

TNO-Rapport CA05. 8074

**Inventarisatie van antifouling voor
pleziervaartuigen**

Corrosie & Antifouling
Harssens (MML)
Postbus 505
1780 AM Den Helder

Telefoon 0223 638850
Fax 0223 638888
www.tno.nl

Contactpersoon
Job Klijnstra

Op opdrachten aan TNO zijn van
toepassing de Algemene Voorwaarden
voor onderzoeksopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissements-
rechtbank te Den Haag en de Kamer van
Koophandel Haaglanden.

Datum	21 augustus 2007
Auteur(s)	J.W. Klijnstra, P.R. Willemsen, P. Ruig
Opdrachtgever(s)	Ministerie Verkeer en waterstaat RIZA Dhr. G.B.J. Rijs Postbus 17 8200 AA Lelystad Ministerie VROM, Directie BWL Dhr. H. Meijer Postbus 20951 2500 EZ Den Haag SenterNovem Dhr. M.H. van Groen Postbus 8242 3503 RE Utrecht
Projectnummer	033.11024
Aantal pagina's	31
Voor akkoord	Projectleider: J.W. Klijnstra Locatiemanager: J. Vermeijlen

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

Samenvatting

Dit document vormt de eindrapportage van het project “Antifouling voor Pleziervaartuigen” dat door TNO Industrie en Techniek in 2005 is uitgevoerd met financiële bijdragen van het Ministerie VROM, het Ministerie Verkeer en Waterstaat – RIZA en SenterNovem.

Het doel van het project was een inventarisatie te maken van de stand van zaken op het gebied van aangroeiwerende technieken voor de pleziervaartsector. Deze inventarisatie geeft de verschillende belangengroepen als overheid, branche-organisaties en bezitters van pleziervaartuigen meer inzicht in mogelijkheden om milieubelastende antifoulingverven op termijn te vervangen door milieuvriendelijke alternatieven.

In totaal zijn 38 technologieën onderscheiden waarvan 17 coatings (C1-C17) en 21 niet-coatings (NC18-NC38). In de onderstaande figuur wordt een overzicht van alle technologieën met bijbehorende categorienummers gegeven.

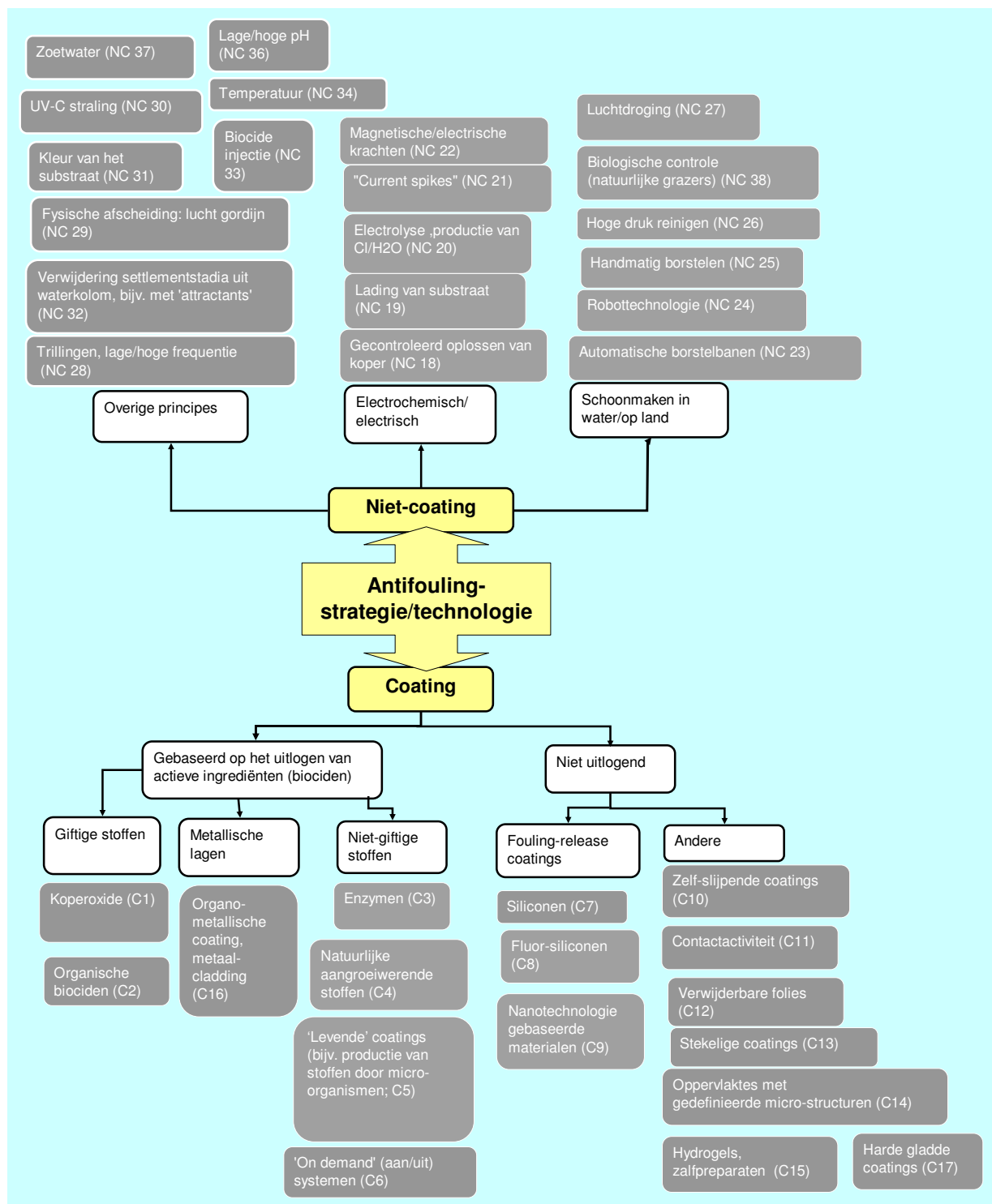
Het rapport geeft voor iedere technologie een overzicht van de belangrijkste gebruikaspecten. Daarnaast wordt het technologieoverzicht, samen met een overzicht van de momenteel beschikbare producten, ook in elektronisch format (Excel file) opgeleverd. In een bijlage worden enkele oriënterende laboratoriumexperimenten met verschillende nieuwe producten kort beschreven.

