

**Pilotstudie Ecobeton
Zuiderhavenhoofd IJmuiden
2008 - 2010
een Rijke Dijkproject**



**Pilotstudie Ecobeton
Zuiderhavenhoofd IJmuiden
2008 - 2010**

een Rijke Dijkproject

Peter Paalvast

februari 2011

inhoud

voorwoord.....	3
samenvatting.....	5
1. inleiding	7
2. materiaal en methode.....	9
2.1 ecobetonplaten, zwavelecobetonplaten en c-fixplaten	9
2.1.1 ecobetonplaten	9
2.1.2 zwavelecobetonplaten	10
2.1.3 c-fixplaten	13
2.1.4 eco-X-blocks.....	14
2.2 locaties pilotstudie ecobeton	14
2.2.1 laagdynamische locatie	14
2.2.2 hoogdynamische locatie	18
2.3 monitoring.....	19
2.3.1 ecobetonplaten, zwavelecobetonplaten en c-fixplaten	19
2.3.2 X-blocks.....	22
2.3.3 abiotiek.....	23
2.3.4 statistische analyse	23
3. resultaten.....	25
3.1 abiotiek.....	25
3.1.1 windrichting en –snelheid.....	25
3.1.2 watertemperatuur.....	25
3.1.3 overspoelingsduur.....	26
3.1.3.1 laagdynamische locatie	26
3.1.3.2 hoogdynamische locatie	27
3.2 laagdynamische locatie	28
3.2.1 begroeiing van de platen met wieren en macrofauna.....	28
3.2.1.1 ecobetonplaten	28
3.2.1.1.1 wiersoorten	28
3.2.1.1.2 wierbegroeiing.....	28
3.2.1.1.3 macrofauna.....	32
3.2.1.2 zwavelecobetonplaten	33
3.2.1.2.1 wiersoorten	33
3.2.1.2.2 wierbegroeiing.....	34
3.2.1.2.3 macrofauna	37
3.2.1.3 c-fixplaten	38
3.2.1.3.1 wiersoorten	38
3.2.1.3.2 wierbegroeiing.....	38
3.2.1.3.3 macrofauna	39
3.2.1.4 X-blocks.....	40
3.2.1.4.1 wiersoorten	40
3.2.1.4.2 wierbegroeiing.....	40
3.2.1.4.3 macrofauna	42
3.2.2 vergelijking wierbegroeiing ecobetonplaten, zwavelecobetonplaten en c-fixplaten.....	43
3.3 hoogdynamische locatie	44
3.3.1 begroeiing van de platen met wieren en macrofauna.....	44
3.3.1.1 ecobetonplaten	44
3.3.1.1.1 wiersoorten	44
3.3.1.1.2 wierbegroeiing	44
3.3.1.1.3 macrofauna.....	47
3.3.1.2 zwavelecobetonplaten	48
3.3.1.2.1 wiersoorten	48
3.3.1.2.2 wierbedekking.....	49
3.3.1.2.3 macrofauna.....	50
3.3.2 vergelijking wierbegroeiing ecobeton- en zwavelecobetonplaten	50
4. discussie, conclusies en aanbevelingen.....	53
4.1 discussie.....	53
4.2 conclusies.....	54
4.3 aanbevelingen.....	55
5. literatuur.....	57
6. bijlagen	59

voorwoord

Deze pilotstudie naar de aangroei van ecobeton door wieren en macrofauna is onderdeel van het Rijke Dijkproject, dat zich tot doel stelt de harde bekleding van dijken, dammen en dergelijke met behoud van hun primaire functie ecologisch te optimaliseren (<http://www.innoverenmetwater.nl/project.asp?id=2396&L=2>). De studie zou niet tot stand zijn gekomen zonder Marco van Wieringen van Rijkswaterstaat Noord-Holland door zijn streven de betonblokken nu en in de toekomst voor de havenhoofden van IJmuiden meer ecologisch vorm te geven. Naast Marco, wiens opbouwde kritiek op eerdere versies van belang was voor het tot stand komen van de voorliggende rapportage, wil ik onderstaande personen bedanken:

- Mindert de Vries, Bregje van Wesenbeeck en Marcel Grootenboer, allen van Deltares, voor het medeontwikkelen van de teststructuren van het ecobeton.
- Dr. Guy Verbist (guy.verbist@shell.com) van **Shell Global Solutions International, BV** voor het ontwikkelen en leveren van de zwavelecobetonplaten.
- Willem van der Horst van C-Fix bv voor het ontwikkelen en leveren van de c-fixplaten.
- Bas Reedijk van BAM-TMC voor het plaatsen van de X-blocks met ecoprint.
- Joël Cuperus van Imares voor het analyseren van circa 800 van de ruim 3000 foto's die er van de structuren zijn gemaakt.
- Adrienne Woerdenbagch, Dirk van Dorp en Marinus Eigenraam voor het bewaken van de veiligheid bij het maken van de foto's en het uitvoeren van de bemonsteringen.
- En tot slot Louis Donicie van Rijkswaterstaat Noord-Holland die er steeds voor zorgde dat de sleutel voor het toegangshek van het Zuiderhavenhoofd klaar lag.

Peter Paalvast

samenvatting

Rijkswaterstaat wil voor het onderhoud van de havenhoofden mogelijk gebruikmaken van blokken met een geoptimaliseerde oppervlaktestructuur voor hardsubstraatorganismen, om het verlies van rotsachtig substraat van de gedesintegreerde blokken te compenseren. Om te toetsen of de ecoblokken een duidelijke meerwaarde hebben ten opzichte van de conventionele blokken zijn de ontwikkelingen van de hardsubstraatlevensgemeenschappen in de tijd (2008-2010) op ecobetonplaten met vakken met verschillende geometrische structuren en textuur, welke op de bestaande betonblokken waren bevestigd, op een laagdynamische en een hoogdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden gevolgd. Drie typen ecobetonplaten werden gebruikt met respectievelijk portlandcement, zwavel of C-fix als bindmiddel. Naast de ecobetonplaten werden X-blocks met verschillende oppervlakte-structuren voor aangroei met algen en macrofauna ingezet. De kolonisatie en successie van algen en macrofauna werd vergeleken op betonplaten voorzien van structuren met gladde, fijne en middelfijne textuur en structuren bestaande uit horizontale en verticale gleuven, putjes en kommen. Deze ecobetonplaten waren zowel horizontaal (met een geringe hellingshoek) als verticaal (vrijwel loodrecht) hoog, midden en laag in het intergetijdengebied op de betonblokken bevestigd.

Uit de pilotstudie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- fijne en middelfijne textuur bevordert een snelle kolonisatie met wieren op de laag- en hoogdynamische locaties. Na enkele maanden is de ontwikkelingsvoorsprong ten opzichte van de wierbegroeiing op de gladde textuur verdwenen;
- geometrische structuren hebben laag in het intergetijdengebied (laagdynamische locatie) een positief effect op de vestiging van Blaaswier. Na drie seizoenen is er geen effect meer aanwezig van de geometrische structuren op de blaaswierbegroeiing;
- geometrische structuren zijn gedurende de looptijd van het onderzoek van essentieel belang gebleken voor de vestiging van mosselen en het bieden van schuilplaats voor alikruiken op de laag- en de hoogdynamische locatie. Voor de vestiging van mosselen hebben horizontale gleuven de grootste betekenis;
- textuur lijkt geen effect te hebben op de vestiging van zeepokken;
- hoog in het intergetijdengebied zijn er geen verschillen in wierbegroeiing tussen de verticaal en horizonsgeplaatste ecobetonplaten;
- laag in het intergetijdengebied hebben horizontale (zwavel-) ecobetonplaten een hogere wierdichtheid dan verticale;
- verticale (zwavel-)ecobetonplaten hebben een hogere bedekking met zeepokken dan horizontale;
- horizontale en verticale platen laag in het intergetijdengebied vertonen geen verschil in bedekking met mosselen;
- er zijn geen significante verschillen tussen ecobetonplaten en zwavelecbetonplaten in wierbegroeiing en vestiging van macrofauna;
- c-fixplaten met een verruwde oppervlaktestructuur begroeien op de laagdynamische locatie goed met verschillende wiersoorten, maar permanente vestiging met mosselen vindt niet plaats;
- X-blocks bieden een gevarieerdere habitat dan conventionele betonblokken.

1. inleiding

Het steenasfalttalud van het Zuider- en Noorderhavenhoofd van IJmuiden is in de periode tussen 1972 en 1996 bekleed met vele duizenden betonblokken van 22, 30 en 45 ton (Ministerie van verkeer en Waterstaat, 2004). De blokken bevinden zich vanaf de kruin tot ver onder de gemiddelde laagwaterlijn.

.....
Foto 1

Gedesintegreerde betonblokken aan de zeezijde van het Zuiderhavenhoofd nabij de kop.



Door de wijze waarop deze zijn geproduceerd, de gebruikte toeslagmaterialen en de hoge dynamiek ter plaatse maken dat de blokken scheuren, er hoeken losraken en uiteenvallen (foto 1), maar vormen hierdoor een “natuurlijk” rotsachtig milieu voor mariene organismen. Vele blokken zijn, en moeten er nog worden vervangen.

.....
Foto 2

Nieuwe gladde betonblokken aan de zeezijde van het Zuiderhavenhoofd nabij de kop.



De nieuw geplaatste betonblokken (foto 2) hebben een zeer gladde oppervlaktestructuur, waardoor hardsubstraatorganismen behorende bij de heersende milieuomstandigheden zich niet of slechts mondjesmaat kunnen vestigen.

Rijkswaterstaat wil voor het onderhoud van de havenhoofden mogelijk gebruikmaken van blokken met een geoptimaliseerde oppervlaktestructuur voor hardsubstraatorganismen, om het verlies van rotsachtig substraat van de gedesintegreerde blokken te compenseren. Voor de ecoblokken is door Deltares te Delft een eisenpakket samengesteld (van Wesenbeeck & de Vries, 2007). Om te toetsen of de ecoblokken een duidelijke meerwaarde hebben ten opzichte van de conventionele blokken zijn de ontwikkelingen van de hardsubstraatlevensgemeenschappen in de tijd (2008-2010) op ecobetonplaten met vakken met verschillende geometrische structuren en textuur welke op de bestaande betonblokken waren bevestigd, gevolgd. Drie typen ecobetonplaten werden gebruikt met respectievelijk portlandcement, zwavel of C-fix als bindmiddel. Naast de ecobetonplaten werden X-blocks met verschillende oppervlaktestructuren op aangroei met algen en macrofauna getest.

2. materiaal en methode

2.1 ecobetonplaten, zwavelecobetonplaten en c-fixplaten

2.1.1 ecobetonplaten

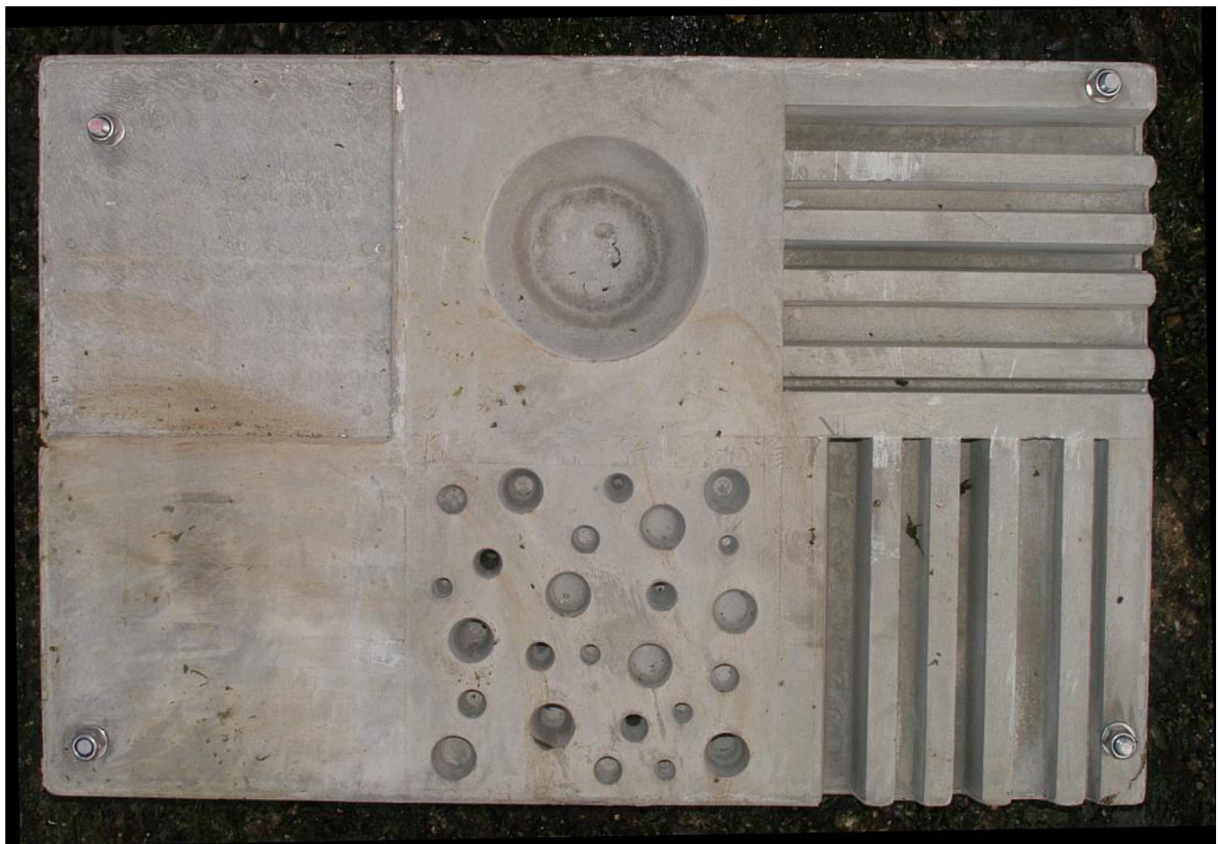
Van de gewone ecobetonplaten waren er twee typen (I en II), waarvan er één min of meer horizontaal en de ander verticaal op de betonblokken was geplaatst. De platen hadden een afmeting van 75 cm x 50 cm, met daarop 6 verschillende structuren van 25 cm x 25 cm elk.

Type I, de *horizontale ecobetonplaat* kende de volgende structuren (waarvan 4 geometrisch, op foto 3 achtereenvolgend van linksboven naar rechtsboven en van linksonder naar rechtsonder) :

- 1 fs fijne structuur
- 2 k kommetje, 45% van het oppervlak
- 3 gh gleuven horizontaal
- 4 gs gladde structuur
- 5 p putjes
- 6 gv gleuven verticaal

.....
Foto 3

Ecobetonplaat voor horizontale plaatsing (type I) op de betonblokken.

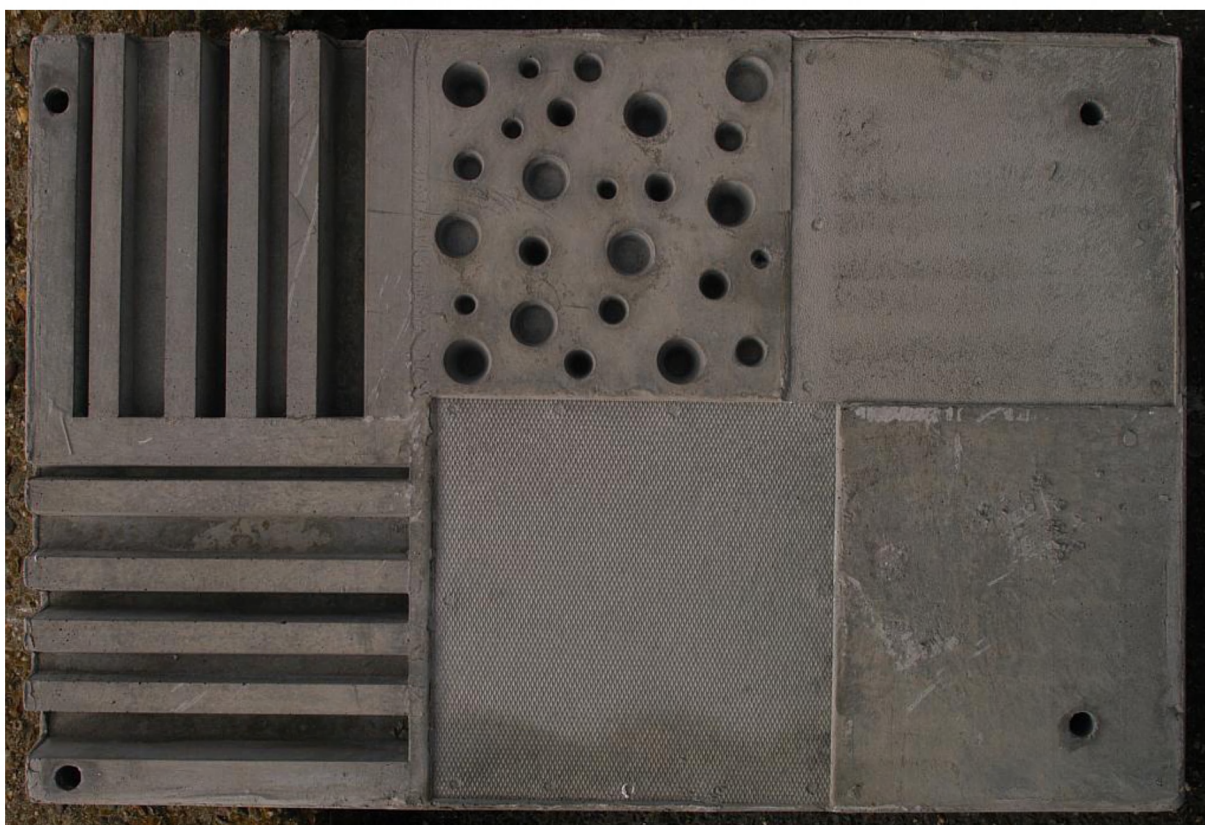


De *verticale ecobetonplaat* kende de volgende structuren (waarvan 3 geometrisch, op foto 4 achtereenvolgend van linksboven naar rechtsboven en van linksonder naar rechtsonder):

- 6 gv gleuven verticaal
- 5 p putjes
- 1 fs fijne structuur
- 3 gh gleuven horizontaal
- 7 ms middelfijne structuur
- 4 g gladde structuur

.....
Foto 4

Ecobetonplaat voor verticale plaatsing (type II) op de betonblokken.



De afmetingen van de structuren zijn als volgt:

Horizontale en verticale gleuven omvatten 5 gleuven van 25 cm elk:

- 2x 3,5 cm breed en 4 cm diep;
- 1x 3,0 cm breed en 2 cm diep;
- 1x 2,2 cm breed en 4 cm diep;
- 1x 1,0 cm breed en 2 cm diep.

De putjesstructuren omvatten 25 putjes elk:

- 5x 3,5 cm breed en 5 cm diep;
- 5x 3,5 cm breed en 2,5 cm diep;
- 5x 2,0 cm breed en 5 cm diep;
- 5x 2,0 cm breed en 2,5 cm diep;
- 2x 1,2 cm breed en 5 cm diep;
- 3x 3,5 cm breed en 2,5 cm diep.

De komstructuur had een diameter van 15 cm en een diepte van 5 cm.

2.1.2 zwavelecobetonplaten

Van de zwavelecobetonplaten waren er twee typen (ZI en ZII), waarvan er één min of meer horizontaal en de ander verticaal op de betonblokken was geplaatst. Elk type was er in de kleuren grijs, rood/roze en groen. De platen hadden een afmeting van 75 cm x 50 cm, met daarop 6 verschillende structuren van 25 cm x 25 cm elk.

Type ZI, de *horizontale zwavelecobetonplaat* kende de volgende structuren (waarvan 4 geometrisch, op foto 5 achtereenvolgend van linksboven naar rechtsboven en van linksonder naar rechtsonder) :

- 1 g gladde structuur
- 2 k kommetje, 45% van het oppervlak
- 3 gh gleuven horizontaal
- 4 ms middelfijne structuur
- 5 p putjes
- 6 gv gleuven verticaal

.....
Foto 5

Zwavelecobetonplaat voor horizontale plaatsing (type ZI) op de betonblokken.



Type ZII, de *verticale zwaveleconbetonplaat* kende de volgende structuren (waarvan 3 geometrisch, op foto 6 achtereenvolgend van linksboven naar rechtsboven en van linksonder naar rechtsonder):

- 6 gv gleuven verticaal
- 5 p putjes
- 1 fs fijne structuur
- 3 gh gleuven horizontaal
- 7 ms middelfijne structuur
- 4 g gladde structuur

.....
Foto 6

Zwaveleconbetonplaat voor verticale plaatsing (type ZII) op de betonblokken.



Voor een beschrijving van de geometrische structuren wordt verwezen naar paragraaf 2.1.1.

2.1.3 c-fixplaten

Van de c-fixplaten is maar één type gebruikt, die zowel horizontaal als verticaal op de betonblokken werden bevestigd. De c-fixplaten hadden een afmeting van 75 cm x 50 cm en kenden slechts één glooiende met fijn grind opgeruwde oppervlaktestructuur.

.....

Foto 7

C-fixplaat voor horizontale en verticale plaatsing op de betonblokken.



2.1.4 eco-X-blocks

Eco-X-blocks hebben een afmeting van 2,5m x 2,5m x 2,5m en een gewicht van circa 10 ton. Aan de voor- en achterzijde is het beton verruwd (rotsstructuur), terwijl dit aan de zijkanten niet het geval is (foto 8).

.....

Foto 8

Voor-achter- en zijaanzicht van een x-block, welke geplaatst zijn op de laagdynamische locatie op de Zuiderhavenpier.



2.2 locaties pilotstudie ecobeton

De pilotstudie is op twee locaties op het Zuiderhavenhoofd (Zuidelijke Havendam, Zuiderhavenpier) bij IJmuiden uitgevoerd (Foto 9). Het Zuiderhavenhoofd heeft een lengte van ongeveer 2050 meter. Een laagdynamische locatie bevond zich op circa 730 meter en een hoogdynamische locatie op circa 1520 meter vanaf het begin van de pier. De laagdynamische locatie had een zuidoostexpositie en de hoogdynamische locatie een zuidwestexpositie.

2.2.1 laagdynamische locatie

Op de laagdynamische locatie zijn op de achter- (dat wil zeggen van de golfslag afgekeerd) en bovenzijde van betonblokken hoog en laag in het intergetijdengebied ecobetonplaten, zwaveleconcreteplaten en c-fixplaten op respectievelijk 16 april 2008, 16 juni 2008 en 14 juli 2008 bevestigd. Het aantal platen, het type, de kleur, de oriëntatie ervan en de hoogteligging ten opzichte van NAP et cetera staat vermeld in tabel 1. De posities van de platen in het intergetijdengebied zijn te zien op de foto's 10 t/m 11. Bij de keuze van de plaatsing hebben de mogelijkheden tot monitoring een doorslaggevende rol gespeeld.

.....

Foto 9

Positie (Amersfoortse coördinaten) van de hoog- en laagdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden waar de pilotstudie is uitgevoerd.



.....

