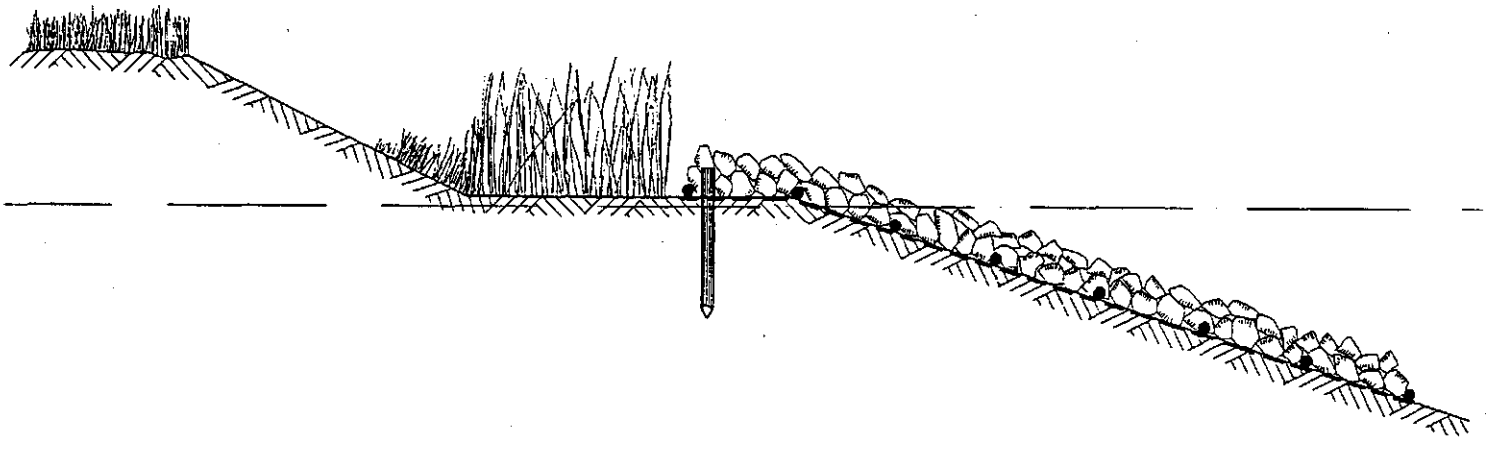
OEVERCONSTRUCTIE-MATERIALEN ALS HABITAT VOOR DE AQUATISCHE MACROFAUNA

Een onderzoek naar de aquatische macrofauna in relatie tot vijf verschillende oeverconstructies in het Prinses Margriet kanaal.



Arjen Koomen

Verslag nummer 2098
Landbouwuniversiteit Wageningen, vakgroep Natuurbeheer, februari 1992.

Voorwoord

Twee personen aan het werk aan de waterkant van het Prinses Margriet kanaal, druk bezig met borstels, zeven en witte bakken. Twee dwazen op zoek naar goud? Misschien twee mafkezen bezig de oever steen voor steen aan het schoonmaken? Het lijkt er wel veel op als twee onderzoekers bezig zijn met het bemonsteren van de aquatische macrofauna in het Prinses Margriet kanaal.
Dit verslag is het resultaat van het onderzoek naar deze macrofauna en hoe deze macrofauna reageert op vijf verschillende oeverbeschoeiingen die in het Prinses Margriet kanaal naast elkaar zijn aangelegd.
Het onderzoek is gedaan in het kader van een afstudeervak Natuurbeheer bij de sectie aquatische ecologie, vakgroep Natuurbeheer, Landbouwuniversiteit Wageningen.
Dank gaat uit naar de personen, die dit onderzoek begeleid hebben of hierbij behulpzaam zijn geweest; J.Gardeniers, J.Cuppen, R.Gijlstra, J.Beyer, E.Peeters en E. de Deckere

Wageningen, dinsdag 11 februari 1992.

Arjen Koomen

SAMENVATTING

Bij de aanleg van een oever moet er niet alleen rekening worden gehouden met de verdedigende functie van de oever. Een oever is multifunctioneel en moet ook als zodanig worden ingericht, niet alleen rekening houdend met de verdedigende functie, maar ook met functies zoals ecologie, landschap, recreatie en visserij en daarnaast ook met de milieu vriendelijkheid van de in de oever verwerkte materialen. Vanuit diverse instanties wordt er op het moment onderzoek gedaan met als doel multifunctionele oevers te creëren die beter voldoen aan de huidige eisen. Dit wordt gecoördineerd door het Project Milieuvriendelijke Oevers. Veel facetten worden bij de onderzoeken belicht, maar in het algemeen wordt er weinig aandacht besteed aan de aquatische macrofauna.
Het doel van dit onderzoek is dan ook een beoordeling geven van de geschiktheid van verschillende oeverconstructie-materialen als habitat voor de aquatische macrofauna. De onderzochte constructie-materialen zijn Netlon-gabions, steenbestorting, grindconstructie en de betonblokkenmatten Terrafix en Armorflex. Deze constructies zijn in opdracht van de Provincie Friesland in 1984 naast elkaar aangelegd in proefvakken in het Prinses Margriet kanaal in Friesland.
De vijf constructies zijn op 27 augustus 1991 bemonsterd. Per constructie zijn vier monsters genomen op circa 40 cm onder het wateroppervlak. De organismen zijn gedetermineerd en geteld. Uit soort-areaalkrommen van de constructies blijkt dat vier monsters per substraat een redelijk compleet beeld geeft van de soorten op de constructies. Alleen bij de gabions is het de verwachting dat niet alle soorten organismen zijn bemonsterd.
Omdat de monsterpunten vlak naast elkaar langs het kanaal liggen, kan worden aangenomen dat op het substraat na, de milieuomstandigheden rond de substraten hetzelfde zijn. Gesteld kan worden dat de verschillen in soortensamenstelling van de verschillende monsterpunten het gevolg zijn van de verschillen in/van het substraat, van de individuele ligging ten opzichte van elkaar en de monstername methodes.
Uit het onderzoek blijkt dat de verschillende constructies verschillende levensgemeenschappen aan aquatische evertebraten herbergen. De soortenrijkdom verschilt per substraat. De grindconstructie is het soortenarmst, daarna de betonblokkenmatten. De gabions en de steenbestorting zijn het rijkst aan soorten.
De levensgemeenschappen op de betonblokkenmatten lijken veel op elkaar en ook de levensgemeenschappen op de gabions en de steenbestorting hebben veel met elkaar gemeen. Het blijkt dat de gevarieerdheid van het substraat een belangrijke factor is voor de vestiging van veel macrofauna soorten. De steenbestorting en de gabions kunnen gezien worden als een gevarieerd substraat, de grindconstructie is een minder gevarieerd substraat en de betonblokkenmatten bieden een nog minder gevarieerd substraat. Ook de begroeiing van het substraat met algen en sponzen heeft invloed op de vestiging van de macrofauna soorten. Alle substraten, op de grindconstructie na, waren begroeid met sponzen en algen.
Bij het aanleggen van oeverconstructies moet er rekening worden gehouden met onder andere hoe de aan te leggen oeverconstructie als habitat voor de aquatische macrofauna fungeert. Als de milieuvriendelijkheid van de constructie zelf hierbij wordt betrokken, kan gesteld worden dat de betonblokkenmatten geen voorkeur voor toepassing genieten. De matten zijn arm aan soorten organismen, zijn bij beschadiging niet te herstellen en zijn moeilijk her te gebruiken. De grindconstructie

geniet evenmin voorkeur als habitat voor aquatische macrofauna. Deze constructie is daarentegen wel goed te onderhouden en het grind valt altijd her te gebruiken. De meeste voorkeur voor toepassing genieten de gabions en de steenbestorting. De soortenrijkdom is in deze constructies het grootst. Echter de korven van de gabions zijn niet geschikt voor hergebruik en de verzinkte draden moeten bij hergebruik van de constructie van het vulmateriaal worden gescheiden. Een steenbestortings-constructie is goed te onderhouden en het constructie-materiaal (basalt) kan goed hergebruikt worden.

OEVERCONSTRUCTIE-MATERIALEN ALS HABITAT VOOR AQUATISCHE MACROFAUNA.

Een onderzoek naar de aquatische macrofauna in relatie tot vijf verschillende oeverconstructies in het Prinses Margriet Kanaal.

1 INLEIDING EN ONDERZOEKSDOEL 1

2 BESCHRIJVING LOKATIE EN OEVERCONSTRUCTIETYPEN 2
- 2.1 Beschrijving lokatie 2
- 2.2 Constructietypen oeververdediging 2

3 MATERIALEN EN METHODEN 5
- 3.1 Monstermethoden 5
- 3.2 Uitzoeken en determinatie 6
- 3.3 Verwerkingsmethodes 6
  - 3.3.1 Clustering 7
  - 3.3.2 Ordinatie 7

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE 8
- 4.1 Evaluatie bemonsteringsstrategie 8
  - 4.2.1 Clustering 9
  - 4.2.2 Ordinatie 14

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 17
- 5.1 Conclusies 17
- 5.2 Aanbevelingen 18

Determinatieliteratuur 19
Literatuurlijst 20

BIJLAGE I: Locatie constructie 21
BIJLAGE II: Overzicht constructie 22
BIJLAGE III: Bodemprofiel 23
BIJLAGE IV: Figuren betonblokken Terrafix en Armorflex 23
BIJLAGE V: Overzicht biosystematiek 24
BIJLAGE VI: Soort-areaalkrommen van de substraten 27
BIJLAGE VII: Gegevens determinatie per monsterpunt 29

1 INLEIDING EN ONDERZOEKSDOEL

De oever vormt de grens tussen het land en het water, waarbij de belangrijkste eis van zowel land- als waterbeheerder is dat deze grens zo degelijk en onderhoudsvrij mogelijk is en zo min mogelijk ruimte in beslag neemt. De natuur- en landschapswaarden van de oever werden hierbij in het verleden veelal niet betrokken. Het gevolg hiervan is dat vele waardevolle en voor het Nederlandse landschap kenmerkende overgangssituaties van water naar land verloren zijn gegaan.
De laatste jaren zijn de ideeën over de functie van een oever veranderd: Een oever is multifunctioneel en moet als zodanig ook worden ingericht, niet alleen rekening houdend met de verdedigende functie maar ook met andere functies zoals ecologie, landschap, recreatie en visserij. Naast deze functies moet er bij de aanleg van een oever ook rekening worden gehouden met de factoren waterbeweging (waterstandswisseling, golfbeweging en stroomsnelheid), geomorfologie (oevervorm en taludhelling) en met het Nederlands milieu- en natuurbeleid. Doelstellingen van het Nederlands milieu- en natuurbeleid zijn het zuiniger omgaan met (grond)stoffen, toepassen van kwalitatief hoogwaardige produkten en produktieprocessen zo inrichten dat geen afval of schadelijke emissies ontstaan, noch tijdens de produktie ervan, noch tijdens gebruik en sloop van de gebruikte materialen (Derde Nota Waterhuishouding, 1989). Veel traditionele oeververdedigingen zoals hardhouten of geïmpregneerd zachthouten verdedigingen voldoen vaak niet aan de eisen van het Nederlandse beleid.
Momenteel wordt er vanuit diverse instanties onderzoek gedaan met als doel multifunctionele oevers te creëren die beter voldoen aan de huidige eisen. Op rijksniveau wordt dit gecoördineerd door het Project Milieuvriendelijke Oevers (er is gekozen voor deze naam en niet voor 'multifunctionele oevers', om het contrast met de gangbare civieltechnische opvattingen over oeververdedigingen te benadrukken (CUR, 1990)). Veel facetten worden bij de verschillende onderzoeken belicht; er wordt gelet op ontwerp, uitvoering, beheer, onderhoud, vegetatie, fauna, water- en bodemkwaliteit en recreatie. Een facet waar in het algemeen niet diep op wordt ingegaan, is de aquatische macrofauna. De in het water levende evertebraten vormen het voedsel van veel (hogere) dieren en zijn van belang als het om de ecologische functie van een oever gaat.
Het doel van het onderzoek 'Oeverconstructie-materialen als habitat voor aquatische macrofauna' is dan ook een beoordeling geven van de geschiktheid van verschillende oeverconstructie-materialen als habitat voor de aquatische macrofauna. De onderzochte constructie-materialen zijn: De betonblokkenmatten Terrafix en Armorflex, Netlon-gabions, steenbestorting en grindconstructie. Deze constructies zijn in opdracht van de Provincie Friesland naast elkaar aangelegd in proefvakken in het Prinses Margriet kanaal in Friesland.

2 BESCHRIJVING LOKATIE EN OEVERCONSTRUCTIETYPEN

2.1 Beschrijving lokatie

De vijf verschillende typen oeververdediging zijn in 1984 langs het Prinses Margriet Kanaal ter hoogte van Uitwellingerga (bij kilometer raai 72.5, stafkaart blad 10H, Sneek) op een traject van 350 meter aangelegd (zie bijlagen I en II). De Provincie Friesland heeft bij de keuze van de typen oeververdediging nadrukkelijk rekening gehouden met het aspect milieuvriendelijkheid (Provincie Friesland, in voorbereiding).
Het kanaal heeft ter plaatse een spiegelbreedte van 63 meter, een bodembreedte van 27 meter en een waterdiepte van 3.6 meter. Het kanaal wordt druk bevaren. Jaarlijks passeren er circa 25.000 vrachtschepen en daarnaast in de zomermaanden circa 70.000 recreatievaartuigen. Om een rustiger vaarwater te verkrijgen, is er door de Provincie Friesland gekozen voor de aanleg van taludoevers. Bij taludoevers treedt er uitdemping van de golfenergie op, waardoor een rustiger vaarwater resulteert, dit in tegenstelling met damwanden (op veel plaatsen in het Prinses Margriet kanaal toegepast) waarbij vrijwel volledige reflectie van de golfenergie optreedt.