De belangrijkste groepen biocide-vrije producten zijn momenteel zelfslijpende coatings (9 producten) en “fouling release” coatings op basis van siliconen (4 producten). Voor verschillende andere groepen wordt een zekere werking geclaimd, maar zijn nadere gegevens nodig om die claims te onderbouwen.

Het overzicht met biocidhoudende producten bevat 9 coatings die in Nederland toegelaten zijn voor gebruik op pleziervaartuigen. Vier producten daarvan zijn kopervrij, de andere vijf producten bevatten koperoxide, soms in combinatie met een ander biocide.

Het rapport bevat een beslisboom met behulp waarvan gebruikers van aangroeiwerende producten een product/ technologiekeuze kunnen maken. Deze beslisboom is vooral gebaseerd op bestaande kennis van werkzaamheid van nu beschikbare producten.

Voor een beoordeling van de potentie van “nieuwe” producten om als vervanger van milieubelastende antifoulingverven te fungeren, worden suggesties gedaan voor voortzetting van het onderzoek in de experimenten waarin verschillende (groepen van) producten nader worden onderzocht op (lange-termijn) werking en andere gebruikaspecten.



Overzichtsdiagram van aangroeiwerende technieken. Iedere techniek is met een eigen categorienummer aangegeven.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	5
2 Werkwijze	7
3 Technologie-overzicht	9
4 Beslisboom voor gebruikers bij het kiezen van een milieuvriendelijk aangroeiwerend systeem	21
Bijlagen	23
I Technologie- en productoverzicht (elektronisch: Excel file).....	23
II Verkennend laboratoriumonderzoek.....	26
III Selectie van producten die in aanmerking komen voor verder onderzoek	29

1 Inleiding

In Nederland en elders in Europa zijn er toenemende restricties op het gebied van biocidehoudende antifouling. De afgelopen jaren heeft er onder bezitters van pleziervaartuigen grote onzekerheid geheerst met betrekking tot de keuze van de juiste en geoorloofde antifouling.

Met de regelmaat van de klok verschijnen er “wonderproducten” op de markt, die de ideale oplossing zouden vormen voor het aangroeioprobleem op pleziervaartuigen, echter de ervaringen met deze producten zijn zeer wisselend. Daarnaast wordt er veel gesproken over non-stick coatings, ook wel fouling-release coatings genoemd, maar zijn dergelijke producten wel geschikt voor pleziervaartuigen? Hoe kan een eigenaar van een zeil- of motorjacht nu de juiste beslissing nemen? Welke antifouling werkt goed voor welk vaargebied, zoet of zeewater?

Om aan deze onzekerheid een eind te maken is in 2005 een project opgezet waarin een inventarisatie is gemaakt van beschikbare producten alsmede binnenkort beschikbaar komende producten voor aangroeiwering voor de pleziervaartsector. Het doel van deze inventarisatie is de verschillende belanghebbende groepen als overheid, branche-organisaties en bezitters van pleziervaartuigen meer inzicht te geven in alternatieven voor de traditionele koperhoudende aangroeiwerende verven.

Middels deze informatie kan worden getracht acceptatie te kweken voor alternatieve methoden en gebruikers te motiveren om, daar waar het kan, voor meer milieuvriendelijke oplossingen te kiezen. Op die manier kan een bijdrage worden geleverd aan verdere terugdringing van het gebruik van milieubelastende antifoulingverven.

De resultaten van de inventarisatiefase vormen een goed uitgangspunt voor het initiëren van vervolgonderzoek en verbeteringstrajecten voor specifieke technologieën.

Substantieel onderdeel van het rapport is het technologie-overzicht dat in hoofdstuk 3 in korte schema's wordt beschreven. Daarnaast wordt in de vorm van een Excel file een uitgebreider overzicht van technologieën beschikbaar gesteld. Hoofdstuk 4 bevat een beslisboom die gebruikers van antifoulingproducten kan helpen tot de keuze van minder milieubelastende producten te komen.

In Bijlagen worden tenslotte tabellen met (in Nederland) beschikbare producten gegeven, resultaten van oriënterende experimenten met enkele nieuwe producten beschreven en suggesties aangereikt voor vervolgonderzoek aan dergelijke producten.

Het project is uitgevoerd met financiering van drie overheidsinstanties te weten:

- RIZA Lelystad, Ministerie van Verkeer en Waterstaat
- Ministerie VROM
- SenterNovem

Voor het project is een begeleidingsgroep samengesteld waarin de volgende organisaties zitting hebben: HISWA, Watersportverbond, ANWB, Maandblad Zeilen, Ministerie VROM, SenterNovem, Ministerie Verkeer & Waterstaat-RIZA en de verfindustrie (vertegenwoordigd door de VVVF, Hempel Nederland, SigmaKalon en International Paints Nederland). De begeleidingsgroep is in 2005 driemaal bijeen geweest om de voortgang en conceptrapportage van het project te bespreken.