Tabel 1

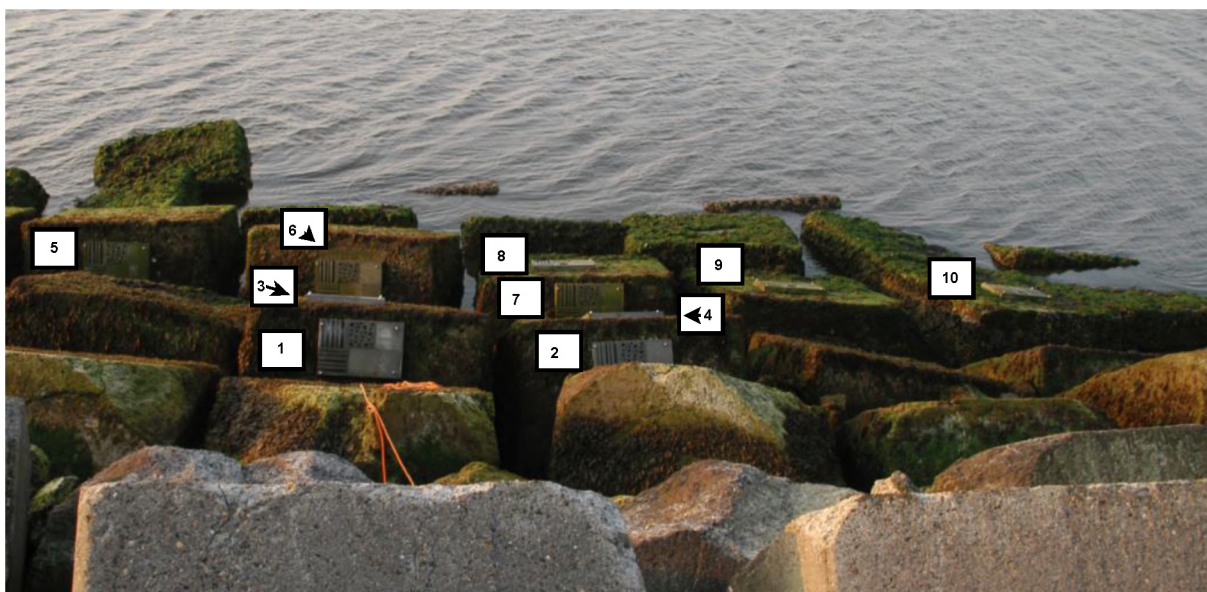
Kenmerken van de op de blokken van de laagdynamische locatie geplaatste ecobetonplaten, zwavelecbetonplaten en c-fixplaten. Gerangschikt naar diepte.

plaat	samenstelling	type	kleur	positie in het intergetijdengebied	hoogte ten opzichte van NAP in cm			
					linksboven	rechtsboven	linksonder	rechtsonder
10	beton	I	licht grijs	laag horizontaal	-29,7	-31,7	-47,2	-39,2
7	beton	II	licht grijs	laag verticaal	-7,2	-4,0	-50,7	-47,5
9	beton	I	licht grijs	laag horizontaal	-19,2	-18,2	-31,2	-30,0
8	beton	I	licht grijs	laag horizontaal	-13,7	-16,7	-26,7	-29,7
6	beton	II	licht grijs	laag verticaal	1,3	3,3	-42,2	-40,2
5	beton	II	licht grijs	laag verticaal	4,3	2,8	-39,2	-40,7
z5	zwavelbeton	ZII	licht grijs	laag verticaal	5,8	6,8	-44,2	-41,2
z6	zwavelbeton	ZII	groen	laag verticaal	25,8	22,3	-23,2	-28,2
z1	zwavelbeton	ZII	rood/roze	laag verticaal	30,7	24,9	-11,7	-17,5
z7	zwavelbeton	ZI	rood/roze	laag horizontaal	7,8	11,8	2,3	5,8
z8	zwavelbeton	ZI	groen	laag horizontaal	21,3	10,7	2,3	0,8
c1	c-fix	nvt	beige	hoog verticaal	42,8	42,3	-13,2	-13,7
c3	c-fix	nvt	beige	hoog horizontaal	20,3	20,3	14,8	18,3
2	beton	II	licht grijs	hoog verticaal	36,3	39,8	0,3	3,8
4	beton	I	licht grijs	hoog horizontaal	41,1	39,5	18,9	17,3
1	beton	II	licht grijs	hoog verticaal	66,3	64,3	25,8	22,3
z3	zwavelbeton	ZII	licht grijs	hoog verticaal	74,8	68,0	32,4	25,6
z4	zwavelbeton	ZI	licht grijs	hoog horizontaal	60,8	57,8	40,8	41,8
c4	c-fix	nvt	beige	hoog horizontaal	50,3	56,8	43,8	50,8
3	beton	I	licht grijs	hoog horizontaal	56,3	62,8	39,8	45,8
z2	zwavelbeton	ZI	rood/roze	hoog horizontaal	70,8	67,3	47,8	45,8
c2	c-fix	nvt	beige	hoog verticaal	100,7	101,3	36,8	36,8

.....

Foto 10

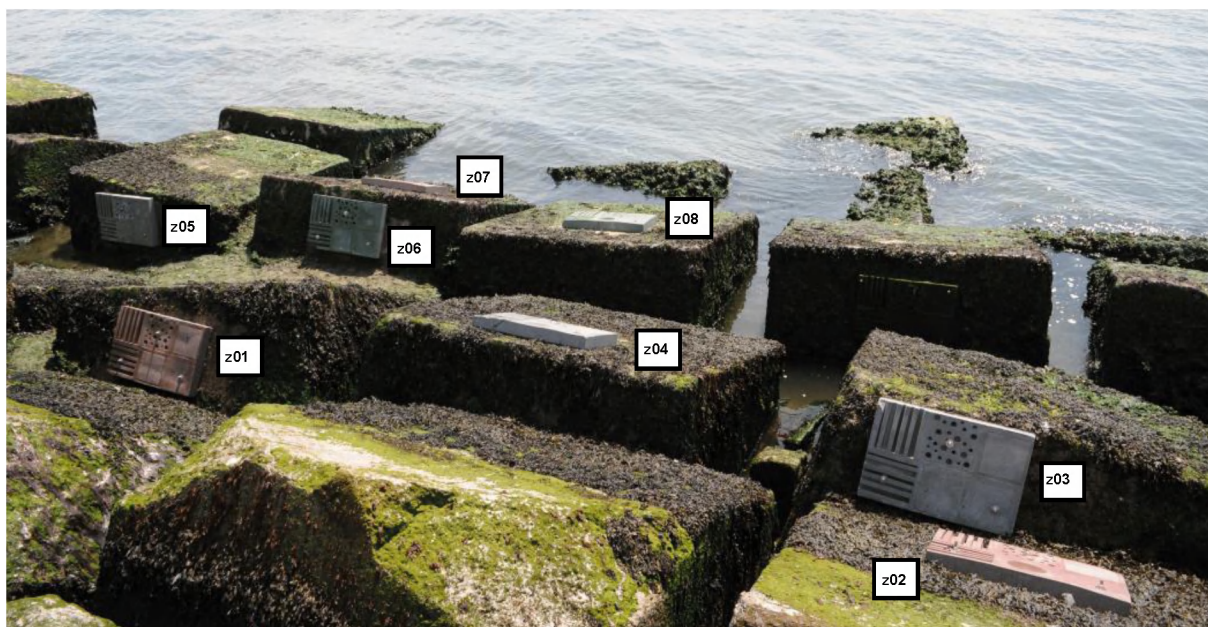
Positie van de ecobetonplaten in het intergetijdengebied op de laagdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden.



.....

Foto 11

Positie van de zwavelecbetonplaten in het intergetijdengebied op de laagdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden.



.....
Foto 12

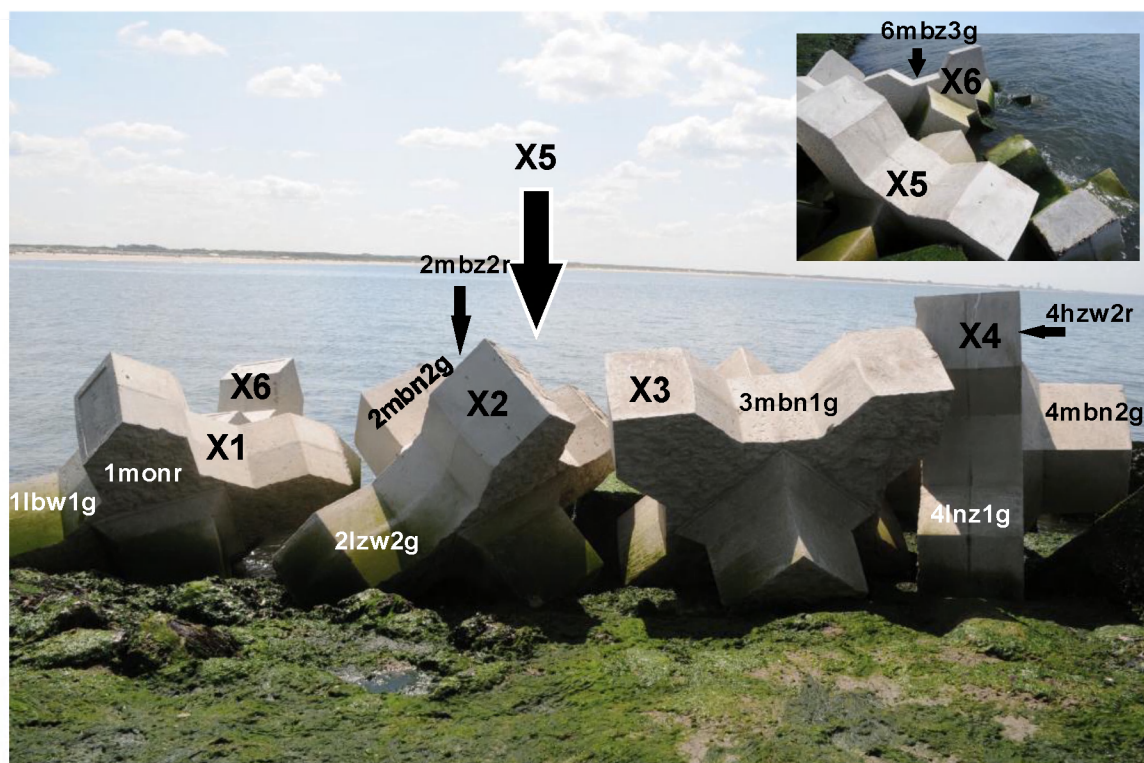
Positie van de c-fixplaten in het intergetijdengebied op de laagdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden.



10 X-blocks zijn in mei 2008 oostelijk aansluitend op de betonblokken van het Zuiderhavenhoofd op het steenasfalttalud geplaatst. Van 5 van deze X-blocks zijn 10 structuren voor de pilotstudie geselecteerd (foto 13).

.....
Foto 13

Positie van de X-blocks in het intergetijdengebied op de laagdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden. Voor gebruikte acroniemen zie paragraaf 2.3.

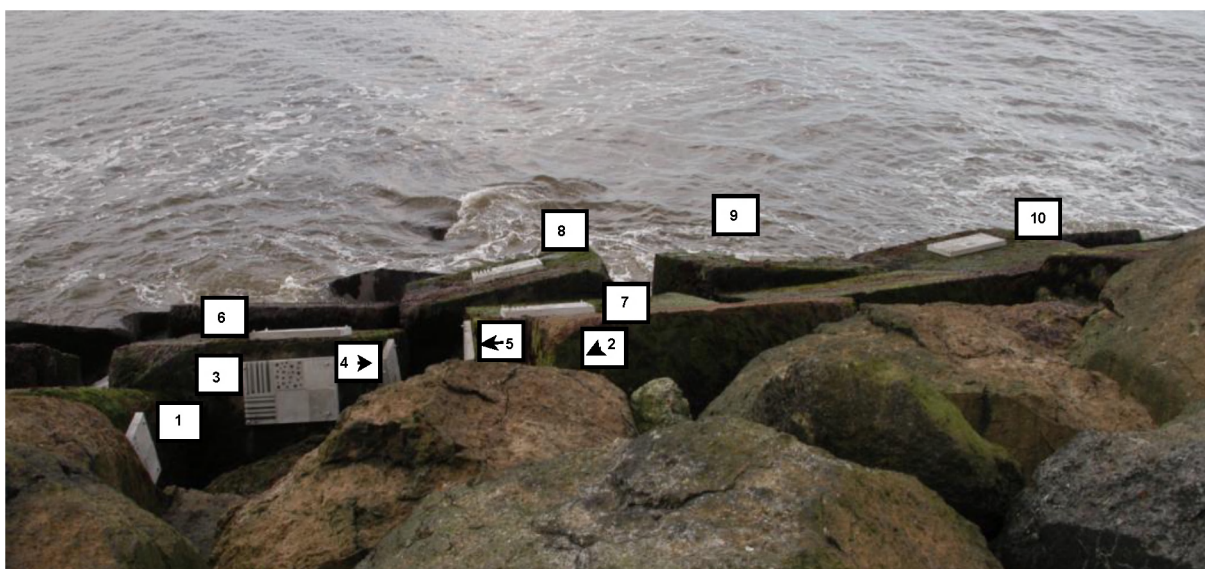


2.2.2 hoogdynamische locatie

Op de hoogdynamische locatie zijn op de achter- (dat wil zeggen van de golfslag afgekeerd) en bovenzijde en zijkanten van betonblokken hoog en in het midden van het intergetijdengebied ecobetonplaten en zwavelecbetonplaten op respectievelijk 16 april 2008 en 16 juni 2008 bevestigd. Het aantal platen, het type, de kleur, de oriëntatie ervan en de hoogteligging ten opzichte van NAP et cetera staat vermeld in tabel 2. De posities van de platen in het intergetijdengebied zijn te zien op de foto's 14 t/m 15. Bij de keuze van de plaatsing hebben de mogelijkheden tot monitoring een doorslaggevende rol gespeeld. Zo was het op de hoogdynamische locatie niet mogelijk laag in het intergetijdengebied te monitoren.

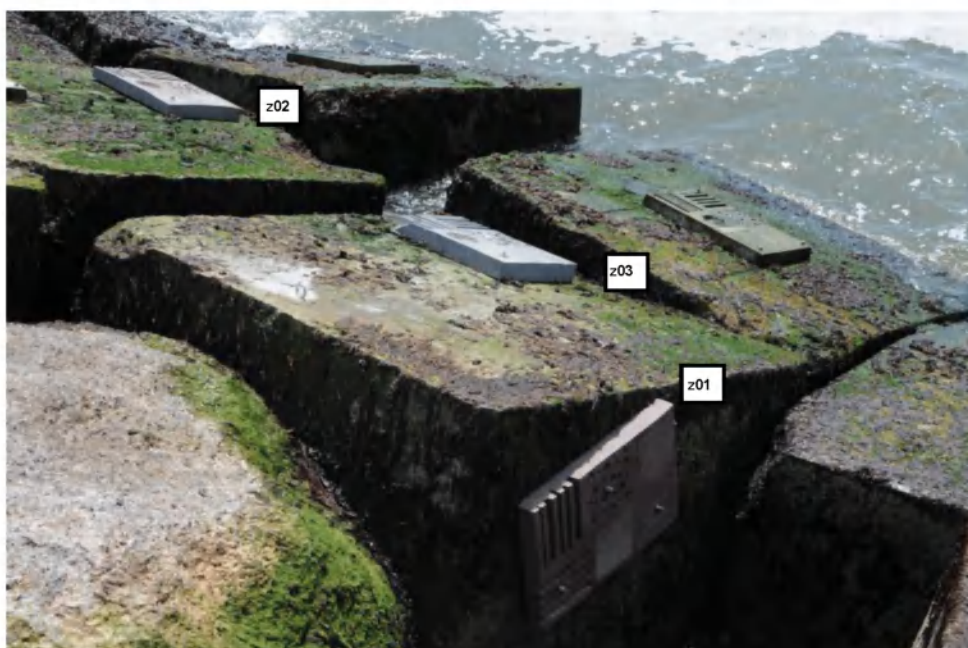
.....
Foto 14

Positie van de ecobetonplaten in het intergetijdengebied op de hoogdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden.



.....
Foto 15

Positie van de zwavelecbetonplaten in het intergetijdengebied op de laagdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden.



Tabel 2

Kenmerken van de op de blokken van de hoogdynamische locatie geplaatste ecobetonplaten en zwavelecbetonplaten. Gerangschikt naar diepte.

plaat	samenstelling	type	kleur	positie in het intergetijdgebied	hoogte ten opzichte van NAP in cm			
					linksboven	rechtsboven	linksonder	rechtsonder
z1	zwavelbeton	ZII	rood/roze	midden verticaal	48,1	46,9	-0,9	-2,1
8	beton	I	licht grijs	midden horizontaal	41,4	24,9	27,3	12,9
9	beton	I	licht grijs	midden horizontaal	41,9	41,9	22,9	23,4
4	beton	II	licht grijs	midden verticaal	72,4	64,1	23,4	15,1
10	beton	I	licht grijs	midden horizontaal	66,1	55,7	44,9	44,4
5	beton	II	licht grijs	midden verticaal	78,9	81,9	29,9	32,9
z2	zwavelbeton	ZI	rood/roze	hoog horizontaal	74,1	69,9	50,1	48,1
3	beton	II	licht grijs	hoog verticaal	86,1	94,4	37,1	45,4
z3	zwavelbeton	ZI	licht grijs	hoog horizontaal	88,1	76,4	67,9	66,4
2	beton	II	licht grijs	hoog verticaal	101,9	106,9	52,9	57,9
1	beton	II	licht grijs	hoog verticaal	103,7	106,9	54,7	57,9
7	beton	I	licht grijs	hoog horizontaal	119,4	114,4	97,9	93,9
6	beton	I	licht grijs	hoog horizontaal	plaat na 4 maanden verdwenen			

2.3 monitoring

2.3.1 ecobetonplaten, zwavelecbetonplaten en c-fixplaten

Vanaf de plaatsing in 2008 tot en met september 2010 zijn de platen regelmatig gefotografeerd en zijn wiermonsters ter determinatie meegenomen. Voor het determineren zijn de tabellen van Stegenga & Mol (1983) en Brodie, *et al.* (2007) gebruikt. Van elke plaat is steeds een overzichtsfoto gemaakt en is elke afzonderlijke structuur op de platen van nabij gefotografeerd. De data van plaatsing, fotografie en fotoanalyse zijn vermeld in tabel 3.

wierdichtheid

Vanaf de foto's is van de wieren het bedekkingspercentage op elke structuur geschat en is de hoogte van de wierbegroeiing bepaald. Voor de hoogte is een verdeling in klassen gemaakt (zie tabel 4) en aan elke klasse is een vaste waarde toegekend. Door het bedekkingspercentage met de waarde van de hoogte te vermenigvuldigen wordt een maat voor de dichtheid van de begroeiing gecreëerd. Indien Blaaswier, een soort die op zowel de dichtheid als biomassa een stempel kan drukken, aanwezig was, werd hiervoor gecompenseerd met behulp van de volgende formule:

$$\text{dichtheid wieren} = \text{hw} * (\%w - \%bw) + \%bw * 10$$

hw = hoogte van de wierbegroeiing volgens tabel 4 exclusief Blaaswier

%w = totale bedekkingspercentage wieren

%bw = bedekkingspercentage Blaaswier

Hierbij is voor het gemak de hoogte van de Blaaswierbegroeiing op 10 gesteld.

Opgemerkt moet worden dat de wierbegroeiing in sommige gevallen gelaagd was, waarmee de som van de individuele bedekkingspercentages van de wiersoorten hoger uit kan komen dan het totale bedekkingspercentage van de wieren.

.....

Tabel 3

Data van plaatsing, fotografie en fotoanalyse van de ecobetonplaten, zwavelecbetonplaten en c-fixplaten op de laagdynamische en hoogdynamische locatie. P= plaatsing, F=fotografie, FA=fotografie en fotoanalyse, GF=geen foto of foto mislukt, X=n.v.t., blanco = plaat verdwenen.

	plaat	16-4-2008	15-5-2008	16-6-2008	17-6-2008	14-7-2008	15-8-2008	15-9-2008	6-10-2008	4-11-2008	24-2-2009	20-3-2009	14-4-2009	15-5-2009	23-6-2009	7-9-2009	30-11-2009	3-3-2010	27-4-2010	10-6-2010	9-8-2010	28-9-2010
laagdynamische locatie	1	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	2	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	3	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	4	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	5	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	GF	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	6	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	7	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	GF	F	FA
	8	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	9	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	10	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	GF	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z1	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z2	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z3	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z4	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z5	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z6	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z7	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z8	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	c1	X	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA	FA	FA	FA
	c2	X	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	c3	X	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA	FA	GF	FA	FA	FA	FA	FA
	c4	X	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	GF	GF	GF	GF								
hoogdynamische locatie	1	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	2	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	3	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	4	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	5	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	6	P	F	FA	X	F																
	7	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA												
	8	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	9	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA												
	10	P	F	FA	X	F	FA	F	F	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z1	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z2	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA	F	FA
	z3	X	X	X	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	F	F	FA	F	FA						

.....
Tabel 4

Klassenindeling voor de hoogte van de wierbedekking.

hoogte klasse	waarde	hoogte wierbedekking
0	0,0	geen
1	0,2	oppervlakkig 1 à 2 mm of zeer dunne draadjes
2	0,5	zeer laag 2 - 5 mm
3	2,0	laag 5 - 20 mm
4	3,5	middelhoog 20 - 50 mm
5	5,0	hoog > 50 mm

fauna

Van de zeepokken en mosselen die zich op de platen hadden gevestigd, is het bedekkingspercentage per structuur geschat en omgezet naar abundantie (zie tabel 5). Van de overige fauna op de structuren zijn de aantallen geteld en zijn deze omgezet naar abundantie.

.....
Tabel 5

Codering van de abundantie van de op de structuren aangetroffen fauna.

abundantiecodering aangepast naar van der Maarel	
code	bedekkingspercentage of aantal exemplaren
0	0% geen exemplaren
1	0% - 0.01% zeldzaam 1 exemplaar op de structuur
2	0.01 - 0.1% enkele exemplaren 2-10 op de structuur
3	0.1% - 1.0% veel exemplaren 11-25 op de structuur
4	1% - 5% zeer veel exemplaren 26-50 op de structuur
5	5% - 12.5%
6	12.5% - 25%
7	25% - 50%
8	50% - 75%
9	> 75%

2.3.2 X-blocks

Vanaf de plaatsing in mei 2008 tot en met september 2009 is een aantal structuren van 5 deels tot volledig bij laagwater boven water uitstekende X-blocks regelmatig gefotografeerd en zijn wiermonsters ter determinatie meegenomen. De onderlinge rangschikking en de positie in het inter-getijdengebied van de betrokken X-blocks en de gemonitorde structuren zijn te zien op foto 16 en worden beschreven in tabel 6.

De data van plaatsing, fotografie en fotoanalyse zijn vermeld in tabel 7. De analyse van de foto's van de structuren is overeenkomstig met die van de ecobetonplaten, zwavelecbetonplaten en c-fixplaten.