2.2 Constructietypen oeververdediging

Met uitzondering van de grindconstructie zijn de proefvakken uitgevoerd in een lichte en een normale uitvoering. De lichte versie is bedoeld om de ondergrens van wat constructief verantwoord is te zoeken, de normale constructie voldoet aan de gangbare (ervarings) ontwerp eisen. Het talud verloopt in een verhouding van 1:3. Achter ieder constructietype (aan de landkant) is een rietberm van twee meter breed aangebracht om de doorgroeibaarheid van de constructie te testen. Het te verdedigen talud bestaat voor een belangrijk deel uit veen (zie bijlage III).
Hieronder volgen beschrijvingen van de constructies. Besproken worden eerst de voor- en nadelen en daarmee ook de milieuvriendelijkheid, van het constructiemateriaal zelf (gegevens uit Adriaanse, 1986 en CUR, 1990), waarna een beschrijving van de constructie in het Prinses Margriet kanaal volgt (gegevens uit Provincie Friesland, in voorbereiding).

Steenbestorting:
Voor steenbestortingen worden eruptiegesteenten (onder andere basalt) gebruikt. Het winnen van het natuursteen tast de bergen aan waar het gesteente wordt gewonnen, het gesteente kan echter altijd weer hergebruikt worden.
Uit de gebruikte eruptiegesteenten vindt in het water geen uitloging plaats. De duurzaamheid is erg groot, het onderhoud bestaat uit een eventuele aanvullende bestorting.
Een geconstrueerde oever van natuursteen biedt in zoetwatersystemen geringe vestigingsmogelijkheden voor de vegetatie.
Voor de constructie in het Prinses Margriet kanaal is een bestorting van 400 kg Maassteen (van 10 tot 80 kilogram) per vierkante meter gebruikt. Deze is gestort op een kraagstuk van filterdoek (Nicolon 66392) met een roosterwerk van wiepen (bundels rijshout).

Netlon-Gabions:
Gabions zijn schanskorven, dit zijn rechthoekige draadkorven, gemaakt van zwaar verzinkt draad. De 'doos' wordt geleverd in een breedte van 1 meter, de lengte is 2, 3 of 4 meter, de hoogte 0.3 tot 1 meter. Schanskorven worden gevuld met stenen, puin of slakken en vormen dan een soepele, duurzame en doorlatende oeverbescherming. Het is mogelijk als bovenste vullaag rietzoneplantkluiten/zoden aan te brengen. Voor een goede doorgroei is de aanwezigheid van voldoende grond tussen de stenen een voorwaarde.
Een nadeel van deze constructie is dat er uitloging van het zink plaats vindt. Verdere uitloging is afhankelijk van het vulmateriaal. Na het gebruik moet het verzinkte gaas apart worden opgeruimd; het vulmateriaal kan opnieuw worden gebruikt. Er is weinig of geen onderhoud aan de gabions, alleen bij bezwijken of beschadiging moet de constructie vervangen worden.
De schanskorven die in het Prinses Margriet kanaal zijn toegepast, hebben een lengte van 4, een breedte van 1.05 en een hoogte van 0.17 meter. De korven zijn geplaatst op een Trevira filterdoek, spunboundvlies 270. Als vulling voor de schanskorven is gebruik gemaakt van staalslakken. Bij staal slakken treedt uitloging op. Tijdens de monsternamen zijn op de slakken ijzeroxiden waargenomen.

Armorflex-matten:
In principe lijkt de toepassing van dit materiaal op die van de oudere Gobi-matten. Het verschil is dat de betonblokken niet op een kunststofdoek zijn gelijmd maar onderling verbonden zijn met kabels en een aan-éénschakeling, zodat een halfsteensverband ontstaat. Onder de Armorflex wordt kunststoffilterweefsel toegepast. Onder het weefseldoek ontstaat door uitspoeling van fijne deeltjes een natuurlijke filter opbouw. Als de geprofileerde betonblokken dichtgeslibd zijn of met grond zijn opgevuld, kan er begroeiing op ontstaan.
Door de opbouw van de matten, reduceren ze de golfoploop en zijn ze flexibel. Door de flexibiliteit volgen de matten plaatselijke verzakkingen in de ondergrond, waardoor onderspoeling nagenoeg is uitgesloten.
Uitloging van het materiaal (stabilisatoren in het geotextiel) vindt nauwelijks plaats. De produktie van de materialen vergt echter veel energie en grondstoffen.
Armorflex is vrijwel niet te repareren. Ook tussenvoegen van een nieuwe mat is vrijwel onmogelijk. De blokken moeten na gebruik geheel geruimd worden en door de onderlinge bevestiging is hergebruik waarschijnlijk niet mogelijk.
Bij een goede dimensionering is er weinig onderhoud. Om oplichten en afschuiven van de constructie te voorkomen, moeten de onder- en de bovenzijde van het weefsel goed worden verankerd. Doorgroei is noodzakelijk om de matten goed aan de ondergrond te hechten. Nette aanleg in bochten van constructies bestaande uit een kunststoffilterdoek met erop een betonblokken afdeksysteem is veelal moeilijk of onmogelijk. Dit is een groot nadeel. Daarnaast zal bij oevers met sterke golfaanval grond tussen de blokken worden uitgespoeld, zodat van plantengroei in de oeverzone geen sprake zal zijn. Mogelijk kan plantengroei wel optreden op beschut gelegen oevers (weinig scheepvaart, geringe strijklengte). In de boven de (hoog-)waterlijn gelegen oever zal zeker plantengroei ontstaan als de tussenruimten worden gevuld met grond. De onbegroeide oeververdediging is niet erg fraai van aanzien als gevolg van de onregelmatige ligging van de matten.

Voor het proefvak in het Prinses Margriet kanaal zijn twee typen betonblokken gebruikt, te weten A180 en A215 (zie bijlage IV). De blokdikte is voor beide typen 0.11 meter. De breedte van de gebruikte matten is 3 meter. De blokkenmat is op een filterdoek (Nicolon 66392) aangebracht.

Terrafix-matten:
Deze constructie lijkt veel op een aantal andere matten zoals de Gobi- en de Armorflex-matten. Het principe is steeds: beton-elementen op een kunststoffilterdoek of op een vlies van synthetische stapel-vezels. Bij toepassing van een vlies zal de doorgroei van wortels waarschijnlijk niet plaatsvinden, omdat dit in principe dicht is. Het voordeel van vlies ten opzichte van filterdoek is de grotere stroefheid zodat betonblokkenmatten beter op hun plaats blijven.
Bij de Terrafix-constructie vormen veranderingen in de hellingshoek zwakke punten in de constructie. Er geldt verder hetzelfde als voor Armorflex.
De breedte van de in het Prinses Margriet kanaal gebruikte matten is 4 meter. De blokken (zie bijlage IV) hebben een dikte van 0.08 en 0.1 meter. De mat is aangebracht op een filterdoek (Naue non-woven polyestervlies PES 300).

Grindconstructie:
Het grind komt in Nederland van de Maasterrassen, soms de Rijn of de zee. Het materiaal bestaat uit diverse soorten natuursteen. Wanneer het grind uit de zee afkomstig is bestaat een groot percentage ervan uit vuursteen. Ontgrindingen leiden aan de Maasoevers tot sterke ecologische aantastingen van de plaatselijke ecosystemen. Uit dit oogpunt dient het gebruik ervan te worden beperkt.
Grind heeft een relatief laag uitlogingspercentage. De stoffen die bij uitloging van belang zijn, zijn koper en zink.
Na opslibbing van het grind kan het vestigingsmogelijkheden voor planten bieden.
De duurzaamheid van het grind is zeer groot. Het onderhoud is afhankelijk van de belastingen en gebeurt door het aanstorten van nieuw grind.
Voor de constructie in het Prinses Margriet kanaal zijn kiezels gebruikt met een korrelgrootte van 30 mm en groter. Het grind is gestort met 4 m^3/m^1 op een filterdoek (Terram 1000; thermisch gebonden polypropyleenvlies).

3 MATERIALEN EN METHODEN

Er is vanaf het begin vanuit gegaan dat de monsters zo goed mogelijk kwantitatief genomen moeten worden, zodat de resultaten goed met elkaar te vergelijken zijn. Begin augustus is de locatie bekeken en is er een proefbemonstering gedaan. De echte bemonstering vond plaats op 27 augustus 1991. Alle monsters werden op circa 40 cm onder het wateroppervlak genomen. Geprobeerd is alle organismen binnen een bepaald wateroppervlak mee te nemen. Dit brengt met zich mee dat er in de verschillende proefvakken verschillende monstermethoden zijn toegepast. Alle monsters zijn gespoeld over een 0.5 mm zeef. De organismen zijn ter plekke in de alcohol geconserveerd.
Binnen de vijf proefvakken werden per vak vier monsterpunten aselect (indien mogelijk) gekozen, zonder rekening te houden of ze in de lichte of normale uitvoering van de constructie lagen. Verwacht werd dat vier monsternamen per substraat een voldoende betrouwbaarheid zouden geven van het aantal soorten en individuen in en op de substraten. Of de vier monsterpunten per substraat een voldoende betrouwbaarheid geven, is statistisch moeilijk aan te tonen. Dit komt onder andere door de vele nullen in de gegevens, de niet normale verdeeldheid van de gegevens en de (slechts) vier monsternamen per substraat. De betrouwbaarheid van de resultaten hangt daarom samen met de tijd die er in het onderzoek wordt gestopt. Hoe meer monsters er per substraat worden genomen en verwerkt, hoe betrouwbaarder de resultaten zijn (en ook de statistische toetsen worden daarmee meer betrouwbaar).
Om aan te tonen of het merendeel van de soorten in de monsters aanwezig is kunnen soort-areaalkrommen worden toegepast. In een grafiek worden de monsterpunten per substraat uitgezet tegen het netto aantal bemonsterde soorten. Er ontstaat dan een kromme die in het oneindige horizontaal zal lopen. Gesteld kan worden dat het aantal monsternamen representatief voor het substraat zal zijn indien de kromme niet meer te sterk stijgt.

3.1 Monstermethoden

- Steenbestorting
  Binnen het proefvak werd aselect een basaltblok uit het water gehaald en in een bak gezet. Aangezien het blok wel tilbaar moest zijn, zijn er alleen kleinere blokken (naar schatting rond de 20 kilo) bemonsterd. Binnen de bak zijn de organismen van het blok afgeborsteld en gespoeld. Het oppervlak van de waterkolom boven het blok is geschat door binnen een schets van het blok op ruitjespapier de hokjes te tellen. De blokken onder het bemonsterde bovenliggende basaltblok zijn niet betrokken bij de bemonstering.
- Netlon-Gabions
  De bemonstering van de gabions is gedaan op beschadigde stukken. Indien deze beschadigingen niet aanwezig waren geweest, was het bemonsteren van organismen in deze constructie een probleem geweest. Er is bemonsterd daar waar het gaas gebroken was en waar dus een gat in de korf zat. Van het gat werd het oppervlak geschat. Het loszittende gaas is afgeborsteld boven een witte bak. Vanuit het gat is een laag van het substraat (staalslakken) tijdelijk

verwijderd. Van deze afvalslakken zijn de organismen afgeborsteld en in een bak gespoeld.

- Armorflex en Terrafix
  Als monstername oppervlak is één blok genomen. Omdat de betonblokken met kabels aan elkaar vast zaten, was het niet mogelijk een deel van het substraat uit het water te lichten. Daarom is de monstername van deze constructies onder water gebeurd en in twee etappes. Eerst werden met een borstel de organismen in het met algen en sponzen begroeide oppervlak in een netje geborsteld, daarna werd tussen de blokken (aan een korte en een lange zijde) alles zo goed mogelijk met de hand verwijderd en onderzocht op organismen. Bij de Armorflex constructie waarbij twee typen betonblokken zijn toegepast, is alleen de open blok soort bemonsterd.
- Grindconstructie
  De grindconstructie is bemonsterd door een perspex cilinder op het te bemonsteren oppervlak te plaatsen. Binnen deze cilinder werd een laag van het grind verwijderd. Van het verwijderde grind zijn de organismen afgeborsteld en gespoeld in een bak. De organismen in de waterkolom in de cilinder zijn er met een netje uitgeschept.

3.2 Uitzoeken en determinatie

De monsters zijn met het blote oog uitgezocht in een witte bak. De organismen zijn verzameld en geconserveerd op 80% alcohol.
Alle determinaties zijn uitgevoerd met een stereomicroscoop en/of microscoop. De determinatie literatuur is in de aparte determinatieliteratuurlijst vermeld. In bijlage V wordt vermeld tot op welk niveau de organismen zijn gedetermineerd. Er is getracht de organismen tot op soort te determineren. Dit was niet altijd mogelijk, aangezien de determinatieliteratuur niet altijd geschikt was of doordat veel organismen in een juveniel stadium verkeerden.