Tijdens het onderzoek is informatie boven tafel gekomen over de marktomvang van de recreatievaart. Dat betreft een tweetal rapporten met gedetailleerde kwantitatieve informatie over de recreatievaartsector:

1. Recreatietoervaart: 9 jaar later (2002). C.M. Goossen, Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.

2. Onderzoek aantal recreatievaartuigen in Nederland (September 2005).
Waterrecreatieadvies, Lelystad.

Het onderzoek uit 2002 geeft voornamelijk informatie uit interviews met een groot aantal (1454) booteigenaren die een lange vragenlijst kregen voorgelegd over vaarpatronen, type boot dat ze bezitten en kosten voor varen met en onderhoud van het schip. Op basis van deze inventarisatie van het vaargedrag kan voor kritische locaties in Nederland een schatting worden gegeven van de emissie en milieu-effecten van stoffen uit antifoulingverven.

Een ander aspect dat uit deze studie blijkt is de trend van steeds groter wordende schepen, zowel in lengte, breedte als diepte. Dat betekent ondermeer dat jachthavens meer en ook grotere ligplaatsen moeten creëren. Grotere schepen met meer onderwateroppervlak betekent ook meer behoefte aan aangroeiwerende verven. Beide aspecten kunnen bijdragen aan een toenemende milieubelasting door antifoulingverven in jachthavens als niet wordt overgeschakeld op meer milieuvriendelijke producten. Het onderzoek van Waterrecreatieadvies is zeer recent afgerond en bevat, op basis van daadwerkelijke tellingen van ligplaatsen een nauwkeuriger schatting van het aantal in Nederland in gebruik zijnde recreatievaartuigen. Dit zijn er ca. 200.000 waarvan 160.000 een ligplaats hebben in een jachthaven. Voor meer details wordt naar bovengenoemde rapporten verwezen.

2 Werkwijze

In het project is op grond van bestaande kennis een inventarisatie gemaakt van beschikbare en nieuwe technologieën en producten voor aangroeiwing. De inventarisatie is vooral gebaseerd op kennis en expertise die TNO in de afgelopen 40 jaar in antifoulingonderzoek heeft opgebouwd, aangevuld met productonderzoek op Internet. Het project is vooral gericht op de Nederlandse recreatievaart, maar waar nodig is op beperkte schaal over de grens gekeken.

In Figuur 1 wordt een schematisch overzicht gegeven van alle technologieën die relevant bevonden zijn en aanknopingspunten geven voor producten of productontwikkeling voor aangroeiwing. Centraal in dit overzicht staat de indeling van technologieën in een coating- of niet-coatingprincipe.

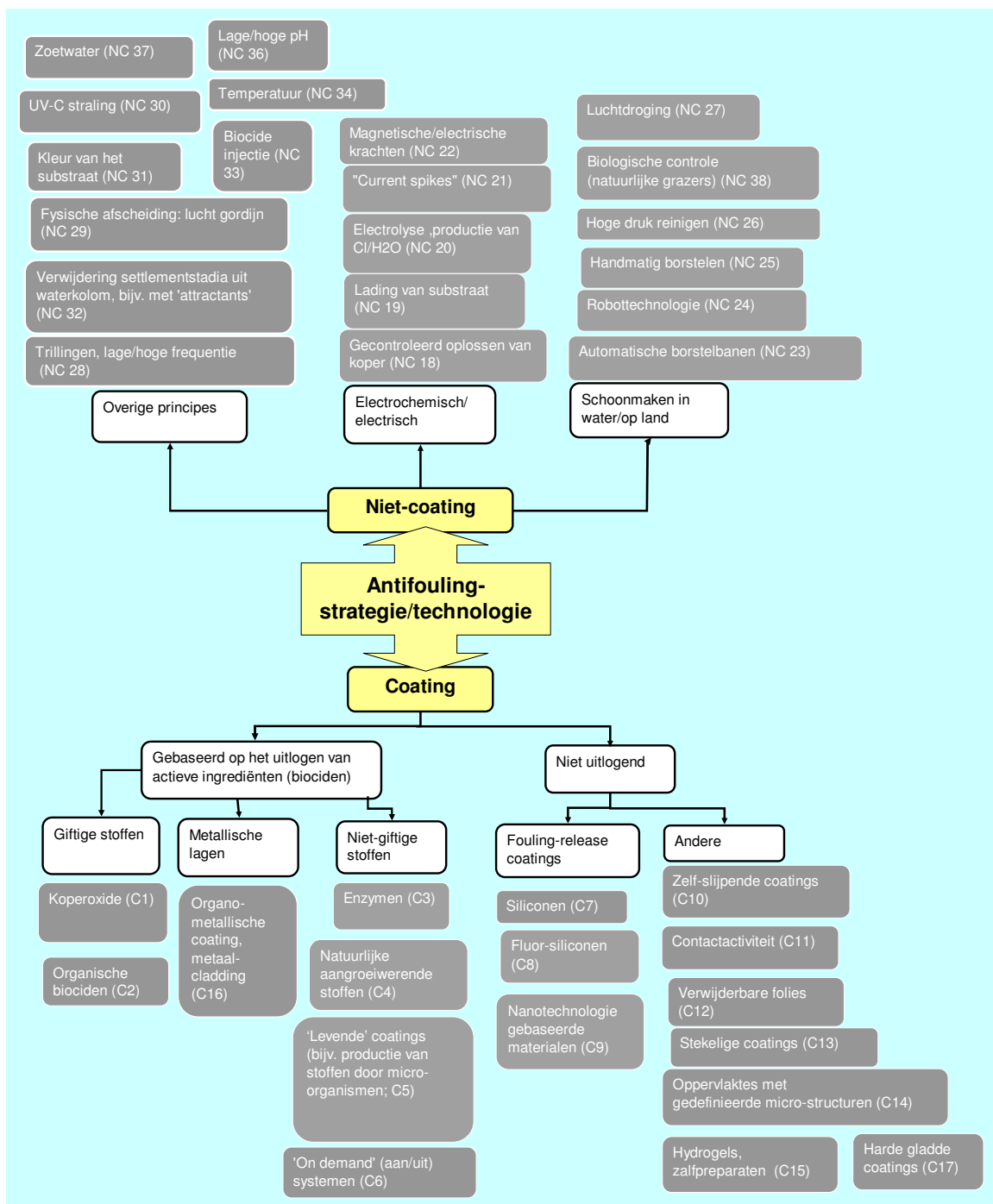
In totaal zijn 38 technologieën onderscheiden waarvan 17 coatings en 21 niet-coatings. Verder onderscheid kan gemaakt worden in uitlogende coatings, 7 categorieën, en niet-uitlogende coatings, 10 categorieën. Bij de niet-coatings zijn er 5 elektrochemisch van aard, 5 gebaseerd op reiniging en een 10-tal andere categorieën.