Tabel 6

De van mei 2008 tot en met september 2010 op de X-blocks gemonitorde structuren. Exponering 1 = licht, 2 = matig, 3 = sterk.

nummer structuur	blok	type structuur	positie 1	positie 2	expositie	exponering	afkorting
1	X1	ruw	midden	onder	noord	1	1mon1r
2	X1	glad	laag	boven	west	1	1lbw1g
3	X2	glad	midden	boven	noord	2	2mbn2g
4	X2	glad	laag	zij	west	2	2lzw2g
5	X2	ruw	midden	boven	zuid	2	2mbz2r
6	X3	glad	midden/hoog	boven	noord	1	3mbn1g
7	X4	glad	laag	zij	noord	1	4lzn1g
8	X4	glad	midden	boven	noord	2	4mbn2g
9	X4	ruw	hoog	zij	west	2	4hzw2r
10	X6	glad	midden	boven	zuid	3	6mbz3g

Tabel 7

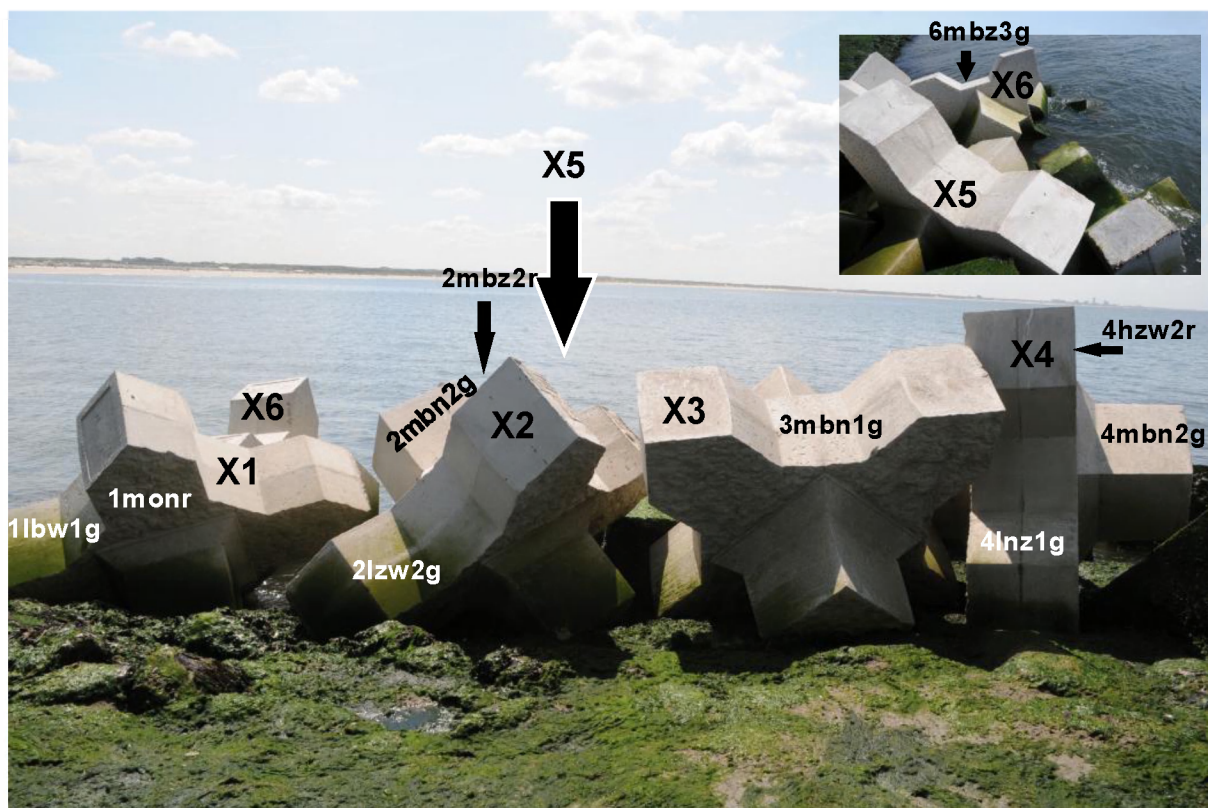
Data van plaatsing, fotografie en fotoanalyse van de structuren op de X-blocks op de laagdynamische locatie. P=plaatsing, FA=fotografie en fotoanalyse, GF=geen foto of foto mislukt.

	structuur	10-5-2008	16-6-2008	14-7-2008	15-8-2008	15-9-2008	6-10-2008	4-11-2008	24-2-2009	20-3-2009	14-4-2009	15-5-2009	23-6-2009	7-9-2009	30-11-2009	3-3-2010	27-4-2010	10-6-2010	9-8-2010	28-9-2010
laagdynamische locatie	1mon1r	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	GF	GF	FA	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA	GF	FA
	1lbw1g	P	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	2mbn2g	P	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	2lzw2g	P	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	2mbz2r	P	FA	GF	FA	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	3mbn1g	P	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA	GF	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	4lzn1g	P	FA	GF	FA	FA	GF	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	4mbn2g	P	FA	FA	FA	FA	GF	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA
	4hzw2r	P	GF	GF	GF	GF	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	GF	FA	FA
	6mbz3g	P	FA	FA	GF	FA	GF	FA	FA	GF	GF	FA	GF	GF	FA	FA	FA	FA	FA	FA

.....

Foto 16

Positie van de structuren op de X-blocks in het intergetijdgebied op de laagdynamische locatie op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden.



2.3.3 abiotiek

Gegevens betreffende windsnelheid, -richting, waterstand, golfhoogte en watertemperatuur zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat.

2.3.4 statistische analyse

Statistische analyse is uitgevoerd met SPSS 15.0.

3. resultaten

3.1 abiotiek

3.1.1 windrichting en –snelheid

Voor de oploop van golven is een windrichting tussen de 150 en 250 graden, en 150 en 320 graden voor respectievelijk de laagdynamische locatie en hoogdynamische locatie van belang. In tabel 8 is duidelijk het verschil tussen de laagdynamische locatie en hoogdynamische locatie te zien. De hoogdynamische locatie was aanzienlijk meer aan de wind, en dus golfaanval blootgesteld dan de laagdynamische locatie en dit heeft te maken met de grotere hoek waaronder golven op de hoogdynamische locatie aan kunnen lopen. Uit tabel 8 valt op te maken dat in de periode april - december 2008 zowel de gemiddelde als de mediane windsnelheid bij een wind uit bovengenoemde windrichting op beide locaties hoger was dan in de daarop volgende perioden, januari – december 2009 en januari – september 2010. Dit heeft vooral te maken met de herfststormen die in de eerste periode het beeld overheersen en in de laatste periode ontbreken.

Tabel 8

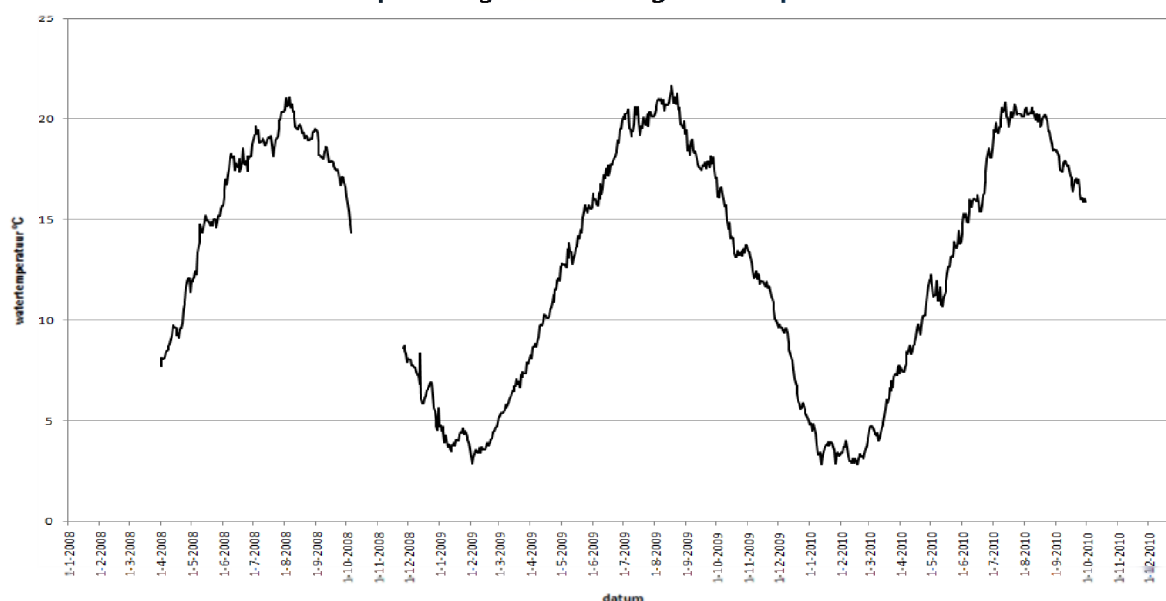
Enige gegevens met betrekking tot de windexpositie en windsnelheid op de laagdynamische locatie en hoogdynamische locatie gedurende de periode april 2008 – september 2010.

	laagdynamische locatie			hoogdynamische locatie		
windexpositie windsnelheid (ws)	2008 april december	2009 januari december	2010 januari september	2008 april december	2009 januari december	2010 januari september
% tijd	38,0	39,5	29,3	62,6	66,2	58,8
ws gemiddeld	8,5	7,3	6,0	8,0	7,2	6,0
ws maximum	22,5	22,8	18,8	22,5	22,8	21,7
ws minimum	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
ws mediaan	8,4	6,7	5,5	7,9	6,8	5,6

3.1.2 watertemperatuur

Het verloop van de gemiddelde dagwatertemperatuur gedurende de monitoringsperiode is weergegeven in figuur 1.

verloop van de gemiddelde dagwatertemperatuur



Figuur 1

Verloop van de watertemperatuur gedurende de monitoringsperiode.

3.1.3 overspoelingsduur

3.1.3.1 laagdynamische locatie

In tabel 9 is de overspoelingsduur als percentage van de totale duur van de monitoringsperiode van de bovenste en onderste structuren van de platen op de laagdynamische locatie weergegeven. Het onderscheid tussen de overspoelingsduur van de bovenste en onderste structuren is vooral van belang voor de verticale platen en de verschillen zijn duidelijk uit de tabel af te lezen. Het betreft hier alleen de overspoelingsduur in relatie tot de waterstand. Zou golfhoogte en deining zijn meegenomen dan zou de overspoelingsduur hoger liggen.

De overspoelingsduur van de X-blocks is niet bepaald.

.....
Tabel 9

Overspoelingsduur in % van de ecobetonplaten, zwavelecbetonplaten en c-fixplaten op de laagdynamische locatie over de gehele monitoringsperiode op de laagdynamische locatie.
tekst in rood = plaat tijdens monitoringsperiode verdwenen.

plaat	positie in intergetijdengebied	bovenste structuren	onderste structuren
10	laag horizontaal	63,5	67,0
7	laag verticaal	50,1	61,8
9	laag horizontaal	56,9	60,2
8	laag horizontaal	55,3	58,5
6	laag verticaal	46,2	57,5
5	laag verticaal	45,7	56,9
z5	laag verticaal	44,3	56,9
z6	laag verticaal	36,3	47,6
z1	laag verticaal	35,0	44,3
z7	laag horizontaal	43,0	44,3
z8	laag horizontaal	40,3	43,4
c1	hoog verticaal	28,5	40,7
c3	hoog horizontaal	38,1	39,0
2	hoog verticaal	30,3	38,1
4	hoog horizontaal	29,4	34,1
1	hoog verticaal	18,4	27,6
z3	hoog verticaal	15,8	25,0
z4	hoog horizontaal	21,0	25,0
c4	hoog horizontaal	23,6	25,0
3	hoog horizontaal	21,0	24,5
z2	hoog horizontaal	16,7	21,9
c2	hoog verticaal	5,0	17,1

3.1.3.2 hoogdynamische locatie

In tabel 10 is de overspoelingsduur als percentage van de totale duur van de monitoringsperiode van de bovenste en onderste structuren van de platen op de hoogdynamische locatie weergegeven. Ook hier zijn de verschillen in overspoelingsduur tussen de bovenste en onderste structuren van de verticale platen duidelijk uit de tabel af te lezen en geldt dat de overspoelingsduur wanneer de golfhoogte en deining zouden zijn meegenomen hoger zou liggen.

.....
Tabel 10

Overspoelingsduur in % van de ecobetonplaten en zwavelecbetonplaten op de hoogdynamische locatie over de gehele monitoringsperiode. tekst in rood = plaat tijdens monitoringsperiode verdwenen.

plaat	positie in het intergetijdengebied	bovenste structuren	onderste structuren
z1	midden verticaal	26,3	37,2
8	midden horizontaal	32,4	35,4
9	midden horizontaal	28,9	32,9
4	midden verticaal	17,1	28,0
10	midden horizontaal	20,6	24,1
5	midden verticaal	11,9	22,8
z2	hoog horizontaal	15,8	20,6
3	hoog verticaal	8,0	18,4
z3	hoog horizontaal	11,1	14,5
2	hoog verticaal	4,0	12,4
1	hoog verticaal	3,8	11,9
7	hoog horizontaal	2,0	3,6
6	hoog horizontaal		

3.2 laagdynamische locatie

3.2.1 begroeiing van de platen met wieren en macrofauna

3.2.1.1 ecobetonplaten

3.2.1.1.1 wiersoorten

Tabel 11

De op de ecobetonplaten aangetroffen wiersoorten op de verschillende monitoringsmomenten op de laagdynamische locatie. letter = monitoringsmoment, X = afwezig, Z = zeldzaam, A = aanwezig, S = subdominant, D = dominant.

wiersoort	zomer 2008	winter 2008-2009	zomer 2009	winter 2009-2010	zomer 2010
<i>Urospora neglecta</i>	XX	XX	XX	A	XX
<i>Ulothrix flacca</i>	XX	XX	XX	A	XZ
<i>Ulothrix/Urospora</i>	DA	XS	XZ	A	XX
<i>Blidingia minima</i>	SS	SA	AA	S	AA
<i>Ulva intestinalis</i>	SD	SD	SD	S	SS
<i>Gayralia oxysperma</i>	AS	DD	SD	A	DD
<i>Porphyra umbilicalis</i>	XZ	ZS	SA	Z	SA
<i>Ceramium rubrum</i>	XX	AS	AA	D	AS
<i>Fucus vesiculosus</i>	XZ	ZA	DA	A	AS

In tabel 11 is de successie van de wieren over de monitoringsperiode april 2008 t/m september 2010 vereenvoudigd weergegeven. Om het geheel overzichtelijk te houden, weerspiegelt de tabel het gemiddelde beeld van de successie op de ecobetonplaten.

In de eerste maanden van de zomer van 2008 werden de meeste ecobetonplaten gekoloniseerd door een mengsel van kleine draadvormige groenwieren, *Urospora neglecta* en *Ulothrix flacca*. In diezelfde periode vestigden zich ook de groenwieren *Blidingia minima* (Klein darmwier) en *Ulva intestinalis* (Echt darmwier). In de winterperiode 2008-2009 was *Gayralia oxysperma* de dominante soort, maar met de andere soorten in een toestand van degeneratie. Aan het begin van de zomer was *Fucus vesiculosus* (Blaaswier) sterk opgekomen en vooral dominant op de verticale platen laag in het intergetijdengebied. In de winter van 2009-2010 was *Ceramium rubrum* (Rood hoorntjeswier) de soort die op veel platen laag in het intergetijdengebied domineerde, hogerop waren het vooral *U. intestinalis* en *B. minima*. In de zomer van 2010 was vooral *G. oxysperma* aspectbepalend, veelal in combinatie met *U. intestinalis* en/of *P. umbilicalis* en/of *F. vesiculosus*.

3.2.1.1.2 wierbegroeiing

Voor het verloop van de successie van de wieren op de ecobetonplaten wordt verwezen naar de bijlagen 1 t/m 4.

In figuur 2 is het verloop van de gemiddelde wierbedekking van alle ecobetonplaten per wiersoort over de gehele monitoringsperiode grafisch weergegeven. Het bovenbeschreven beeld wordt hier nogmaals bevestigd. Een aantal soorten voerde al snel de boventoon. De belangrijkste soort was *G. oxysperma* die niet zelden platen voor 100% bedekte (foto 17). Verder is te zien dat het bijna drie jaar vergt eer *Fucus vesiculosus* zich optimaal heeft ontwikkeld.

.....

Foto 17

De bedekking van alle structuren met 100% *Gayralia oxysperma* van ecobetonplaat 10 horizontaal laag in het intergetijdengebied op 9 augustus 2010.

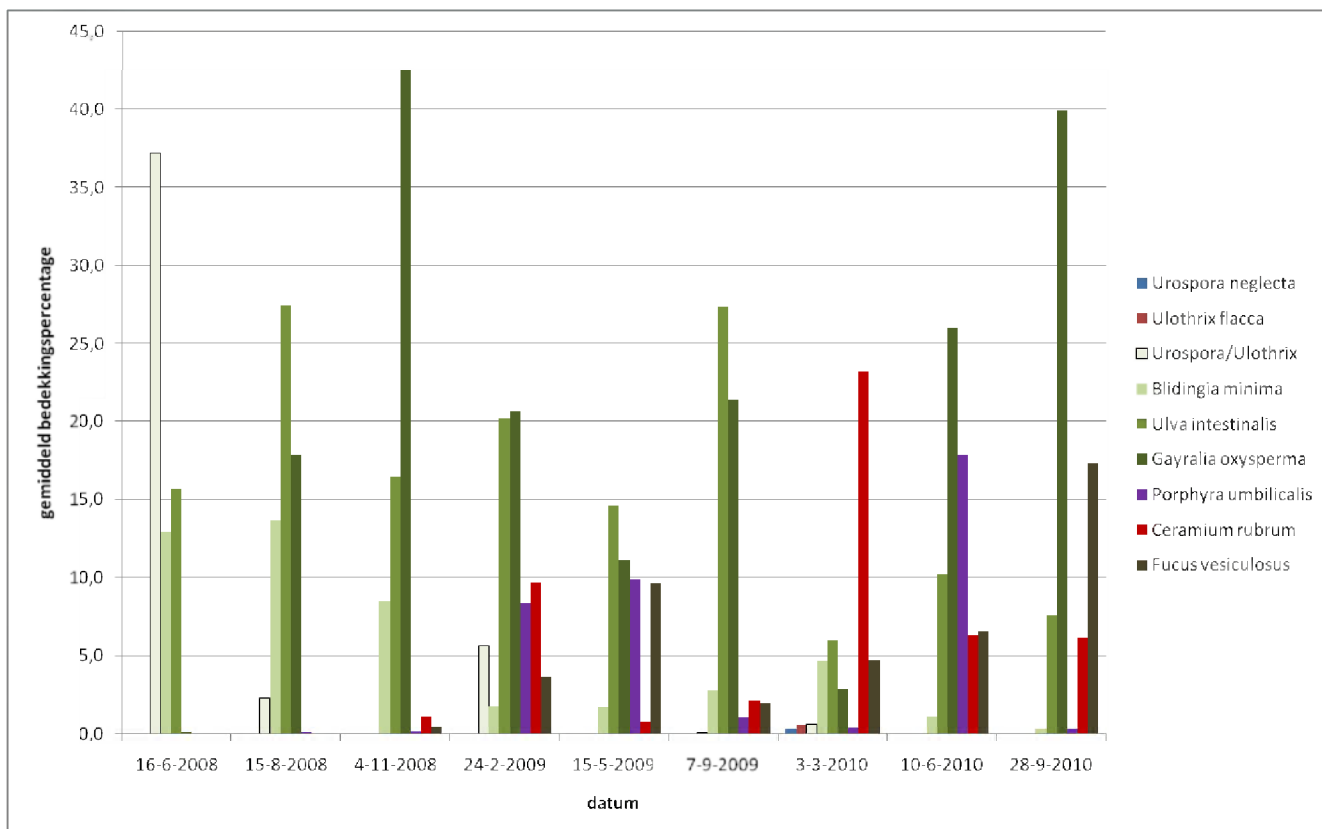


.....

Foto 18

Ecobetonplaat 10 horizontaal laag in het intergetijdengebied op 3 maart 2010. Duidelijk is het effect van de geometrische structuren op de vestiging van mosselen te zien. Op de linkerhelft van de plaat bevonden zich enkele Japanse oesters.





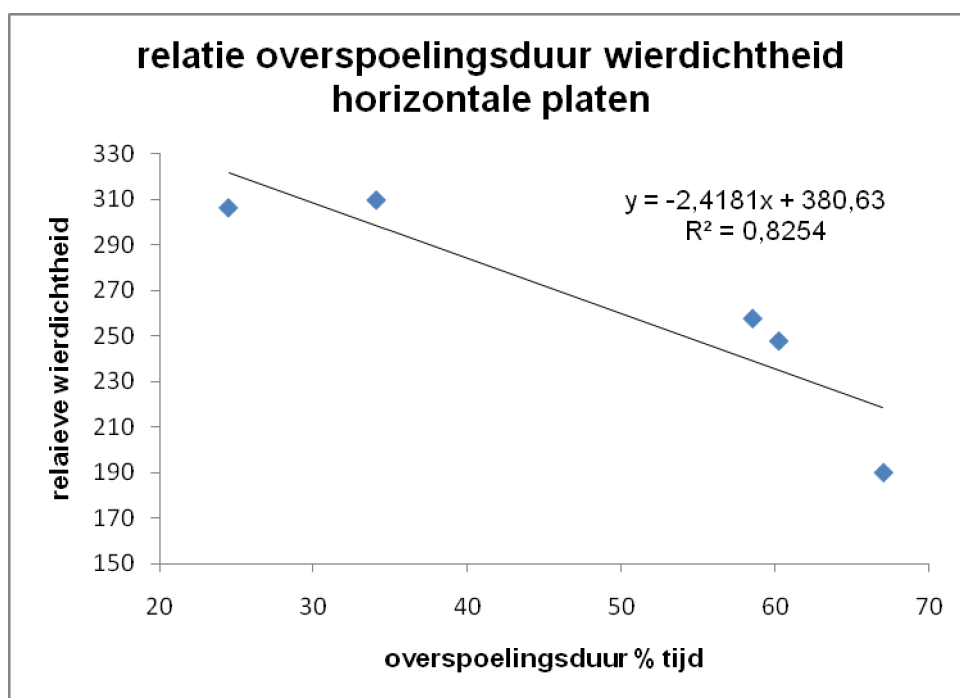
.....
Figuur 2

Verloop van het gemiddelde bedekkingspercentage op alle ecobetonplaten van de aangetroffen wiersoorten over de gehele monitoringsperiode op de laagdynamische locatie.

In de figuren 3 en 4 is de relatie tussen de overspoelingsduur (directe relatie met de positie in het intergetijdengebied) en de gemiddelde wierdichtheid op de ecobetonplaten weergegeven. Over de gehele monitoringsperiode genomen is er een negatieve significante correlatie voor zowel de horizontale als verticale platen ($R^2=0,9$, $p<0,001$). Dit wordt ook voor de gemiddelde wierdichtheid in winter en zomer gevonden. Analyse per monitoringsmoment laat echter een significant positieve relatie zien tussen overspoelingsduur en de gemiddelde wierdichtheid voor juni 2008 en juni 2010.