3.3 Verwerkingsmethodes

Om een ecologische situatie statistisch te beschrijven kunnen verschillende methoden gebruikt worden zoals clustering, regressie en ordinatie. Clustering is een techniek die gegevens structureert in groepen en zo dus ordening aanbrengt in de gegevens. Regressie kan gebruikt worden om een mathematische beschrijving te geven van de respons van een afhankelijke variabele ten opzichte van de verandering van een onafhankelijke variabele. Ordinatie is een verzamelnaam voor een groot aantal technieken die in de ecologie gebruikt wordt om monsters te rangschikken op grond van de soortensamenstelling.
Met regressie is het mogelijk telkens één organisme en zijn relatie met milieufactoren te beschrijven. Aangezien er in dit onderzoek sprake is van meerdere organismen die ook elkaar beïnvloeden, is regressie niet zo geschikt voor de in dit onderzoek uit te voeren verwerkingen. In dit onderzoek zal met name clustering en ordinatie gebruikt worden.

3.3.1 Clustering

Het doel van de clusteranalyse is om een aantal elementen in te delen in groepen op basis van de kenmerken van die elementen. De verschillende methodes streven ernaar om binnen de groepen zoveel mogelijk overeenkomstige elementen te plaatsen (Looman, 1982). Er zijn verschillende clusteringsmethoden zoals agglomeratief clusteren, relocatie en divisief clusteren (Looman, 1982). Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de divisieve clusterings methode.
Divisief clusteren is het omgekeerde van agglomeratief clusteren: Men begint met één cluster dat alle elementen omvat. Deze wordt in tweeën gedeeld, elk van de nieuwe clusters wordt weer gesplitst, enzovoorts totdat uiteindelijk elk element in een afzonderlijk cluster zit. Aanvankelijk waren de meeste divisieve methodes monothetisch, dat wil zeggen dat de clusters worden ingedeeld op grond van één variabele. Later ontwikkelde men polythetische methoden, waar men met meer dan één variabele de verdeling bepaald. Omdat een polythetische methode homogenere groepen oplevert wordt deze methode boven de monothetische verkozen (Looman, 1982).
Eén van de meest gebruikte divisieve polythetische clustertechnieken is het computer programma Two Way INdicator SPecies ANalyses (TWINSPAN, (Hill, 1979)). TWINSPAN is een programma waarin zowel soorten als monsters worden geclassificeerd. Nadat het programma de monsters met behulp van ordinatie heeft geclassificeerd, gebruikt het deze monsterclassificatie om de soorten te rangschikken volgens hun ecologische voorkeur.
Eén van de basis ideeën achter TWINSPAN is dat elke groep van monsterpunten gekarakteriseerd kan worden door een groep van kenmerkende soorten (Jongman et al., 1987). Dit zijn soorten met een kenmerkende voorkeur, zodat hun aanwezigheid gebruikt kan worden om bepaalde milieucondities te herkennen. De basisactiviteit van TWINSPAN is het maken van tweedelingen.
In dit onderzoek worden de gegevens over het voorkomen van evertebraten in de monsterset van het Prinses Margriet kanaal met behulp van dit programma geclusterd. Met de beschikbare kennis over de reactie van de verschillende soorten op het substraat kan getracht worden aan te geven wat de organismen binnen de verschillende clusters gemeen hebben.

3.3.2 Ordinatie

Ordinatie is een verzamelnaam voor een groot aantal technieken dat in de ecologie gebruikt wordt om monsterpunten te rangschikken (ordenen). Dit kan onder andere op grond van hun soortensamenstelling. Ordinatie wordt toegepast om multivariate gegevens op een overzichtelijke wijze weer te geven in de vorm van diagrammen waarin de punten de monsterpunten of de soorten voorstellen. Ordinatie moet er zorg voor dragen dat de punten in dit diagram onderling zo gerangschikt zijn, dat dicht bij elkaar gelegen punten corresponderen met gelijksoortige monsters of soorten en ver uit elkaar gelegen punten met ongelijksoortige monsters of soorten. De afstand tussen de punten is omgekeerd evenredig met de similariteit.
De ordinatie technieken zijn in twee hoofdgroepen in te delen; lineaire en unimodale technieken. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een unimodale techniek; Detrended Correspondence Analysis (DCA), dit is een indirecte ordinatie methode (zie Jongman et al, 1987).

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 Evaluatie bemonsteringsstrategie

Omdat de monsterpunten vlak naast elkaar langs het kanaal liggen, kan worden aangenomen dat op het substraat na, de milieuomstandigheden rond de substraten hetzelfde zijn. Gesteld kan worden dat de verschillen in soortensamenstelling van de verschillende monsterpunten het gevolg zijn van de verschillen in/van het substraat, van de individuele ligging ten opzichte van elkaar en de monstername methodes.
Zoals eerder vermeld is de monstername van de verschillende substraten niet op dezelfde wijze gebeurd. Dit kan problemen geven bij de interpretatie van de gegevens. Hieronder wordt kort de bemonstering geëvalueerd.
Alleen bij het grind substraat kon de bemonstering dusdanig worden gedaan dat mobiele organismen niet weg konden vluchten. Bij de monstername van de andere substraten is dit wel mogelijk geweest. Bij de bemonstering van de steenbestorting en de gabions kon dit bij het weghalen van het substraat uit het water. Bij de blokkenmatten konden de mobiele organismen continu wegvluchten, omdat deze substraten onder water zijn bemonsterd. Het is dus mogelijk dat bij deze substraten een lager aantal mobiele organismen is bemonsterd dan er eigenlijk onder het bemonsterde wateroppervlak aanwezig was.
Bij het grind substraat en de betonblokkenmatten is het bemonsterde wateroppervlak vrij nauwkeurig bepaald, bij de steenbestorting en de gabions is dit geschat. Het geschatte oppervlak kan dus een kleine afwijking hebben ten opzichte van het werkelijke oppervlak.
Bij de steenbestorting is telkens alleen een bovenste basaltblok bemonsterd. De organismen die onder dit blok, op andere blokken of in slib of sediment zaten, zijn bij de bemonstering niet meegenomen. Zo is het mogelijk dat typische sediment en slibbewoners bij deze bemonstering niet zijn meegenomen.
Bij de betonblokkenmatten is het mogelijk dat, doordat de betonblokken bij de bemonstering niet opgelicht konden worden, soorten die echt onder de betonblokken zitten bij de bemonstering niet zijn meegenomen.
In bijlage VI zijn de soort-areaalkrommen van de substraten gegeven. Er blijkt dat na vier monsternamen bij de betonblokkenmatten, de grindconstructie en de steenbestorting de meeste soorten wel zijn bemonsterd (de grafiek is bij de vierde monstername flink afgevlakt). Bij de gabions blijkt echter dat er na vier monsternamen nog meer soorten in het substraat te verwachten zijn. Het was beter geweest dit substraat uitgebreider te bemonsteren met vijf of zes monsternamen.

4.2 Evaluatie determinatie en analyse

In bijlage VII zijn de determinatie-gegevens in tabellen uitgezet. Uit tabel 1 blijkt dat de soortenrijkdom in de monsterpunten op de grindconstructies en de betonblokkenmat Terrafix armer is dan op de betonblokkenmat Armorflex, de gabions en de steenbestorting. Aangezien de onbewerkte gegevens onoverzichtelijk en verder moeilijk te interpreteren zijn, zijn er verschillende methoden gebruikt om meer helderheid te scheppen in de gegevens. Deze methoden zijn in hoofdstuk 3 al besproken.

Tabel 1: Aantal soorten organismen per monsterpunt

	monsternummer:				
	1	2	3	4	totaal
Grindconstructie	11	12	11	11	14
Terrafix	13	11	10	12	16
Armorflex	15	13	19	14	21
Netlon-Gabions	17	15	14	18	24
Steenbestorting	13	18	15	13	22

4.2.1 Clustering

De resultaten van TWINSPAN worden in tabel 3 en in de figuren 6 en 7 gegeven. Er is bij TWINSPAN gebruik gemaakt van de 'cutlevels' 0, 25, 100, 250, 500, 1000 en 2000. Bij voorstudies met de set gegevens, is gebleken dat andere 'cutlevels' weinig tot geen invloed hebben op de resultaten van het programma. Ook een wat meer logaritmische schaal (de organismen uit de monsters zijn niet normaal over het substraat verdeeld) heeft weinig invloed.
Hieronder worden de meest opvallende resultaten van TWINSPAN besproken. Helaas is er niet veel bekend over hoe organismen op specifieke substraten reageren. Indien in de literatuur iets gevonden is waarmee de positie van het organisme in de ecologische tabel benoemd kan worden, is dit vermeld.
Het programma TWINSPAN splitst de monsterpunten in twee groepen: De steenbestorting met de gabions en de betonblokkenmatten met de grindconstructie. De betonblokkenmatten en de grindconstructie kunnen in deze groep weer als aparte groepen gezien worden. Het blijkt uit de soortensamenstellingen dat de evertebraten geen specifieke voorkeur hebben voor de twee betonblokkenmatten. In tabel 2 wordt een eenvoudige indeling van de aard van het substraat weergegeven. Het blijkt dat met een dergelijke indeling drie groepen ontstaan overeenkomend met de resultaten van TWINSPAN. Aan de hand van tabel 2 kan geprobeerd worden de posities van de verschillende organismen in de ecologische tabel (tabel 3) te benoemen c.q. te verklaren.
Veel soorten zoals *Cricotopus bicinctus*, *Cricotopus* subgenus *isocladius*, *Gammarus tigrinus*, *Dicrotendipes* gr. *nervosus*, *Glyptotendipes spec.* en *Erpobdella spec.* komen op alle vijf de substraten algemeen voor. Deze soorten reageren blijkbaar niet sterk op de verschillen in de substraten. Wel blijken de larven van de genera *Cricotopus*, *Dicrotendipes* en *Glyptotendipes* in aantallen meer voor te komen op de steenbestorting en de gabions dan op de betonblokkenmatten en de grindconstructie. Dit zou kunnen liggen aan een grotere voedselrijkdom op de gabions en de steenbestorting. Het verschil in aantallen van de soort *Gammarus tigrinus* op de verschillende monsterpunten kan goed liggen aan de manier van bemonsteren. Het is dus niet verstandig aan deze aantals verschillen indicaties te verbinden.

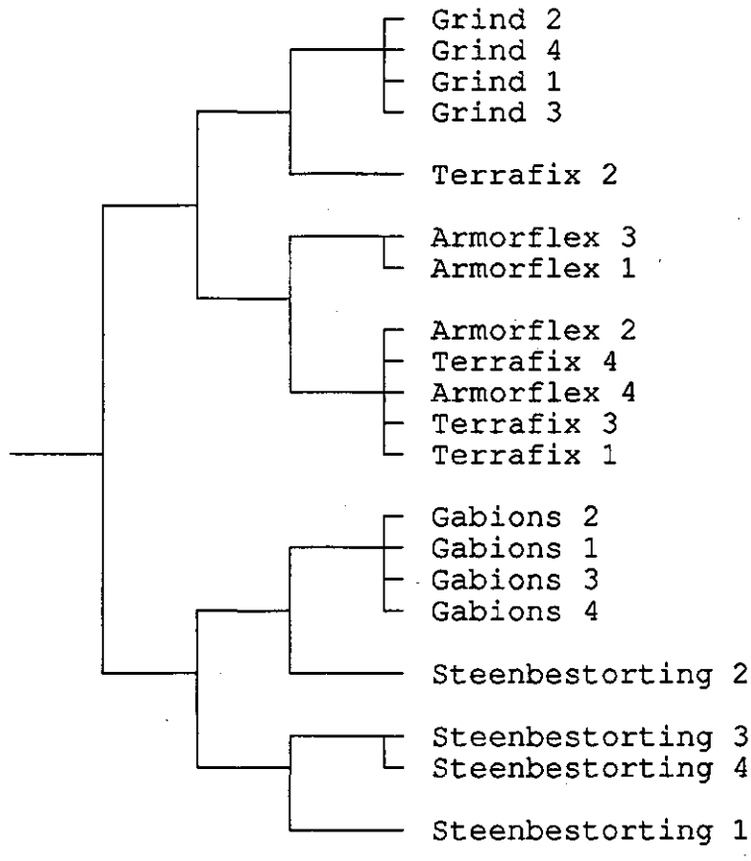
Tabel 2: Eenvoudige indeling in verschillende karakteristieken van de substraten

	Steenb.	Gabions	Armorfl.	Terraf.	Grind
gevarieerdheid van het substraat	+	+	-	-	+/-
begroeidheid van het substraat	+	+	+	+	-
slibgehalte van het substraat	+/-	+/-	+	+	-

