadraten weergegeven in Figuur 3-22 op het Paardenschor tussen 2005 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Prosperpolder Taverniers & Mostaert 2009).	46
Figuur 3-24: Soortveranderingen in PQ278 gelegen naast een geul wat zorgt voor een goede drainage (links). Hoogteveranderingen in PQ274 en PQ278 die resp. op een slecht en goed gedraineerde locatie zijn gesitueerd.	46
Figuur 3-25: Door Zeebies (<i>Scirpus maritimus</i>) gedomineerde vegetatie in PQ278 waarin ook Riet (<i>Phragmites australis</i>) zich heeft gevestigd en nog Zeeaster (<i>Aster tripolium</i>) aanwezig is (links) en kaal slik in PQ274 (rechts). Beide opnames dateren van 2009.	46
Figuur 4-1. Overzichtskaart Ketenisse met locatie van de opmetingen. In bijlage zijn detailkaarten weergegeven. Orthofoto van januari 2009.....	50
Figuur 4-2: KPa gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout). ...	52
Figuur 4-3: KPb gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout). ...	52
Figuur 4-4: KPc gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout). ...	53
Figuur 4-5: Profiel KPd tot aan de oude zomerdijk (NOP-zone), uitgangssituatie versus huidige situatie (2009).	53
Figuur 4-6: KPd gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout). ...	54
Figuur 4-7: KPe gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout). ...	55
Figuur 4-8: KPf gemiddelde overstromingsduur per sedimentatie-erosieplot gemiddeld per jaar. Overstromingsduur bepaald per 10cm hoogtemetingsklasse (m TAW), getijdata 2008, Antwerpen. (data Waterbouwkundig laboratorium Borgerhout). ...	56
Figuur 4-9: KPG_klif. Evolutie van de top van de klif 2003-2009.	56
Figuur 4-10: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai A.	57
Figuur 4-11: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai A.	58

Figuur 4-12: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai A.....	58
Figuur 4-13: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai B.	59
Figuur 4-14: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai B.	59
Figuur 4-15: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai B.....	59
Figuur 4-16: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai C.	60
Figuur 4-17: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai C.	61
Figuur 4-18: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai C.....	61
Figuur 4-19: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai D.	62
Figuur 4-20: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai D.....	62
Figuur 4-21: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai D.....	63
Figuur 4-22: Sediment: Mediane korrelgrootte 0-10cm in functie van mediane korrelgrootte 0-1cm – KPe5. De rechte geeft de bisectrice weer voor stalen met gelijke mediane korrelgrootte.	64
Figuur 4-23: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai E.	64
Figuur 4-24: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai E.	65
Figuur 4-25: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai E.....	65
Figuur 4-26: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai F.	66
Figuur 4-27: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai F.	66
Figuur 4-28: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai F.....	66
Figuur 4-29: Sediment: Mediane korrelgrootte per locatie najaar 2009.....	67
Figuur 4-30: Sediment: Slibgehalte (volumepercentage) per locatie najaar 2009.....	68
Figuur 4-31: Sediment: Gehalte organische stof (massapercentage) per locatie najaar 2009...	68

Figuur 4-32: Sediment: Gehalte aan organisch materiaal in functie van slibgehalte in het staal 0-10cm – najaar 2009.....	69
Figuur 4-33: Globale triadeklasse in functie van de tijd.....	70
Figuur 4-34: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen raai B (2002-2009).....	71
Figuur 4-35: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen in raai D (2002-2009).....	72
Figuur 4-36: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen in raai E (2002-2009).....	72
Figuur 4-37: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen in raai F (2002-2009).....	73
Figuur 4-38: Gemiddelde dichtheid per soort per jaar.	75
Figuur 4-39: Gemiddelde biomassa per soort per jaar.	75
Figuur 4-40: Dichtheid (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai A.	76
Figuur 4-41: Dichtheid (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai B.	76
Figuur 4-42: Dichtheid (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai C.	77
Figuur 4-43: Dichtheid (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai D.	77
Figuur 4-44: Dichtheid (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai E.	78
Figuur 4-45: Dichtheid (links) en biomassa (rechts) in functie van de tijd – raai F. Rode cirkels duiden prominente aanwezigheid van <i>Vaucheria</i> aan.....	78
Figuur 4-46: Dichtheid per locatie – tijdsgemiddelde.....	79
Figuur 4-47: Biomassa per locatie – tijdsgemiddelde.....	79
Figuur 4-48: : Gemiddelde dichtheid (links) en biomassa (rechts) per soort in functie van de tijd (najaarscampagnes). Biomassagegevens 2008 ontbreken (niet bepaald). Enchytraeidae omvat de soorten binnen deze familie behalve <i>Lumbricillus lineatus</i>	81
Figuur 4-49: : Gemiddelde dichtheid per soort per locatie. Enchytraeidae omvat de soorten binnen deze familie behalve <i>Lumbricillus lineatus</i>	82
Figuur 4-50: Veranderingen in hoogte van de permanente kwadraten weergegeven in Figuur 4-51 op Ketenisse tussen 2004 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijdstip Kallosluis Taverniers & Mostaert 2009).....	83
Figuur 4-51: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op Ketenisse van 2003 tot 2009.....	84
Figuur 4-52: Vegetatiekaart van 2007 van het stroomafwaartse deel van Ketenisse ter hoogte van raai A tot C (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).....	85
Figuur 4-53: Vegetatiekaart van 2007 van het deel van Ketenisse stroomopwaarts van de omdijkte polder (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).	86
Figuur 5-1. Overzichtskaart Paddenbeek met locatie van de opmetingen. Orthofoto januari 2009.....	88
Figuur 5-2: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd.	89
Figuur 5-3: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd.....	90

Figuur 5-4: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd.	90
Figuur 5-5: Globale triadeklasse in functie van de tijd.	91
Figuur 5-6: Procentuele graad van overschrijding van de Triadereferentiewaarden per polluent(engroep) in functie van de tijd – PA3.....	92
Figuur 5-7: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutiebepalingen PA3 (2004- 2009). Met weergave van de lutumklasse (10 = tussen 10-30% lutum; 30 = > 30% lutum).....	93
Figuur 5-8: Veranderingen in hoogte van enkele permanente kwadraten in Paddebeek in meter TAW tussen 2005 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Schoonaarde Taverniers & Mostaert 2009).	95
Figuur 5-9: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op Paddebeek van 2004 tot 2009.....	95
Figuur 5-10: Overspoelings- en drainageregime in PQ267 en PQ268 in meter ten opzichte van het maaiveld (11/10/2008 tot 18/11/2008).....	95
Figuur 5-11: Vegetatiekaart van 2007 van Paddebeek (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).	96
Figuur 6-1 Overzichtskaart Heusden met locatie van de opmetingen. Orthofoto januari 2009. .	97
Figuur 6-2: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai A.	100
Figuur 6-3: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai A.	100
Figuur 6-4: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai A.	101
Figuur 6-5: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai B – punt B2.	101
Figuur 6-6: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai B – punt B2.	102
Figuur 6-7: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai B – punt B2.	102
Figuur 6-8: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai C.	103
Figuur 6-9: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai C.	103
Figuur 6-10: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai C.	104
Figuur 6-11: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai D – punt D2.	104
Figuur 6-12: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai D – punt D2.	105

Figuur 6-13: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai D – punt D2.....	105
Figuur 6-14: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Mediane korrelgrootte in functie van de tijd – raai E.	106
Figuur 6-15: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Slibgehalte (volumepercentage <63µm) in functie van de tijd – raai E.	106
Figuur 6-16: Sediment van 0 tot 10cm diepte (links) en van 0 tot 1cm diepte (rechts): Gehalte aan organisch materiaal (massapercentage) in functie van de tijd – raai E.	107
Figuur 6-17: Sediment: Mediane korrelgrootte per locatie najaar 2009.....	107
Figuur 6-18: Sediment: Slibgehalte (< 63 µm) per locatie najaar 2009.	108
Figuur 6-19: Sediment: Gehalte aan organisch materiaal (m%) per locatie najaar 2009.	108
Figuur 6-20: Globale triadeklasse in functie van de tijd.....	109
Figuur 6-21: Relatieve abundantie van het optreden van de triadeklasse “matig afwijkend” per pollutent te Heusden (n =58).	110
Figuur 6-22: Ecologisch/ecotoxicologische klassificatie van de pollutentbepalingen voor HeuA1 en HeuC2.	110
Figuur 6-23: Gemiddelde relatieve abundantie per soort per locatie Heusden. Niet nader gedetermineerde Tubificiden niet beschouwd (76% van de fauna).	112
Figuur 6-24: Gemiddelde relatieve abundantie per soort per campagne Heusden. Niet nader gedetermineerde Tubificiden niet beschouwd (76% van de fauna).	112
Figuur 6-25: Temporele evolutie van de oligochaetenfauna op B2 en C2. Niet nader gedetermineerde Tubificiden niet beschouwd (76% van de fauna).	113
Figuur 6-26: Densiteit per locatie - najaarscampagnes van 2006, 2007 en 2008.....	114
Figuur 6-27: Biomassa per locatie - najaarscampagnes van 2006 en 2008. Biomassa 2007 niet beschikbaar.....	115
Figuur 6-28: Densiteit per locatie – temporele reeksen HeuB2 en HeuC2.	116
Figuur 6-29: Biomassa per locatie – temporele reeksen HeuB2 en HeuC2.	117
Figuur 6-30: Veranderingen in hoogte van de permanente kwadraten weergegeven in Figuur 6-31 in Heusden LO tussen 2006 en 2009 (GHW gemiddeld hoogwater 2008 tijpost Melle Taverniers & Mostaert 2009).....	118
Figuur 6-31: De veranderingen in bedekking van de belangrijkste plantensoorten in een aantal permanente kwadraten op Heusden LO van 2006 tot 2009.	119
Figuur 6-32: Overspoelings- en drainageregime in PQ287, PQ292 en PQ299 in meter ten opzichte van het maaiveld (07/09/2008 tot 06/10/2008). Rechtsonder wordt de duurlijn van deze tijdsreeksen gegeven wat de kans aangeeft dat een bepaald niveau wordt overschreden.....	120
Figuur 6-33: Vegetatiekaart van 2007 van Heusden LO (MFB: microfytobenthos) (naar Bertels et al. 2008).....	121