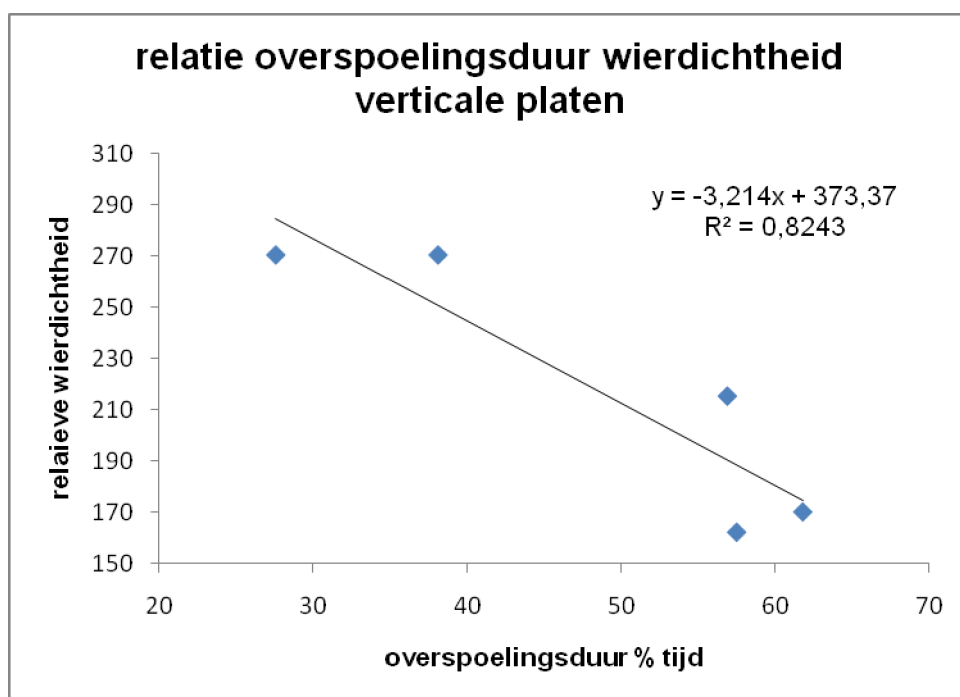
Bij toetsing van de gemiddelde wierdichtheid per structuur per plaat (variantieanalyse) en de ontwikkeling van de wierdichtheid (covariantieanalyse) over de gehele monitoringsperiode worden er geen significante verschillen gevonden tussen de structuren. Uitzondering daarop is de structuur gh (gleuven horizontaal) op de platen 5 en 7. De lagere wierdichtheid op deze structuur valt terug te voeren op de hoge bezetting met mosselen (zie paragraaf 3.2.1.1.3). Dit beeld wordt versterkt wanneer in plaats van de wierdichtheid de som van de abundantie van de groen-, rood- en bruinwieren als de te toetsen afhankelijke wordt genomen. In dit laatste geval scoort de structuur gh op alle laag verticale platen (5, 6, 4 en 7) op wierdichtheid lager dan alle andere structuren. In het voorjaar en begin van de zomer 2010 is echter te zien dat de geometrische structuren op zowel de hoog als laag horizontaal geplaatste platen een positief effect op de wierdichtheid hadden. Als voorbeeld wordt verwezen naar bijlage 2 en 4).

Er was geen significant verschil in wierdichtheid tussen de horizontaal ($M=308,2$, $SE=18,7$) en verticaal ($M=299,7$, $SE=18,7$) geplaatste ecobetonplaten ($t(214)=-0,32$, $p>0,05$) hoog in het intergetijdengebied, terwijl laag in het intergetijdengebied de horizontaal geplaatste platen ($M=234,0$, $SE=12,8$) een significant hoger wierdichtheid ($t(310)=-3,3$, $p<0,001$) hadden dan de verticaal geplaatste ($M=181,9$, $SE=9,3$).



Figuur 3

Relatie tussen de relatieve overspoelingsduur van de horizontale platen en de gemiddelde relatieve wierdichtheid op de laagdynamische locatie.



Figuur 4

Relatie tussen de relatieve overspoelingsduur van de verticale platen en de gemiddelde relatieve wierdichtheid op de laagdynamische locatie.

3.2.1.1.3 macrofauna

Afgezien van muggenlarven (periode februari t/m oktober) en vlokreeften tussen de wieren werden op de platen 5 macrofaunasoorten aangetroffen, te weten zeepokken (*Elminius modestus*), Ruwe alikruiken (*Littorina saxatilis*), mosselen (*Mytilus edulis*), enkele Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) en één Gewone schaalhoorn (*Patella vulgata*). Zeepokken ontwikkelden zich op alle platen en op alle structuren in nagenoeg gelijke mate, maar bij aanvang van de monitoring meer in de gleuven en putjes. Hoewel de abundantie afnam bij toename van het aantal mosselen zijn er geen significante verschillen tussen de structuren op de ecobetonplaten.

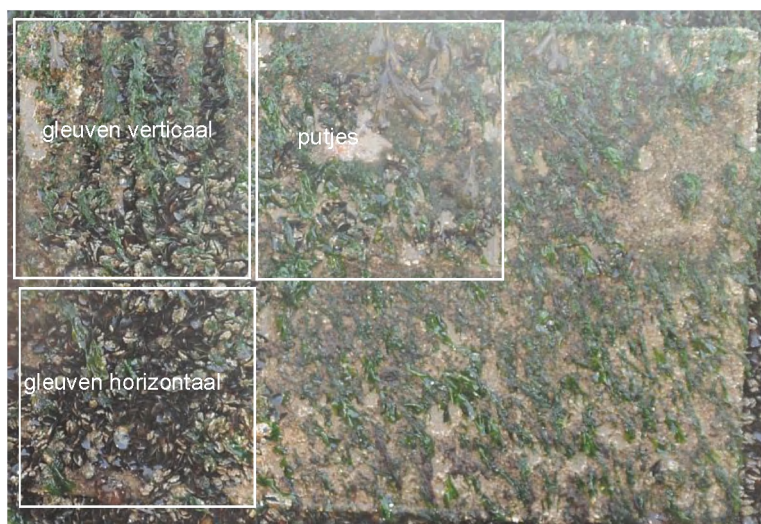
Ruwe alikruiken werden vooral gevonden in de putjes en spleten (slecht een enkeling werd op een andere structuur gevonden) van de verticaal opgehangen platen, zowel hoog als laag in het intergetijdengebied, maar zo nu en dan werd ook een enkel exemplaar in de gleuven van de lage horizontale platen aangetroffen. De Gewone schaalhoorn is één keer gevonden in de horizontale gleuven van ecobetonplaat 7. Japanse oesters werden in maart 2010 voor het eerst op de gladde en fijne structuur van de horizontale ecobetonplaat 10 laag in het intergetijdengebied waargenomen. De mosselen (foto 18 en 19) werden op alle platen in de gleuven en putjes en vaak in zeer hoge dichtheden aangetroffen met uitzondering van de horizontaal geplaatste platen hoog in het intergetijdengebied. De grootste dichtheden bevonden zich op de verticaal aangebrachte platen en dan vooral in de gleuven. Op de afzonderlijke platen waren er echter geen significante verschillen in mosseldichtheid tussen de geometrische structuren, met uitzondering van de komstructuur die significant minder mosselen bevatte (variantieanalyse). Vanaf september 2009 werd, naast in de gleuven en putjes, ook enig mosselbroed tussen de zeepokken op de overige structuren horizontaal in het lage intergetijdengebied op één plaat aangetroffen. Deze mosseltjes zijn echter in de winter van 2009/2010 weer van de gladde en fijne structuur afgespoeld.

Hoog in het intergetijdengebied was het gemiddelde bedekkingspercentage zeepokken over de gehele monitoringsperiode op de verticale platen (ME=39,3, SE=3,0) significant hoger ($t(183)=6,1$, $p<0,001$) dan op de horizontale platen (ME=15,9, SE=2,4). Laag in het intergetijdengebied hadden de verticale platen (ME=56,7, SE=2,9) eveneens een significant ($t(228)=3,6$, $p<0,001$) hoger gemiddeld bedekkingspercentage dan de horizontale (ME=40,0, SE=3,6).

Op de platen hoog in het intergetijdengebied was het gemiddelde bedekkingspercentage mosselen over de gehele monitoringsperiode op de verticale platen (ME=3,9, SE=1,0) significant hoger ($t(214)=3,6$, $p<0,001$) dan op de horizontale platen (ME=0,5, SE=0,1). Laag in het intergetijdengebied was er geen significant verschil ($t(310)=0,2$, $p>0,05$) tussen de gemiddelde bedekkingspercentages mosselen op de verticale platen (ME=15,4, SE=2,3) en horizontale platen (ME=14,9, SE=1,9).

Foto 19

Begroeiing van ecobetonplaat 6 op de laagdynamische locatie in september 2009. Opvallend de grote dichtheden mosselen in vooral de structuren met gleuven, op de overige structuren waren zij niet te vinden.



3.2.1.2 zwavelecobetonplaten

3.2.1.2.1 wiersoorten

.....

Tabel 12

De op de zwavelecobetonplaten aangetroffen wiersoorten op de verschillende monitoringsmomenten op de laagdynamische locatie. letter = monitoringsmoment, X = afwezig, Z = zeldzaam, A = aanwezig, S = subdominant, D = dominant.

wiersoort	zomer 2008	winter 2008-2009	zomer 2009	winter 2009-2010	zomer 2010
<i>Urospora neglecta</i>	DXX	XXX	XX	X	XX
<i>Ulothrix flacca</i>	AAA	AXS	XX	S	XA
<i>Ulothrix/Urospora</i>	SSA	ZXX	XX	S	SS
<i>Blidingia minima</i>	ZSS	XZA	SS	A	SS
<i>Ulva intestinalis</i>	ADS	SSS	SA	D	DA
<i>Ulva prolifera</i>	XXX	XXX	XXX	Z	XX
<i>Gayralia oxysperma</i>	XSD	DDD	DD	S	SD
<i>Porphyra umbilicalis</i>	XZA	AZA	SA	A	DA
<i>Bangia atropurpurea</i>	XXX	XXX	XX	Z	XX
<i>Ceramium rubrum</i>	XXX	XXX	XX	D	AA
<i>Fucus vesiculosus</i>	XXX	XXX	ZA	A	SD

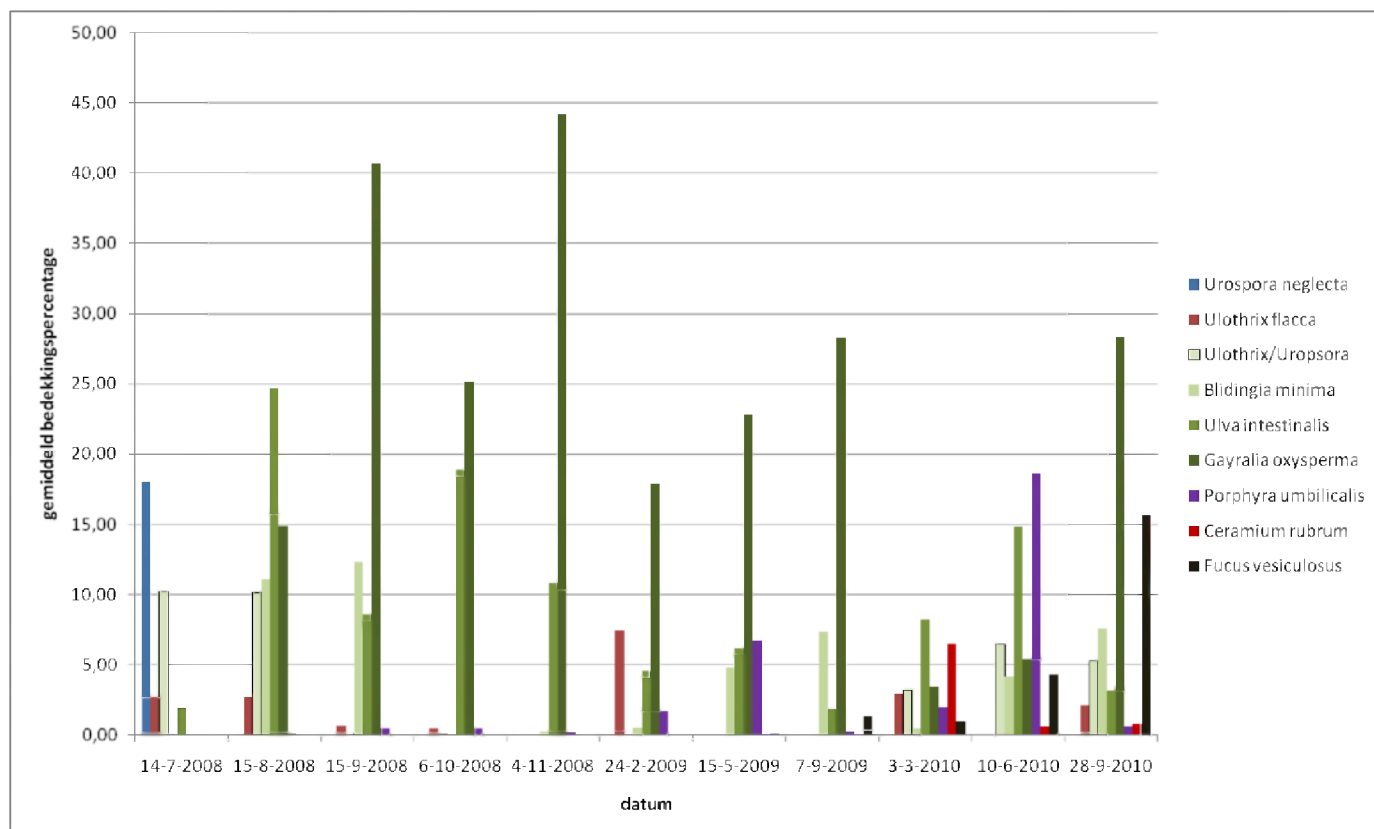
In tabel 12 is de successie van de wieren over de monitoringsperiode juni 2008 t/m september 2010 vereenvoudigd weergegeven. Om het geheel overzichtelijk te houden, weerspiegelt de tabel het gemiddelde beeld van de successie op de ecobetonplaten.

In juli 2008 de eerste maand na plaatsing waren de platen vooral gekoloniseerd door *Urospora neglecta* en *Ulothrix flacca* en een mengsel van deze kleine draadvormige groenwieren. Nog één maand later in augustus 2008 was *U. intestinalis* dominant en *B. minima* en *G. oxysperma* subdominant. Aan het einde van de zomer 2008, in de maand september was het *G. oxysperma* die vrijwel op alle platen domineerde. In de winter van 2008-2009. Waren *G. oxysperma* en *U. intestinalis* die de wierbegroeiing van de platen overwegend bepaalden. In de zomer van 2009 was de wierbegroeiing qua soortensamenstelling vergelijkbaar met de voorafgaande winter, maar nu waren ook soorten als *B. minima* en *P. umbilicalis* subdominant. In de winter van 2009-2010 domineerden *C. rubrum* (laag verticaal) en *U. intestinalis* en waren de kleine draadwieren *U. neglecta* en *U. flacca* subdominant. De soorten *Ulva prolifera* en *Bangia atropurpurea* (een eenvoudig draadvormig roodwier) werden alleen in deze periode en elk slechts op één plaat aangetroffen. In de zomer van 2010 waren het vooral *G. oxysperma* en *Fucus vesiculosus* die laag in het intergetijdengebied de platen overgroeiden, terwijl dit hoger op ook *B. minima* en een mengsel van *U. neglecta* en *U. flacca* waren.

3.2.1.2.2 wierbegroeiing

Voor het verloop van de successie van de wieren op de ecobetonplaten wordt verwezen naar de bijlagen 5 t/m 8.

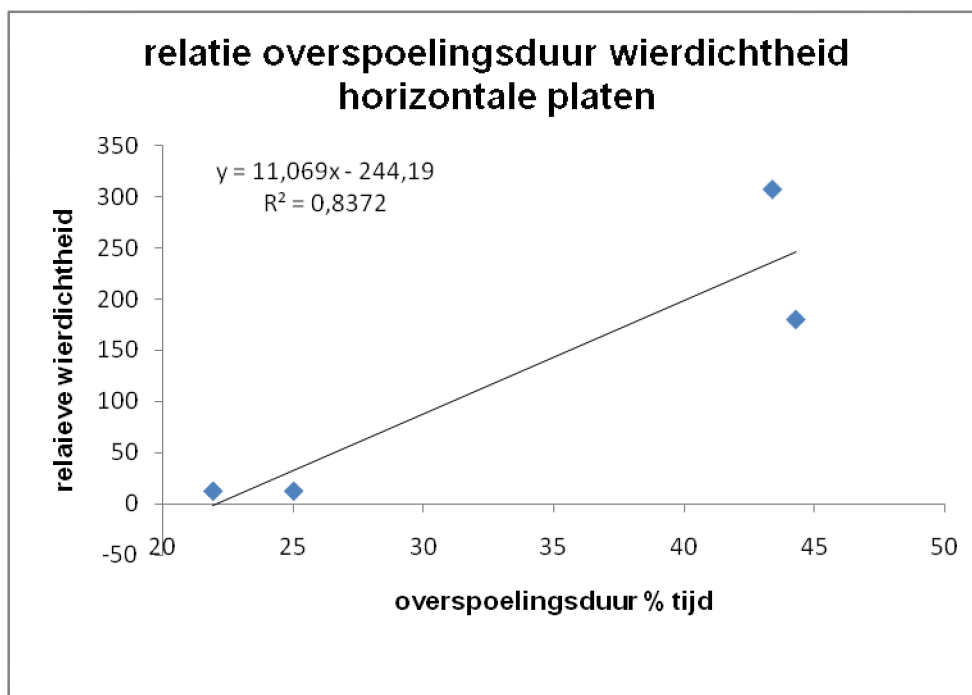
In figuur 5 is het verloop van de gemiddelde wierbedekking van alle zwavelecbetonplaten per wiersoort over de gehele monitoringsperiode grafisch weergegeven. Het bovenbeschreven beeld wordt hier nogmaals bevestigd. Een aantal soorten voerde al snel de boventoon. De belangrijkste soort was *G. oxysperma* die niet zelden platen voor 100% bedekte. De ontwikkeling van *Fucus vesiculosus* begon pas aan het einde van zomer 2009.



Figuur 5

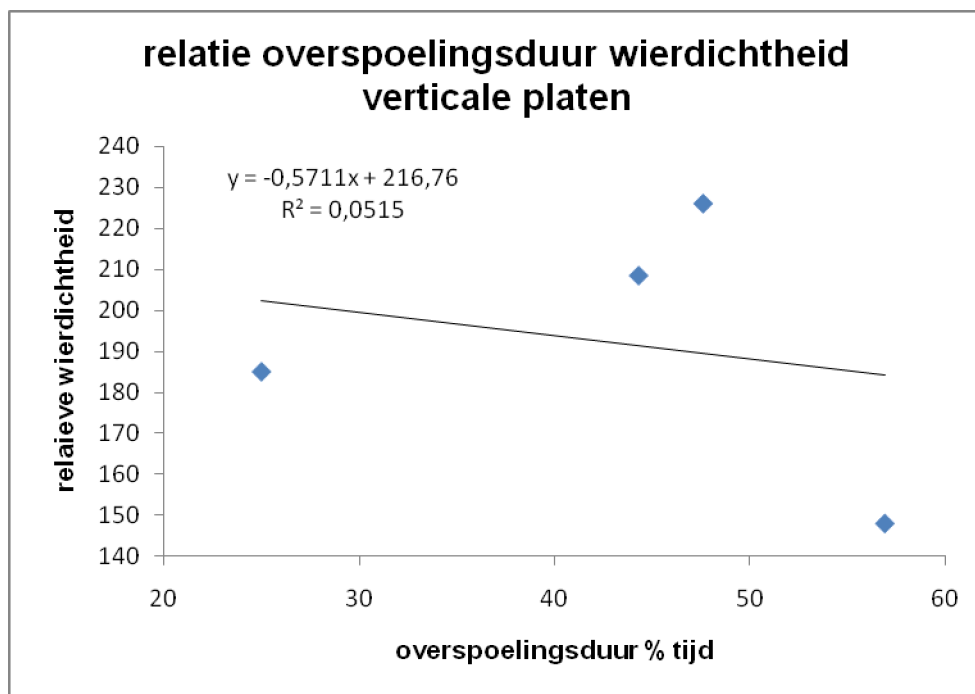
Verloop van het gemiddelde bedekkingpercentage op alle zwavelecbetonplaten van de aangetroffen wiersoorten over de gehele monitoringsperiode op de laagdynamische locatie. De eenmalig aangetroffen soorten *Ulva prolifera* en *Bangia atropurpurea* zijn niet opgenomen.

Met uitzondering van de twee zwavelecbetonplaten 2 en 4 (foto 20) hoog horizontaal begroeiden de overige platen redelijk tot goed. In de figuren 6 en 7 is de relatie tussen de overspoelingsduur (directe relatie met de positie in het intergetijdengebied) en de gemiddelde wierdichtheid op de horizontale en verticale zwavelecbetonplaten weergegeven. Voor de horizontaal geplaatste platen is er een positieve correlatie en voor de verticaal geplaatste een zeer zwakke negatieve. Beide correlaties zijn echter niet significant (respectievelijk ($F(1,2)=10,29$, $p>0,08$ en $F(1,2)=0,11$, $p>0,77$). Een maand na plaatsing in juli 2008 was het opvallend dat het vooral de middelfijne structuur was die het dichtst begroeid was. Verder was er een duidelijk positief effect op de wiergroei die uitging van de kom en putten (foto 21). Dit effect werd minder duidelijk naarmate het seizoen vorderde en de



Figuur 6

Relatie tussen de relatieve overspoelingsduur van de horizontale zwaveleconbetonplaten en de gemiddelde relatieve wierdichtheid laagdynamische locatie.



Figuur 7

Relatie tussen de relatieve overspoelingsduur van de verticale zwaveleconbetonplaten en de gemiddelde relatieve wierdichtheid op de laagdynamische locatie.

.....
Foto 20

Begroeiing van zwaveleconcrete plaat 4 op de laagdynamische locatie in augustus 2009. Het betonblok was aanmerkelijk beter begroeid dan de plaat.



.....
Foto 21

Positieve effecten van de structuren kom, middelfijne structuur en putjes op de kolonisatie door wieren op de horizontaal geplaatste zwaveleconcrete plaat 7 laag in het intergetijdgebied op de laagdynamische locatie in juli 2008.



platen verder begroeid raakten en uiteindelijk waren de verschillen tussen de begroeiing van de structuren veelal verwaarloosbaar.

Bij toetsing van de gemiddelde wierdichtheid per structuur per plaat (variantieanalyse) en de ontwikkeling van de wierdichtheid (covariantieanalyse) over de gehele monitoringsperiode worden er geen significante verschillen gevonden tussen de structuren. De structuur gh (horizontale gleuven) scoorde bij alle verticale platen het laagst op de gemiddelde wierdichtheid als gevolg van de hoge bedekking met mosselen. In 2010 viel er, hoewel dit statistisch niet valt aan te tonen, wel een positief effect waar te nemen uitgaande van de geometrische structuren op de wierbedekking (zie bijlage 8).

Het effect van de kleur van de plaat op wierbegroeiing kon door het beperkte aantal platen niet worden getoetst. Er zijn echter geen aanwijzingen dat de toegepaste kleuren hierop van invloed zijn.