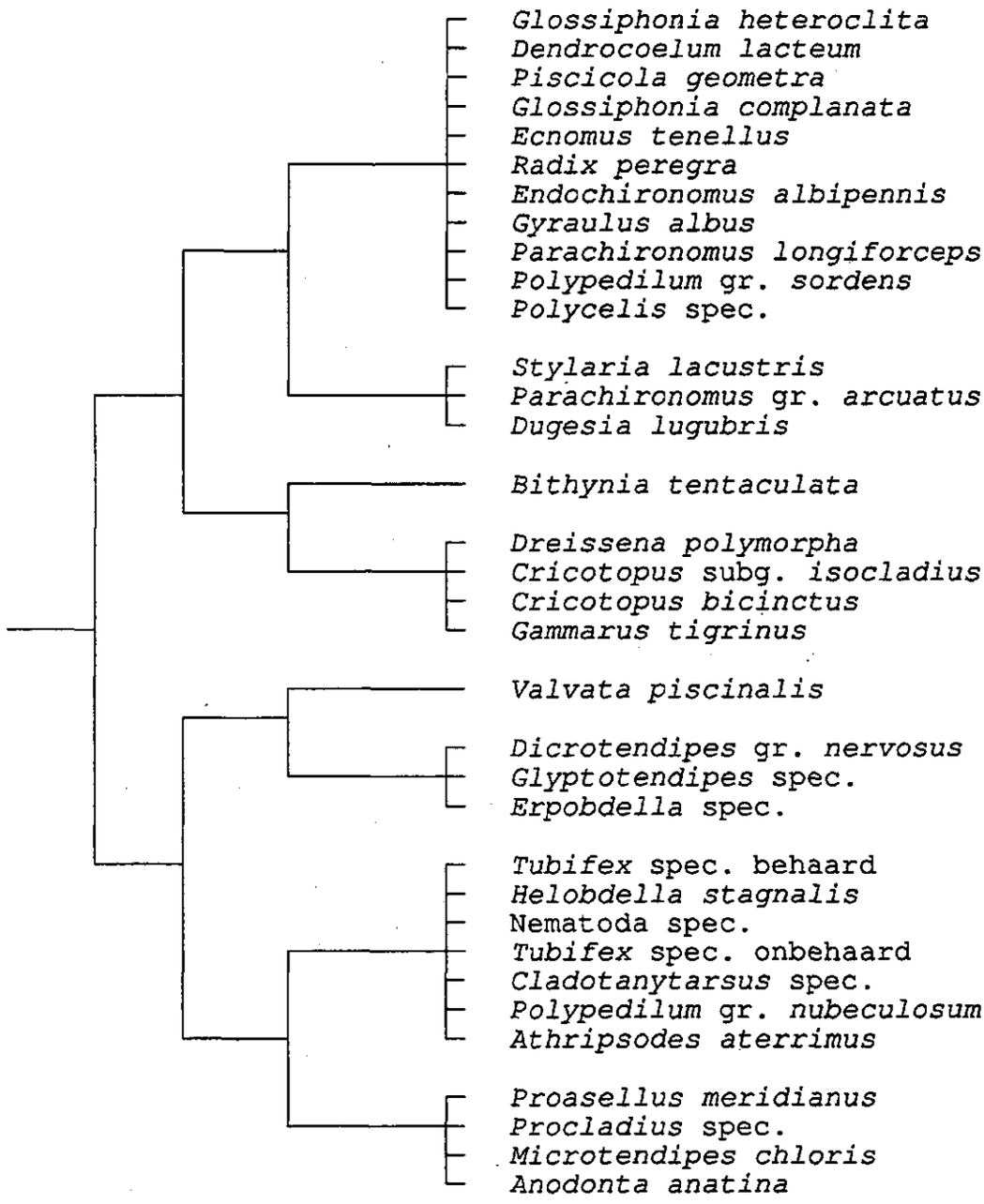
De eerste splitsing in de ecologische tabel (tabel 3), waarbij de steenbestorting en de gabions apart worden gezien van de betonblokkenmatten en de grindconstructie, zou het gevolg kunnen zijn van de gevarieerdheid van het substraat. De steenbestorting en de gabions kunnen gezien worden als een gevarieerd substraat. Deze substraten zitten bijvoorbeeld vol met kleinere en grotere ruimtes en hebben kleinere en grotere oppervlakten in verschillende hoeken ten opzichte van de stroming en het licht. Dit biedt allerlei micro-habitats voor verschillende organismen. De grindconstructie is een wat minder gevarieerd substraat, de kiezels zijn rond en de ruimtes tussen het grind zijn minder divers. De betonblokkenmatten bieden een nog minder gevarieerd substraat; veel vlakken in dezelfde richtingen en van hetzelfde formaat en weinig verscheidenheid in open ruimtes in het substraat.
Soorten die voor de gevarieerdheid van het substraat gevoelig kunnen zijn, staan linksboven in tabel 3. Deze soorten komen specifiek voor op de gabions en op de steenbestorting. Voorbeelden hiervan zijn de mollusken *Radix peregra* en *Gyraulus albus*. In de literatuur staat over alle bemonsterde soorten mollusken (zie bijlage I voor de soorten) dat ze algemeen voorkomend zijn en weinig eisen stellen aan het milieu (Janssen, 1965). Maar naar de onderzoeksresultaten is het duidelijk dat de mollusken kieskeurig zijn wat betreft het substraat waarop zij leven. Ook de larven van *Ecnomus tenellus* blijken een sterke voorkeur voor de gabions en de steenbestorting te hebben. Over de leefgewoonten van de larven van *Ecnomus tenellus* is eigenlijk nog weinig bekend (Edington,1981). De soort is bij andere onderzoeken gevonden in dicht begroeide algenbedden, maar ook op stenige oppervlakten begroeid met sponzen (Edington, 1981). Alle constructies op de grindconstructie na waren dicht begroeid met algen en sponzen. Dat de soort niet op de betonblokkenmatten voorkomt heeft dus kennelijk nog met andere eigenschappen van de constructies, zoals de gevarieerdheid van het substraat, te maken.
Een soort die reageert op de drie meer natuurlijke substraten; steenbestorting, gabions en grind, is *Stylaria lacustris*. Het blijkt uit de gegevens dat deze soort bijna niet op de betonblokkenmatten voorkomt. *Stylaria lacustris* is een vrijzwemmend organisme (Sperber, 1950) en kan dus migreren. Dat de soort niet op de betonblokkenmatten voorkomt komt dus waarschijnlijk door de aard van het substraat.

Uit tabel 3 blijkt dat er ook een groep soorten is die voorkeur lijkt te vertonen voor de betonblokkenmatten en de grindconstructie. Een voorbeeld hiervan zijn de tubificiden. Echter de tubificiden komen voor in slijk- en zandbodems van stilstaand en stromend water (Brinkhurst, 1971). Het is dus goed mogelijk dat bij het bemonsteren van de steenbestorting de tubificiden niet zijn meegenomen omdat deze zich eventueel in het sediment onder de basaltblokken hebben gevestigd. Hierdoor is het niet mogelijk om een zinnige uitspraak te doen over het voorkomen van Tubificiden in de substraten.
De grindconstructie blijkt het substraat met de minste soorten. Er zijn twee soorten die duidelijk positief reageren op de grindconstructie en dat zijn *Polypedilum* gr. *nubeculosum* en *Helobdella stagnalis*. Met de gevonden gegevens in de literatuur is niet te verklaren waarom *Polypedilum* gr. *nubeculosum* een uitgesproken voorkeur heeft voor het grindsubstraat boven de andere substraten. Over *Helobdella stagnalis* wordt in de literatuur vermeld dat de soort vooral stenig substraat prefereert met veel plantengroei (Dresscher & Higler, 1982). De gladheid en dus ook de begroeidheid van het substraat zou hier van belang kunnen zijn. Alle substraten behalve de grindconstructie, waren dik begroeid met algen en sponzen.
Op de grindconstructie blijken zich geen mollusken te vestigen. Kennelijk biedt het grind geen goede leefomstandigheden voor de mollusken. Dit kan komen doordat het grind met de golfslag heen en weer rolt.

figuur 6: TWINSPAN dendrogram monsterpunten



figuur 7: TWINSPAN dendrogram organismen



tabel 2: TWINSPAN ecologische tabel

	17	20	19	18	16	15	13	14	5	7	12	8	10	9	11	6	3	1	4	2		
Glossiphonia heteroclita	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Dendrocoelum lacteum	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Piscicola geometra	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Glossiphonia complanata	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Ecnomus tenellus	1	1	-	2	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Radix peregra	-	1	1	3	-	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Endochironomus albipennis	-	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Gyraulus albus	1	2	2	3	2	3	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Parachironomus longiforceps	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Polypedilum sordens	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	
Polycelis spec.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	3
Stylaria lacustris	-	-	1	2	2	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	110	
Parachironomus arcuatus	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	110	
Dugesia lugubris	-	-	1	2	1	-	-	2	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	110	2
Bithynia tentaculata	1	-	1	5	4	5	5	4	3	2	3	2	2	3	1	-	-	-	-	-	101	3
Dreissena polymorpha	3	3	3	7	5	5	4	5	4	6	4	4	4	3	3	2	-	-	-	-	100	
Cricotopus isocladius	6	4	3	3	3	4	4	3	2	3	2	3	3	1	3	2	-	2	2	2	100	
Cricotopus bicinctus	4	2	1	1	1	2	4	3	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	100	
Gammarus tigrinus	7	7	7	7	7	7	7	7	4	3	5	5	5	6	6	4	7	7	7	5	100	1
Valvata piscinalis	-	-	1	-	-	-	-	2	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	011	3
Dicrotendipes nervosus	6	5	6	6	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	6	5	5	4	5	4	010	
Glyptotendipes spec.	5	5	5	6	5	6	6	5	4	4	6	5	6	5	7	4	5	5	4	4	010	
Erpobdella spec.	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	010	2
Tubifex spec. behaard	-	-	-	-	3	-	2	2	-	-	1	2	2	1	4	1	2	2	2	1	001	
Helobdella stagnalis	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	-	1	-	2	2	2	2	001	
Nematoda	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	1	1	2	1	1	2	2	1	-	-	001	
Tubifex spec. onbehaard	-	-	-	1	-	-	1	3	1	2	4	3	5	2	5	3	4	5	3	3	001	
Cladotanytarsus spec.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	001	
Polypedilum nubeculosum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	2	1	001	
Athripsodes aterrimus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	001	3
Proasellus meridianus	-	-	-	-	1	2	-	-	1	-	1	-	1	4	4	-	-	-	-	-	000	
Procladius spec.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	000	
Microtendipes chloris	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	000	
Anodonta anatina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	000	
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1		
	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1		
divisie:			3		2	3				1					3		2	3				

Grind : 1,2,3,4 Armorflex: 9,10,11,12 Steenbestorting: 17,18,19,20
Terrafix: 5,6,7,8 Netlon-Gabions: 13,14,15,16

4.2.2 Ordinatie

Bij de ordinatie is gebruik gemaakt van detrended correspondence analysis (DCA). Bij vooronderzoek met de monsterset is gebleken dat een unimodaal model beter op de gegevens toegepast kon worden dan een lineair model (de range tussen de monsterscores is meer dan 2.0 SD (zie Jongman et al., 1987)). Het detrenden bleek ook nodig omdat de ordinatie zonder detrending een kleine hoefijzer vorming toonde (zie Jongman et al., 1987). Verder is bij de ordinatie gebruik gemaakt van 'down weighting' van de zeldzamere soorten.

De resultaten van de ordinatie staan weergegeven in de figuren 8 en 9. De figuren zijn symmetrisch geschaald waardoor de figuren in elkaar geprojecteerd mogen worden.

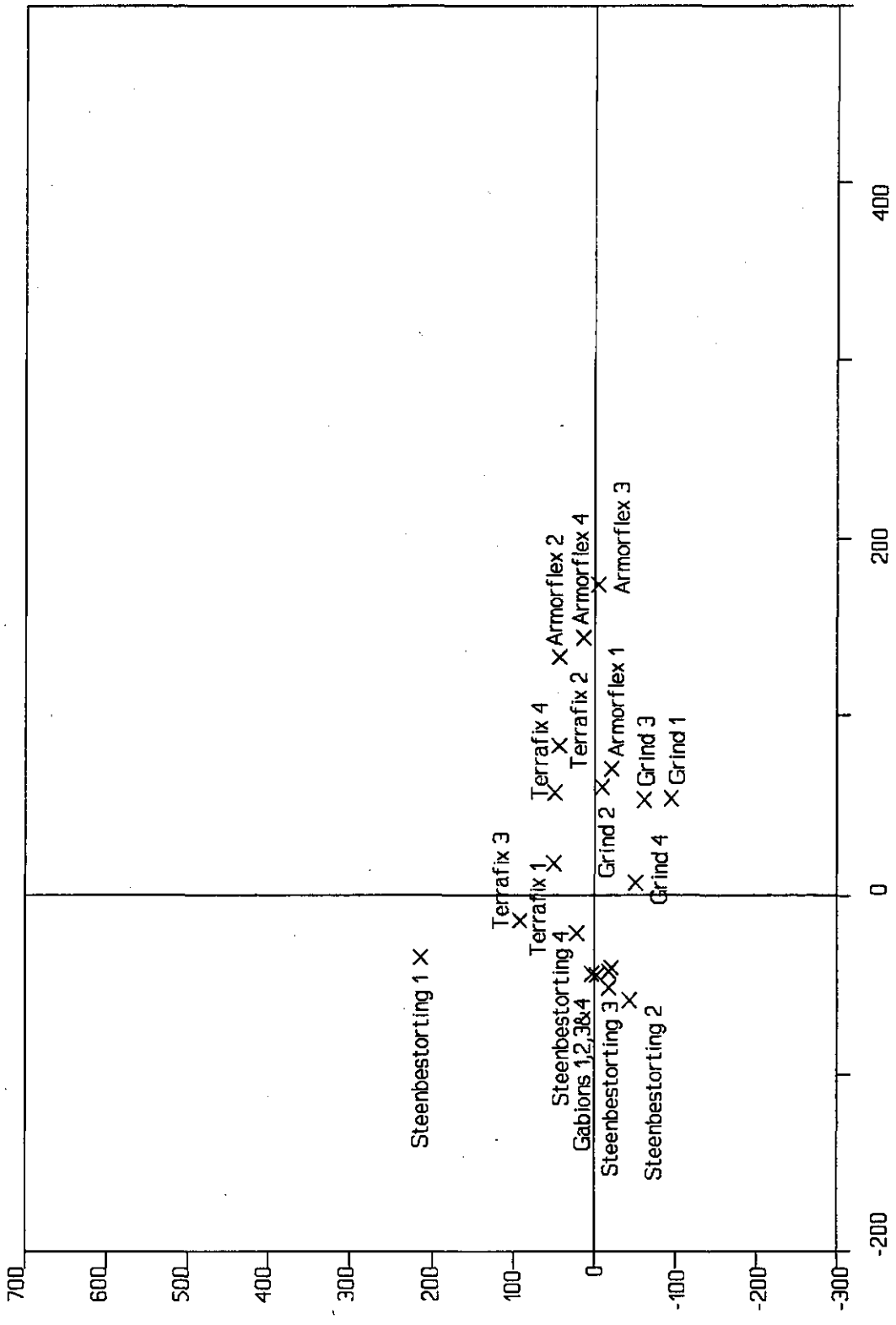
DCA scheidt de verschillende substraten redelijk. Dit geeft een indicatie dat de substraten ingedeeld kunnen worden naar het type levensgemeenschap dat op de substraten leeft en dus dat deze levensgemeenschappen op de substraten van elkaar verschillen. Dit blijkt de TWINSPAN resultaten te bevestigen. De verklaring van de assen in het ordinatiediagram moet gezocht worden in het substraat, aangezien het substraat de enige milieuvariabele is die op de monsterpunten verschillend is.