Lijst van tabellen

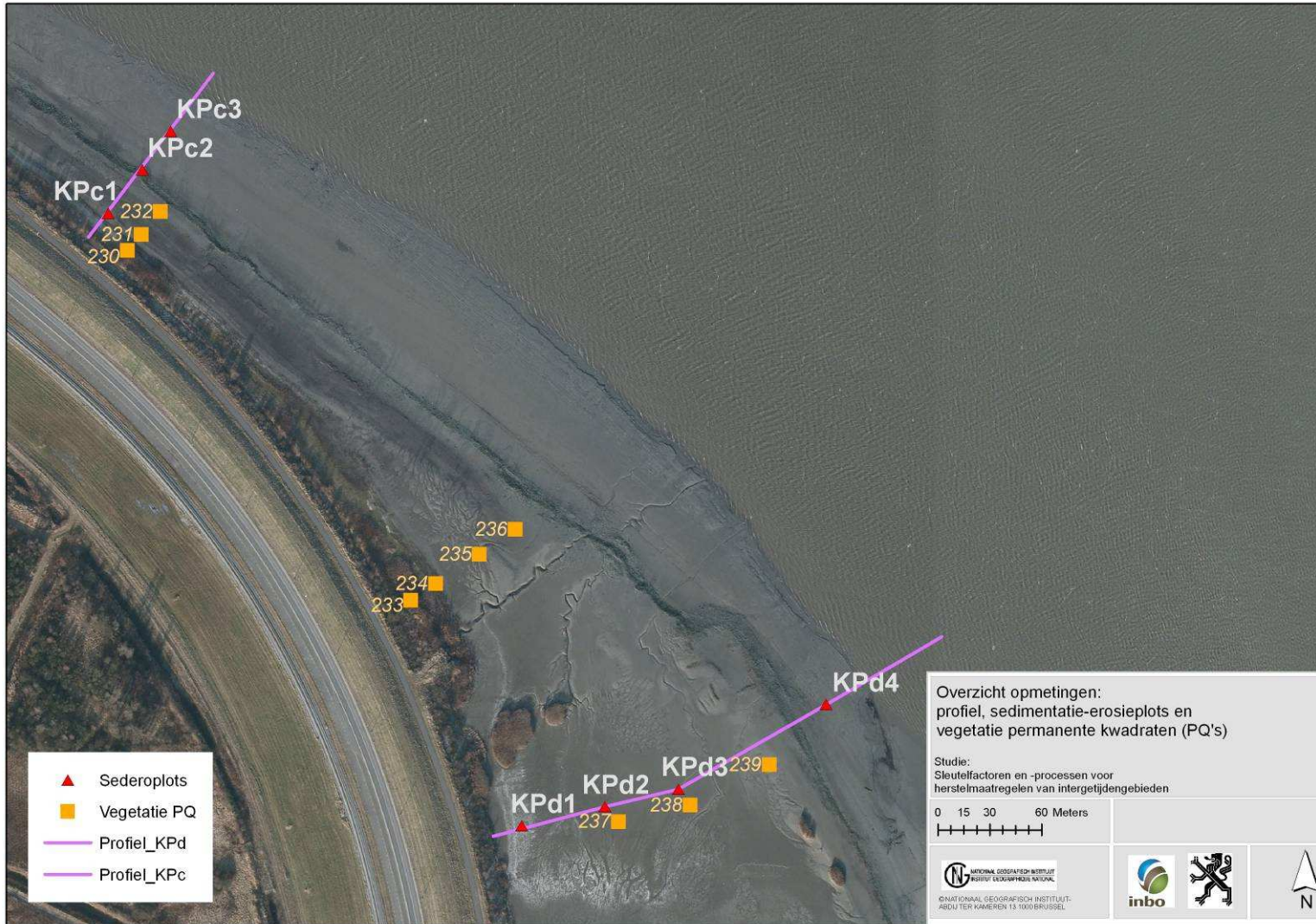
Tabel 2-1: Betekenis (afwijking t.o.v. referentie) van Triade-klassen.....	17
Tabel 2-2: Aantal raaien en permanente kwadraten in de verschillende gebieden.....	21
Tabel 2-3: Periode wanneer vegetatieopnames van de PQ's zijn gemaakt (x geen opnames)...	22
Tabel 2-4: Overzicht van de beschikbare vegetatiekaarten van de verschillende gebieden met weergave van het jaar en de gebruikte methode (x: gebiedsdekkende kartering, (x): gedeeltelijke kartering).....	22
Tabel 3-1: Sturende variabelen op het Paardenschor.....	23
Tabel 3-2: Overzicht van de verzamelde gegevens vanaf 2007 - Paardenschor. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar; ?: nog op te lijsten.	24
Tabel 3-3: Hoogtegrenzen van ecotopen met de definities volgens Van Braeckel et al. (2006) ter hoogte van Paardenschor.	26
Tabel 3-4: Benthostaxa Paardenschor (DO) en Ketenissepolder (KP). Vetgedrukte taxa zijn kenmerkend voor het (estuariene) systeem. xxx = dominant; xx = vrij talrijk; x = sporadisch.....	38
Tabel 3-5: Vegetatietypes op het Paardenschor en Ketenisse.	43
Tabel 3-6: Transitie matrix van de vegetatieveranderingen tussen 2006 en 2009 op het Paardenschor gebaseerd op de respectievelijke vegetatiekaarten. De uiterst rechtse kolom geeft het percentage van het totaal oppervlak (11.7ha) weer dat door de verschillende vegetatietypes werd ingenomen in 2006. De onderste rij geeft deze percentages voor 2009. De nummers van de vegetatietypes komen overeen met Tabel 3-5. De matrixelementen geven het percentage van het oppervlakte van een bepaald type in 2006 weer (rij) dat naar een ander type is gewijzigd in 2009 (kolom). De grijs gemarkeerde cellen zijn niet veranderd. Transitie die minder dan 1% van het type innamen, worden weergegeven met '<'.	44
Tabel 4-1: Sturende variabelen op het herstelde deel van Ketenisseschor. *: dimensies van de bressen die tot op het niveau van het voorliggend slik aangebracht werden, de rest van de zomerdijken werd later (weliswaar onvolledig) afgegraven. Hierdoor heeft de breswijdte weinig impact op de getij-uitwisseling. **: staalnamelocatie van f-raai op nieuw, ontwikkelend gebied langs rand van restanten van oorspronkelijk schor.	49
Tabel 4-2: Overzicht van de verzamelde gegevens sinds 2007 - Ketenisse. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar; ?: nog op te lijsten.	50
Tabel 4-3: Hoogtegrenzen van ecotopen met de definities volgens Van Braeckel et al. (2006) ter hoogte van Ketenisse.....	51
Tabel 4-4: Benthostaxa Paardenschor (DO) en Ketenissepolder (KP). Vetgedrukte taxa zijn kenmerkend voor het (estuariene) systeem. Xxx = dominant; xx = vrij talrijk; x = sporadisch.....	74
Tabel 4-5: Relatieve verhouding van de oligochaetentaxa Ketenisse. Enchytraeidae omvat de soorten binnen deze familie behalve <i>Lumbricillus lineatus</i>	80
Tabel 5-1: Sturende variabelen Paddebeek.	87





Tabel 5-2: Overzicht van de verzamelde gegevens sinds 2007 - Paddebeek. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar.	88
Tabel 6-1: Overzicht van de verzamelde gegevens - Heusden. s: staal genomen of data verzameld, onverwerkt; sv: staal genomen en verwerkt en/of data beschikbaar; ?: nog op te lijsten; *: eigenlijk gesampeld begin oktober 2007; **: augustus-september.....	98
Tabel 6-2: Relatieve verhouding van de oligochaetentaxa Heusden zonder niet ander gedetermineerde Tubificiden met of zonder haren.	111

9. Kaarten: Ketenisseschor detailkaarten

Kaarten met orthofoto januari 2009.