Alle categorieën hebben een categorienummer gekregen, voor de coating-gebaseerde technologieën beginnend met een C (C1 t/m/ C17), voor de niet-coating gebaseerde technieken met NC (NC 18 t/m NC38).

De informatie is verzameld in een Excel file van waaruit overzichten van iedere relevante technologie gemaakt zijn, met kenmerken als werkingsprincipe, effectiviteit, ontwikkelingsstadium, applicatie- en milieuaspecten (voor een vergelijking van de milieuaspecten is een relatieve schaal gebruikt van 1 (meest milieubelastend) tot 3, (minst milieubelastend)) en waar mogelijk financiële aspecten.

Uit deze kenmerken wordt een korte conclusie getrokken over de relevantie van een productgroep voor de pleziervaart. Daarnaast wordt aangegeven of de betreffende productgroep relevant is voor vervolgonderzoek in een tweede fase van het project.

In de compacte vorm van deze overzichten (hoofdstuk 3) kunnen de verschillende technologieën en daaruit voortkomende productgroepen goed met elkaar vergeleken worden. De Excel file is als separaat document, elektronische bijlage, toegankelijk en geleverd aan de opdrachtgevers en begeleidingsgroep. Een tweetal overzichten van momenteel beschikbare producten (in Nederland) die aan de verschillende categorieën toebedeeld kunnen worden, wordt achter in dit rapport (Bijlage I) weergegeven. Deze overzichten zijn ook opgenomen in de elektronische bijlage.



Figuur 1. Overzichtsdiagram van aangroeiwerende technieken gesplitst naar coatings- en niet-coatings. Iedere techniek is met een eigen categorienummer aangegeven.

3 Technologie-overzicht

Op de volgende pagina's worden per technologie de standaardoverzichten met de belangrijkste kenmerken weergegeven. De technologieën zijn gerangschikt in volgorde van categorienummer (C1 t/m C17 en NC 18 t/m NC 38); deze nummers zijn terug te vinden in de Excel file.

<i>Groep C1/ C2 Coatings met uitlogende biociden</i>	
<i>Principe</i>	Coatings gebaseerd op uitloging van koper (C1) en/of organische biociden (C2). Aangroei wordt gedood in jong stadium, het coatingsysteem bepaalt de wijze van afgifte van de actieve stof(fen).
<i>Effectiviteit</i>	Producten verkrijgbaar die voor kortere (4 maanden) tot langere tijd (3 jaar) werkzaam zijn tegen vele aangroei-organismen. Organische biociden vaak toegevoegd voor werking tegen algen. Gebieden met hoge foulingdruk (zout water) vereisen hogere kopergehalten, bij lage foulingdruk (zoet water) geen of veel minder koper nodig.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Commerciële producten van vele producenten in Europa verkrijgbaar (meer dan 60 verschillende producten). In Nederland zeer beperkt (9) aantal producten beschikbaar.
<i>Applicatie</i>	Bekende applicatietechnieken waarvoor producenten een beschrijving aanleveren voor zowel de professional als de doe-het-zelver.
<i>Milieu</i>	Biocide-houdende producten moeten geregistreerd zijn. Registratie is kostbaar. Veiligheid voor de toepasser hangt samen met oplosmiddel- en biocidegehalte, en ook met applicatiecondities. Milieu-effecten van meeste biociden ongewenst, zijn vaak al bekend. Milieuschaal 1.
<i>Financieel</i>	Richtpunt voor kosten van gangbare antifoulingverven is ca. 10 EURO/m ² per jaar.
<i>Conclusie</i>	Dit zijn referentieproducten waarmee de effectiviteit van de andere technologieën vergeleken dient te worden.
<i>Fase 2</i>	Als referentieproducten meenemen in expositietesten.