De spreiding op de x-as zou verklaard kunnen worden door de gevarieerdheid van het substraat. Zoals eerder vermeld kunnen de steenbestorting en de gabions gezien worden als een gevarieerd substraat, de grindconstructie als een wat minder gevarieerd substraat en de betonblokkenmatten als een nog minder gevarieerd substraat.

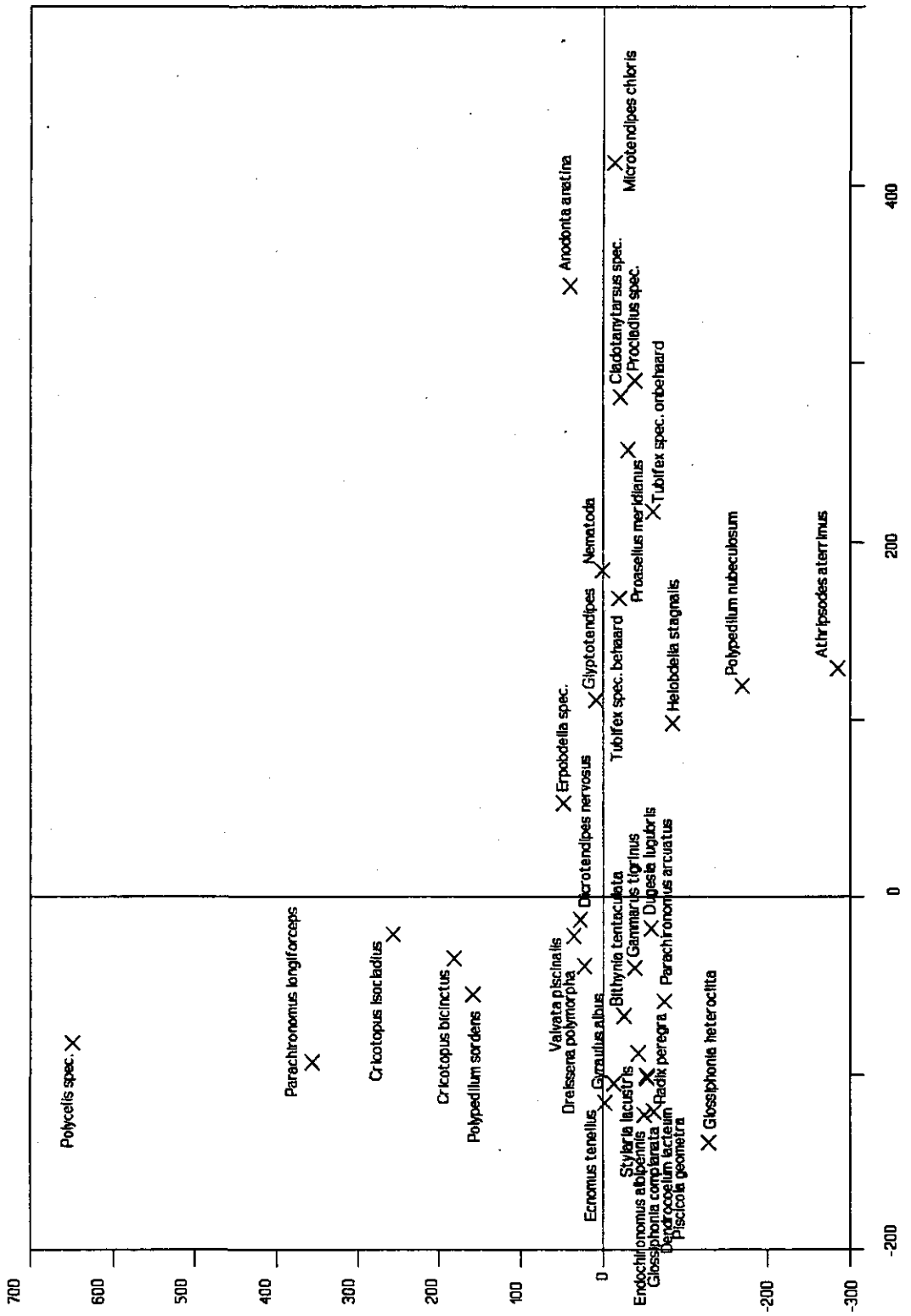
Als men naar het figuur met organismen kijkt zou de y-as verklaard kunnen worden naar de mate van begroeidheid van het substraat met algen en sponzen. Zo komt *Parachironomus* gr. *longiforceps* alleen voor op sponzen (Moller Pillot, 1984 deel 1A) en de larven van het genus *Cricotopus* en van de soort *Polypedilum* gr. *sordens* hebben als hoofdvoedsel algen en detritus (Moller Pillot, 1984 deel 1A). Deze organismen zijn dus gebaat bij een begroeiing van het substraat met algen en sponzen.

Tijdens de monstername bleek dat vooral de substraten met grote vlakke oppervlakten zoals de steenbestorting en de betonblokkenmatten dicht begroeid waren met algen en sponzen. Het grind was nauwelijks begroeid. Dit zou kunnen komen doordat het grind heen en weer rolt door de stroming en de golfslag van het water. Voorgaande punten komen overeen met de gedachte dat de y-as verklaard zou kunnen worden met de mate van begroeidheid van het substraat met sponzen en algen.

Figuur 8: DCA ordinatiediagram monsterpunten



Figuur 9: DCA ordinatie diagram organismen



5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusies

De vijf verschillende oeverconstructies in het Prinses Margriet kanaal (steenbestorting, Netlon-gabions, grindconstructie en de betonblokkenmatten Terrafix en Armorflex) herbergen verschillende levensgemeenschappen aan aquatische evertebraten.
De grindconstructie is het armst aan soorten, de soortenrijkdom is het grootst op de steenbestorting, de gabions en de betonblokkenmat Armorflex. De levensgemeenschappen van de gabions en de steenbestorting lijken veel op elkaar. Tevens hebben de levensgemeenschappen van de twee betonblokkenmatten veel met elkaar gemeen. De levensgemeenschap op de grindconstructie lijkt het meest op de levensgemeenschappen op de betonblokkenmatten.
Voor het voorkomen van de evertebraten op de constructies is de gevarieerdheid van het substraat in de constructie en de begroeiing van het substraat met algen en sponzen van belang.

Specifieke grindconstructie soorten zijn de bloedzuiger *Helobdella stagnalis* en de muggelarve *Polypedilum* gr. *nubeculosum*.
De vrijzwemmende worm, *Stylaria lacustris* heeft de voorkeur voor de drie natuurlijkere substraten; steenbestorting, gabions en de grindconstructie.
De bemonsterde soorten mollusken zijn selectief in het substraat waarop ze leven. Er kwamen geen mollusken voor op de grindconstructie en de soorten *Radix peregra* en *Gyraulus albus* bleken alleen voor te komen op de gabions en de steenbestorting.
De muggelarven van de genera *Glyptotendipes*, *Dicrotendipes* en *Cricotopus*, komen in grotere aantallen voor op de steenbestorting en de gabions dan op de betonblokkenmatten en de grindconstructie.

De in het water levende evertebraten vormen het voedsel van veel (hogere) dieren en zijn van belang als het gaat om de ecologische functie van een oever. Bij het aanleggen van oeverconstructies moet er dus rekening worden gehouden met onder andere hoe de aan te leggen oeverconstructie als habitat voor de aquatische macrofauna fungeert. Als de milieuvriendelijkheid van de constructie zelf (zie hoofdstuk 2) hierbij wordt betrokken, kan gesteld worden dat de betonblokkenmatten geen voorkeur voor toepassing genieten. De matten zijn arm aan soorten organismen, zijn bij beschadiging niet te herstellen en zijn moeilijk her te gebruiken. De grindconstructie geniet evenmin voorkeur als habitat voor aquatische macrofauna. Deze constructie is daarentegen wel goed te onderhouden en het grind valt altijd her te gebruiken. De meeste voorkeur voor toepassing genieten de gabions en de steenbestorting. De soortenrijkdom is in deze constructies het grootst. Echter de korven van de gabions zijn niet geschikt voor hergebruik en de verzinkte draden moeten bij hergebruik van de constructie van het vulmateriaal worden gescheiden. Een steenbestortings-constructie is goed te onderhouden en het constructiemateriaal (basalt) kan goed hergebruikt worden.

5.2 Aanbevelingen

Bij ecologisch onderzoek naar macrofauna moet bij de bemonstering rekening worden gehouden met de tijd van het jaar, omdat een groot deel van de aquatische macrofauna wordt ingenomen door larven die wanneer ze volwassen zijn het water verlaten en omdat andere factoren zoals bijvoorbeeld de predatie van de organismen en de temperatuur van het water de aantallen organismen flink kunnen laten fluctueren. Dit onderzoek gaat uit van één monstername in augustus. Omdat de monsternamen eind augustus zijn gedaan hoeft er met het uitvliegen van de organismen geen rekening te worden gehouden. De meeste larven zijn eind augustus nog erg klein. Om een beter inzicht in de ecologische functie van de substraten te krijgen, is het beter om binnen een jaar regelmatig te bemonsteren. Zo kan er meer inzicht worden verkregen hoe de organismen op de substraten reageren binnen een jaarcyclus.
Bij dit onderzoek is er gebruik gemaakt van verschillende bemonsteringsmethoden. Om de resultaten onderling te vergelijken, zou het beter zijn om op de substraten dezelfde bemonsteringsmethode toe te passen. Er zouden gedeelten van de constructie gemakkelijk uit het water te moeten halen zijn. Dit geldt vooral voor de betonblokkenmatten en de gabions. Het zou ideaal zijn als er één betonblok uit het water gelicht kan worden zonder de hele constructie te beschadigen. Gedacht kan worden om bij een onderzoek als deze, kunstmatige substraten van dezelfde grootte in de constructies te verwerken. De kunstmatige substraten kunnen dan gemakkelijk bemonsterd worden. De kunstmatige substraten moeten wel ruim van te voren (naar schatting is drie jaar wel nodig) worden geplaatst omdat soorten zoals de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) lange tijd nodig hebben om zich goed te kunnen ontwikkelen op een substraat.

Determinatieliteratuur

Brinkhurst, R.O., 1971. A guide for the identification of British aquatic Oligochaeta. Toronto, Freshw.Biol.Ass.Publ. No22.

Dresscher, Th.G.N. en L.W.G. Higler, 1982. De Nederlandse bloedzuigers. Hirudinea. Hoogwoud, Wet.Med. KNNV. No 154.

Eddington, J.M. & A.g. Hildrew, 1981. A key to the caseless caddis larvae of the British isles with notes on their ecology. Cumbria, Freshwater Biological Association, scientific publication No. 43.

Hartog, C. den, 1962. De Nederlandse platwormen (Tricladida). Hoogwoud, Wet.Med. KNNV. No 42.

Huwae, P.H.M., 1977. De Isopoden van de Nederlandse kust. Hoogwoud, Wet.Med. KNNV. No 118.

Janssen, A.W. en E.F. de Vogel, 1965. Zoetwatermollusken van Nederland. Amsterdam, NJVN.

Klink, A.G., 1980. Determinatie-tabel voor de poppen en larven der Nederlandse Tanytarsini. Deel 1; tabellen tot geslacht. Wageningen, Landbouwhogeschool, vakgroep Natuurbeheer.

Moller Pillot, H.K.M., 1984. De larven van de Nederlandse Chironomidae (Diptera) 1A+1B. Leiden, Ned. Faun. Med./ Europ. Invertebr. Survey.

Pauw, N. de en R. Vannevel, 1991. Macro-invertebraten en waterkwaliteit. Antwerpen, Stichting Leefmilieu vzw.