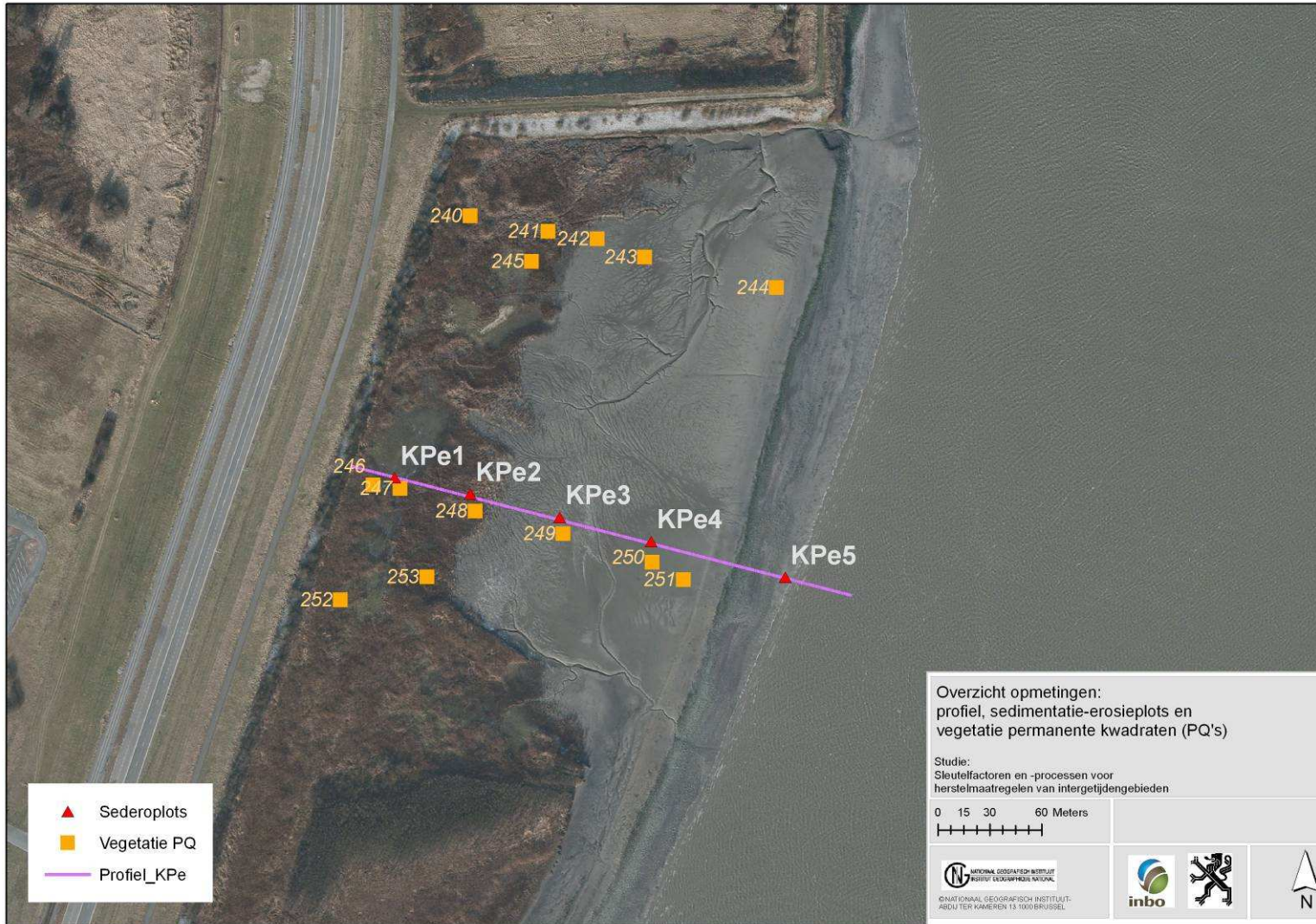


-  Sederoplots
-  Vegetatie PQ
-  Profiel_KPd
-  Profiel_KPc

KPc3
 KPc2
 KPc1
 232
 231
 230

236
 235
 234
 233

KPd4
 KPd3
 239
 238
 KPd2
 237
 KPd1





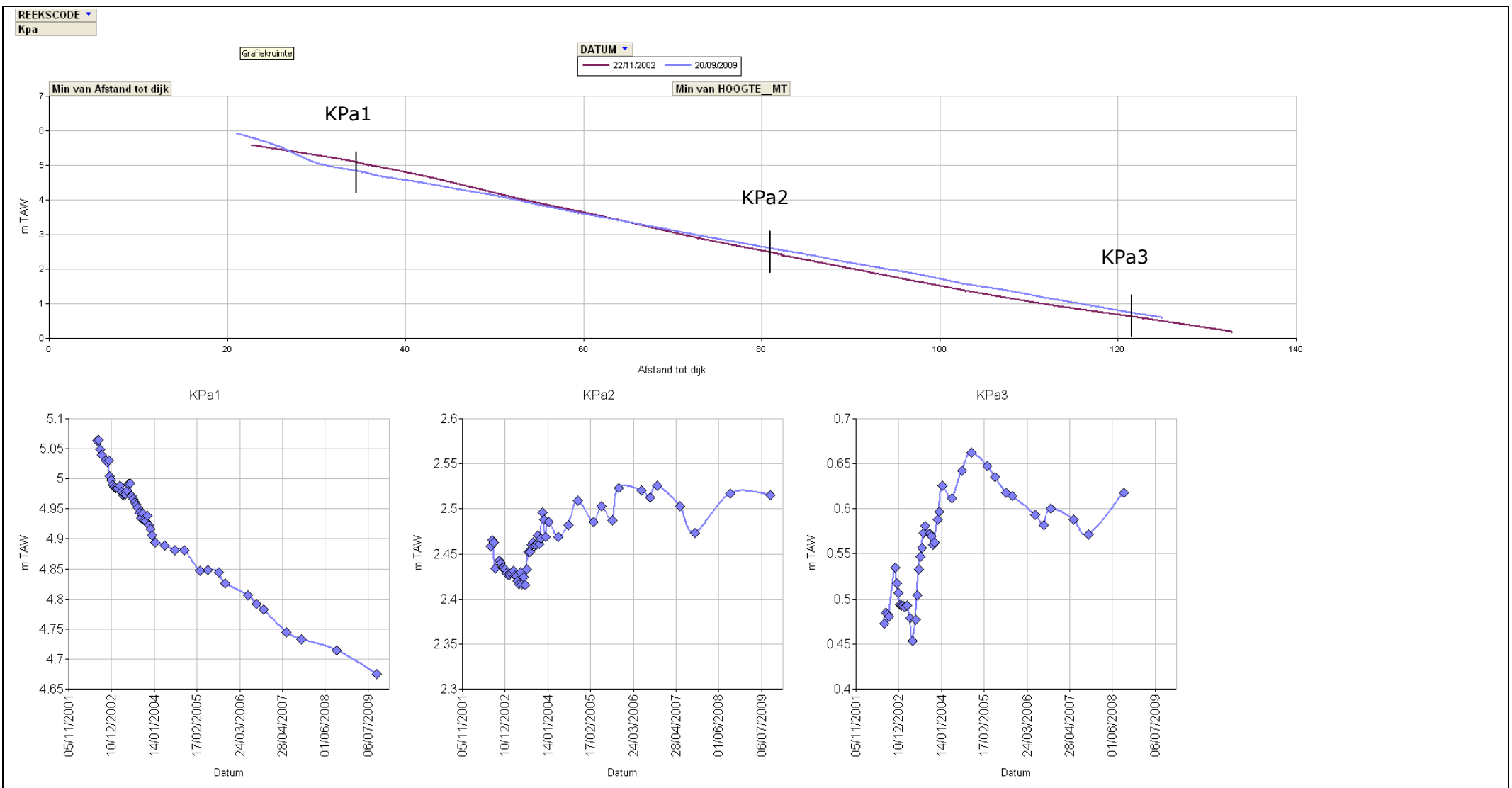
- ▲ Sederoplots
- Vegetatie PQ
- 20/09/2009
- Profiel_KPf

KPg_klif

KPf1 254 255 KPf2

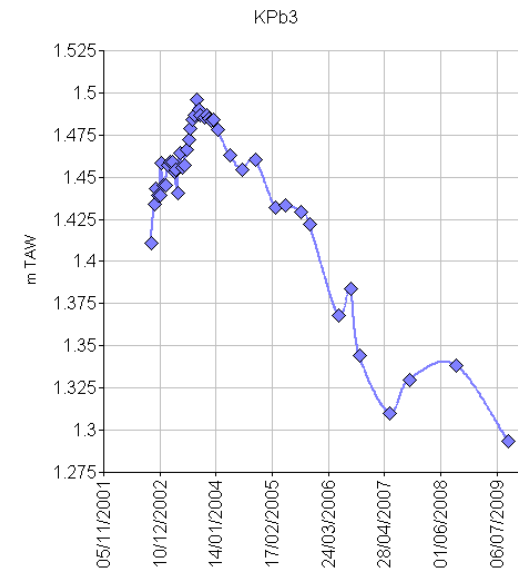
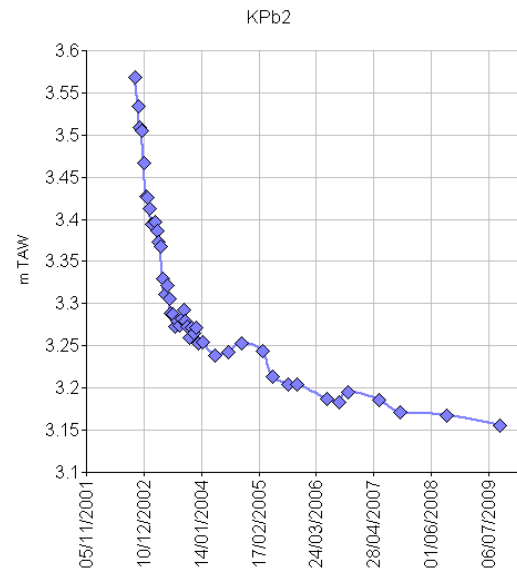
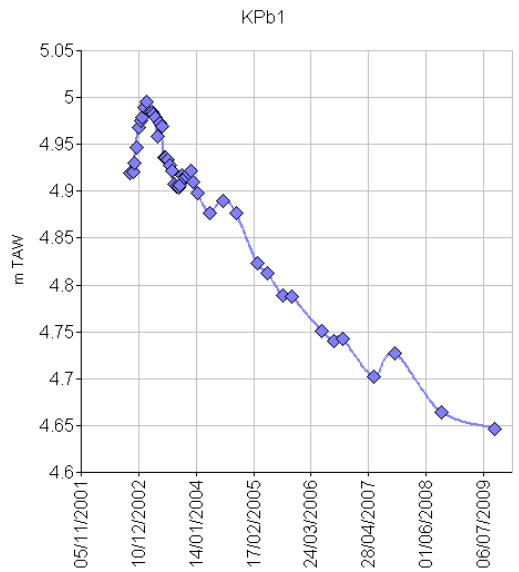
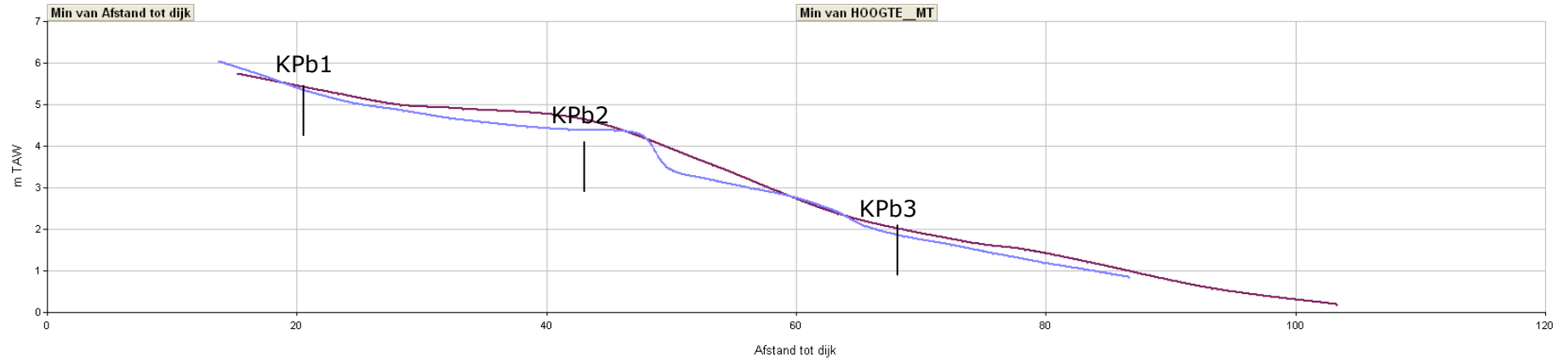
256
257
258
259