Er was een significant verschil in wierdichtheid tussen de horizontaal ($M=22,7$, $SE=3,2$) en verticaal ($M=196,8$, $SE=13,6$) geplaatste platen ($t(260)=12,4$, $p<0,05$) hoog in het intergetijdgebied. Laag in het intergetijdgebied hadden de horizontaal geplaatste platen ($M=243,9$, $SE=14,6$) een significant hoger wierdichtheid ($t(262)=-3,2$, $p<0,002$) dan de verticaal geplaatste ($M=187,1$, $SE=10,7$).

3.2.1.2.3 macrofauna

Afgezien van muggenlarven en vlokreeften tussen de wieren werden op de zwaveleconcrete platen 5 macrofaunasoorten aangetroffen, te weten zeepokken (*Elminius modestus*), Ruwe alikruiken (*Littorina saxatilis*), mosselen (*Mytilus edulis*), twee paardeanemonen (*Actinia equina*) en één Gewone schaalhoorn (*Patella vulgata*). Zeepokken ontwikkelden zich slechts in beperkte mate op de horizontale zwaveleconcrete platen hoog in het intergetijdgebied. De ontwikkeling van de zeepokken in termen van

bedekkingspercentage was het hoogst en in gelijke mate op de nietgeometrische structuren fijn, middelfijn en glad en het verschil met de geometrische structuren is significant ($F(6,395)=8,68$, $p<0,0001$).

130 Ruwe alikruiken (foto 22) werden gevonden in de putjes en spleten van de verticaal opgehangen platen, zowel hoog als laag in het intergetijdengebied, tegenover 12 exemplaren op de overige structuren. Op de horizontale platen laag in het intergetijdengebied werden in totaal 7 exemplaren in de gleuven en 1 in een kom aangetroffen. De Gewone schaalhoorn is één keer gevonden op zwavelecobetonplaat 6 op de gladde structuur.

De mosselen werden in de gleuven en putjes en vaak in zeer hoge dichtheden aangetroffen met uitzondering van de horizontaal geplaatste platen hoog in het intergetijdengebied. De grootste dichtheden bevonden zich op de verticaal aangebrachte platen en dan vooral in de gleuven. Op de afzonderlijke platen waren er geen significante verschillen in mosseldichtheid tussen de geometrische structuren. Vanaf september 2009 werd mosselbroed naast in de gleuven en putjes ook tussen de zeepokken op de overige structuren horizontaal in het lage intergetijdengebied op een enkele plaat aangetroffen. Deze mosseltjes zijn echter in de winter van 2009/2010 weer van de gladde en fijne structuur afgespoeld.

Hoog in het intergetijdengebied was het gemiddelde bedekkingspercentage zeepokken over de gehele monitoringsperiode op de verticale platen ($ME=44,8$, $SE=2,3$) significant hoger ($t(167)=17,0$, $p<0,001$) dan op de horizontale platen ($ME=15,9$, $SE=2,4$). Laag in het intergetijdengebied hadden de verticale platen ($ME=71,8$, $SE=2,4$) eveneens een significant ($t(231)=8,9$, $p<0,001$) hoger gemiddeld bedekkingspercentage dan de horizontale ($ME=36,7$, $SE=3,1$).

Op de platen hoog in het intergetijdengebied was het gemiddelde bedekkingspercentage mosselen over de gehele monitoringsperiode op de verticale platen ($ME=1,5$, $SE=0,3$) significant hoger ($t(262)=4,8$, $p<0,001$) dan op de horizontale platen ($ME=0,01$, $SE=0,01$). Laag in het intergetijdengebied was er eveneens significant verschil ($t(261)=2,6$, $p>0,01$) tussen de gemiddelde bedekkingspercentages mosselen op de verticale platen ($ME=6,1$, $SE=1,1$) en horizontale platen ($ME=3,0$, $SE=0,5$).

.....
Foto 22

Alikruiken in de putjes van zwavelecobetonplaat 1 op 14 juli 2008.



3.2.1.3 c-fixplaten

3.2.1.3.1 wiersoorten

.....

Tabel 13

De op de c-fixplaten aangetroffen wiersoorten op de verschillende monitoringsmomenten. letter = monitoringsmoment, X = afwezig, Z = zeldzaam, A = aanwezig, S = subdominant, D = dominant.

	zomer 2008	winter 2008-2009	zomer 2009	winter 2009-2010	zomer 2010
<i>Blidingia minima</i>	XX	XAAZ	XDDS	S	SDXS
<i>Ulva intestinalis</i>	XX	DSSX	XXXX	X	XDXX
<i>Gayralia oxysperma</i>	DD	DDDD	DDDD	D	DDDD
<i>Porphyra umbilicalis</i>	XX	AASA	SSSS	A	SSAA
<i>Ceramium rubrum</i>	XX	XXXX	XXXX	A	SAXA
<i>Fucus vesiculosus</i>	XX	XXXX	XXXA	S	SSDS

In tabel 13 is de successie van de wieren over de monitoringsperiode juni 2008 t/m september 2010 vereenvoudigd weergegeven. Om het geheel overzichtelijk te houden, weerspiegelt de tabel het gemiddelde beeld van de successie op de c-fixplaten.

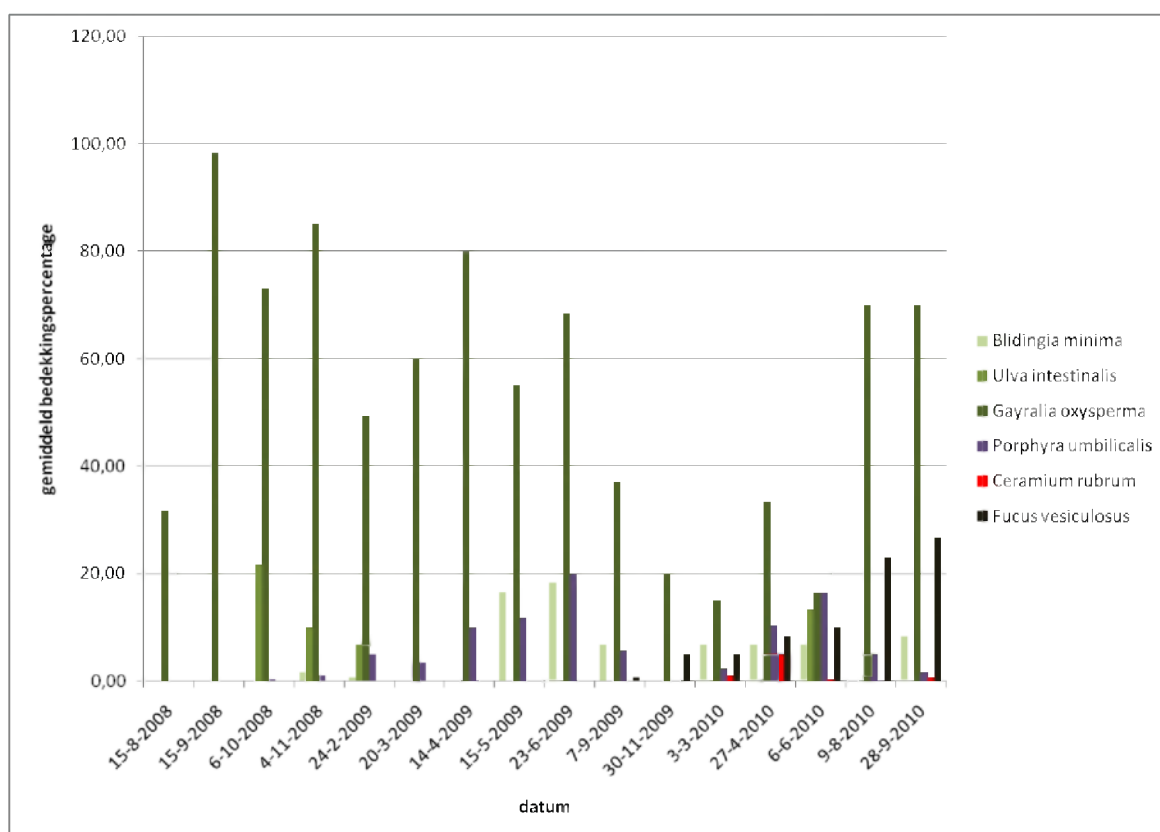
Op de c-fixplaten werden over de gehele monitoringsperiode 6 wiersoorten aangetroffen. *Gayralia oxysperma* had zich als enige soort na een maand in juli 2008 al in redelijke dichtheden op de platen gevestigd. In september 2008 overgroeide de soort de c-fixplaten al vrijwel geheel en bleef gedurende de gehele monitoringsperiode de dominante soort. *Fucus vesiculosus* verscheen in de winter van 2009-2010 voor het eerst op de c-fixplaten en maakte in de zomer van 2010 een goede ontwikkeling door.

3.2.1.3.2 wierbegroeiing

Voor het verloop van de successie van de wieren op de c-fixplaten wordt verwezen naar de bijlagen 9 t/m 12.

In figuur 8 is de snelle kolonisatie van de c-fixplaten door vooral *Gayralia oxysperma* duidelijk te zien. Verder valt de ontwikkeling van *Porphyra umbilicalis* in de loop van het seizoen met de maand juni als hoogtepunt voor de wierbegroeiing van deze soort goed af te lezen.

Door het verdwijnen van een van de c-fixplaten kunnen er slechts 3 met elkaar worden vergeleken. Tussen de gemiddelde wierdichtheden over de gehele periode op deze platen zijn geen significante verschillen aantoonbaar ($F(2,40)=1,58$, $P>0,2$), ook door de monitoringsdata als covariant te nemen zijn de verschillen niet significant ($F(2,39)=1,49$, $P>0,2$). De oorzaak ligt hem vooral in de grote spreiding rond het gemiddelde van de wierdichtheid op de platen. Door de som van de abundanties van groen-, rood- en bruinwieren te nemen kan dit enigszins ondervangen worden. Bij vergelijking van de abundanties zijn er geen significante verschillen in de zomer ($F(2,24)=1,19$, $P>0,3$), maar wel in de winter ($F(2,13)=7,43$, $p<0,01$). In het laatste geval is de som van de abundanties van groen-, rood- en bruinwieren abundantie van de horizontale plaat significant lager dan die van de verticale platen.



.....
Figuur 8

Verloop van het gemiddelde bedekkingpercentage op alle c-fixplaten van de aangetroffen wiersoorten over de gehele monitoringsperiode op de laagdynamische locatie.

3.2.1.3.3 macrofauna

Op de verticale c-fixplaten werd in totaal drie keer één Ruwe alikruik waargenomen en op de horizontale eenmaal één exemplaar. Op de horizontale c-fixplaat werd in september 2009 mosselbroed gevonden, dat de plaat voor 60% bedekte (zie bijlage 11). In maart 2010 werd daar niets meer van teruggevonden.

De c-fixplaten begroeiden goed met zeepokken. Tussen de bedekkingspercentages en abundanties van de zeepokken op de verschillende platen bestonden geen significante verschillen (respectievelijk $F(2,20)=0,75, P>0,4$) en $F(2,20)=0,30, P>0,7$).

3.2.1.4 X-blocks

3.2.1.4.1 wiersoorten

.....

Tabel 14

De op de X-blocks aangetroffen wiersoorten op de verschillende monitoringsmomenten. letter = monitoringsmoment, X = afwezig, Z = zeldzaam, A = aanwezig, S = subdominant, D = dominant.

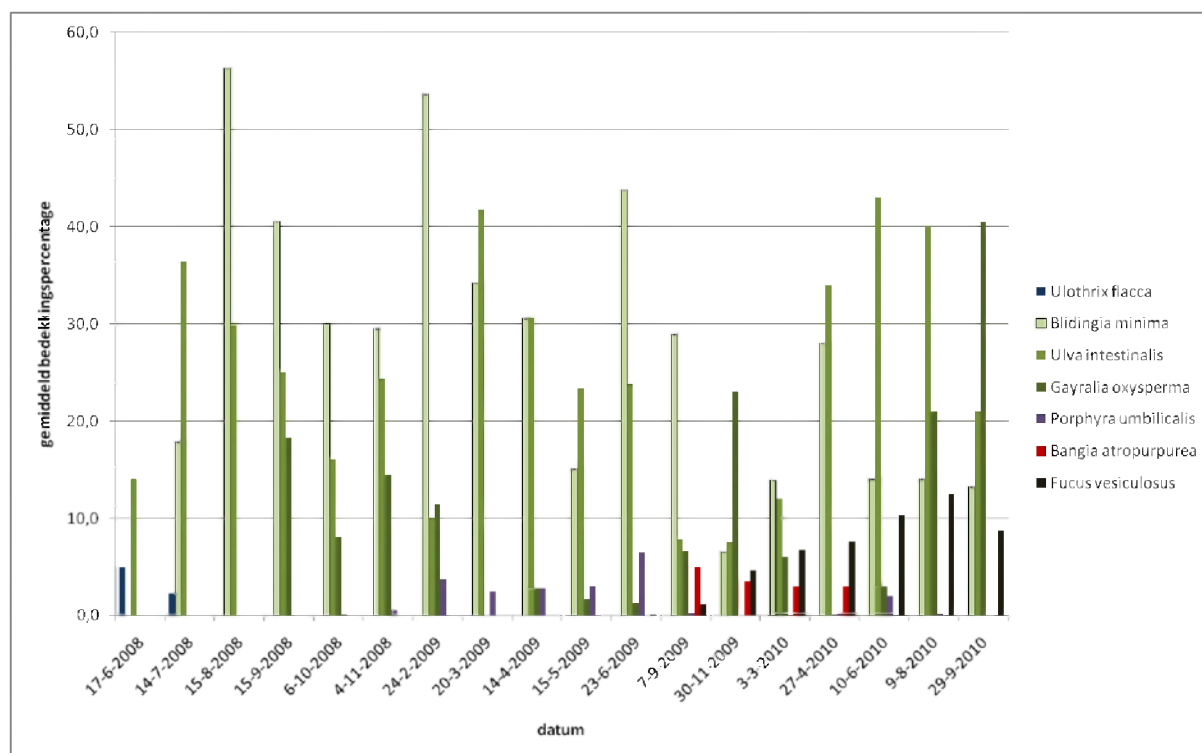
	zomer 2008	winter 2008-2009	zomer 2009	winter 2009-2010	zomer 2010
<i>Ulothrix flacca</i>	SAXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
<i>Blidingia minima</i>	XDDD	DDDD	DDDD	SD	DSSS
<i>Ulva intestinalis</i>	DDDD	DDSD	DDDS	SD	DDDS
<i>Gayralia oxysperma</i>	XXXS	SSSX	AAAS	DS	ZADD
<i>Porphyra umbilicalis</i>	XXXX	ZAAA	AASZ	XX	ZAZX
<i>Bangia atropurpurea</i>	XXXX	XXXX	XXXA	AA	AXXX
<i>Fucus vesiculosus</i>	XXXX	XXXX	XXXA	AS	SSSS

In tabel 14 is de successie van de wieren over de monitoringsperiode juni 2008 t/m september 2010 vereenvoudigd weergegeven. Om het geheel overzichtelijk te houden, weerspiegelt de tabel het gemiddelde beeld van de successie op de X-blocks.

Op de X-blocks werden over de gehele monitoringsperiode 7 wiersoorten aangetroffen. De eerste maand na plaatsing waren het *Ulothrix flacca* en *Ulva intestinalis* die de begroeiing van wieren op de X-blocks bepaalden. Op vrijwel alle monitoringsmomenten daaropvolgend zowel in de winter als de zomer waren *Blidingia minima* en *Ulva intestinalis* aspectbepalend, waarbij eerstgenoemde domineerde in de bovenste helft van het intergetijdengebied en de laatstgenoemde in de onderste helft. *Gayralia oxysperma* was afwisselend subdominant en dominant meer verspreid over het intergetijdengebied. *Fucus vesiculosus* manifesteerde zich voor het eerst aan het einde van de zomer van 2009 en ontwikkelde zich vooral rond het midden van het intergetijdengebied op de meer beschutte delen van de X-blocks als een subdominante soort.

3.2.1.4.2 wierbegroeiing

In figuur 9 is het verloop van de gemiddelde wierbedekking van alle geselecteerde structuren per wiersoort over de gehele monitoringsperiode grafisch weergegeven. Het bovenbeschreven beeld wordt hier nogmaals bevestigd. Een aantal soorten voerde al snel de boventoon. De belangrijkste soort waren *Blidingia minima* en (foto 17). Verder is te zien dat de begroeiing met *Fucus vesiculosus* zich pas in het derde monitoringsjaar optimaal had ontwikkeld.



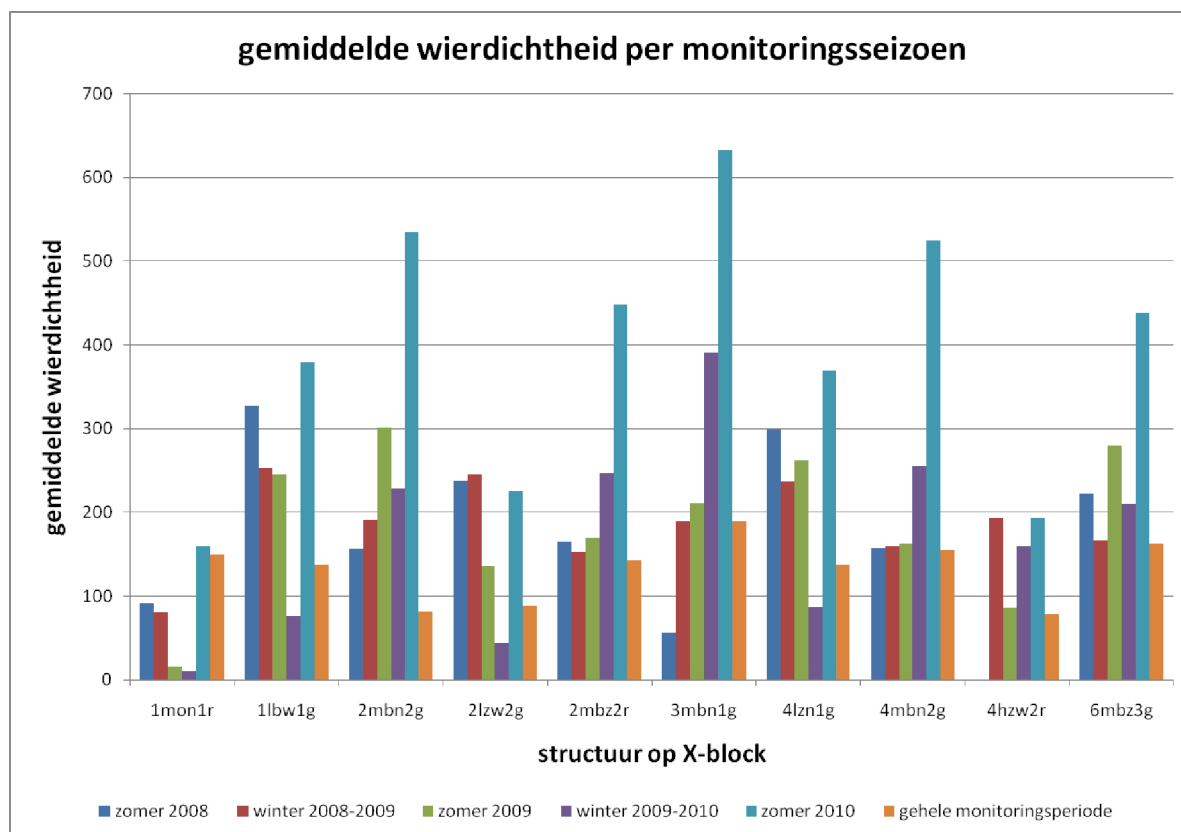
.....

Figuur 9

Verloop van het gemiddelde bedekkingspercentage op alle geselecteerde structuren van de aangetroffen wiersoorten over de gehele monitoringsperiode op de laagdynamische locatie.

Door de willekeurige hoogteligging, expositie en exponering van de structuren is het moeilijk deze met elkaar te vergelijken (zie foto 13). In figuur 10 is per zomer- (=voorjaar+zomer) en winter- monitoringsperiode (=herfst+winter) de wierdichtheid per structuur weergegeven. De structuur 1mon1r is een naar beneden gerichte structuur en deze had nimmer directe lichtopval en is daardoor niet bruikbaar bij vergelijking. In de figuur is te zien dat de structuren midden in het intergetijdengebied (2mbn2g, 2mbz2r, 3mbn1g, 4mbn2g, 6mbz3g) hoger scoren op wierdichtheid dan de structuren laag (1lbw1g, 4lzn1g) en hoog (4hzw2r) in het intergetijdengebied. Dit hangt samen met hogere dynamiek laag en geringere overspoeling hoog in het intergetijdengebied.

Gekozen is de structuren 2mbn2g (glad) met 2mbz2r (ruw) en de structuren 4hzw2r (glad) met 4mbn2g (ruw) te vergelijken. Noch het verschil in wierdichtheid tussen 2mbn2g ($M=288$, $SE=39.7$) en 2mbz2r ($M=245$, $SE=40.2$), noch het verschil in wierdichtheid tussen 4hzw2r ($M=155$, $SE=25.9$) en 4mbn2g ($M=263$, $SE=47.9$) is significant ($t(32)=0.77$, $p=0.45$ en $t(27)=1.86$, $p=0.07$ respectievelijk). Toch lijkt het erop dat de ruwe structuren over het algemeen lager scoren op wierdichtheid. Wanneer beter naar de gladde structuren wordt gekeken dan blijken deze vol oneffenheden (foto 23) te zitten waarin gemakkelijk water achter kan blijven.



Figuur 10

Verloop van het gemiddelde van de wierdichtheid op alle geselecteerde structuren op de X-blocks.

3.2.1.4.3 macrofauna

In totaal werden 3 macrofaunasoorten op de X-blocks aangetroffen. Alle structuren begroeiden goed met zeepokken en de laag gelegen tevens met mosselen. Slechts enkele Ruwe alkruiken werden op de monitoringsmomenten op de blokken gesignaleerd.

Foto 23

Compilatiefoto van de structuren 3mbn1g (links en midden) en 2mbn2g (rechts). Op de linkerfoto zijn duidelijk de oneffenheden te zien en op de foto midden hoe deze op 9 augustus 2010 begroeid waren. De rechterfoto toont de begroeiing op rotsstructuur.



3.2.2 vergelijking wierbegroeiing ecobetonplaten, zwaveleconbetonplaten en c-fixplaten.

In tabel 15 worden de wierdichtheden op de verschillende plaatsoorten op basis van hun positie in het intergetijdengebied met elkaar vergeleken. Hoog in het intergetijdengebied was de begroeiing op de zwaveleconbetonplaten lager dan op de ecobetonplaten en c-fixplaten. Echter de gevonden verschillen zijn niet significant, met uitzondering van de twee horizontaal geplaatste zwaveleconbetonplaten. Laag in het intergetijdengebied, waar alleen ecobetonplaten en zwaveleconbetonplaten op de blokken waren bevestigd, was afwisselend wierdichtheid van de soorten platen hoger of lager. Tussen de ecobetonplaten en zwaveleconbetonplaten was er voor wat betreft de wierdichtheid geen significant verschil.