Groep C3 t/m C6		Coatings met uitlogende "natuurstoffen"
<i>Principe</i>	Gebruik maken van de aangroeiwerende werking van stoffen geïsoleerd uit organismen in zee (sponzen, algen), enzymen of bacteriële mengsels. Uitgangsidee is dat dergelijke stoffen milieuvriendelijker zouden zijn dan gangbare biociden. Het idee achter verfsystemen die pas actief worden wanneer daar behoefte aan is ("activity on demand") is nog conceptueel.	
<i>Effectiviteit</i>	Enzymen en enkele andere "natuurstoffen" zijn extreem effectief tegen (sommige) aangroeiorganismen. Coatings hierop gebaseerd, zijn veelal nog niet lang genoeg werkzaam. Coating met toegevoegde bacteriën niet erg effectief.	
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Producten verkeren in verschillende stadia van ontwikkeling. Coatings met enzymen en andere natuurstoffen behoeven nog verdere ontwikkeling tot de gewenste werkingsduur van 1 jaar en langer bereikt is. Op termijn van een paar jaar mogelijk nieuwe producten beschikbaar. "On demand" verfsystemen zijn nog verre toekomst.	
<i>Applicatie</i>	Toepassing van dergelijke coatings wijkt naar verwachting niet af van die van gangbare verfsystemen. Zelf mengen van actieve ingrediënten (wonderproducten) in een bestaande verf geeft allerlei problemen.	
<i>Milieu</i>	Actieve stoffen in verven worden volgens de wet (EU Biociderichtlijn) als biocide beschouwd en moeten dus het toelatingstraject in. Enzymen zijn snel afbreekbaar in (zee-) water, voor andere stoffen hoeft dat niet te gelden. Vaak nog onvoldoende gegevens over potentiële milieueffecten van nieuwe stoffen voorhanden. Het product op basis van een toe te voegen bacteriemengsel zou wellicht als biologisch middel beschouwd kunnen worden. Milieuschaal 2 – 3.	
<i>Financieel</i>	Tot nu toe nog geen producten beschikbaar. Registratie van nieuwe stoffen en producten brengt hoge kosten met zich mee.	
<i>Conclusie</i>	Mogelijk komen op termijn enkele nieuwe, meer effectieve producten met enzymen en natuurstoffen ter beschikking.	
<i>Fase 2</i>	Zodra nieuwe producten uit deze groep beschikbaar komen, meenemen in testfase 2. Bacteriepreparaat "MET", indien beschikbaar, meenemen in coatingformuleringen.	

<i>Groep C7 t/m C9</i>	<i>Fouling-release coatings</i>
<i>Principe</i>	Werking van coatings gebaseerd op slechte hechting van organismen aan het coatingoppervlak. Aangroei vindt dus plaats, maar kan gemakkelijk verwijderd worden door schoonvaren en/of reinigen. Verschillende principes op basis van verschillende oppervlaktekarakteristieken (siliconen (C7), fluor (C8), nanostructuur (C9)).
<i>Effectiviteit</i>	Siliconensystemen hebben goede werking bewezen. Kritische snelheid voor schoonvaren veelal > 15 knopen. Fluorhoudende systemen onvoldoende werking. Nanostructuren kunnen veelbelovend zijn.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Siliconensystemen commercieel verkrijgbaar van verschillende leveranciers (10 producten in bijlage I, waarvan 4 voor jacht-toepassingen). Fluorhoudende systemen nauwelijks meer verkrijgbaar. Coatings met nanostructuur zijn nog in beginstadium van ontwikkeling, alhoewel enkele (2-3) "wonderproducten" hierop hun werkingsclaims baseren.
<i>Applicatie</i>	Applicatie siliconensystemen kritischer dan gangbare AF verven, vergt aandacht en specifieke omstandigheden. Verschillende lagen dienen binnen beperkte tijd aangebracht te worden. Nadeel van siliconenverven is gevoeligheid voor beschadiging en lastige reparatiemogelijkheden. Applicatie-aspecten voor nanostructuurcoatings zijn nog niet aan de orde.
<i>Milieu</i>	Fysisch principe, werking gifvrij, behoeft geen toelating. Aantal siliconenproducten bevat siliconenolie die uitloopt gedurende gebruiksfase. Mogelijke milieueffecten daarvan vergen nader onderzoek. De lange levensduur van siliconenproducten is een voordeel. Milieuschaal 3.
<i>Financieel</i>	Kosten voor product met applicatie beduidend hoger dan gangbaar; prijsindicatie ca. 50 EURO/m ² . Op grond van lange verwachte levensduur (> 5 jaar) toch concurrerend?
<i>Conclusie</i>	Siliconenproducten zijn een belangrijke groep van alternatieven. Specifieke verbeteringen benodigd in applicatie en repareerbaarheid voor de jachtsector.
<i>Fase 2</i>	Vergelijking van producten van verschillende producenten geeft duidelijkheid over potentie voor de jachtsector.

Groep C10 <i>Biocidevrije zelfslipende verven</i>	
<i>Principe</i>	Werking van deze coatings is gebaseerd op een afslijtende toplaag van de coating. Zelfslipend gedrag is in te stellen door aanpassing van de formulering. Werkingsduur meestal vrij kort.
<i>Effectiviteit</i>	De effectiviteit is afhankelijk van de erosiesnelheid. Die wordt weer bepaald door samenstelling van verformulering en het vaargedrag van het schip. Producten hebben vaak een vrij korte werkingsduur (1-2 jaar).
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Er zijn commercieel verkrijgbare producten van verschillende fabrikanten. Bijlage I bevat een negental producten in deze categorie voor jachttoepassingen.
<i>Applicatie</i>	Applicatie is niet afwijkend van die van biocidehoudende producten. Bij te korte werkingsduur moet opnieuw een laag worden aangebracht. Systemen makkelijk bij te werken.
<i>Milieu</i>	Fysisch principe, behoeft geen toelating. Voor milieu kan emissie van verf(deeltjes) wel een belangrijk aspect zijn. Levensduur van verven speelt hier ook een rol. Milieuschaal 2 – 3.
<i>Financieel</i>	De literprijs is veelal vergelijkbaar met die van biocidehoudende systemen. Moet soms vaker per seizoen worden aangebracht.
<i>Conclusie</i>	Belangrijke groep alternatieve producten die wellicht verdere ontwikkeling tot langere werkingsduur behoeft.
<i>Fase 2</i>	Verschillende systemen meenemen in brede productvergelijking.