10. Bijlage : Ketenisseschor sedimentatie-erosie profielen en plots



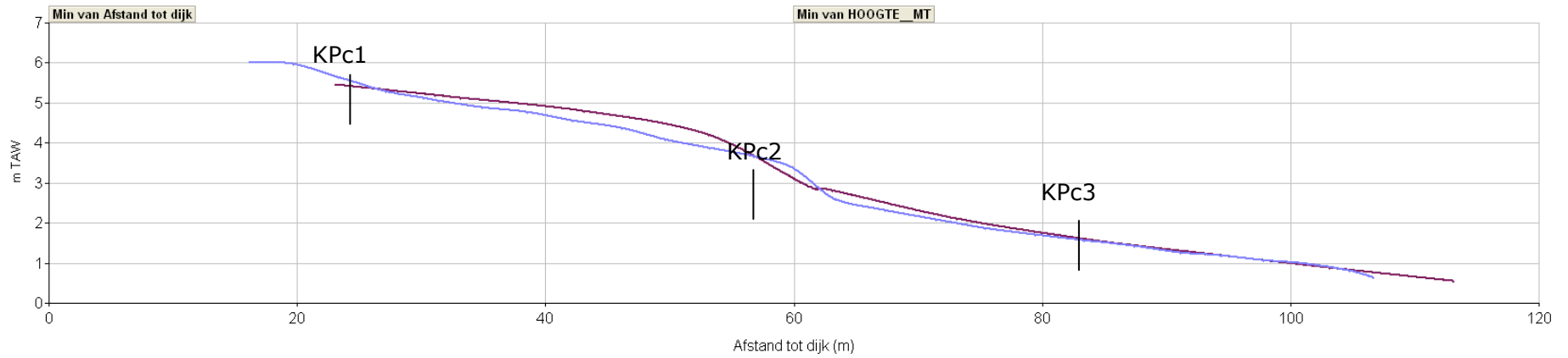
REEKSCODE
Kpb

DATUM
22/1/2002 20/09/2009

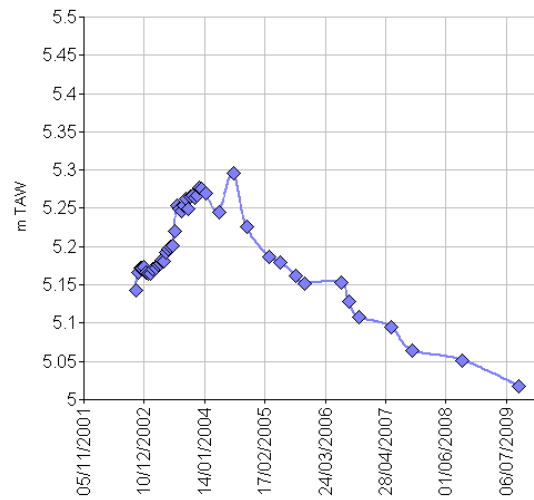


REEKSCODE
KpC

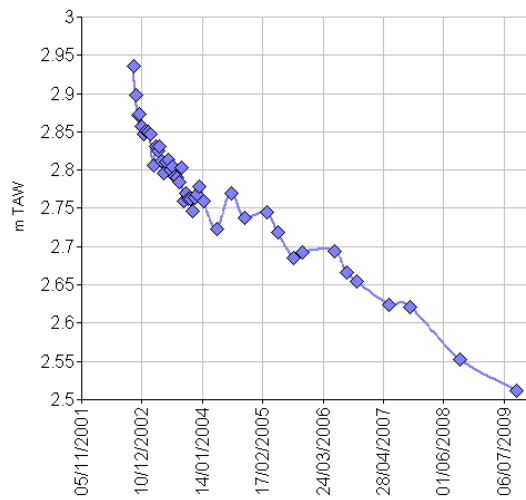
DATUM
22/11/2002 20/09/2009



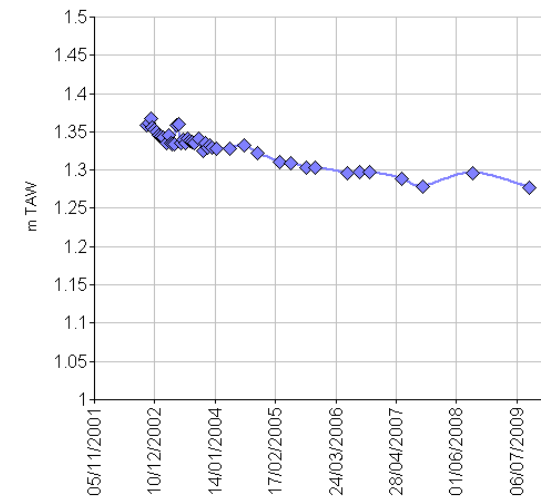
KPc1



KPc2

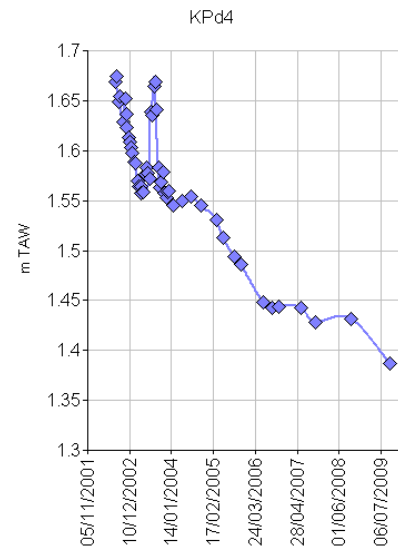
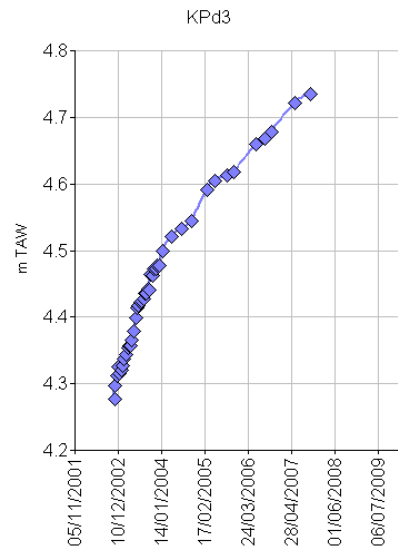
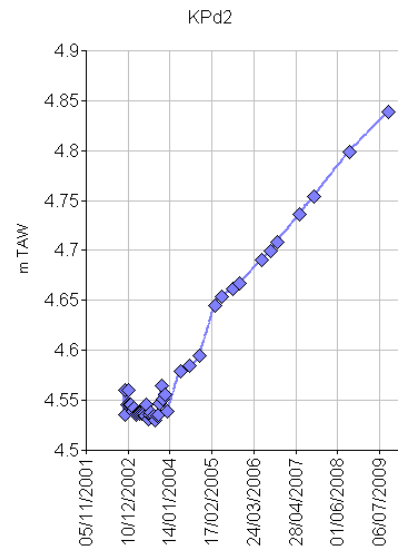
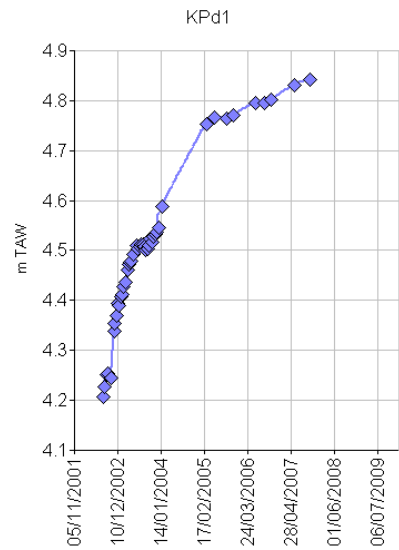
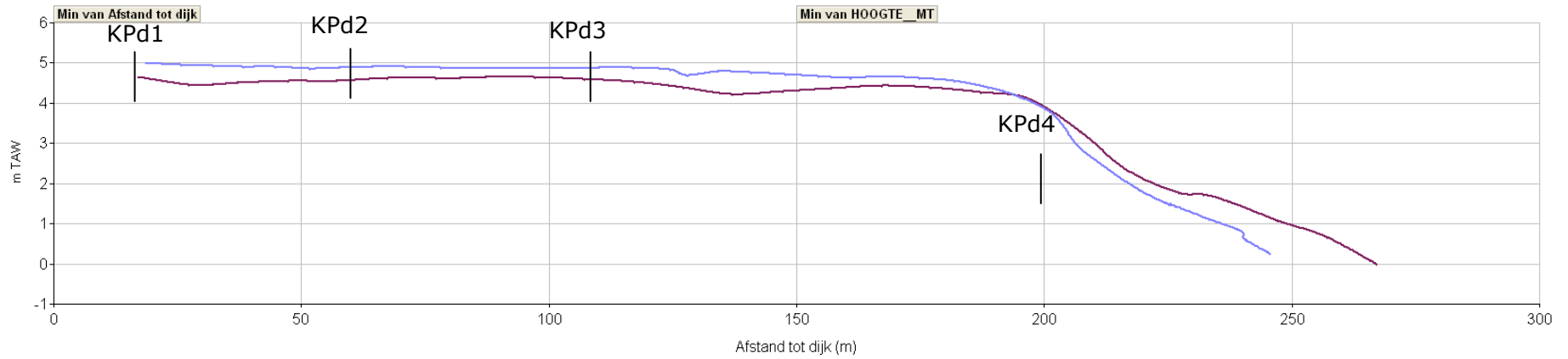


KPc3



REEKSCODE
Kpd

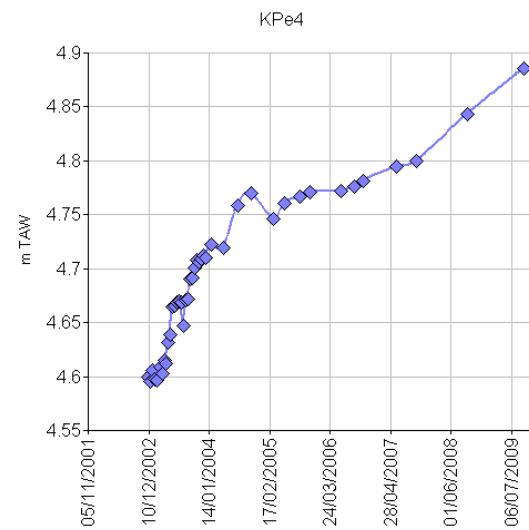
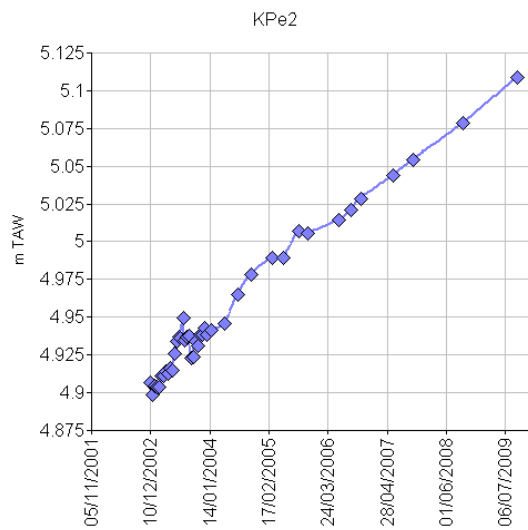
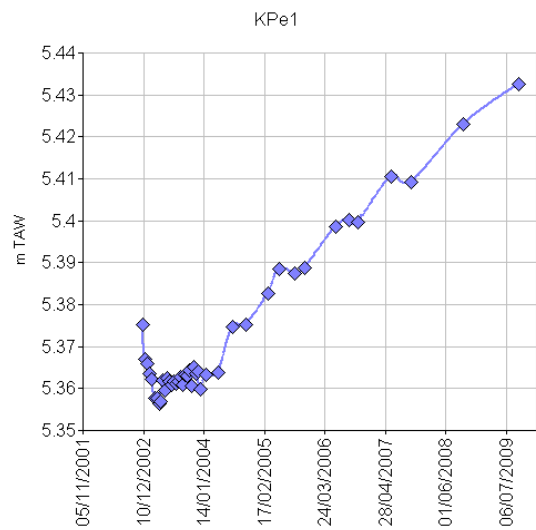
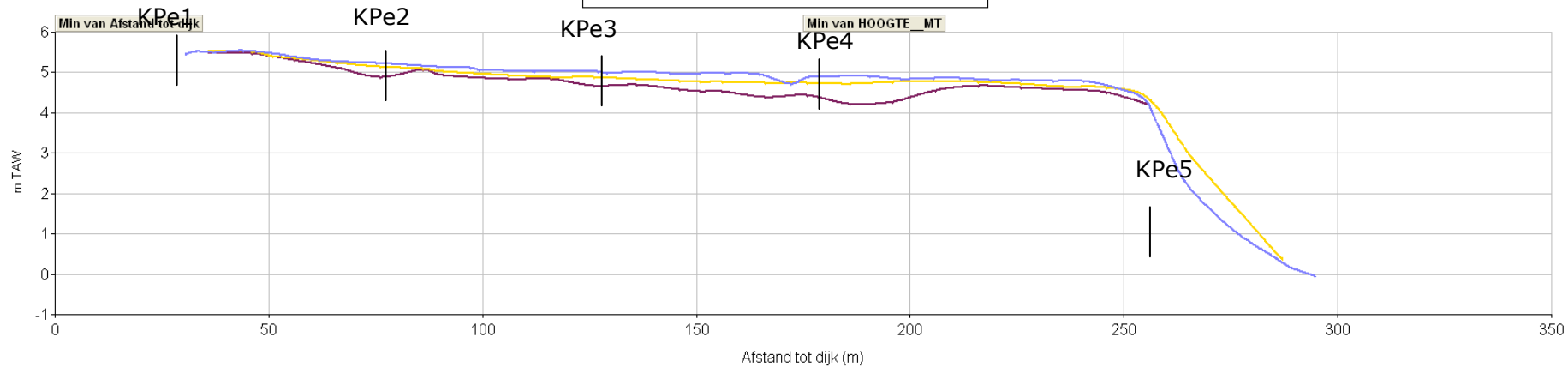
DATUM
05/03/2003 20/09/2009

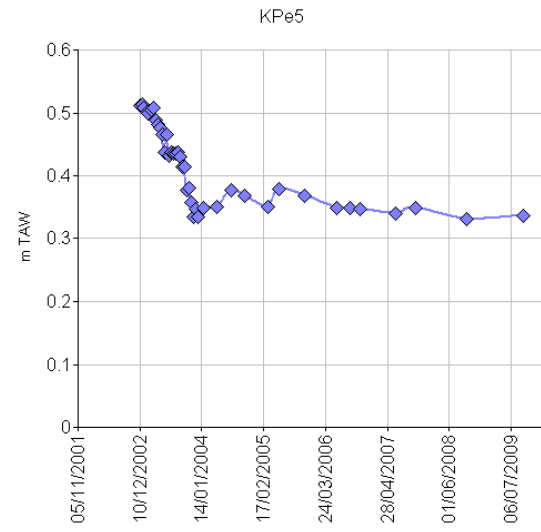
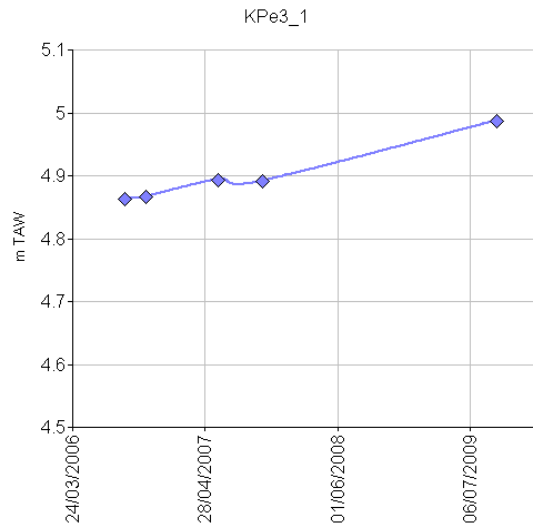
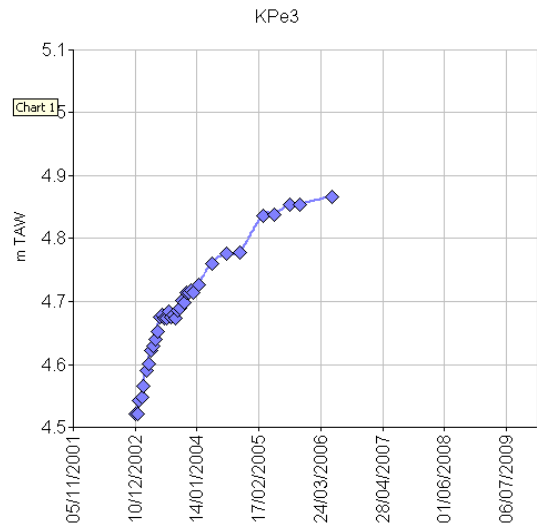