Tabel 15

Vergelijking van de gemiddelde wierdichtheid op ecobetonplaten, zwaveleconbetonplaten en c-fixplaten op de laagdynamische locatie op basis van de positie in het intergetijdengebied voor de periode april 2009 – september 2010. NS = verschil niet significant, S = verschil significant.

wierdichtheid (wd)						
hoog horizontaal						
plaat		3	4	z2	z4	
	wd	390	372	16	45	
3	390	x				
4	372	-NS	x			
z2	16	-S	-S	x		
z4	45	-S	-S	x	x	
c3	398	+NS	+NS	+S	+S	
hoog verticaal						
plaat		1	2	z1	z3	c1
	wd	346	394	260	264	305
1	346	x				
2	394	+NS	x			
z1	260	-NS	-NS	x		
z3	264	-NS	-NS	-NS	x	
c1	305	-NS	-NS	+NS	+NS	x
c2	398	+NS	+NS	+NS	+NS	+NS
laag verticaal						
plaat		5	6	7	z6	
	wd	225	144	118	224	
5	225	x				
6	144	-NS	x			
7	118	-NS	-NS	x		
z6	224	-NS	+NS	+NS	x	
z5	165	-NS	+NS	+NS	-NS	
laag horizontaal						
plaat		8	9	10	z8	
	wd	321	308	232	328	
8	321	x				
9	308	-NS	x			
10	232	-NS	-NS	x		
z8	328	+NS	+NS	+NS	x	
z7	166	-NS	-NS	-NS	-S	

3.3 hoogdynamische locatie

3.3.1 begroeiing van de platen met wieren en macrofauna

3.3.1.1 ecobetonplaten

3.3.1.1.1 wiersoorten

.....
Tabel 16

De op de ecobetonplaten op de hoogdynamische locatie aangetroffen wiersoorten op de verschillende monitoringsmomenten. letter = monitoringsmoment, X = afwezig, Z = zeldzaam, A = aanwezig, S = subdominant, D = dominant.

wiersoort	zomer 2008	winter 2008-2009	zomer 2009	winter 2009-2010	zomer 2010
<i>Urospora neglecta</i>	XX	XX	XX	A	ZS
<i>Ulothrix flacca</i>	AX	XX	XX	A	XX
<i>Ulothrix/Urospora</i>	DZ	AX	XD	Z	ZA
<i>Blidingia minima</i>	DA	DD	DX	D	DS
<i>Ulva intestinalis</i>	ZZ	SS	SX	Z	ZX
<i>Gayralia oxysperma</i>	ZD	DS	DS	D	DD
<i>Porphyra umbilicalis</i>	ZA	AZ	SZ	A	SZ
<i>Bangia atropurpurea</i>	XX	SS	XX	X	XX

In tabel 16 is de successie van de wieren over de monitoringsperiode april 2008 t/m september 2010 vereenvoudigd weergegeven. Om het geheel overzichtelijk te houden, weerspiegelt de tabel het gemiddelde beeld van de successie op de ecobetonplaten.

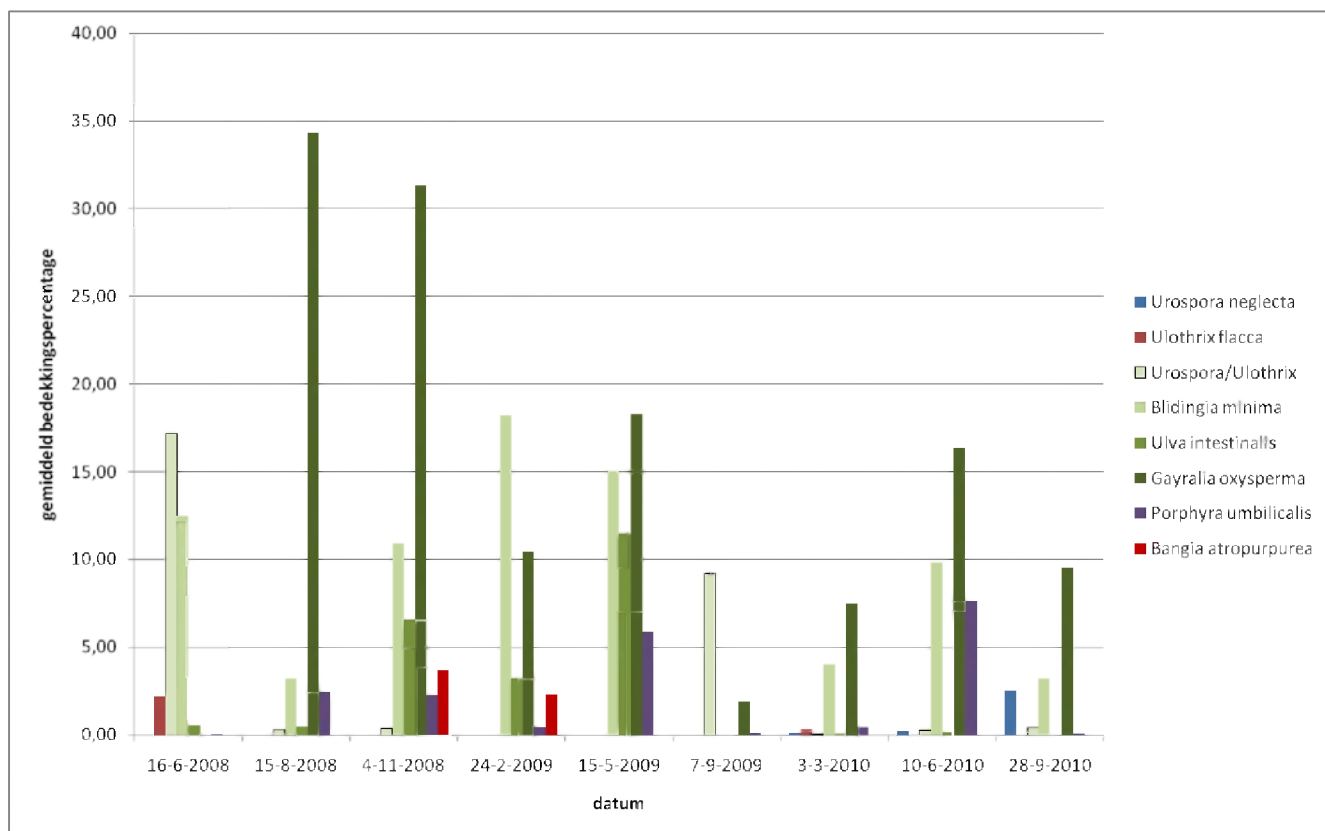
In de eerste maanden van de zomer van 2008 werden de meeste ecobetonplaten gekoloniseerd door een mengsel van kleine draadvormige groenwieren, *Urospora neglecta* en *Ulothrix flacca*, en *Blidingia minima*. In diezelfde periode vestigden zich ook de groenwieren *Blidingia minima* (Klein darmwier) en *Ulva intestinalis* (Echt darmwier). In de winterperiode 2008-2009 waren *Blidingia minima* en *Gayralia oxysperma* de dominante soorten, waarvan de eerste hoog in het intergetijdengebied en de laatste hoog en in het midden daarvan. *Ulva intestinalis* en *Bangia atropurpurea* waren subdominant. In de zomer van 2009 wisselde de dominantie tussen *Blidingia minima* en *Gayralia oxysperma* en het *Ulothrix/Urospora*-mengsel. In de winter van 2009-2010 domineerden wederom *Blidingia minima* en *Gayralia oxysperma*. Dit was ook het geval in de zomer van 2010 maar nu waren op sommige platen ook *Porphyra umbilicalis* en *Urospora neglecta* subdominant.

3.3.1.1.2 wierbegroeiing

Voor het verloop van de successie van de wieren op de ecobetonplaten wordt verwezen naar de bijlagen 13 t/m 15.

In figuur 11 is het verloop van de gemiddelde wierbedekking van alle ecobetonplaten per wiersoort over de gehele monitoringsperiode grafisch weergegeven. Het bovenbeschreven beeld wordt hier nogmaals bevestigd. Een aantal soorten voerde al snel de boventoon. De belangrijkste soort was *G. oxysperma* die de horizontale platen soms vrijwel geheel overgroeide (foto 24).

Gedurende de loop van de monitoring nam de wierbedekking met name op de verticale platen steeds meer af waarschijnlijk door de vestiging van zeepokken die de zygoten (kiemen) van de wieren mogelijk wegfilterden.

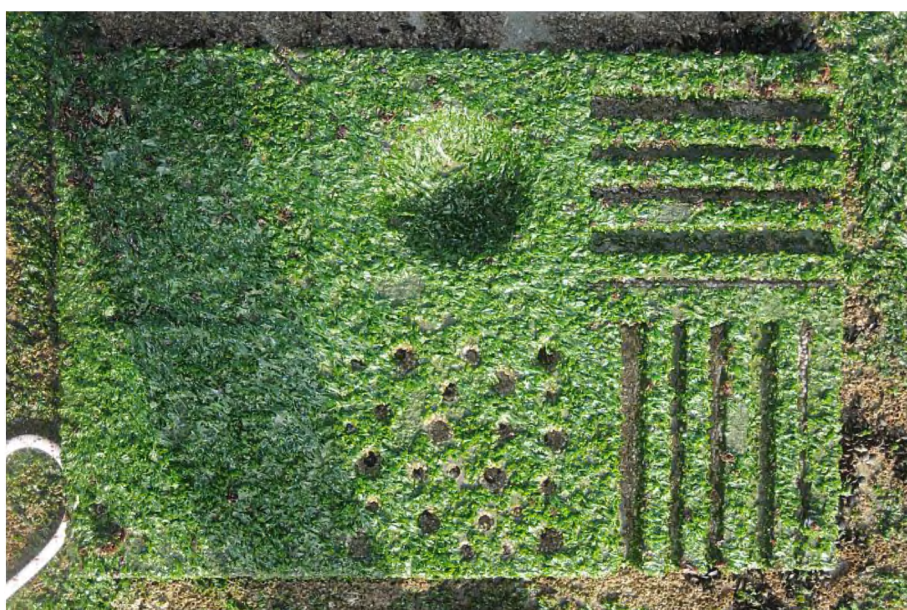


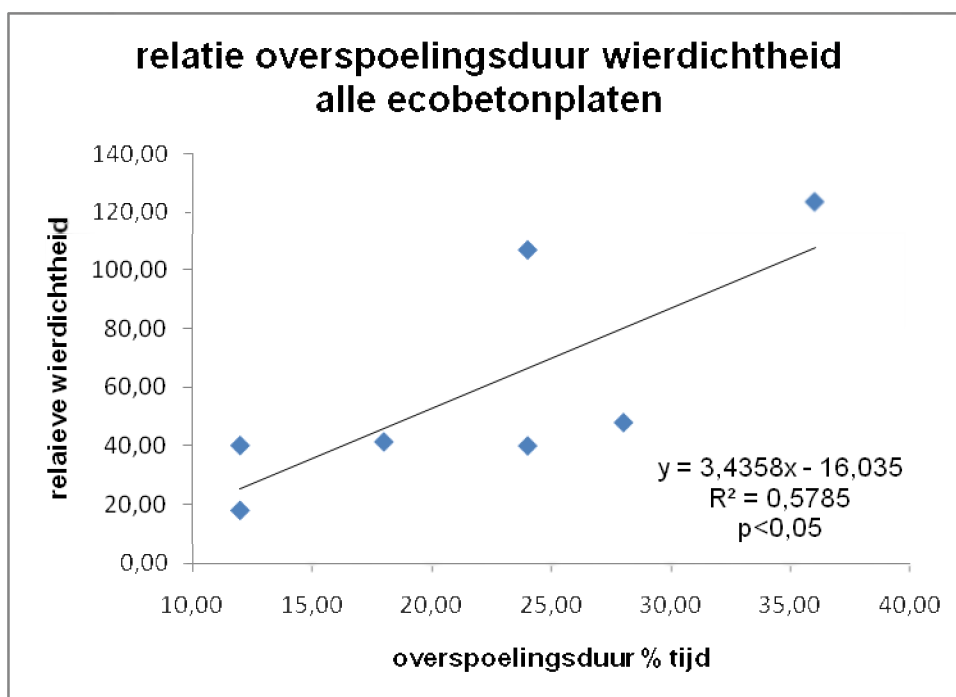
Figuur 11

Verloop van het gemiddelde bedekkingspercentage op alle ecobetonplaten van de aangetroffen wiersoorten over de gehele monitoringsperiode op de hoogdynamische locatie.

Foto 24

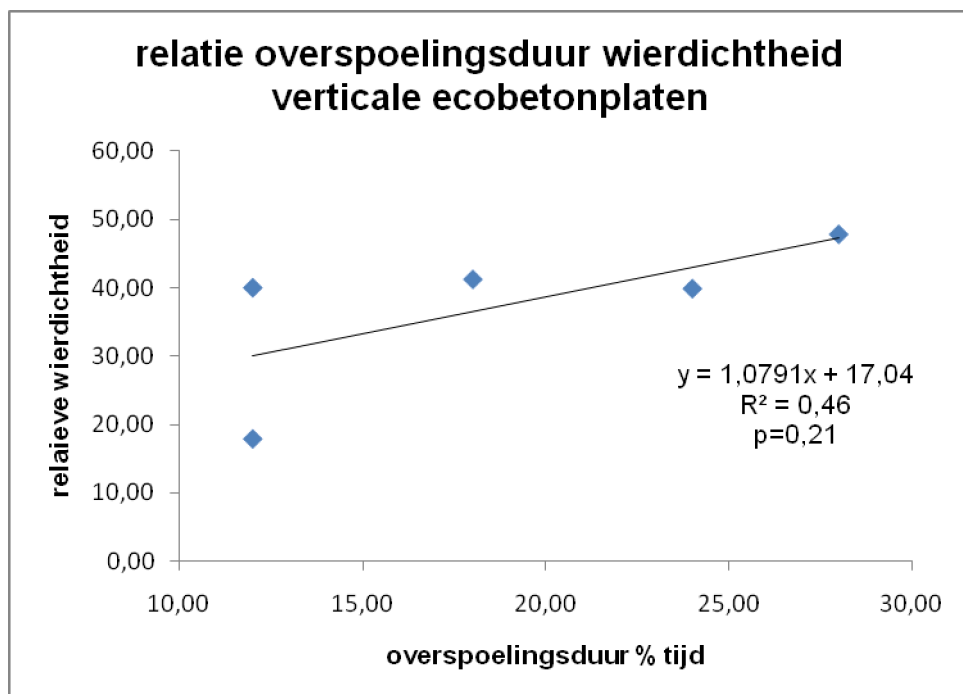
De vrijwel volledige bedekking van alle structuren met *Gayralia oxysperma* van ecobetonplaat 10 horizontaal midden in het intergetijdengebied op 4 november 2008. Verspreid zijn toefjes *Porphyra umbilicalis* te zien.





Figuur 12

Relatie tussen de relatieve overspoelingsduur van alle ecobetonplaten en de gemiddelde relatieve wierdichtheid op de hoogdynamische locatie.



Figuur 13

Relatie tussen de relatieve overspoelingsduur van de verticale ecobetonplaten en de gemiddelde relatieve wierdichtheid op de hoogdynamische locatie.

In figuur 12 is de relatie te zien tussen de overspoelingsduur en de gemiddelde wierdichtheid op alle ecobetonplaten te zien. De correlatie is zwak en dit wordt vooral veroorzaakt door de wierdichtheid op de verticale platen waarvan de relatie met de overspoelingsduur niet significant was (figuur 13). Tussen de gemiddelde wierdichtheid op de verschillende structuren van de verticale ecobetonplaten waren geen significante verschillen. Alleen op ecobetonplaat 3 kende de fijne structuur significant een gemiddeld hogere wierbedekking (variantieanalyse) dan de overige structuren. Dit valt terug te voeren op de positie van de plaat in de zeepokkenzone. De onderste structuren bevonden zich binnen deze zone op het betonblok waarop de plaat bevestigd was (foto 25).

Foto 25

Begroeiing van ecobetonplaat 3 op de hoogdynamische locatie. Het groenwier is *Blidingia minima* en de flappen *Porphyra umbilicalis*. Duidelijk is het effect van de geometrische structuren op de vestiging van mosselen te zien.



Op de beide horizontale platen in het midden van het intergetijdengebied was de gemiddelde wierdichtheid (variantieanalyse) op ecobetonplaat 8 van de fijne structuur significant hoger dan die van de horizontale gleuven en op ecobetonplaat 10 was de gemiddelde wierdichtheid van de fijne structuur en de gladde structuur significant hoger dan die van de horizontale gleuven en de kom.

De gemiddelde wierdichtheid op de horizontale platen ($M=115,6$, $SE=8,1$) was significant hoger ($t(370)=-9,0$, $p<0,001$) dan op de verticale platen ($M=37,3$, $SE=3,2$).

3.3.1.1.3 macrofauna

Alle platen raakten snel begroeid met zeepokken met op de platen een zonering overeenkomstig die van het betonblok waarop de platen bevestigd waren. Het effect van de geometrische structuren op de vestiging van mosselen was voor zowel de verticale als horizontale platen evident. Vanaf het tweede monitoringsjaar vestigden zich ook mosselen tussen de zeepokken op vooral de middelfijne structuur. De mosselen bleven klein, hetgeen samenhangt met de hoge dynamiek op de locatie.

Tussen het gemiddelde bedekkingspercentage zeepokken op de verticale ($M=27,7$, $SE=1,9$) en horizontale ecobetonplaten ($M=26,4$, $SE=3,6$) was geen significant verschil ($t(358)=0,3$, $p>0,05$). Ook tussen het gemiddelde bedekkingspercentage mosselen op de verticale ($M=7,5$, $SE=1,0$) en de horizontale ecobetonplaat ($M=11,3$, $SE=1,6$) was geen significant verschil ($t(343)=-1,9$, $p>0,05$).

Vanaf mei 2009 werden Kleine alikruiken (*Littorina neritoides*) op de verticale platen waargenomen. In 2009 waren dat er steeds enkele met een maximum van 13 in een putjesstructuur. In 2010 werd het aantal aanzienlijk groter en werden aantallen van 20 tot meer dan 100 stuks per structuur geteld. Clusters van dit slakje waren te vinden in de putten en gleuven (foto 26), op de overige structuren tussen de zeepokken.

Foto 26

Clusters van Kleine alikruik (*Littorina neritoides*) in de putjesstructuur (links) en in een beschadiging van een betonblok (rechts) op de hoogdynamische locatie.



3.3.1.2 zwaveleconbetonplaten

3.3.1.2.1 wiersoorten

Tabel 17

De op de zwaveleconbetonplaten op de hoogdynamische locatie aangetroffen wiersoorten op de verschillende monitoringsmomenten. letter = monitoringsmoment, X = afwezig, Z = zeldzaam, A = aanwezig, S = subdominant, D = dominant.

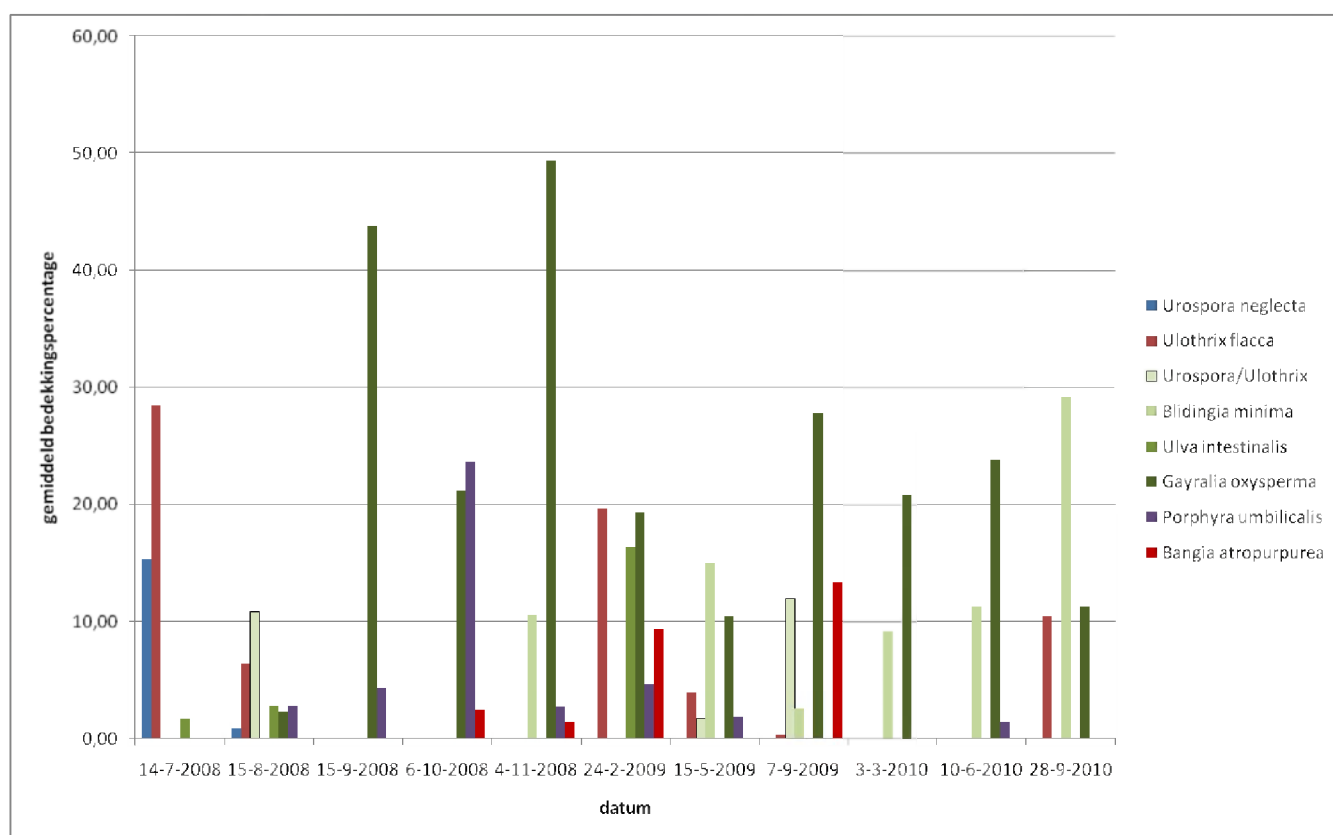
wiersoort	zomer 2008	winter 2008-2009	zomer 2009	winter 2009-2010	zomer 2010
<i>Urospora neglecta</i>	DAX	ZXX	XX	X	XX
<i>Ulothrix flacca</i>	DSZ	ZXD	SA	X	XD
<i>Ulothrix/Uropsora</i>	XXD	XXX	AD	X	XX
<i>Blidingia minima</i>	XXX	XXD	DA	D	DD
<i>Ulva intestinalis</i>	SSX	XXD	ZX	X	XX
<i>Gayralia oxysperma</i>	XSD	DDD	DD	D	DD
<i>Porphyra umbilicalis</i>	ZSS	DAS	AZ	X	AX
<i>Bangia atropurpurea</i>	XXX	AAS	XD	X	XX

In tabel 17 is de successie van de wieren over de monitoringsperiode juli 2008 t/m september 2010 vereenvoudigd weergegeven. Om het geheel

overzichtelijk te houden, weerspiegelt de tabel het gemiddelde beeld van de successie op de ecobetonplaten.