Groep C11 <i>Verven met contactactiviteit</i>	
<i>Principe</i>	Coatings waarin stoffen zijn opgenomen die biologisch actief zijn door contactwerking. Er is sprake van biocide werking zonder uitloging van de stof.
<i>Effectiviteit</i>	Er zijn actieve stoffen bekend die werken tegen micro-organismen. Voor macro-aangroei (zeepokken, algen, etc.) zijn geen actieve stoffen bekend.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	In het verleden zijn verven met verschillende actieve stoffen getest, bleken onvoldoende werkzaam in zeewater. Huidige ontwikkelingsstatus van deze producten is onbekend.
<i>Applicatie</i>	N.v.t.
<i>Milieu</i>	Actieve stof als biocide aan toelating onderhevig, geeft hoge kosten. Afwezigheid van uitloging is een potentieel voordeel, dient wel experimenteel getoetst te worden. Milieuschaal 3.
<i>Financieel</i>	Er zijn geen producten beschikbaar, over kosten valt niets te zeggen. Zonder uitloging zou een coating langer mee kunnen gaan.
<i>Conclusie</i>	Principe zou zeer goed kunnen zijn, maar technisch vooralsnog onhaalbaar gebleken.
<i>Fase 2</i>	Niet relevant voor fase 2.

Groep C12	Folies , Hoezen
<i>Principe</i>	Het principe van een folie aan te brengen op een schip is nog conceptueel. Principe van hoezen om scheepsromp is al wel toegepast.
<i>Effectiviteit</i>	Zolang hoes (of folie) intact op volledige scheepsromp aanwezig blijft, is het systeem 10 % effectief. Erg praktisch is een aangroeiwerende hoes echter niet.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Hoezen werden in het verleden aangeboden op de markt (product Algae Cloth in Denemarken). Huidige beschikbaarheid onbekend.
<i>Applicatie</i>	Niet erg praktisch, gevoelig voor beschadigingen.
<i>Milieu</i>	Geen nevenwerkingen te verwachten. Wellicht afvalprobleem wanneer hoezen vervangen moeten worden. Milieuschaal 3.
<i>Financieel</i>	Onduidelijk of hoezen nog beschikbaar zijn en wat ze kosten. Afvoer van afgedankte hoezen kan ook geld kosten.
<i>Conclusie</i>	Geen praktische oplossing op grotere schaal.
<i>Fase 2</i>	Niet interessant.

Groep C13 & C14	Coatings met (micro-) structuur
<i>Principe</i>	Werking is gebaseerd op een voor organismen fysisch onaantrekkelijk oppervlak voor hechting. Kan op fysische structuren (ordegrootte μm tot mm) of op beweeglijke oppervlakken zijn gebaseerd.
<i>Effectiviteit</i>	Stekelige coatings werken soms goed tegen zeepokken, maar niet tegen algen. Daarnaast ook verschillen tussen soorten zeepokken. Werking dus selectief, geen breed-spectrum activiteit.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Eén product op basis van stekeltjes commercieel beschikbaar (groep C13, product Sealcoat). Ander product verkeert nog in ontwikkeling. Materialen met gedefinieerde microstructuur verkeren nog in basaal onderzoekssatdium.
<i>Applicatie</i>	Applicatie van het Sealcoat product vergt specifieke kennis en apparatuur. Applicateur beveelt aan het schip éénmaal per jaar met de hogedrukspuit te reinigen.
<i>Milieu</i>	Fysisch principe, behoeft geen toelating. Geen milieubelasting tijdens gebruiksfase. Milieuschaal 3.
<i>Financieel</i>	Kosten applicatie ca. 50 EURO/m ² . Vergelijkbaar met kosten van siliconecoatings. Lange afschrijvingsduur (≥ 5 jaar)
<i>Conclusie</i>	Product Sealcoat in potentie aantrekkelijk, vergt waarschijnlijk nog verbetering.
<i>Fase 2</i>	Product meenemen in vergelijking indien beschikbaar.

<i>Groep C15 Gelachtige coatings en preparaten</i>	
<i>Principe</i>	Het principe achter gelachtige coatings is dat organismen geen onderscheid kunnen maken tussen de waterachtige coating en het omringende water. Ook voor zalfachtige preparaten (bijv. uierzalf) zou dit principe van toepassing kunnen zijn.
<i>Effectiviteit</i>	In het verleden geteste gelachtige coatings bleken eigenlijk alleen effectief wanneer daaraan een (booster)biocide was toegevoegd. Voor uierzalfpreparaten zijn nog geen goed gedocumenteerde effectiviteitsgegevens beschikbaar.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Gelachtige coatings zijn in het verleden reeds ontwikkeld, ondermeer getest in aquacultuur. Momenteel is één commercieel product beschikbaar met een beperkte (2-3 maanden) werkingsduur. Zalfpreparaten als uierzalf en “Melkfett” zijn commercieel beschikbaar van vele leveranciers.
<i>Applicatie</i>	Applicatie van de zachte gelachtige coatings is zeer lastig. De coatings zijn mechanische zeer zwak. Aanbrengen van zalfpreparaten wordt door booteigenaren zelf gedaan. Schepen voorzien van zalfpreparaten worden zeer glad; hijsen van het schip vergt extra veiligheidsvoorzieningen.
<i>Milieu</i>	Gelachtige coating zonder biociden behoeven geen toelating. Van belang is wel of andere stoffen uit dergelijke coatings kunnen uitlogen. Voor zalfpreparaten dient nagegaan te worden of de werking wellicht op uitloging van bepaalde stoffen is gebaseerd. Indien dit het geval is, vallen deze producten in principe onder categorie C2 en zullen dan aan toelating onderhevig zijn. Eventuele emissie van andere zalfcomponenten dient ook te worden nagegaan. Milieuschaal 3. (wanneer biociden zijn toegevoegd schaal 1)
<i>Financieel</i>	De kosten van een gelachtige coating zijn nog onbekend. Zalfpreparaten zijn zeer goedkoop bij co-operaties of drogisterijen verkrijgbaar.
<i>Conclusie</i>	Zalfpreparaten worden op basis van ervaringsverhalen gebruikt. Nadere onderbouwing van potentie voor jachtsector is gewenst. Met name de werkingsduur op lange termijn.
<i>Fase 2</i>	Meenemen voor nader onderzoek naar werkingsmechanisme en lange-duurwerking onder gecontroleerde omstandigheden.