REEKSCODE
Kpe

DATUM

22/11/2002 28/11/2003 20/09/2009

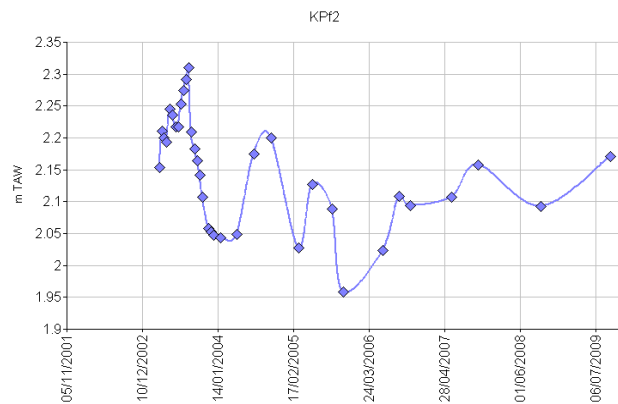
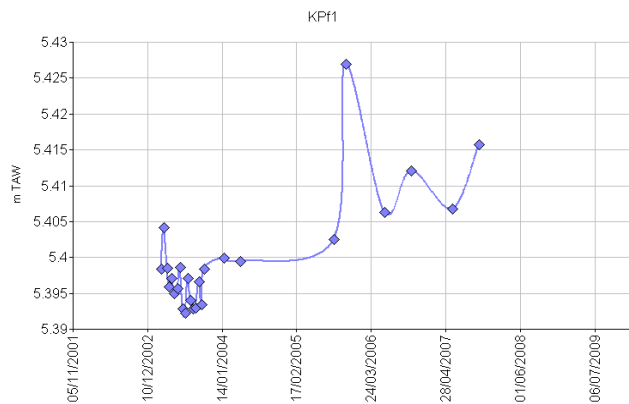
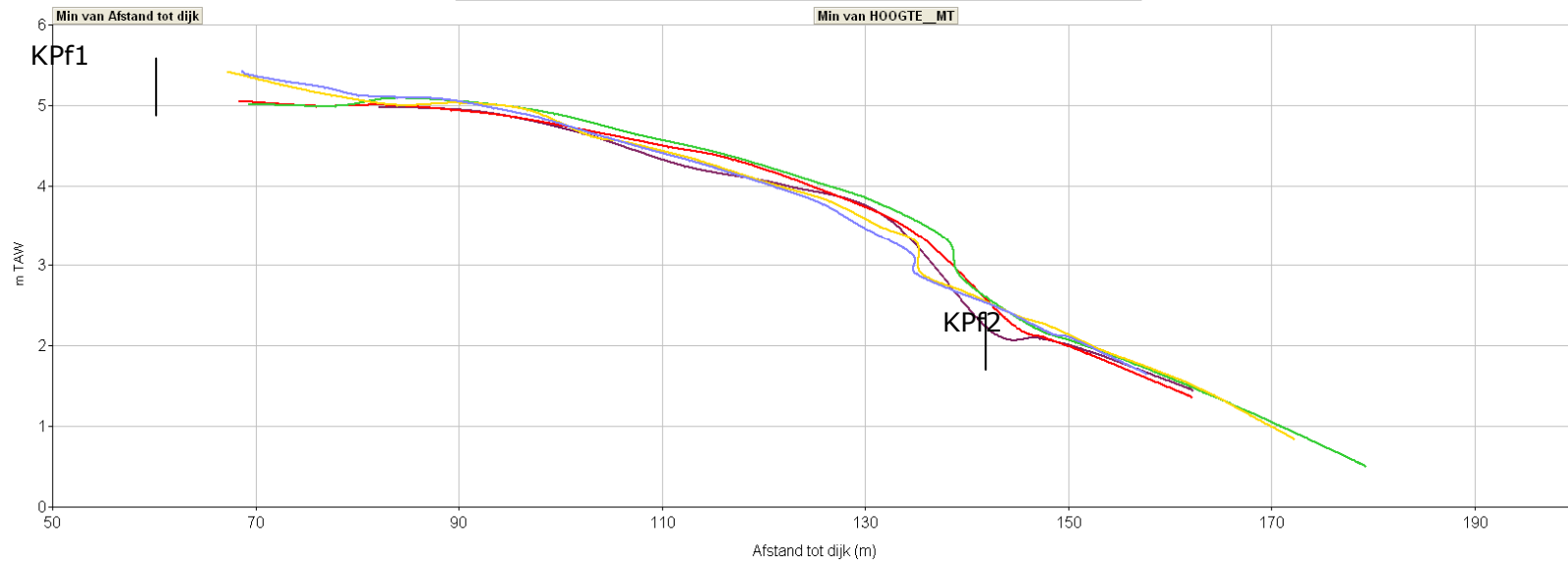


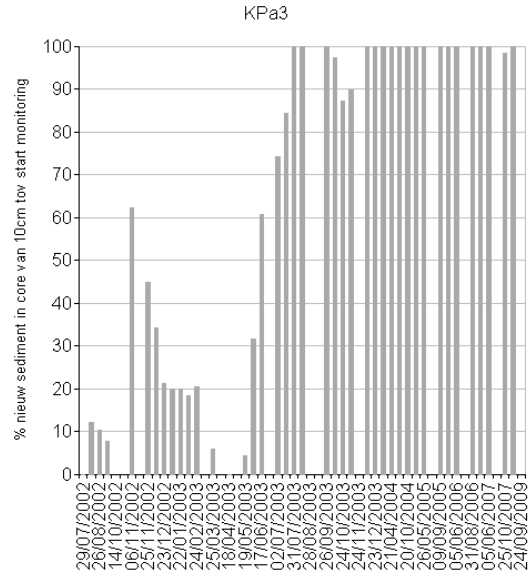
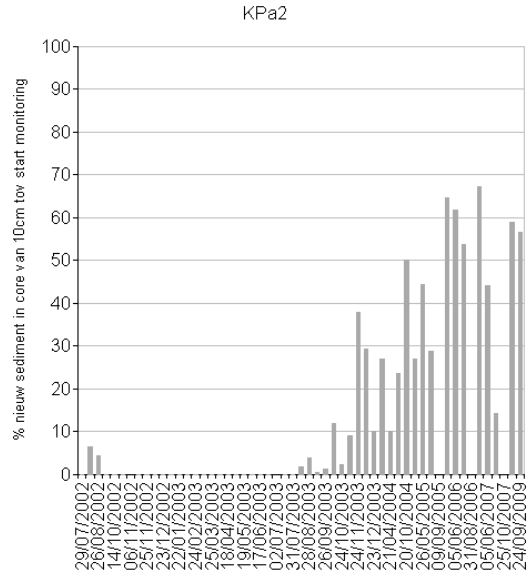
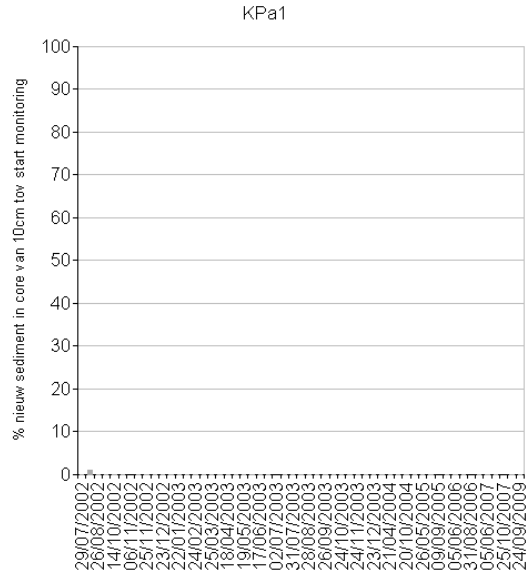


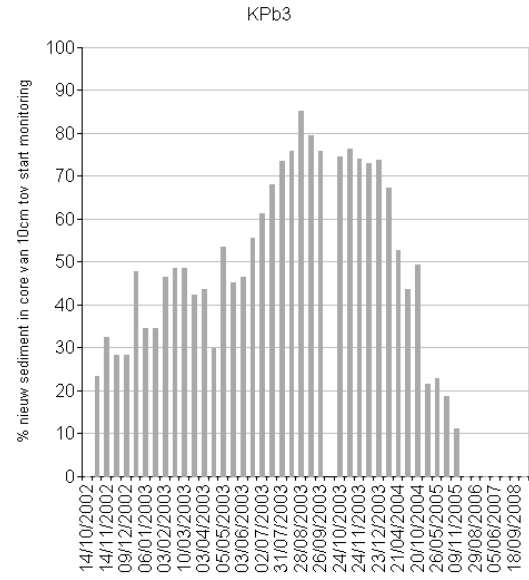
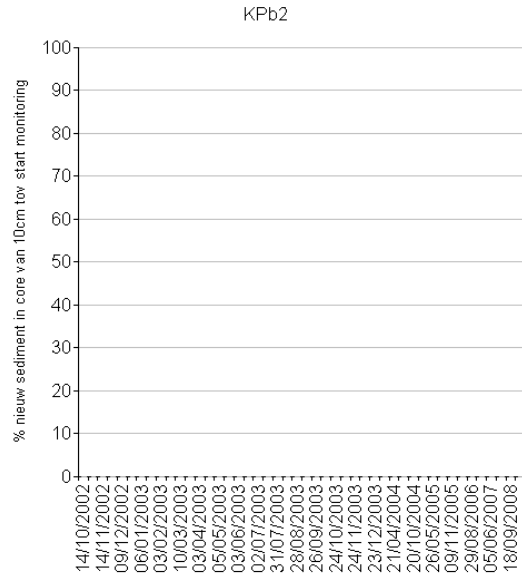
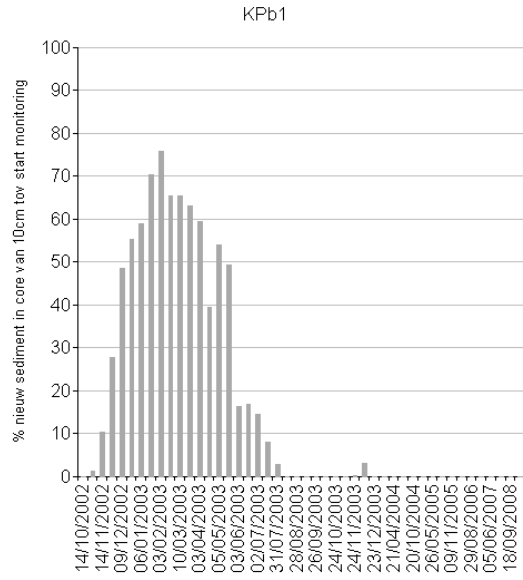
REEKSCODE
KPF