Een maand na het bevestigen van de platen op de betonblokken waren deze vooral gekoloniseerd door de pioniers *Urospora neglecta* en *Ulothrix flacca*. Ook *Ulva intestinalis* en *Porphyra umbilicalis* hadden zich reeds gevestigd. In de loop van de zomer vestigde zich ook *Gayralia oxysperma* en deze was aan het einde van de zomer de dominante soort op alle platen. In de winter van 2008-2009 was *Gayralia oxysperma* wederom de aspectbepalende soort, in oktober van 2008 tezamen met *Porphyra umbilicalis*. In alle daaropvolgende seizoenen bleef *Gayralia oxysperma* de dominante soort op de horizontale plaat en *Blidingia minima* op de verticale plaat. In de zomer van 2009 domineerde *Bangia atropurpurea* tezamen met *Gayralia oxysperma* de horizontale plaat.

3.3.1.2.2 wierbedekking



Figuur 14

Verloop van het gemiddelde bedekkingspercentage op alle zwaveleconcrete platen van de aangetroffen wiersoorten over de gehele monitoringsperiode op de hoogdynamische locatie.

Voor het verloop van de successie van de wieren op de zwaveleconcrete platen wordt verwezen naar de bijlagen 16 en 17. In figuur 14 is het verloop van de gemiddelde wierbedekking van alle zwaveleconcrete platen per wiersoort over de gehele monitoringsperiode grafisch weergegeven. Het bovenbeschreven beeld wordt hier nogmaals bevestigd. *Blidingia minima* domineerde op de verticale plaat en *Gayralia oxysperma* op de horizontale plaat. Gedurende de loop van de monitoring nam de wierbedekking op de verticale plaat steeds meer af waarschijnlijk

door de vestiging van zeepokken die de zygotes (kiemen) van de wieren mogelijk wegfilterden.

In de eerste maand na plaatsing was er een duidelijk positief effect op de wierbegroeiing van de fijne structuur, de middelfijne structuur en de putjes op zowel de verticale plaat als de horizontale platen.

Op de verticale plaat waren de bovenste structuren over de gehele monitoringsperiode beter met wier begroeid dan de onderste. Dit hing samen met de positie van de plaat, waarvan de onderste structuren zich in de zeepokkenzone bevonden. De verschillen tussen de gemiddelde wierdichtheid (en abundantie) op de structuren over de gehele monitoringsperiode zijn echter niet significant (variantieanalyse). Echter vanaf de winter 2009 tot aan het einde van de monitoringsperiode hadden de bovenste structuren een significant hogere wierdichtheid (foto 27 en bijlage 16) dan de onderste (variantieanalyse, $F(5,12)=37,5$, $p<0,001$).

Op de (enig overgebleven) horizontale zwavelecobetonplaat waren er geen significante verschillen in wierbegroeiing op de structuren (variantieanalyse). De gemiddelde wierdichtheid op de horizontale plaat ($M=121,9$, $SE=13,4$) was significant hoger ($t(130)=-6,5$, $p<0,001$) dan op de verticale plaat ($M=26,3$, $SE=6,2$).

.....
Foto 27

Begroeiing van de verticale zwavelecobetonplaat op de hoogdynamische locatie. Het groenwier is *Blidingia minima*. In de geometrische structuren bevinden zich de mosselen.



3.3.1.2.3 macrofauna

De zwavelecobetonplaten raakten snel begroeid met zeepokken met op de verticale plaat een zonering overeenkomstig die van het betonblok waarop de plaat was bevestigd (foto 27). Het effect van de geometrische structuren op de vestiging van mosselen was voor zowel de verticale als horizontale plaat goed waarneembaar. Vanaf het tweede monitoringsjaar werd de Kleine alikruik (*Littorina neritoides*) op de verticale plaat waargenomen met name in de putjes en gleuven, maar ook tussen de zeepokken op de middelfijne en gladde structuur.

Tussen het gemiddelde bedekkingspercentage zeepokken op de verticale ($M=20,5$, $SE=4,2$) en de horizontale zwavelecobetonplaat ($M=26,1$, $SE=5,1$) was geen significant verschil ($t(93)=-0,9$, $p>0,05$). Ook tussen het gemiddelde

bedekkingspercentage mosselen op de verticale ($M=2,2$, $SE=0,8$) en de horizontale zwaveleconcrete plaat ($M=0,6$, $SE=0,2$) was geen significant verschil ($t(118)=-2,0$, $p>0,05$).

3.3.2 vergelijking wierbegroeiing ecobeton- en zwaveleconcrete platen

Ondanks dat er op de hoogdynamische locatie slechts 1 verticale zwaveleconcrete plaat tegen 5 ecobetonplaten aanwezig was, vertoonde de begroeiing van de zwaveleconcrete plaat geen significante verschillen met de begroeiing op de ecobetonplaten. Ook was er tussen de horizontale zwaveleconcrete plaat en horizontale ecobetonplaten geen significant verschil in de gemiddelde wierdichtheid over de gehele monitoringsperiode.

4. discussie, conclusies en aanbevelingen

4.1 discussie

invloed dynamiek

Het verschil in dynamiek tussen de twee gekozen locaties op het Zuiderhavenhoofd bij IJmuiden om de ecobetonplaten te testen, kwam goed tot uitdrukking in het verdwijnen van 4 horizontaal geplaatste platen op de hoogdynamische locatie. Ook nieuwe vervangende platen werden binnen een maand na plaatsing van de betonblokken afgeslagen. Op de laagdynamische locatie verdween alleen 1 c-fixplaat. De ecobetonplaten en zwaveleconcreteplaten konden niet laag in het intergetijdengebied van de hoogdynamische locatie worden geplaatst. Dit had vooral te maken met de grote deining en de hogere golfoploop vergeleken met de laagdynamische locatie. Deze beide fenomenen compenseerden de lagere overspoelingsduur ten gevolge van de waterstand. Dit liet zich ook aflezen aan de hoger gelegen spatwaterzone en de begroeiing daarvan met *Blidingia minima* op de hoogdynamische locatie. De correlatie tussen overspoelingsduur en wierdichtheid op de laagdynamische locaties was overwegend negatief (figuren 3 t/m 7) en die op de hoogdynamische locatie positief (figuren 12 en 13). Op de laagdynamische locatie valt dit terug te voeren op de hogere golf- en stromingsdynamiek op de lager geplaatste platen gedurende een getijcyclus vergeleken met hoger geplaatste platen. Op de hoogdynamische locatie lijken de uitkomsten omgekeerd, echter waren er geen platen nabij de gemiddelde laagwaterlijn. Op de hoogdynamische locatie groeiden door de hoge golf- en stromingsdynamiek tussen ongeveer de gemiddelde waterlijn en de laagwaterlijn in het geheel geen wieren en werden de blokken bezet door overwegend kleine mosselen.

In de wierflora weerspiegelde de grotere golfaanval zich in de afwezigheid van *Fucus vesiculosus* (Blaaswier) op de hoogdynamische locatie. Tussen de faunalevensgemeenschappen waren de verschillen tussen de laagdynamische en de hoogdynamische locatie aanzienlijk. Op de laagdynamische locatie ontwikkelden de mosselen zich rap tot grote volwassen dieren en bleven op de platen gedurende de gehele monitoringsperiode aanwezig, terwijl op de hoogdynamische locatie de mosselen klein bleven, er vele verdwenen en er jaarlijks een kolonisatie van nieuw individuen plaatsvond. Kennelijk vindt er door de hoge golfdynamiek een grootselectie plaats. Bij een bepaalde mosselmaat worden de dieren mogelijk losgeslagen (breken de byssusdraden) en vestigen zich indien ze op luw hardsubstraat terecht komen voor de tweede keer. Dit fenomeen was ook zichtbaar op de betonblokken. Verder werden op de hoogdynamische locatie geen paardenanemonen aangetroffen. De grootselectie kwam ook tot uitdrukking in het voorkomen van alikruiken. Zo werden op platen op de laagdynamische locatie vrijwel uitsluiten grote individuen van de Ruwe alikruik (*Littorina saxatilis*) en op de hoogdynamische locatie vaak veel individuen van de Kleine alikruik (*Littorina neritoides*) aangetroffen. De Japanse oester werd alleen op de laagdynamische locatie waargenomen. In wiermonsters van zowel de laagdynamische locatie als de hoogdynamische locatie werden naast vlokreeften jaarrond de larven van de dansmug *Telmatogeton japonicus* gevonden. Deze larven vormen een belangrijke voedselbron voor de er foeragerende paarse strandlopers en steenlopers (Boudewijn en Meijer, 2007).

effecten textuur en structuur

Alle platen op zowel de laagdynamische locatie als de hoogdynamische locatie werden na plaatsing snel gekoloniseerd door dunne draadvormige groenwieren, de pioniers *Ulothrix flacca* en *Urospora neglecta*, om later plaats te maken voor grotere groenwieren als *Ulva intestinalis*, *Gayralia oxysperma* of *Blidingia minima*, afhankelijk van het seizoen in combinatie met *Porphyra*

umbilicalis. Opvallend was dat de fijne en middelfijne structuren als eerste een hoge wierbedekking lieten zien, maar na een paar maanden was het verschil met de overige structuren verdwenen. Van de putjesstructuur en in mindere mate van de komstructuur ging direct na plaatsing een positief effect uit op vestiging en groei van wieren. Hoewel statistisch (door het grote verschil in variantie) niet aan te tonen, was een positief effect op de laagdynamische locatie op de laag in het intergetijdengebied geplaatste horizontale platen op de groei van *Fucus vesiculosus* duidelijk waarneembaar van de kom-, putjes- en gleufstructuren.

Op de laagdynamische locatie was duidelijk te zien dat voor de horizontaal geplaatste platen zowel laag als hoog en de verticaal geplaatste platen hoog in het intergetijdengebied het eindstadium van de wierbegroeiing op alle structuren (!!) een door het meerjarige bruinwier *Fucus vesiculosus* gedomineerde gemeenschap betrof. De soortensamenstelling van deze gemeenschap fluctueerde met het seizoen. De verticale platen laag in het intergetijdengebied hadden te maken met een zeer hoge dynamiek van rondstromend water en dit verhinderde de vestiging van *Fucus vesiculosus*. Op deze platen werd in de winter de wierbegroeiing vrijwel weggevaagd en kon de successie weer van voren af aan beginnen.

Op de hoogdynamische locatie was geen sprake van een eindstadium in de successie van de wierbegroeiing, maar wisselde de samenstelling van de soorten in de loop van de seizoenen.

Hoewel zeepokken in een latere fase op alle structuren voorkwamen, was het effect van de geometrische structuren onmiskenbaar, doordat de dieren zich hier als eerste vestigden. Belangrijker nog waren de geometrische structuren en dan vooral de horizontale gleuven voor de vestiging van mosselen. Op de laagdynamische locatie waren het deze structuren waarin zij tot wasdom kwamen, en op de andere structuren zijn zij, op een uitzondering (gedurende korte tijd op een plaat) na, nooit aangetroffen. Op de hoogdynamische locatie waren het eveneens de geometrische structuren (putjes, gleuven en in mindere mate de kommen) die grote aantrekkingskracht op de mosselen uitoefenden, maar werd in beperkte mate tussen de zeepokken op de middelfijne en gladde structuur ook mosselbroed aangetroffen.

Interspecifieke relaties vormden geen onderwerp van deze studie, maar het was duidelijk waarneembaar dat de zeepokkendichtheid lager was bij hoge mosseldichtheid. Mosselen filteren plankton voor voedsel en daaronder bevinden zich ook de larven van zeepokken, omgekeerd is hetzelfde het geval. Als pioniers zijn zeepokken in het voordeel ten opzichte van mosselen doordat zij jaarrond larven produceren en daardoor snel allerlei substraten kunnen koloniseren. Mosselen vestigen zich bij voorkeur in spleten en aan ruwe structuren. Dit verklaart de hoge dichtheden in de geometrische structuren en de vestiging van mosselbroed wanneer er gaten vielen tussen de zeepokken. Dit laatste was te zien op de hoogdynamische locatie. De verruwing en structuurverrijking door de zeepokken daar bood kansen voor alikruiken om zich er bij laag water tussen en zelfs in te verschuilen. Zeepokken vestigen zich makkelijk op gladde substraten en vormen zo het substraat voor wieren. Nadeel voor de wieren is dat zij na afsterven weer relatief gemakkelijk loslaten.

Alikruiken vertoonden op beide locaties een voorkeur voor de putjesstructuur als schuilplaats bij laagwater en in iets mindere mate de gleuven. De Kleine alikruik (met daartussen mogelijk ook kleine exemplaren van de Ruwe alikruik) werd ook tussen zeepokken en zelfs in dode zeepokken waargenomen.

In geen enkele kom noch op de laagdynamische locatie noch op de hoogdynamische locatie bleef gedurende laagwater permanent water staan. Een ontwikkeling richting een getijdenpoeltje was dan ook niet waarneembaar. De geringe afmetingen en dan vooral de diepte waren hiervoor verantwoordelijk.

effecten positie intergetijdengebied

De begroeiing van de (zwavel-)(ecobeton-)(c-fix-)platen op de **laagdynamische locatie** was van meerdere abiotische factoren afhankelijk. Maar de belangrijkste factoren waren golfaanval, stroming, overspoelingsduur en expositie. Alle verticale platen waren van de directe golfaanval afgekeerd, maar hadden wel te maken met rondstroming van water, de laaggeplaatste meer dan de hooggeplaatste platen, en waren door de noord(noordwest)expositie van de zon afgekeerd. De horizontale platen hadden een op de zongerichte zuid(zuidoost)expositie en waren direct aan de golfaanval blootgesteld, de laaggeplaatste meer dan de hooggeplaatste. Deze platen hadden te maken met afstroming. Afstroming was (hoewel hier niet aan is gemeten) een wat lichtere vorm van hydrodynamiek dan de rondstroming tussen de blokken veroorzaakt door de brekende golven. Een zuidexpositie betekent meer droogtestress dan een noordexpositie, maar daar staat een hogere lichtintensiteit en dus fotosynthese activiteit tegenover. Geen verschillen waren er in wierdichtheid tussen de ecobetonplaten verticaal en horizontaal hoog in het intergetijdengebied, terwijl laag in het intergetijdengebied de horizontale platen een significant hogere wierdichtheid hadden.

Bij de hoog in het intergetijdengebied geplaatste zwavelecbetonplaten hadden de horizontale een significant lagere wierdichtheid dan de verticale platen. De horizontale platen raakten vrijwel niet begroeid. Onduidelijk is waar dit aan te wijten viel. Te denken valt aan lokale verschillen in microklimaat, bijvoorbeeld minder spatwater dan bij de ecobetonplaten op ongeveer hetzelfde niveau in het intergetijdengebied. Bij de zwavelecbetonplaten laag in het intergetijdengebied hadden de horizontale eveneens een significant hogere wierdichtheid dan de verticale.

De zeepokkendichtheid was voor alle plaattypen het hoogst op de verticaal geplaatste platen zowel hoog als laag in het intergetijdengebied, wat waarschijnlijk terug te voeren valt op de expositie aan de zon en afgeleid daarvan warmtestress. Voor de bedekking met mosselen was er geen verschil tussen de verticale en horizontale platen laag in het intergetijdengebied, terwijl hoog in het intergetijdengebied de verticale platen een significant hogere bedekking kende. Dit laatste is waarschijnlijk een gevolg van hittestress door zonexpositie op de hoge horizontale platen, aangezien er nauwelijks verschil was in overspoelingsduur tussen de horizontale en verticale platen. Het voorkomen van alikruiken (bij eb) beperkte zich vrijwel uitsluitend tot de verticale platen.

Voor de begroeiing van de (zwavel-)ecobetonplaten op de **hoogdynamische locatie** golden dezelfde abiotische factoren als op de laagdynamische locatie. Maar hier waren de factoren golfaanval en stroming aanzienlijk intenser. De overgebleven horizontale platen hadden een significant hogere wierdichtheid dan de verticale. Voor een deel zal dit terug te voeren zijn op de expositie aan de zon waar vooral de wieren op horizontale platen voordeel van hebben gehad (van hittestress was door het spatwater veel minder sprake). De sterke stroming tussen de blokken had een nadelige werking op de wierdichtheid van de verticale platen, waarbij de hoge dichtheden aan zeepokken mede een rol hebben gespeeld. Wieren die zich vestigen op de zeepokken of daartussen worden door de hevige dynamiek van het water door de scherpe randen van de zeepokken afgesneden. Wat betreft de zeepokkendichtheid en de mosselbedekking waren er geen significante verschillen tussen de horizontale en verticale platen. Op de hoogdynamische locatie werden alikruiken (bij eb) alleen op de verticale platen aangetroffen.

effecten bindmiddel platen

Met uitzondering van twee horizontale zwavelecbetonplaten die slecht begroeiden (mogelijk door lokale verschillen in hydrodynamiek in het hoge intergetijdengebied), waren er geen significante verschillen tussen de ecobetonplaten en zwavelecbetonplaten qua wierbegroeiing en vestiging van macrofauna op zowel de laagdynamische locatie als de hoogdynamische

locatie. Ook de c-fixplaten begroeiden goed met wieren vooral vanwege het ruwe oppervlak, maar laten zich slecht vergelijken met de andere vanwege het ontbreken van de geometrische structuren.

X-blocks

De X-blocks begroeiden goed met wieren. Geen verschillen waren aantoonbaar tussen de aangebrachte rotsstructuur en de gladde structuur. Dit zou kunnen worden veroorzaakt doordat de gladde structuur in het geheel niet glad was, maar gekenmerkt werd door oneffenheden en putjes (waarin water achterblijft bij eb) veroorzaakt door na het storten van het beton achtergebleven luchtballen. De op de X-blocks aangebrachte prints met geometrische structuren zaten alle te hoog om effecten te kunnen waarnemen, maar zouden mogelijk wanneer ze lager op de X-blocks hadden gezeten een positief effect op de vestiging van mosselen hebben uitgeoefend. X-blocks bieden door hun structuurrijke vormgeving en willekeurige plaatsing een meer gevarieerde habitat in vergelijking met de conventionele betonblokken waarmee de havenhoofden nu zijn voorzien. Zo voorzien zij in een grotere variatie in hellingshoek, maar wat bij de in asfalt gezette blokken geheel ontbreekt, een gevarieerd milieu aan de onderzijde, met in het intergetijdengebied meer kansen voor anemonen, zakpijpen en sponzen.

geometrische structuren en hydrodynamiek

Geometrische structuren zoals de gleuven kunnen naast een positief effect op de vestiging van macrofauna en wieren ook, doordat ze de ruwheid van een betonblok sterk vergroten, een remmende werking op de golfoploop uitoefenen.

4.2 conclusies

- fijne en middelfijne textuur bevordert een snelle kolonisatie met wieren op de laag- en hoogdynamische locaties. Na enkele maanden is de ontwikkelingsvoorsprong ten opzichte van de wierbegroeiing op de gladde textuur verdwenen;
- geometrische structuren hebben laag in het intergetijdengebied (laagdynamische locatie) een positief effect op de vestiging van Blaaswier. Na drie seizoenen is er geen effect meer aanwezig van de geometrische structuren op de blaaswierbegroeiing;
- geometrische structuren zijn gedurende de looptijd van het onderzoek van essentieel belang gebleken voor de vestiging van mosselen en het bieden van schuilplaats voor alikruiken op de laag- en de hoogdynamische locatie. Voor de vestiging van mosselen hebben horizontale gleuven de grootste betekenis;
- textuur lijkt geen effect te hebben op de vestiging van zeepokken;
- hoog in het intergetijdengebied zijn er geen verschillen in wierbegroeiing tussen de verticaal en horizontaal geplaatste ecobetonplaten;
- laag in het intergetijdengebied hebben horizontale (zwavel-) ecobetonplaten een hogere wierdichtheid dan verticale;
- verticale (zwavel-) ecobetonplaten hebben een hogere bedekking met zeepokken dan horizontale;
- horizontale en verticale platen laag in het intergetijdengebied vertonen geen verschil in bedekking met mosselen;
- er zijn geen significante verschillen tussen ecobetonplaten en zwavelecbetonplaten in wierbegroeiing en vestiging van macrofauna;
- c-fixplaten met een verruwde oppervlaktestructuur begroeien op de laagdynamische locatie goed met verschillende wiersoorten, maar permanente vestiging met mosselen vindt niet plaats;
- X-blocks bieden een gevarieerdere habitat dan conventionele betonblokken.

5. literatuur

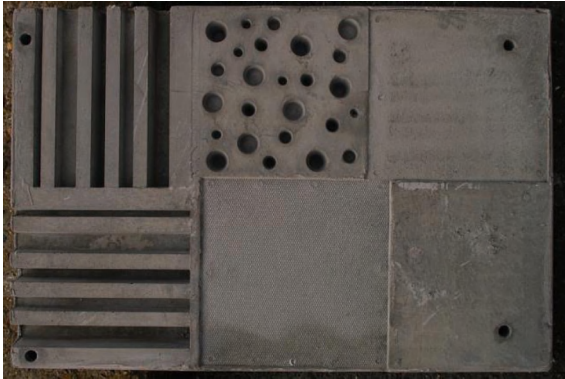
- Boudewijn, T. J. & A. J. M. Meijer, 2007. De kolonisatie door flora en fauna van betonblokken op het zuidelijk havenhoofd te IJmuiden. In opdracht van: Rijkswaterstaat Noord-Holland. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Brodie, J., C.A. Maggs & D. M. John, 2007. The green seaweeds of Britain and Ireland. Publ. the British Phycological Society. ISBN 0 9527115 32.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2004. Havenhoofden IJmuiden, Verkenning scenario's beheer en onderhoud, HIJOS-2004-014-T, april 2004.
- Stegenga, H. & I. Mol, 1983. Flora van de Nederlandse zeewieren. KNNV, uitgave nr. 33.
- Van Wesenbeek, B. & M. de Vries, 2007. Plan van eisen Ecobeton. Eisen voor productie van ruw beton als geoptimaliseerd substraat voor aangroei van mariene flora en fauna. WL|Delft Hydraulics.