Pinkster, S. en D. Platvoet, 1986. De vlokreeften van het Nederlandse oppervlaktewater. Hoogwoud, Wet.Med. KNNV. No 172.

Sperber, C., 1950. A guide for the determination of European Naididae. Uppsala, Zool.Bidrag, Bd 29.

Literatuurlijst

Adriaanse, L.A., 1986. Natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen. Middelburg, Rijkswaterstaat Deltadienst Hoofdafdeling Milieu en Inrichting/ Dienst Getijdewateren. Nota GWWS-86.408.

Brinkhurst, R.O., 1971. A guide for the identification of British aquatic Oligochaeta. Toronto, Freshw.Biol.Ass.Publ. No22.

CUR, 1990. Milieuvriendelijke oevers: voorlopige leidraad voor een integrale benadering van ontwerp, aanleg en beheer van oevers. Gouda, CUR rapport 90-4.

Derde Nota Waterhuishouding, 1989. Water voor nu en later. 's Gravenhage, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, SDU uitgeverij.

Dresscher, Th.G.N. en L.W.G. Higler, 1982. De Nederlandse bloedzuigers. Hirudinea. Hoogwoud, Wet.Med. KNNV. No 154.

Eddington, J.M. & A.g. Hildrew, 1981. A key to the caseless caddis larvae of the British isles with notes on their ecology. Cumbria, Freshwater Biological Association, scientific publication No. 43.

Hill, M.O., 1979. TWINSPAN, a FORTRAN Program Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca, New York, Section of Ecology and Systematics, Cornell University.

Janssen, A.W. en E.F. de Vogel, 1965. Zoetwatermollusken van Nederland. Amsterdam, NJVN.

Jongman, R.H.G., C.J.F. ter Braak en O.F.R. van Tongeren, 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation.

Looman, C.W.N., 1982. Indicatorwaarden en clusteranalyse van Graslanden. Wageningen, Landbouwhogeschool.

Moller Pillot, H.K.M., 1984. De larven van de Nederlandse Chironomidae (Diptera) 1A+1B. Leiden, Ned. Faun. Med./ Europ. Invertebr. Survey.

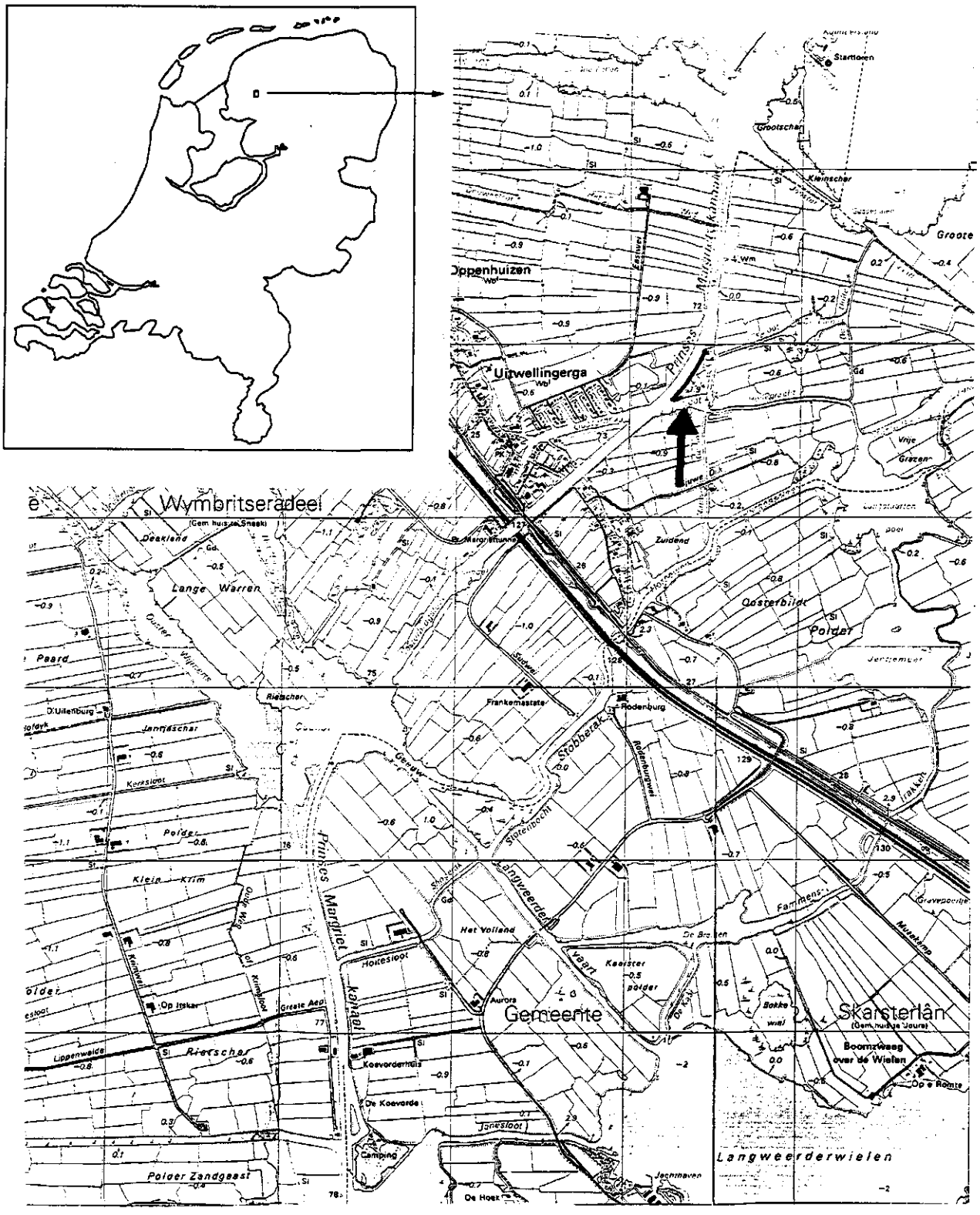
Provincie Friesland, in voorbereiding. Evaluatie rapport proefbeschoeiingen in het Prinses Margriet Kanaal.

Roos, P.J. en P.T. Goldschmidt, 1978. De fauna van gobimatten en puinoevers. In: Polytechnisch tijdschrift-b 33 (1978) nr.3-144.

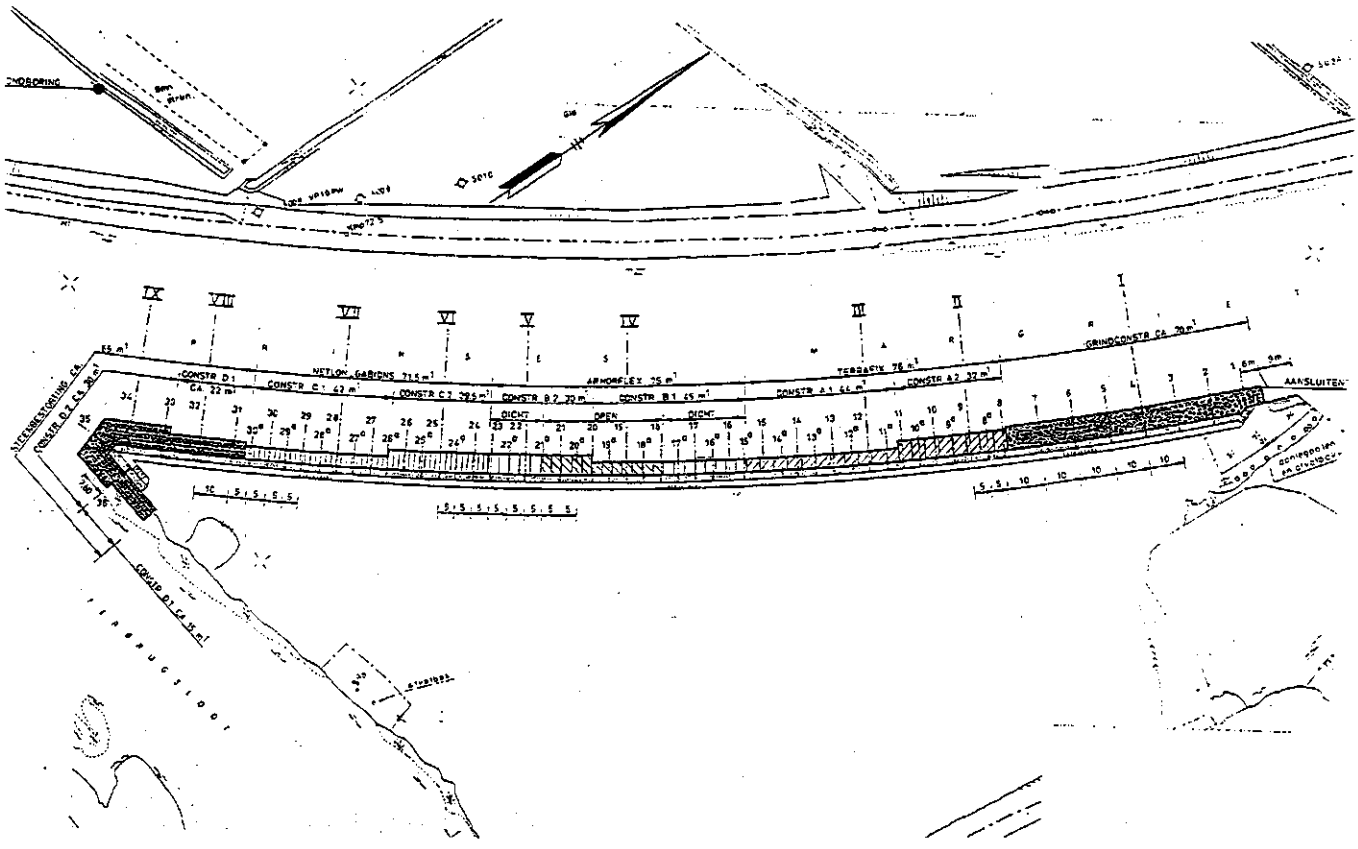
Sperber, C., 1950. A guide for the determination of European Naididae. Uppsala, Zool.Bidrag, Bd 29.

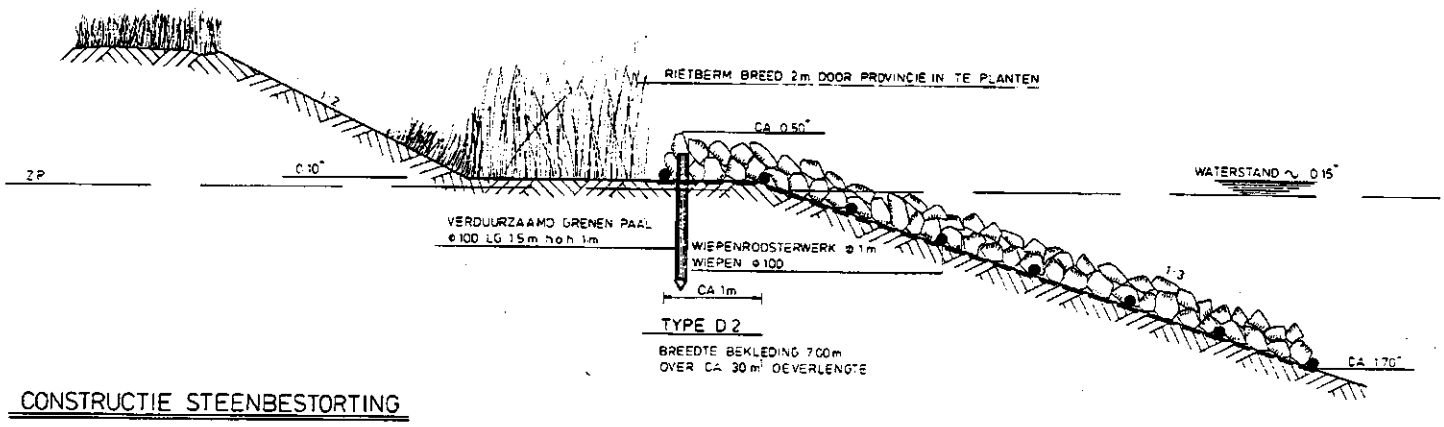
Veenstra, A.F.J., 1988. Milieuvriendelijke oevers Gekanaliseerde Hollandse IJssel. Een planstudie naar technische, planologische en ecologische aspecten t.b.v. de aanleg van milieuvriendelijke oevers. Utrecht, Rijkswaterstaat, Directie Utrecht, afdeling R.F.O. Wageningen, Landbouwuniversiteit, vakgroep Cultuurtechniek.