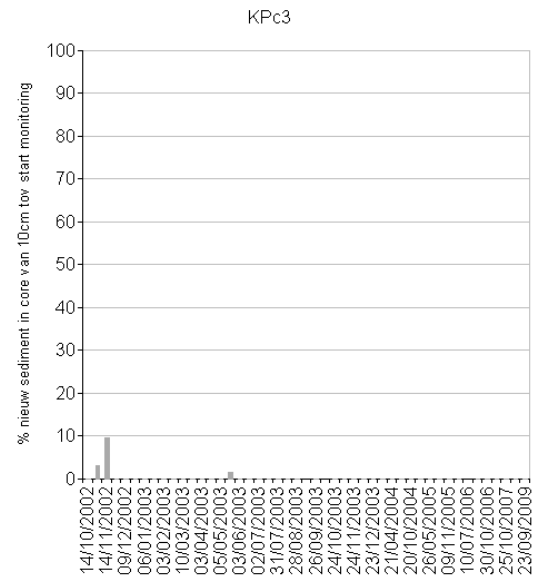
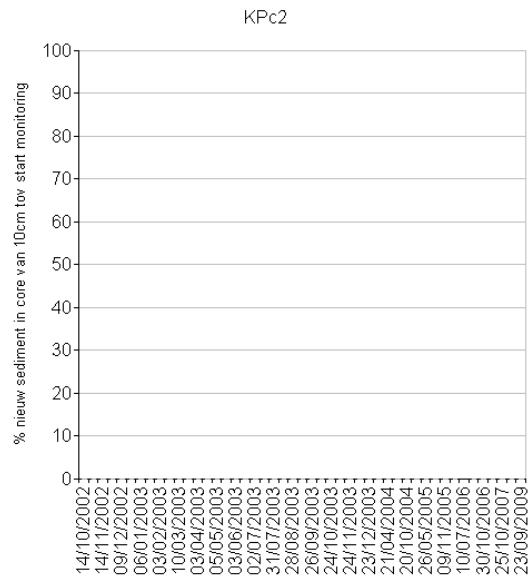
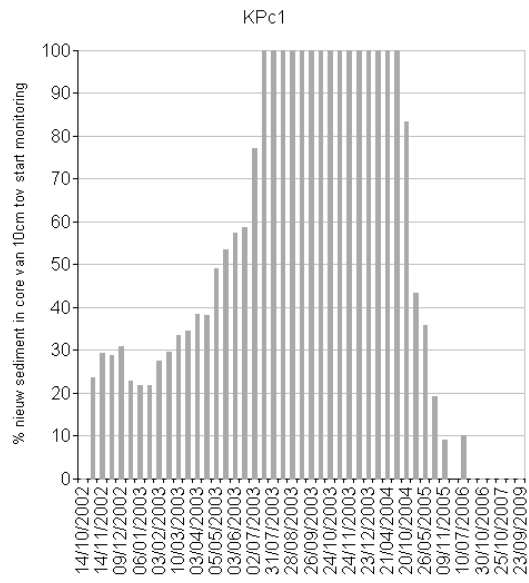
DATUM

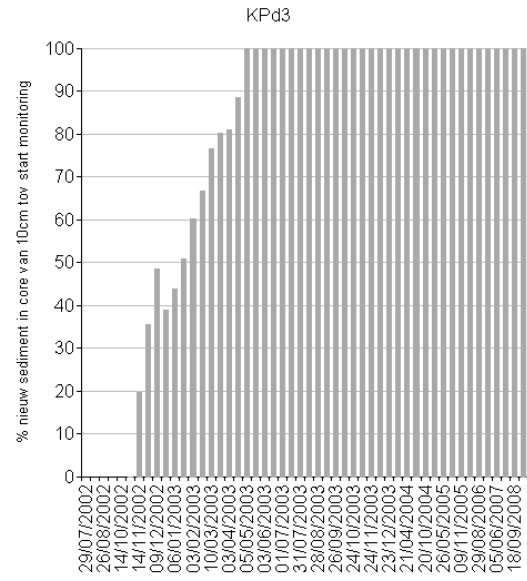
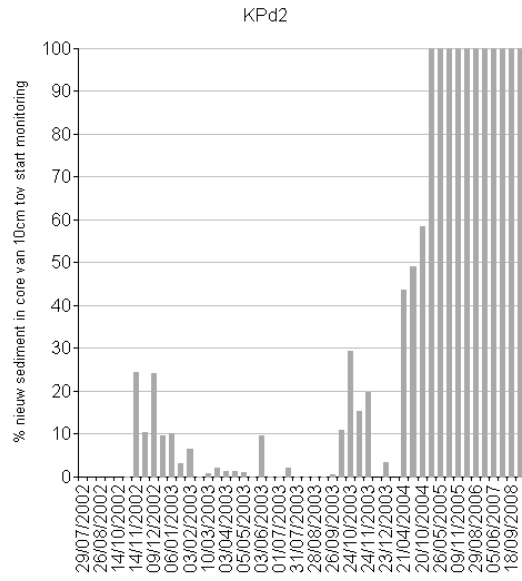
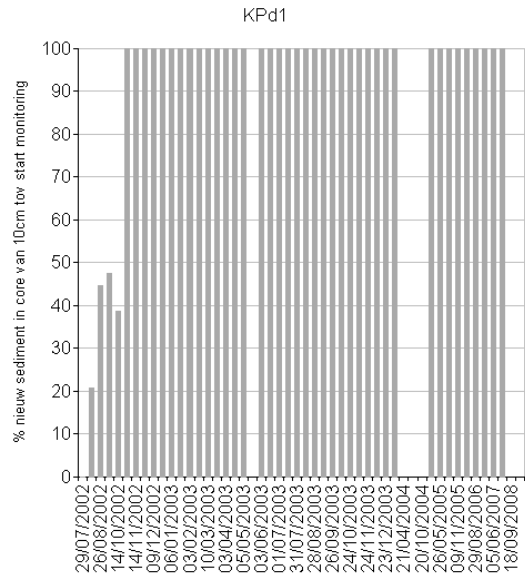
05/03/2003 18/03/2005 16/03/2006 16/11/2007 20/09/2009

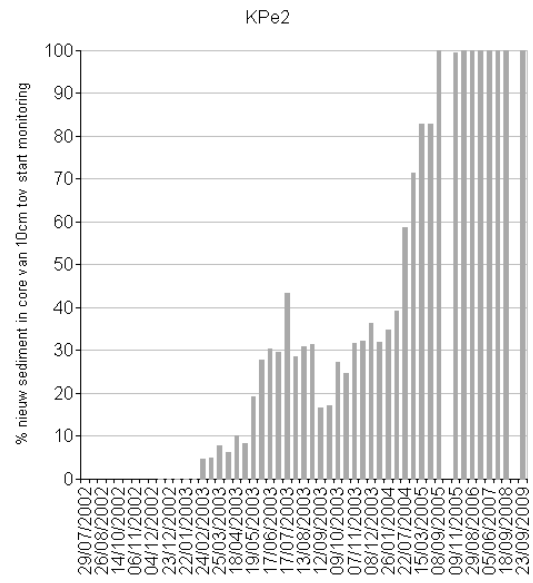
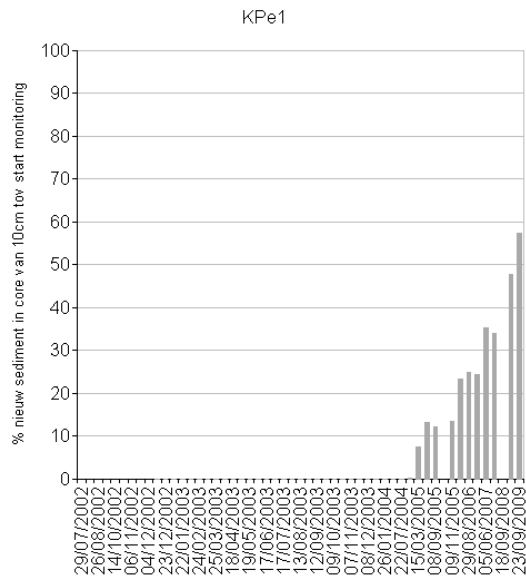
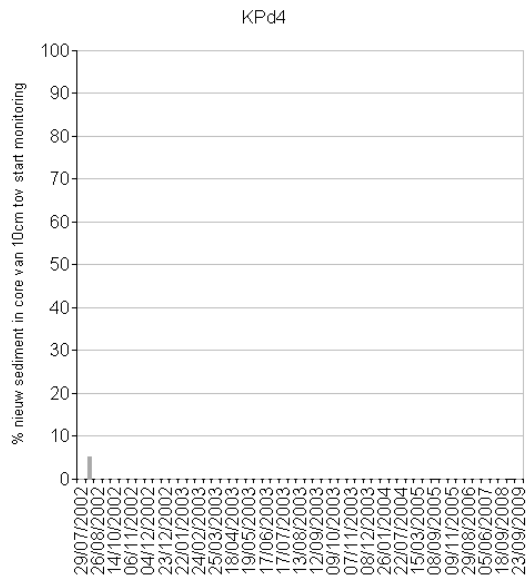


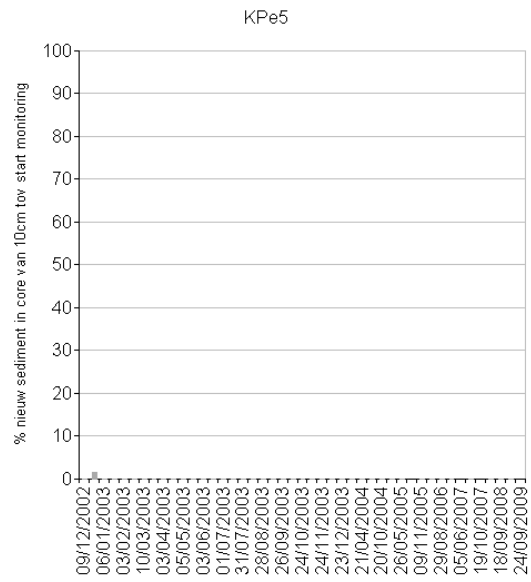
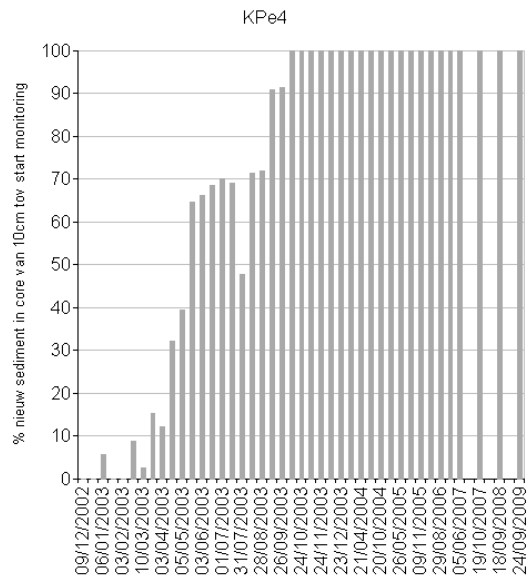
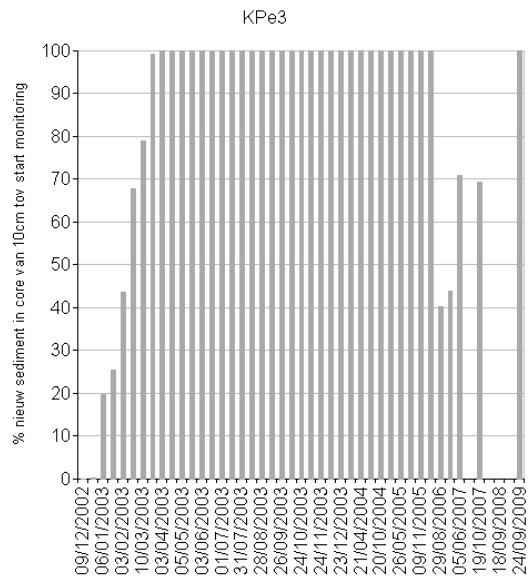