<i>Groep C16</i>	<i>(Organo-)metallische lagen met biocide werking</i>
<i>Principe</i>	Door het substraat te bekleden met een metallische of organometallische laag wordt een oppervlak verkregen dat onaantrekkelijk is voor aangroei. Meestal gaat het hier om koperlagen die al dan niet in een organische coating worden ingebed. Principe is het vrijkomen van koperionen die aangroei-organismen doden. Daarmee vallen deze producten onder de Biocide-richtlijn.
<i>Effectiviteit</i>	Koperlagen zijn zeer effectief tegen een breed spectrum van organismen. Dat geldt eveneens voor organische coatings waaraan koper is toegevoegd. Producenten claimen een lange werkingsduur van meerdere jaren.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Meerdere producten van verschillende leveranciers zijn commercieel verkrijgbaar. Daarnaast vindt ontwikkeling plaats van organometallische coatings die minder of niet zouden uitlogen.
<i>Applicatie</i>	Applicatie is veelal niet sterk afwijkend van die van gangbare beschermende coatings.
<i>Milieu</i>	Coatings die uitlogend koper bevatten berusten op biocide werking en zijn aan toelating onderhevig. Bij verschillende producten is de uitloogsnelheid momenteel in nader onderzoek. Voor andere metalen geldt in principe hetzelfde. Milieuschaal 1.
<i>Financieel</i>	Producten in Nederland niet toegelaten, nog geen concrete prijsinformatie voorhanden.
<i>Conclusie</i>	Productgroep die interessant is wanneer claims voor lage uitloging en lange werkingsduur waargemaakt kunnen worden.
<i>Fase 2</i>	Meerdere producten vergelijken op werkingsduur en uitloogsnelheid.

<i>Groep C17</i>	<i>Harde gladde coatings in combinatie met reinigen</i>
<i>Principe</i>	Coatings die geen inherent aangroeiwerend principe bevatten maar door hun harde, gesloten en gladde oppervlak zeer goed of zeer efficiënt te reinigen zijn met verschillende technieken.
<i>Effectiviteit</i>	Werking komt tot stand door combinatie van coating en reiniging. Meestal is minimaal hogedruk-reiniging noodzakelijk.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Coatings zijn commercieel verkrijgbaar, een drietal producten wordt aangegeven in bijlage I. Een aantal coatings bevat keramische toevoegingen. Producten worden, op grond van mechanische sterkte ook vaak aanbevolen voor gebruik in ijsgebieden.
<i>Applicatie</i>	Applicatievoorschriften van producent zijn beschikbaar en vergelijkbaar met die voor andere beschermende coatings.
<i>Milieu</i>	Geen uitloging van stoffen, reiniging geeft afval van aangroei dat in principe opgevangen zal moeten worden. Milieuschaal 3.
<i>Financieel</i>	Kosten afzonderlijk van reiniging zijn niet aan te geven.
<i>Conclusie</i>	Alleen in combinatie met reinigen zijn deze coatings interessant. Keuze van reinigingstechniek is dan van groter belang dan specifiek coatingproduct.
<i>Fase 2</i>	Alleen in combinatie met reiniging mee te nemen in fase 2.

<i>Groep NC18 t/m NC22</i> <i>Elektrochemische aangroeiwering</i>	
<i>Principe</i>	Verschillende principes zijn gepatenteerd, de werking is gebaseerd op het creëren van een lokaal milieu met sterk wisselende pH of hoge Cl ⁻ concentratie, of manipulatie van oppervlakte-eigenschappen door elektrische lading of door koper gecontroleerd te laten oplossen en neerslaan.
<i>Effectiviteit</i>	Systemen die lokale pH-veranderingen geven of Cl ⁻ genereren zijn zeer effectief gebleken in laboratorium-opstellingen. Voor beide systemen zijn geleidende coatings nodig. De andere ideeën zijn nog conceptueel.
<i>Ontwikkelings- stadium</i>	De coating van waaruit Cl ⁻ gegenereerd wordt, was in het verleden commercieel verkrijgbaar maar nu niet meer. Het systeem met sterk wisselende pH zou eind 2006 beschikbaar komen voor pleziervaartuigen. Tot nu toe niets meer van gehoord. Systeem behoeft verdere ontwikkeling voor de grote scheepvaart, in combinatie met kathodische bescherming.
<i>Applicatie</i>	Aanbrengen van een geleidend coatingsysteem moet nauwkeurig gebeuren. Toepassing op metalen schepen zal corrosieproblemen (kunnen) geven.
<i>Milieu</i>	Principes achter NC 18 en NC 20 vallen onder Biocide richtlijn en behoeven dus toelating. Milieuschaal voor deze principes 1 – 2. Fysisch principe van NC 21 behoeft geen toelating. Neveneffecten op corrosie van omliggende jachten en jachthaven-infrastructuur dienen nader bekeken te worden. Milieschaal 2 – 3 (energiegebruik).
<i>Financieel</i>	Aanleg van systeem kan prijzig zijn. Tot nu toe zijn geen prijsgegevens beschikbaar noch van het systeem noch van de benodigde geleidende coating.
<i>Conclusie</i>	In potentie een interessant systeem om nader in de praktijk te onderzoeken.
<i>Fase 2</i>	Systeem meenemen in vlot- en scheepstesten.