BIJLAGE I: Locatie constructie



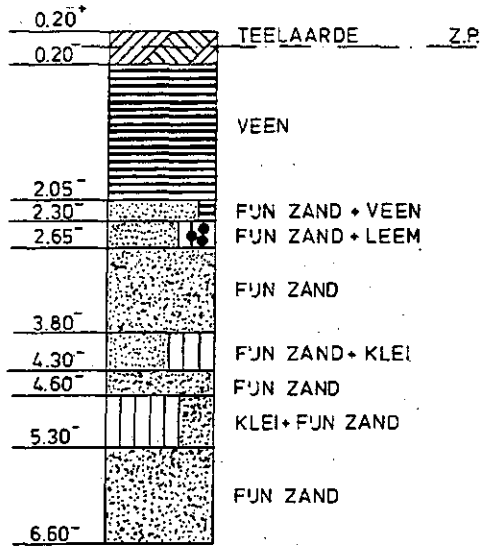
BIJLAGE II: Overzicht constructie





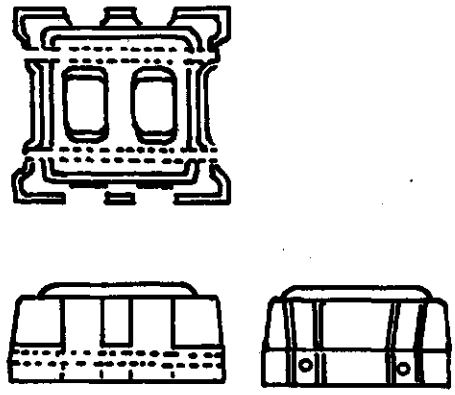
CONSTRUCTIE STEENBESTORTING

BIJLAGE III: Bodemprofiel

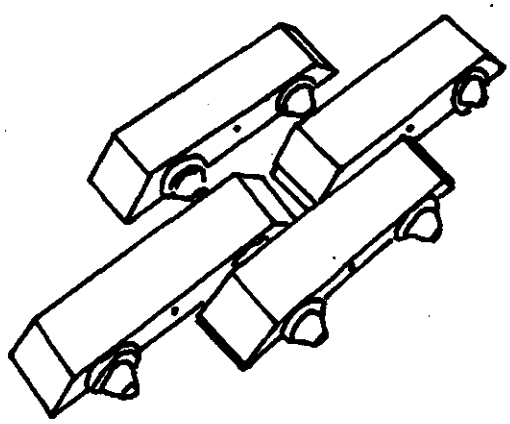


GRONDBORING

BIJLAGE IV: Figuren betonblokken Terrafix en Armorflex



ARMORFLEX-BLOCK



TERRAFIX-BLOCKS

BIJLAGE V: Overzicht biosystematiek

Ph. (phylum)
sPh. (subphylum)
Cl. (classis)
sCl. (subclassis)
SO. (superordo)
O. (ordo)
sO. (subordo)
F. (familia)
sF. (subfamilia)
G. (genus)
Sp. (species)

Ph. PLATHELMINTHES
Cl. TURBELLARIA
O. SERIATA
sO. Tricladida
F. Planariidae
Polycelis
F. Dugesiidae
Dugesia lugubris
F. Dendrocoelidae
Dendrocoelum lacteum

Ph. NEMATODA

Ph. ANNELIDA
Cl. OLIGOCHAETA
F. Tubificidae
Tubifex
F. Naididae
Stylaria lacustris
Cl.HIRUDINEA
O. RHYNCHOBDELLAE
F. Piscicolidae
Piscicola geometra
F. Glossiphonidae
Helobdella stagnalis
Glossiphonia heteroclita
Glossiphonia complanata
O. PHARYNGOBDELLAE
F. Erpobdellidae
Erpobdella

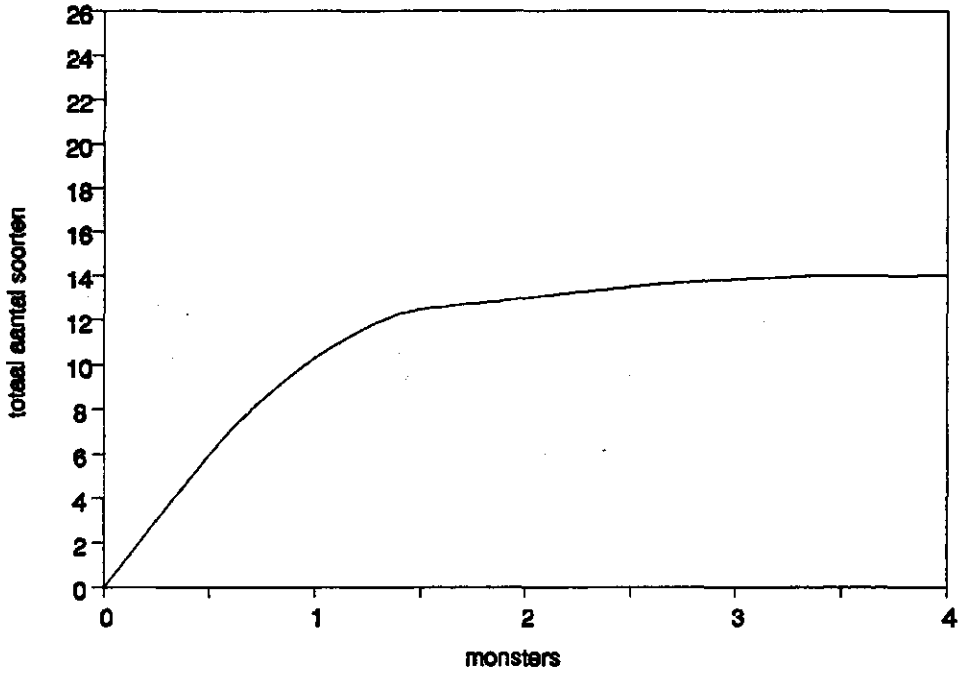
Ph. MOLLUSCA
- Cl. GASTROPODA
  - sCl. PROSOBRANCHIA
    - O. MESOGASTROPODA
      - F. Valvatidae
        - *Valvata piscinalis*
      - F. Bithynia
        - *Bithynia tentaculata*
  - sCl. PULMONATA
    - O. BASOMMATOPHORA
      - F. Lymnaeidae
        - *Radix Peregra*
      - F. Planorbidae
        - *Gyraulus albus*
- Cl. BIVALVIA
  - sCl. PALAEOHETERODONTA
    - O. UNIONOIDA
      - F. Unionidae
        - *Anodonta anatina*
  - sCl. HETERODONTA
    - O. VENEROIDA
      - F. Dreissenidae
        - *Dreissena polymorpha*

Ph. ARTHROPODA
- sPh. CRUSTACEA
  - Cl. MALACOSTRACA
    - SO. PERACARIDA
      - O. AMPHIPODA
        - F. Gammaridae
          - *Gammarus tigrinus*
      - O. ISOPODA
        - sO. Asellota
          - F. Assellidae
            - *Proasellus meridianus*
- sPh. UNIRAMIA
  - Cl. INSECTA
    - sCl. PTERYGOTA
      - O. TRICHOPTERA
        - F. Ecnomidae
          - *Ecnomus tenellus*
        - F. Leptoceridae
          - *Athripsodes aterrimus*

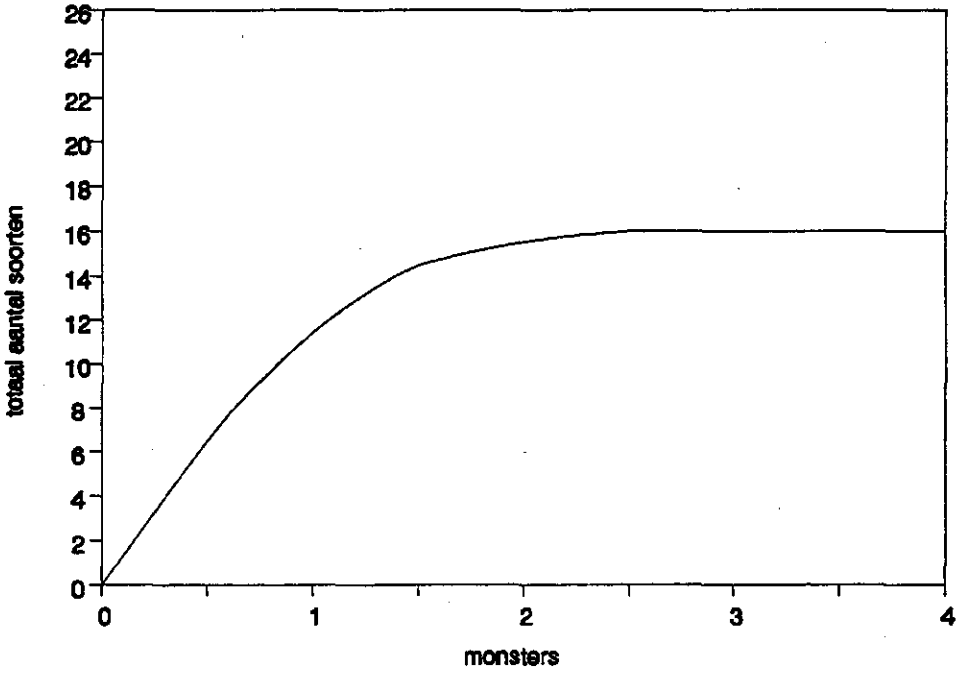
O. DIPTERA
- sO. Nematocera
  - F. Chironomidae
    - sF. Tanypodinae
      - *Procladius*
    - sF. Orthocladiinae
      - *Cricotopus bicinctus*
      - *Cricotopus* subgenus *isocladius*
    - sF. Tanytarsini
      - *Cladotanytarsus*
    - sF. Chironomini
      - *Microtendipes chloris*
      - *Polypedilum* gr. *sordens*
      - *Polypedilum* gr. *nubeculosum*
      - *Endochironomus albipennis*
      - *Dicrotendipes* gr. *nervosus*
      - *Glyptotendipes*
      - *Parachironomus* gr. *longiforceps*
      - *Parachironomus* gr. *arcuatus*