6. bijlagen

Bijlage 1

Ecobetonplaat 1 laagdynamische locatie hoog verticaal successie wieren

16 april 2008



16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



11 november 2009



3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



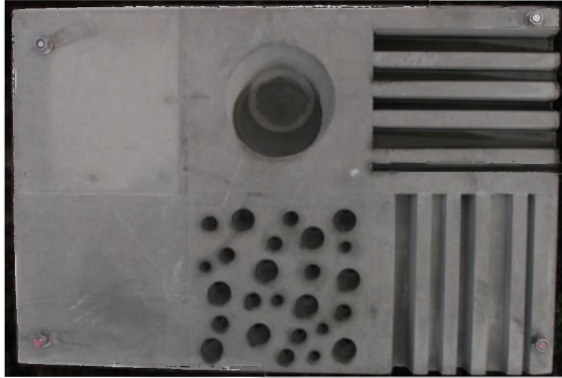
28 september 2010



Bijlage 2

Ecobetonplaat 3 laagdynamische locatie hoog horizontaal successie wieren

16 april 2008



16 juni 2008



14 juli 2008



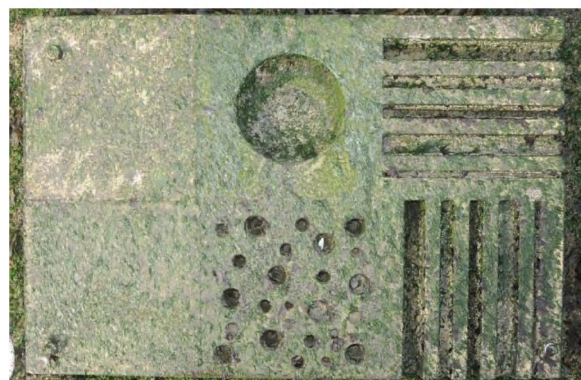
15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



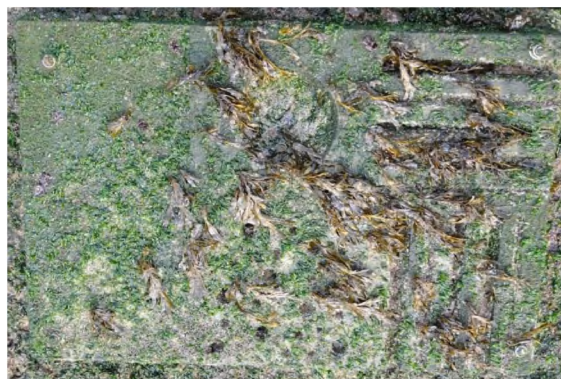
23 juni 2009



7 september 2009



11 november 2009



3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



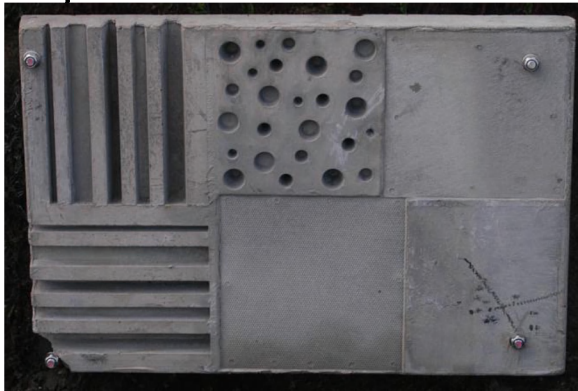
28 september 2010



Bijlage 3

Ecobetonplaat 5 laagdynamische locatie laag verticaal successie wieren

16 april 2008



16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009

geen foto

23 juni 2009



7 september 2009



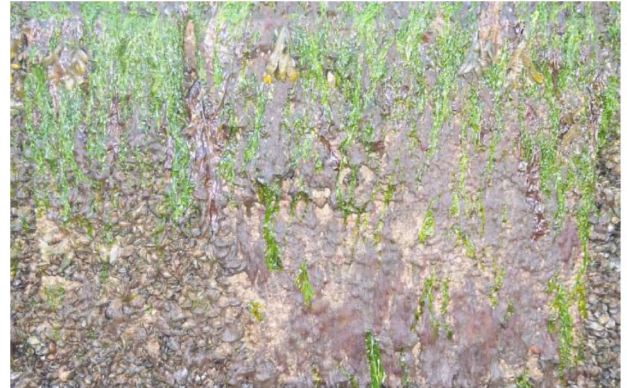
11 november 2009



3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



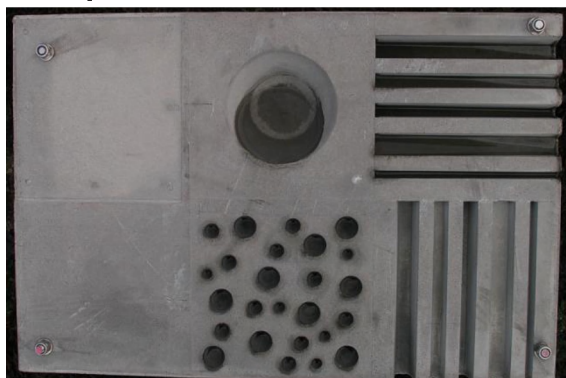
28 september 2010



Bijlage 4

Ecobetonplaat 9 laagdynamische locatie laag horizontaal successie wieren

16 april 2008



16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



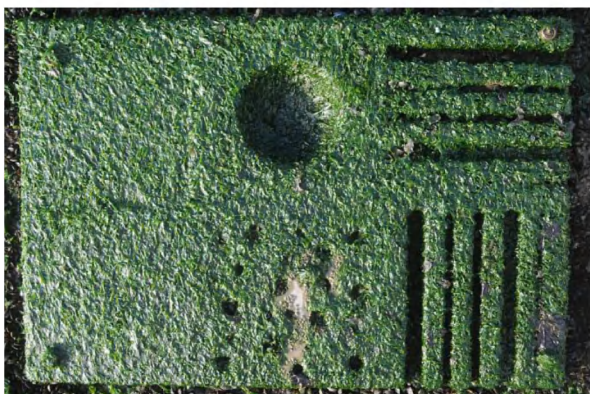
15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



11 november 2009



3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



Bijlage 5

Zwavelcobetonplaat 1 laagdynamische locatie hoog verticaal successie wieren

16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



14 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



30 november 2009



3 maart 2010



27 april 2010



6 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



Bijlage 6

Zwaveleconbetonplaat 4 laagdynamische locatie hoog horizontaal successie wieren

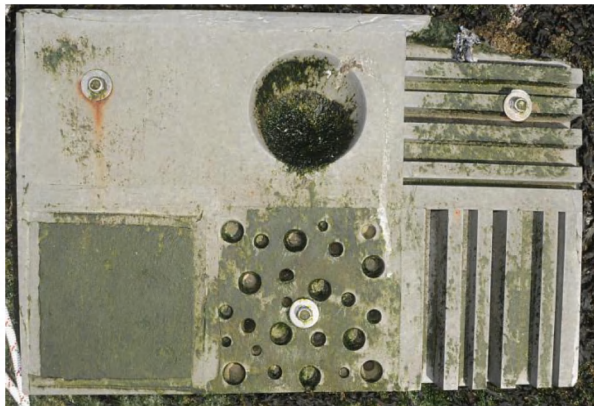
16 juni 2008



14 juli 2008

geen overzichtsfoto!

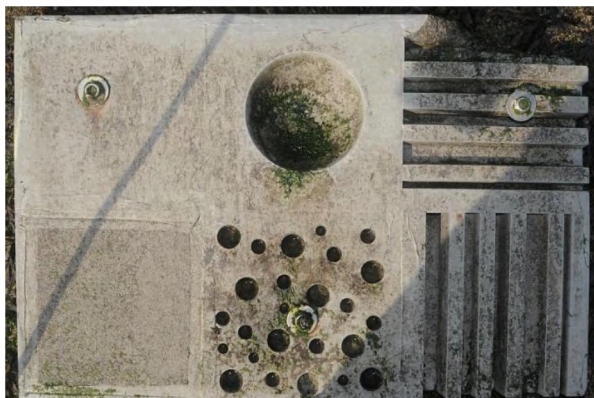
15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



14 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009

geen overzichtsfoto!

15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



30 november 2009



3 maart 2010



27 april 2010



6 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



Bijlage 7

Zwaveleconbetonplaat 5 laagdynamische locatie laag verticaal successie wieren

16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



14 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009

geen overzichtsfoto!

15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



30 november 2009

geen overzichtsfoto!

3 maart 2010



27 april 2010



6 juni 2010



9 augustus 2010



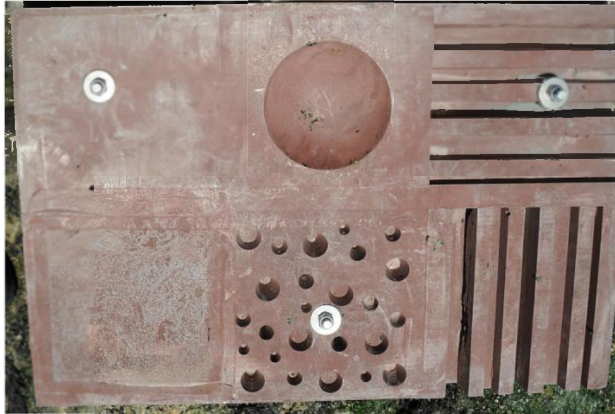
28 september 2010



Bijlage 8

Zwaveleconbetonplaat 7 laagdynamische locatie laag horizontaal successie wieren

16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



14 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009

geen overzichtsfoto!

15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



30 november 2009



3 maart 2010



27 april 2010



6 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



Bijlage 9

c-fixplaat 1 laagdynamische locatie hoog verticaal successie wieren

20080715

cfix 1



plaatsing

20080815

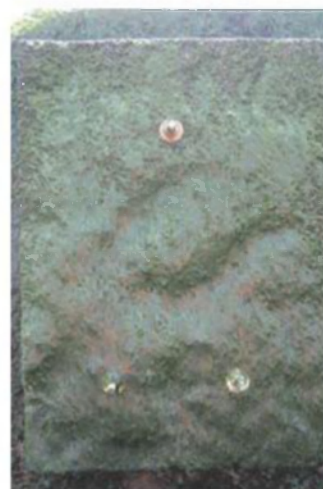
cfix 1



een lichte waas van Gayralia
oxysperma

20080915

cfix 1



95% wierbegroeiing van
Gayralia oxysperma
op blok Ceramium op plaat
niet

20081006

cfix 1



95% Gayralia oxysperma
lengte korter dan vorige
periode

20081104

cfix 1



plaat nog steeds goed
begroeid. Nu ook enig
Blidingia minima en
Porphyra umbilicalis.
op blok Ceramium op plaat
niet

20090224

cfix 1



Gayralia oxysperma aan het afsterven, Plaat 50% wierbegroeiing. Verder Porphyra umbilicalis en Blidingia minima. op blok Ceramium op plaat niet

20090320

cfix 1



Gayralia oxysperma verder afgestorven. Plaat met minstens een 95% bedekking met zeepokken. op blok Ceramium op plaat niet

20090515

cfix 1



Blidingia minima dominant. Gayralia oxysperma en Porphyra umbilicalis codominant. Plaat goed begroeid. op blok Ceramium op plaat niet

20090623

cfix 1



Blidingia minima dominant. Gayralia oxysperma en Porphyra umbilicalis codominant. Plaat goed begroeid. op blok Ceramium op plaat niet

20090907

cfix 1



begroeiing neemt af Blidingia minima en Gayralia oxysperma en Porphyra umbilicalis codominant. Eerste Fucus vesiculosus.

20100303

cfix 1



wierbegroeiing beperkt, bestaat uit *Blidingia minima* dominant en *Gayralia oxysperma*, *Porphyra umbilicalis* en *Fucus vesiculosus*, welke wat is toegenomen.

20100427

cfix 1



geen bijzondere ontwikkeling sinds vorige periode.

20100610

cfix 1



Fucus vesiculosus vooral in lengte toegenomen. Naast *Gayralia oxysperma* en *Blidingia minima* nu ook *Ulva intestinalis*.

20100928

cfix1



Plaat volledig begroeid. *Gayralia oxysperma* dominant. *Fucus vesiculosus*, *Blidingia minima* en *Porphyra umbilicalis* codominant. plaat ligt boven mosselzone

plaat ligt in zone met *Ceramium* maar dit is er nooit op aangetroffen

Bijlage 10

c-fixplaat 2 laagdynamische locatie hoog verticaal successie wieren

20080715

cfix 2



plaatsing
plaat ligt boven mosselzone
deels in een zone met
Ceramium

20080815

cfix 2



plaat met 30%
wierbegroeiing van wat
waarschijnlijk *Gayralia*
oxysperma is. Eén alikruik in
holte.

20080915

cfix 2



wierbegroeiing 100%
Gayralia oxysperma.

20081006

cfix 2



plaat nog steeds goed
begroeid, beter dan
betonblok
2/3 van *Gayralia oxysperma*
vervallen door *Ulva*
intestinalis.

20081104

cfix 2



plaat nog dicht begroeid nu
ongeveer 2/3 *Gayralia*
oxysperma en 1/3 *Ulva*
intestinalis. beetje *Porphyra*
umbilicalis. Een alikruik.

20090320

cfix 2



plaat aanzienlijk beter dan blok dat vrijwel kaal is. Gayralia oxysperma dominant Porphyra umbilicalis en Ulva intestinalis codominant.

20090414

cfix 2



plaat aanzienlijk beter dan blok. Gayralia oxysperma dominant. Op blok ook Ceramium nog niet op plaat waargenomen.

20090515

cfix 2



afname wierbegroeiing maar altijd nog meer dan op blok. Einde van de voorjaarsbloei? Gayralia oxysperma dominant. Zeepokken nu goed te zien. 100% zeepokkendichtheid.

20090623

cfix 2



plaat nog steeds beter begroeid dan blok. Gayralia oxysperma dominant. Wierbegroeiing meer dan 100% door overlap.

20090907

cfix 2



afname van de wierbegroeiing. Gayralia oxysperma dominant. Toename Fucus vesiculosus. Een alikruik. Veel zeepokken zichtbaar.

20091130

cfix 2



wierbegroeiing sterk afgenomen. Herfst. Gayralia oxysperma dominant.

20100303

cfix 2



nog winteraspect. *Fucus vesiculosus* wel gegroeid en *Ceramium* heeft zich gevestigd.

20100427

cfix 2



sterke groei *Fucus vesiculosus* en *Ceramium*. Alle wiersoorten ongeveer gelijke bedekking. Blok ook redelijk begroeid.

20100610

cfix



wederom groei van *Fucus vesiculosus*. Eén alikruik.

20100809

cfix 2



toename van *Gayralia oxysperma* en *Fucus vesiculosus*. *Ceramium* verdwenen.

20100928

cfix 2



Vergelijkbaar met vorige periode. *Fucus vesiculosus* wat afgenomen, *Ceramium* weer terug.

Bijlage 11

c-fixplaat 3 laagdynamische locatie middenhoog horizontaal successie wieren

20080715

cfix 3



plaatsing

20080815

cfix 3



plaat begroeid met Gayralia oxysperma.

20080915

cfix 3



wierbegroeiing 100%
Gayralia oxysperma.

20081006

cfix 3



wierbegroeiing 99%
Gayralia oxysperma.

20081104

cfix 3



wierbegroeiing 100%
Gayralia oxysperma.

20090224

cfix 3



winteraspect.
wierbegroeiing 50%
Gayralia oxysperma.

20090320

cfix 3



toename Gayralia
oxysperma naar 70%
wierbegroeiing.
Zeepokkendichtheid 100%

20090515

cfix 3



toename Gayralia
oxysperma naar 90%
ook Porphyra umbilicalis.

20090623

cfix 3



wierbegroeiing 99%.
Gayralia oxysperma
dominant.

20090907

cfix 3



Gayralia oxysperma
afgenomen naar 40%.
Minstens 60% van het
oppervlak bedekt met
mosselbroed



20100303

cfix 3



winteraspect lage bedekking met Gayralia oxysperma beetje Porphyra umbilicalis. Alle mosselbroed verdwenen, vraat? Goed is te zien dat de depressie in de plaat goed vocht vasthoudt.

20100427

cfix 3



dominantie Gayralia oxysperma.

20100610

cfix 3



sterke opkomst van Ulva intestinalis en deze is dominant. Gayralia oxysperma en Porphyra umbilicalis codominant. eerste kiemen van Fucus vesiculosus afname zeepok.

20100809

cfix 3



Ulva intestinalis verdwenen Gayralia oxysperma dominant toename van Fucus vesiculosus.

20100928

cfix 3



op het betonblok een sterke toename van mosselen en Fucus vesiculosus. Op de plaat 100% Gayralia oxysperma en 20 % Fucus vesiculosus. Er zijn 3 seizoenen nodig om tot een dergelijke gemeenschap te komen. Cfix lijkt het beste te hechten wellicht door de kiezeltjes.

Bijlage 12 c-fixplaat 4 laagdynamische locatie middenhoog horizontaal successie wieren

20080715

cfix 4



plaatsing. De algen op de plaat zijn afkomstig van een voetafdruk.

20080815

cfix 4



wierbegroeiing oppervlakkig *Ulothrix flacca*.

20080915

cfix 4



wierbegroeiing 95% *Gayralia oxysperma* en spoortje *Porphyra umbilicalis*.

20081006

cfix 4



wierbegroeiing 60% voornamelijk *Gayralia oxysperma*, beetje *Porphyra umbilicalis*. wierbegroeiing dubbele van dat op blok

20081104

cfix 4



wierbegroeiing 100% 95% *Gayralia oxysperma* en 5% *Porphyra umbilicalis*. Meer dan het dubbele op blok
Plaat daarna onbruikbaar door niet los te krijgen touw en vervolgens van het blok geslagen.

Bijlage 13

Ecobetonplaat 1 hoogdynamische locatie hoog verticaal successie wieren

16 april 2008



16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



11 november 2009

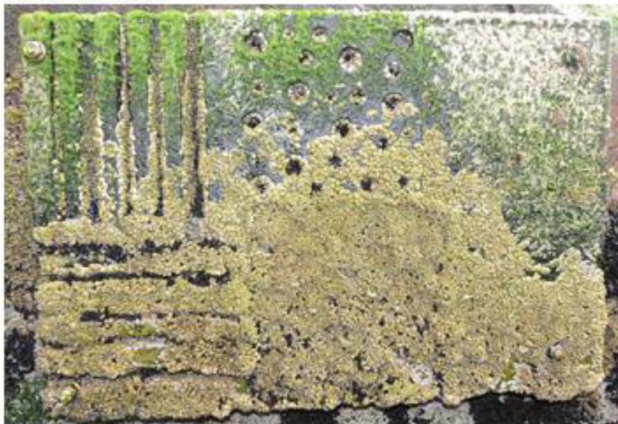
3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



Bijlage 14

Ecobetonplaat 3 hoogdynamische locatie hoog verticaal successie wieren

16 april 2008



16 juni 2008



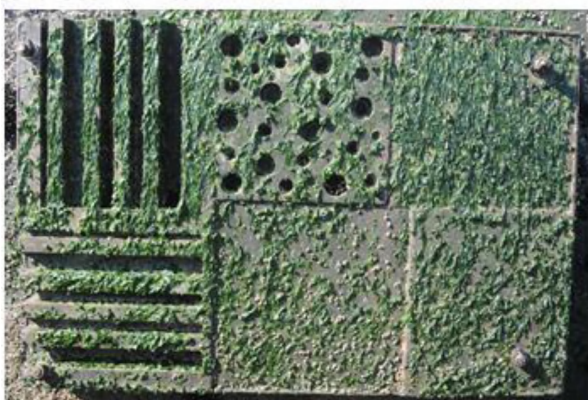
14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



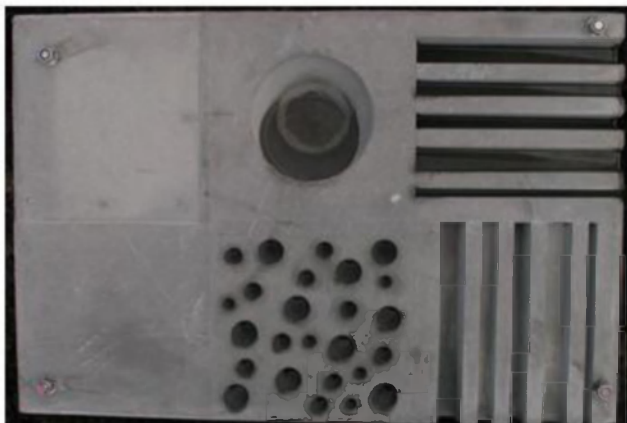
28 september 2010



Bijlage 15

Ecobetonplaat 10 laagdynamische locatie laag horizontaal successie wieren

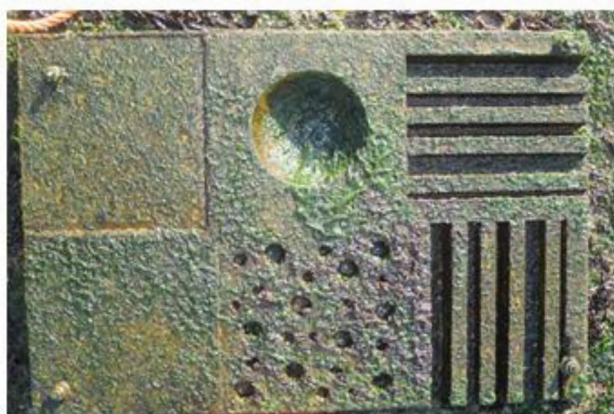
16 april 2008



16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



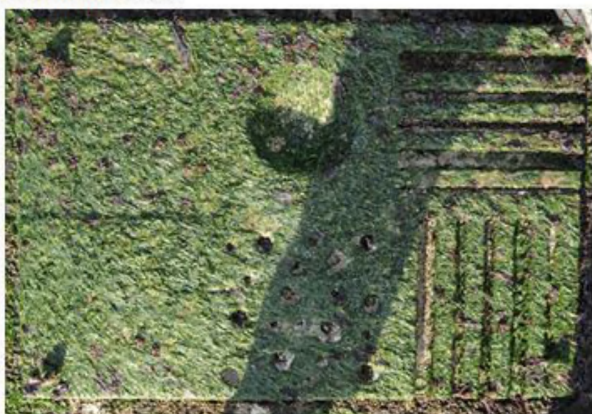
4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



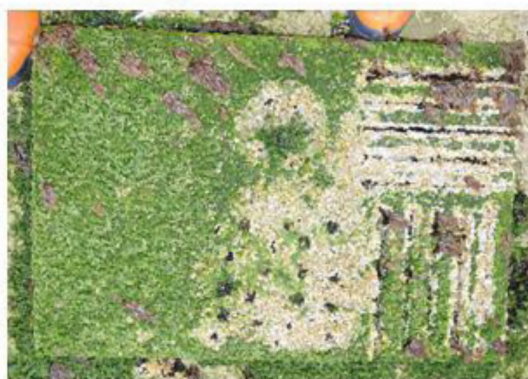
3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



Bijlage 16

zwavelecobetonplaten 1 hoogdynamische locatie hoog verticaal successie wieren

16 juni 2008



14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



Bijlage 17

zwavelecobetonplaten 2 hoogdynamische locatie laag/midden successie wieren

16 juni 2008



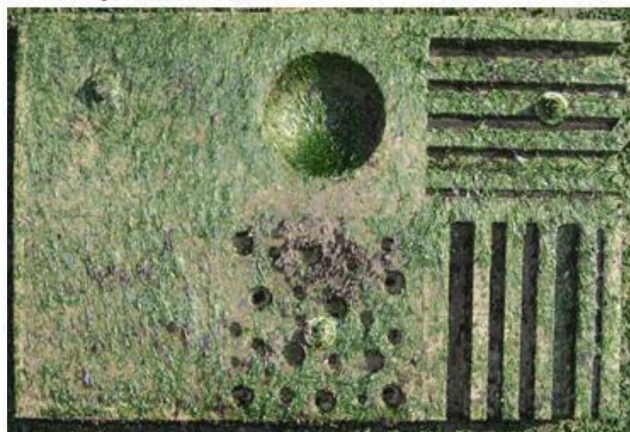
14 juli 2008



15 augustus 2008



15 september 2008



6 oktober 2008



4 november 2008



24 februari 2009



20 maart 2009



14 april 2009



15 mei 2009



23 juni 2009



7 september 2009



3 maart 2010



27 april 2010



10 juni 2010



9 augustus 2010



28 september 2010