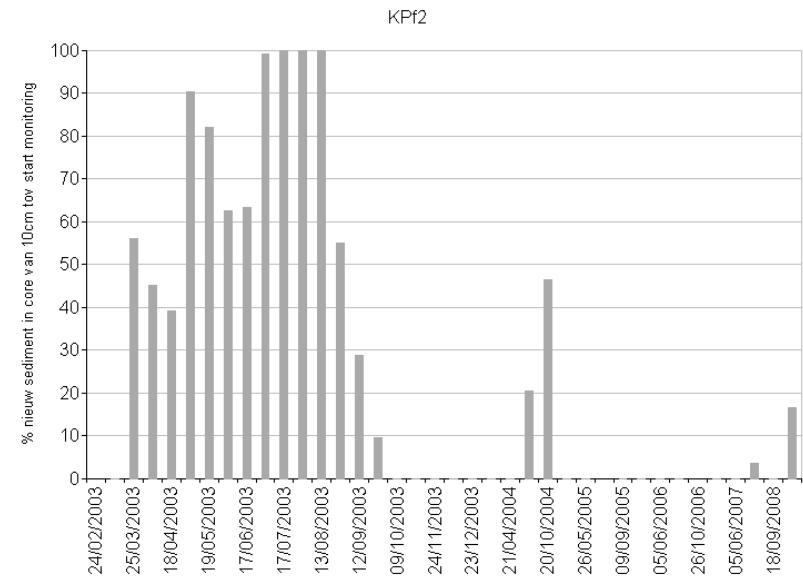
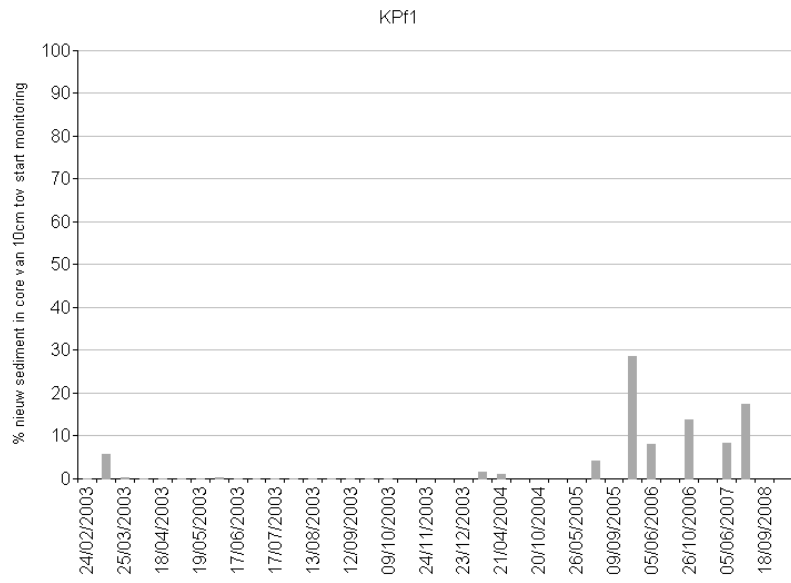




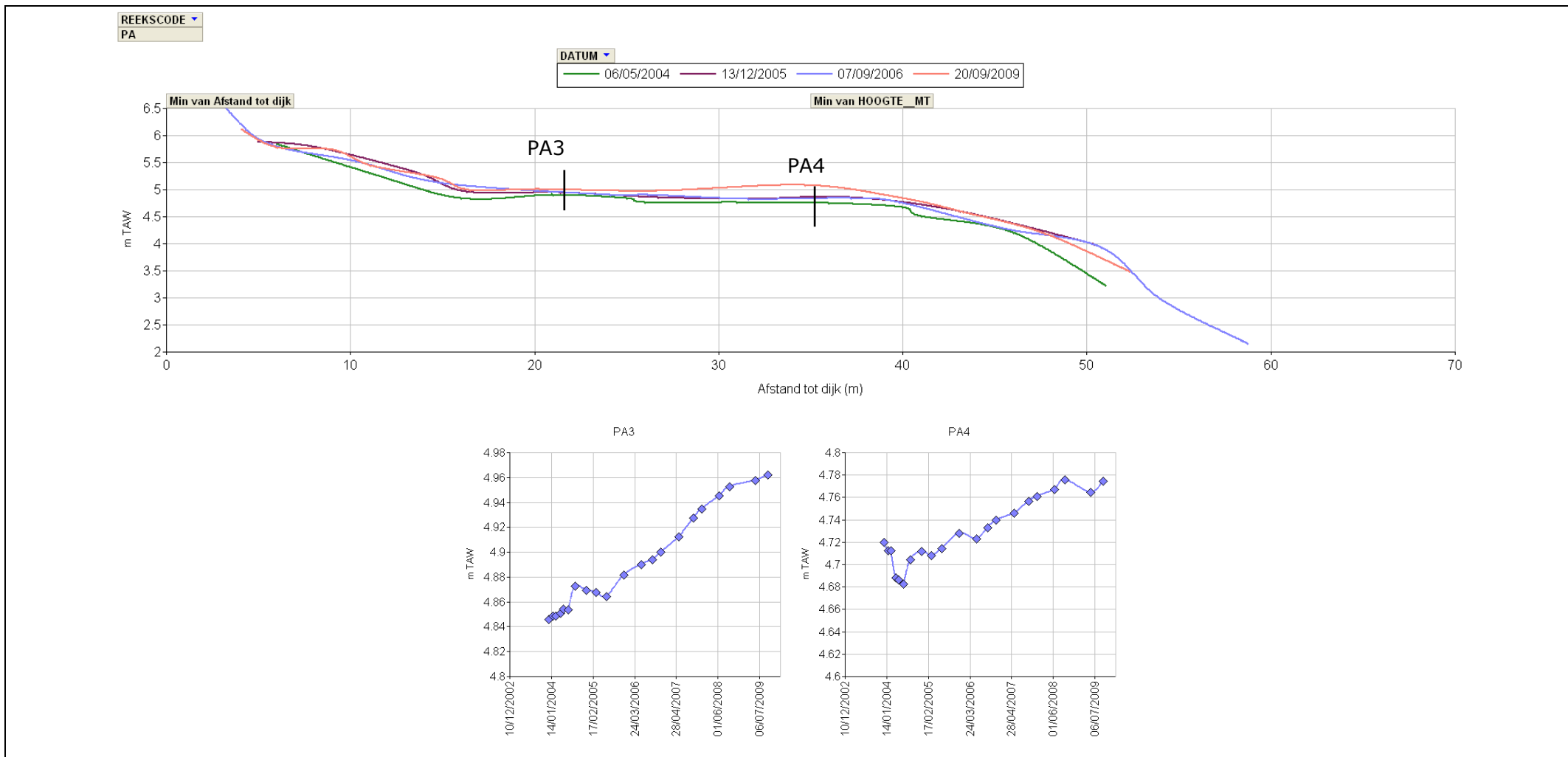


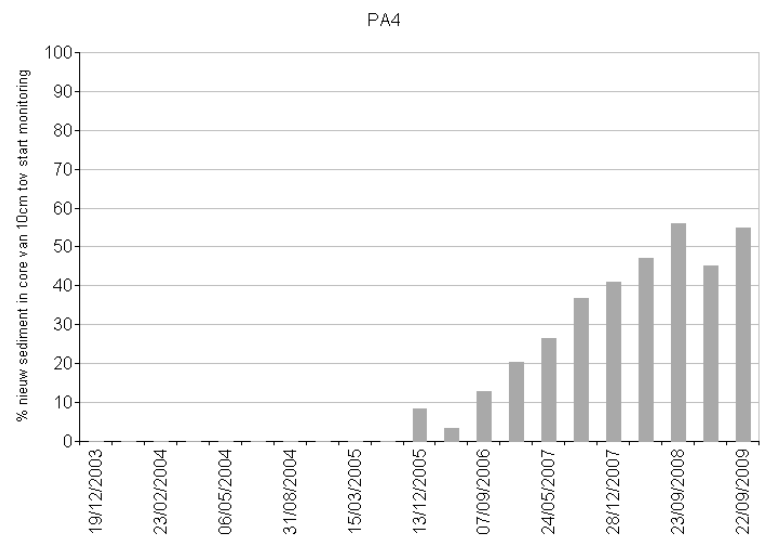
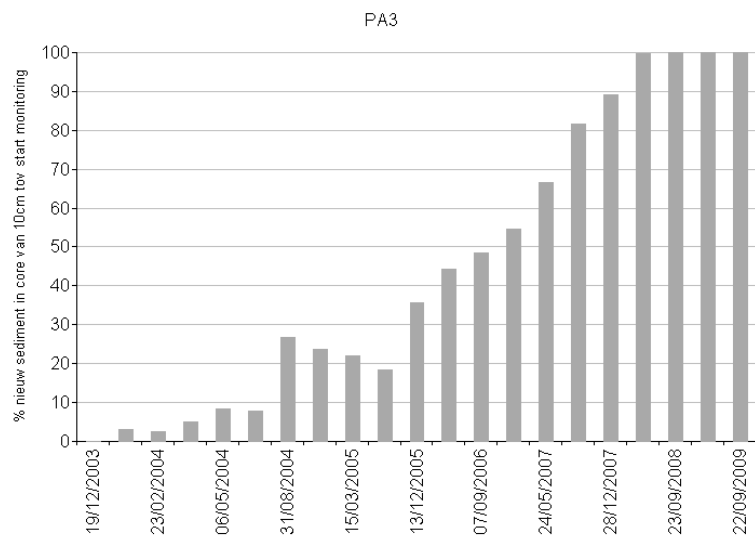