BIJLAGE VI: Soort-areaalkrommen van de substraten

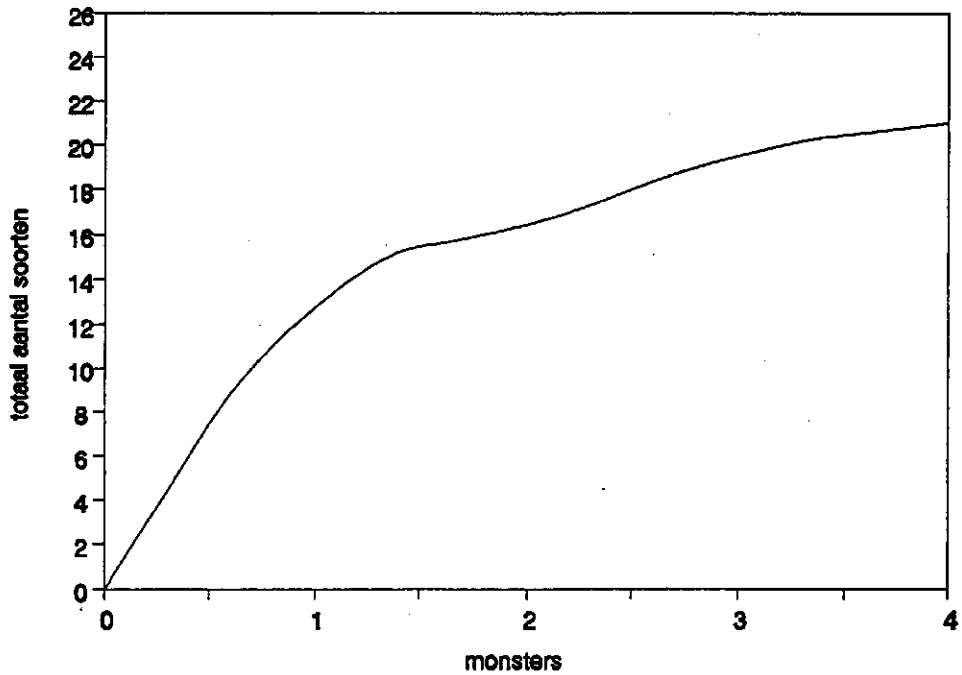
soortareaalkromme grindconstructie



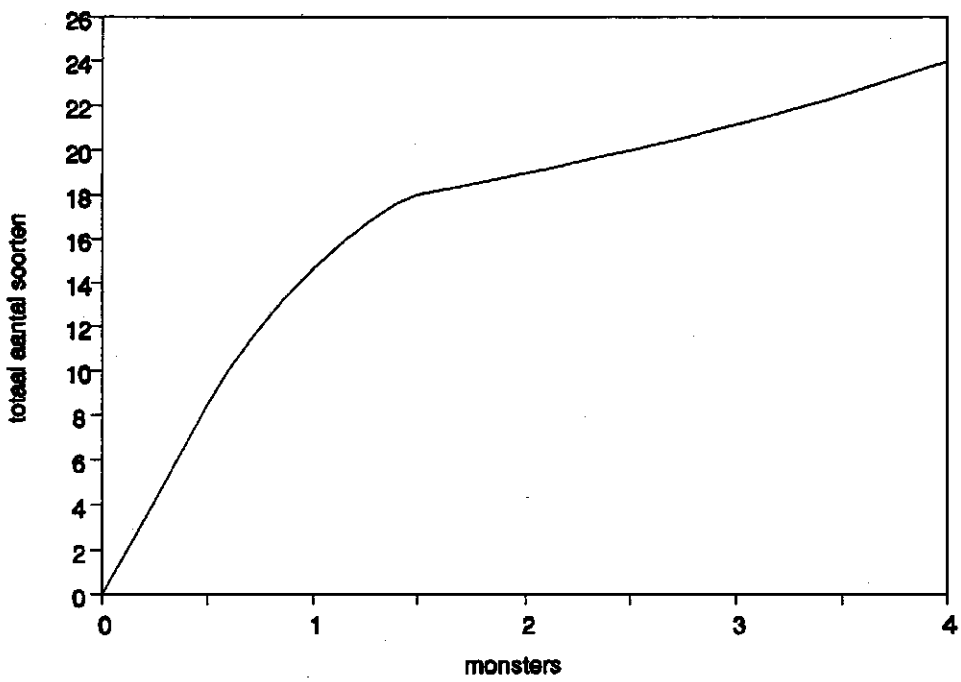
soortareaalkromme Terrafix

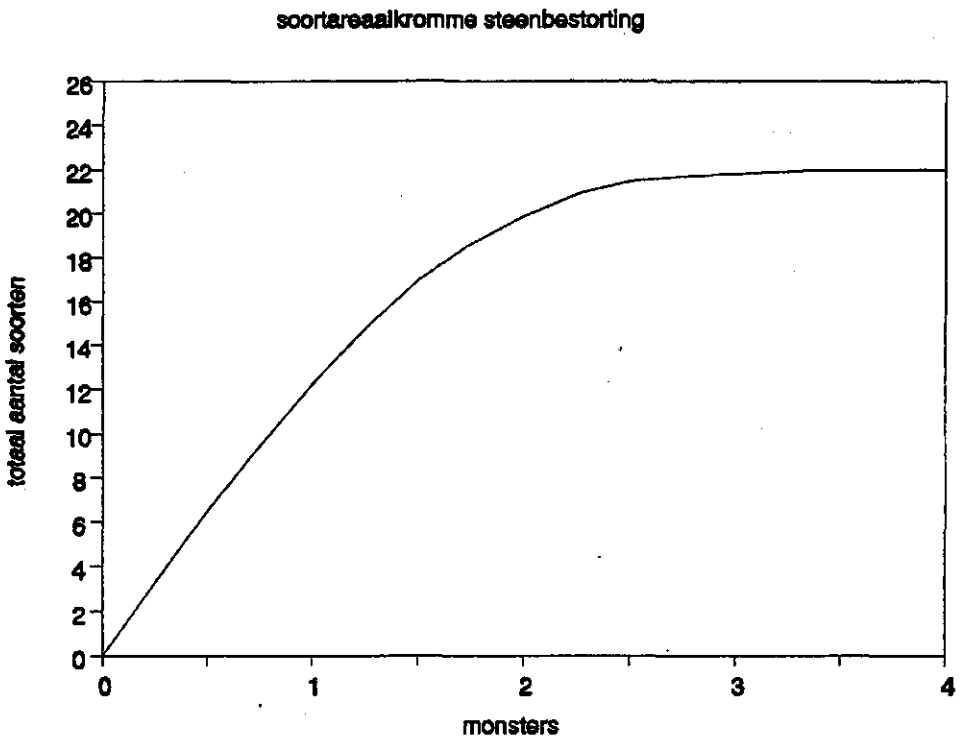


soortareaalkromme Armorflex



soortareaalkromme Netlon-gabions




soortareaalkromme steenbestorting
totaal aantal soorten
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
1
2
3
4
monsters

BIJLAGE VII: Gegevens determinatie per monsterpunt

Grindconstructie. org./m²	1	2	3	4
Gammarus tigrinus	3475,3	810,9	2450,5	2058,4
Dicrotendipes gr. nervosus	356,4	418,8	739,6	695,1
Glyptotendipes	552,5	427,7	908,9	463,4
Cricotopus bicinctus	8,9	35,6	8,9	35,6
Cricotopus subg. isocladius	26,7	71,3	0,0	26,7
Parachironomus gr. arcuatus	0,0	0,0	0,0	0,0
Parachironomus longiforceps	0,0	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. nubeculosum	35,6	17,8	17,8	35,6
Polypedilum gr. sordens	0,0	0,0	0,0	0,0
Endochironomus albipennis	0,0	0,0	0,0	0,0
Dreissena polymorpha	0,0	0,0	0,0	0,0
Valvata piscinalis	0,0	0,0	0,0	0,0
Gyraulus albus	0,0	0,0	0,0	0,0
Radix peregra	0,0	0,0	0,0	0,0
Bithynia tentaculata	0,0	0,0	0,0	0,0
Erpobdella spec.	26,7	17,8	35,6	35,6
Helobdella stagnalis	26,7	44,6	53,5	35,6
Ecnomus tenellus	0,0	0,0	0,0	0,0
Proasellus meridianus	0,0	0,0	0,0	0,0
Piscicola geometra	0,0	0,0	0,0	0,0
Dendrocoelum lacteum	0,0	0,0	0,0	0,0
Dugesia lugubris	0,0	0,0	0,0	0,0
Stylaria lacustris	0,0	0,0	8,9	8,9
Tubifex spec. behaard	53,5	8,9	35,6	26,7
Tubifex spec. onbehaard	855,5	151,5	418,8	178,2
Athripsodes aterrimus	8,9	0,0	0,0	0,0
Nematoda	8,9	0,0	26,7	0,0
Microtendipes chloris	0,0	0,0	0,0	0,0
Cladotanytarsus spec.	0,0	8,9	0,0	0,0
Polycelis spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia heteroclita	0,0	0,0	0,0	0,0
Procladius spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia complanata	0,0	0,0	0,0	0,0
Anodonta anatina	0,0	0,0	0,0	0,0

Terrafix. org./m²	1	2	3	4
Gammarus tigrinus	254,9	254,9	225,5	558,8
Dicrotendipes gr. nervosus	735,3	519,6	549,0	764,7
Glyptotendipes	451,0	362,7	362,7	725,5
Cricotopus bicinctus	9,8	9,8	9,8	19,6
Cricotopus subg. isocladius	58,8	68,6	166,7	166,7
Parachironomus gr. arcuatus	0,0	0,0	0,0	0,0
Parachironomus longiforceps	0,0	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. nubeculosum	0,0	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. sordens	0,0	0,0	0,0	0,0
Endochironomus albipennis	0,0	0,0	0,0	0,0
Dreissena polymorpha	323,5	98,0	1058,8	441,2
Valvata piscinalis	9,8	0,0	9,8	0,0
Gyraulus albus	19,6	0,0	0,0	0,0
Radix peregra	0,0	0,0	0,0	0,0
Bithynia tentaculata	127,5	0,0	58,8	88,2
Erpobdella spec.	29,4	9,8	19,6	9,8
Helobdella stagnalis	19,6	0,0	0,0	9,8
Ecnomus tenellus	0,0	0,0	0,0	0,0
Proasellus meridianus	19,6	0,0	0,0	0,0
Piscicola geometra	0,0	0,0	0,0	0,0
Dendrocoelum lacteum	0,0	0,0	0,0	0,0
Dugesia lugubris	0,0	0,0	0,0	0,0
Stylaria lacustris	0,0	9,8	0,0	0,0
Tubifex spec. behaard	0,0	9,8	0,0	78,4
Tubifex spec. onbehaard	9,8	127,5	39,2	156,9
Athripsodes aterrimus	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda	0,0	29,4	0,0	9,8
Microtendipes chloris	0,0	0,0	0,0	0,0
Cladotanytarsus spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Polycelis spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia heteroclita	0,0	0,0	0,0	0,0
Procladius spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia complanata	0,0	0,0	0,0	0,0
Anodonta anatina	0,0	0,0	0,0	0,0

Armorflex. org./m²	1	2	3	4
Gammarus tigrinus	1115,2	580,6	1502,3	534,6
Dicrotendipes gr. nervosus	608,3	875,6	1115,2	838,7
Glyptotendipes	654,4	1308,8	2977,0	1944,7
Cricotopus bicinctus	18,4	55,3	18,4	27,6
Cricotopus subg. isocladius	18,4	230,4	156,7	55,3
Parachironomus gr. arcuatus	0,0	0,0	9,2	0,0
Parachironomus longiforceps	0,0	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. nubeculosum	0,0	0,0	9,2	0,0
Polypedilum gr. sordens	0,0	0,0	0,0	0,0
Endochironomus albipennis	0,0	0,0	0,0	0,0
Dreissena polymorpha	156,7	313,4	129,0	285,7
Valvata piscinalis	9,2	0,0	0,0	9,2
Gyraulus albus	0,0	0,0	0,0	0,0
Radix peregra	0,0	0,0	0,0	0,0
Bithynia tentaculata	138,2	27,6	18,4	138,2
Erpobdella spec.	73,7	36,9	36,9	27,6
Helobdella stagnalis	0,0	9,2	9,2	0,0
Ecnomus tenellus	0,0	0,0	0,0	0,0
Proasellus meridianus	285,7	9,2	276,5	9,2
Piscicola geometra	0,0	0,0	0,0	0,0
Dendrocoelum lacteum	0,0	0,0	0,0	0,0
Dugesia lugubris	27,6	0,0	9,2	0,0
Stylaria lacustris	0,0	0,0	0,0	0,0
Tubifex spec. behaard	9,2	55,3	258,1	18,4
Tubifex spec. onbehaard	55,3	534,6	737,3	405,5
Athripsodes aterrimus	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda spec.	9,2	36,9	18,4	18,4
Microtendipes chloris	0,0	0,0	27,6	0,0
Cladotanytarsus spec.	0,0	0,0	9,2	0,0
Polycelis spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia heteroclita	0,0	0,0	0,0	0,0
Procladius spec.	9,2	0,0	9,2	0,0
Glossiphonia complanata	0,0	0,0	0,0	0,0
Anodonta anatina	0,0	0,0	0,0	9,2

Netlon-Gabions. org./m²	1	2	3	4
Gammarus tigrinus	6231,5	4571,4	7195,5	4552,4
Dicrotendipes gr. nervosus	2425,9	3485,7	3861,0	2723,8
Glyptotendipes	1185,2	600,0	1316,3	914,3
Cricotopus bicinctus	277,8	171,4	58,5	19,0
Cricotopus subg. isocladius	425,9	228,6	263,3	114,3
Parachironomus gr. arcuatus	0,0	0,0	0,0	0,0
Parachironomus longiforceps	9,3	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. nubeculosum	0,0	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. sordens	0,0	0,0	0,0	0,0
Endochironomus albipennis	0,0	0,0	0,0	57,1
Dreissena polymorpha	388,9	771,4	936,0	895,2
Valvata piscinalis	0,0	57,1	0,0	0,0
Gyraulus albus	37,0	85,7	146,3	76,2
Radix peregra	74,1	28,6	146,3	0,0
Bithynia tentaculata	592,6	371,4	819,0	438,1
Erpobdella spec.	18,5	57,1	87,8	19,0
Helobdella stagnalis	9,3	0,0	0,0	19,0
Ecnomus tenellus	9,3	0,0	117,0	57,1
Proasellus meridianus	0,0	0,0	29,3	19,0
Piscicola geometra	0,0	0,0	0,0	19,0
Dendrocoelum lacteum	0,0	0,0	0,0	19,0
Dugesia lugubris	0,0	28,6	0,0	19,0
Stylaria lacustris	9,3	85,7	29,3	76,2
Tubifex spec. behaard	37,0	85,7	0,0	114,3
Tubifex spec. onbehaard	18,5	142,9	0,0	0,0
Athripsodes aterrimus	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda spec.	9,3	0,0	0,0	0,0
Microtendipes chloris	0,0	0,0	0,0	0,0
Cladotanytarsus spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Polycelis spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia heteroclita	0,0	0,0	0,0	0,0
Procladius spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia complanata	0,0	0,0	29,3	0,0
Anodonta anatina	0,0	0,0	0,0	0,0

Steenbestorting. org./m²	1	2	3	4
Gammarus tigrinus	2000,0	8404,5	3518,1	2318,6
Dicrotendipes gr. nervosus	1678,2	1685,4	1096,4	876,1
Glyptotendipes	551,7	1359,6	674,7	805,3
Cricotopus bicinctus	344,8	22,5	24,1	61,9
Cricotopus subg. isocladius	1586,2	134,8	192,8	283,2
Parachironomus gr. arcuatus	0,0	56,2	0,0	17,7
Parachironomus longiforceps	11,5	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. nubeculosum	0,0	0,0	0,0	0,0
Polypedilum gr. sordens	11,5	0,0	0,0	61,9
Endochironomus albipennis	0,0	11,2	12,0	8,8
Dreissena polymorpha	126,4	2044,9	241,0	247,8
Valvata piscinalis	0,0	0,0	12,0	0,0
Gyraulus albus	23,0	112,4	60,2	44,2
Radix peregra	0,0	146,1	12,0	17,7
Bithynia tentaculata	11,5	595,5	24,1	0,0
Erpobdella spec.	69,0	11,2	12,0	8,8
Helobdella stagnalis	0,0	0,0	0,0	0,0
Ecnomus tenellus	23,0	56,2	0,0	8,8
Proasellus meridianus	0,0	0,0	0,0	0,0
Piscicola geometra	0,0	0,0	0,0	0,0
Dendrocoelum lacteum	0,0	0,0	0,0	0,0
Dugesia lugubris	0,0	33,7	12,0	0,0
Stylaria lacustris	0,0	33,7	24,1	0,0
Tubifex spec. behaard	0,0	0,0	0,0	0,0
Tubifex spec. onbehaard	0,0	22,5	0,0	0,0
Athripsodes aterrimus	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda spec.	0,0	11,2	12,0	0,0
Microtendipes chloris	0,0	0,0	0,0	0,0
Cladotanytarsus spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Polycelis	11,5	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia heteroclita	0,0	33,7	0,0	0,0
Procladius spec.	0,0	0,0	0,0	0,0
Glossiphonia complanata	0,0	0,0	0,0	0,0
Anodonta anatina	0,0	0,0	0,0	0,0