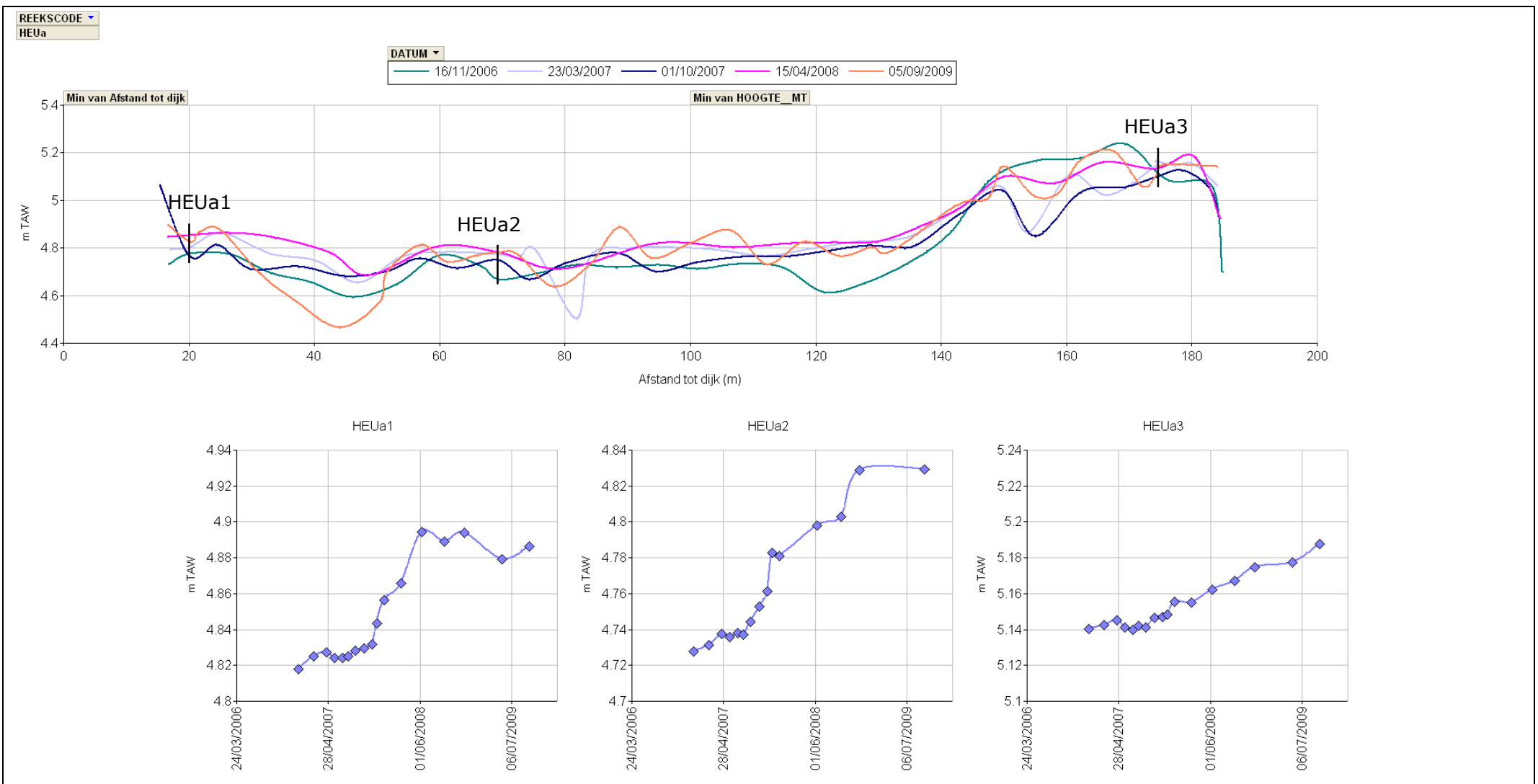


11. Bijlage : Paddebeek sedimentatie-erosie profielen en plots



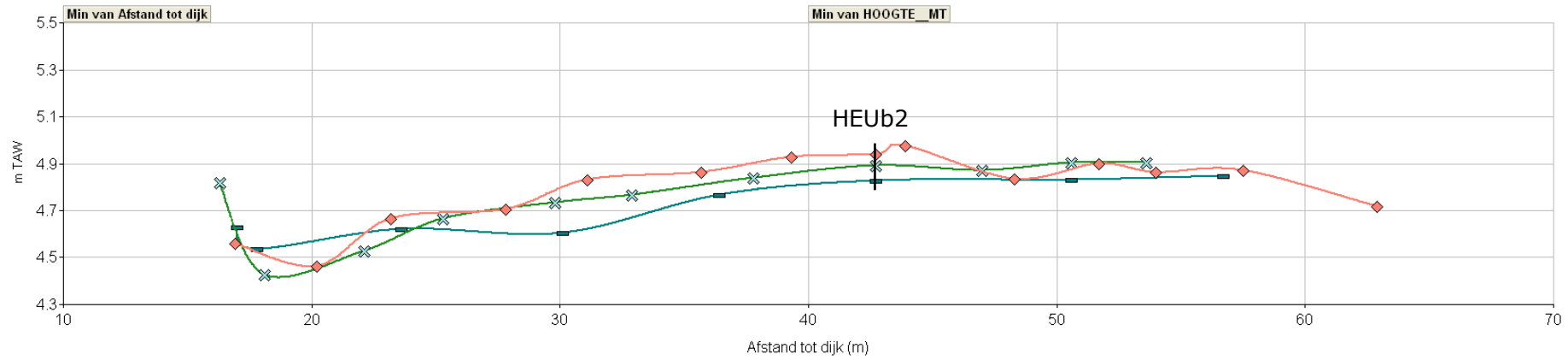


12. Bijlage : Heusden sedimentatie-erosie profielen en plots

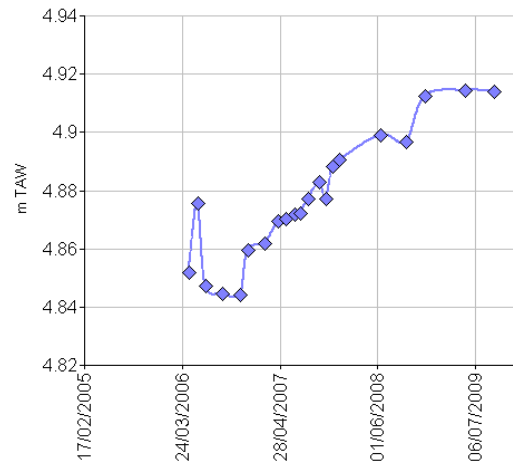


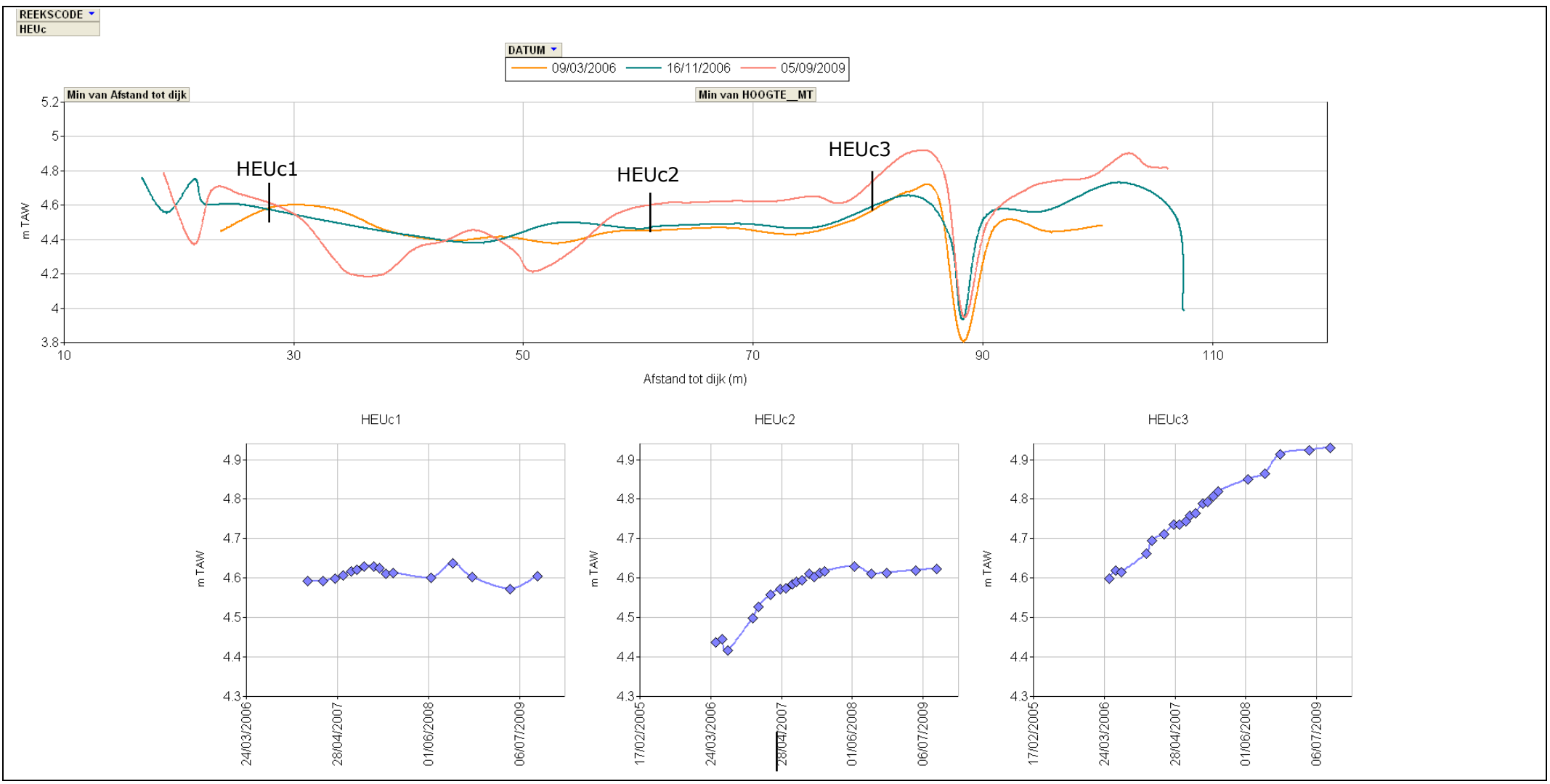
REEKCODE
HEUb

DATUM
16/11/2006 01/10/2007 05/09/2009



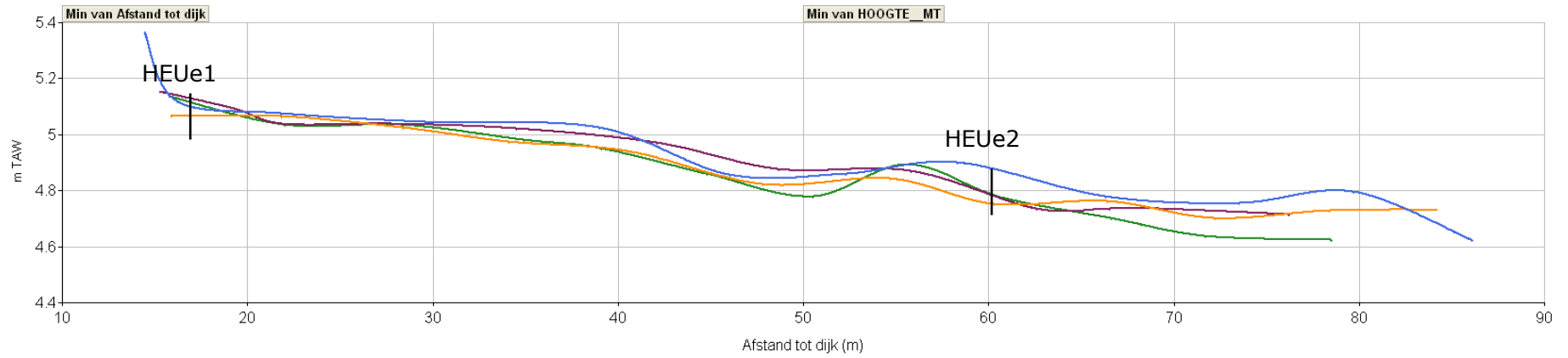
HEUb2



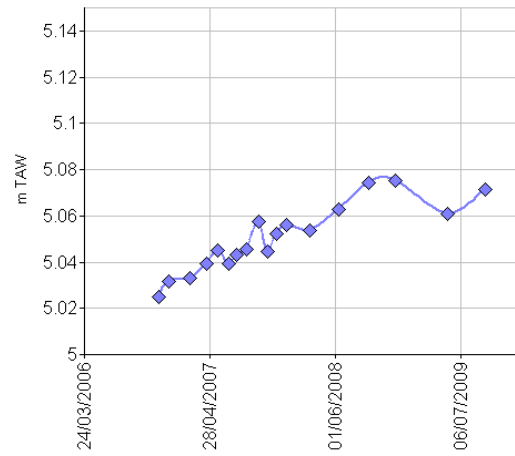


REEKSCODE
HEUe

DATUM
16/11/2006 23/03/2007 01/10/2007 15/04/2008



HEUe1



HEUe2