<i>Groep NC23 t/m NC26</i>	<i>Reinigen</i>
<i>Principe</i>	Verwijderen van aangroei van de scheepsromp met behulp van verschillende technieken: automatische borstelbanen; reinigungsrobots; handmatig reinigen in of buiten het water; reinigen met hogedruk-waterspuit of het laten opdrogen van aangroei aan de lucht. Deze laatste vorm zal de aangroei weliswaar doden, maar verwijderd die niet.
<i>Effectiviteit</i>	De effectiviteit van borstelbanen is prima op plaatsen op de romp die bereikt kunnen worden. De rompvorm van een schip kan wel problemen geven. Er zijn reinigungsbestendige coatings nodig. Effectief gebruik van deze techniek wordt ook in sterke mate bepaald door logistieke en organisatie aspecten. Handmatig of hogedruk reinigen boven water is arbeidsintensief en vergt voorzieningen en hijswerk.
<i>Ontwikkelings- stadium</i>	Verschillende typen borstelbanen zijn ontwikkeld met specifieke eigenschappen en uiteenlopende prestaties. Er is echter nog verdere ontwikkeling nodig op het vlak van technische betrouwbaarheid, herkenning en reiniging van sterk uiteenlopende rompvormen. Robottechnologie is nog niet voldoende ontwikkeld voor jachten, maar komt wellicht op langere termijn beschikbaar. Handmatig reinigen in het water kan verbeterd worden door innovatie in specifieke reinigungs gereedschappen (romp reinigen vanaf het dek; videodetectie van (al dan niet verwijderde) aangroei, etc.). Boot-lift systemen voor reinigen boven water en drogen aan de lucht zijn in verschillende stadia van ontwikkeling maar vergen forse investeringen (per ligplaats).
<i>Applicatie</i>	Schip moet voorzien zijn van reinigbare coating. Draagvlak voor gebruik borstelbanen alleen bij uitgekende organisatorische aanpak en logistiek..
<i>Milieu</i>	Opvang van verwijderde aangroei is belangrijk milieuaspect, geldt voor alle reinigungstechnieken. Reinigung van biocidehoudende coatings is uit den boze. Milieuschaal 3.
<i>Financieel</i>	Borstelbanen vergen investeringen die tot op heden niet terug te verdienen blijken met herhaalde reinigungsbeurten. Logistiek en organisatie zeer belangrijk, ook voor draagvlak onder booteigenaren. Kosten handmatig reinigen laag maar vergt veel tijd. Innovatieve tools kunnen efficiëntie verbeteren.
<i>Conclusie</i>	Verdere (technische) ontwikkeling in borstelbanen, robottechnologie en handmatige tools noodzakelijk.
<i>Fase 2</i>	Wanneer beschikbaar, nieuwe ontwikkelingen meenemen in testfase 2.

<i>Groep NC28 & NC 29</i> <i>Trillingen, luchtgordijn</i>	
<i>Principe</i>	Het in trilling brengen van het te beschermen oppervlak (subsoon of supersoon) geeft remming en/of verwijdering van aangroei. Een luchtgordijn langs de romp van een schip geeft een fysische scheiding tussen de waterfase en het substraat. De romp wordt daardoor onbereikbaar voor aangroei.
<i>Effectiviteit</i>	De werking van trillingen is nog beperkt tot relatief kleine gebieden, daardoor meer eenheden nodig per bootromp. Geen betrouwbare effectiviteitsgegevens bekend tot nu toe.
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	Er is een systeem met subsone trillingen verkrijgbaar in de Verenigde Staten; supersoon trillen is in gebruik in tuinbouwkassen om watersystemen aangroevrij te krijgen of houden. Luchtgordijn-principe op schepen wordt onderzocht door MARIN in kader van mogelijkheden om te komen tot brandstofbesparing.
<i>Applicatie</i>	Subsoon of supersysteem eenmalig inouwen of aanbrengen. Storingsgevoeligheid zou een kritisch aspect kunnen zijn?
<i>Milieu</i>	Het betreft een fysisch principe dat niet aan toelating onderhevig is. Het energiegebruik kan een relevant milieu-aspect zijn. Eventuele geluidsemissies zijn ook van belang. Effecten van geluidsgolven op vissen en andere organismen dienen te worden nagegaan. Milieuschaal 2 – 3.
<i>Financieel</i>	Het subsone systeem wordt in twee versies commercieel aangeboden: de kosten van een systeem voor een klein schip (16-50 ft) bedragen 1500 US\$; voor een groter schip (36-75 ft) wordt 3000 US\$ gevraagd.
<i>Conclusie</i>	De werking is nog onvoldoende gedocumenteerd, nader onderzoek naar huidige beschikbare systemen nodig.
<i>Fase 2</i>	Subsone apparaat meenemen in vlottesten.

<i>Groep NC30 t/m NC38</i>		<i>Overige principes</i>
<i>Principe</i>	Zeer diverse principes als UV-straling, hoge temperatuur, wisselende zuurgraad, filtratie, afwisseling zoet en zout water, biocide injectie, of de inzet van predatoren hebben allemaal een uitwerking op aangroei-organismen en vormen daarmee een potentieel uitgangspunt voor (nieuwe) aangroeiwerende technieken.	
<i>Effectiviteit</i>	<p>UV straling, biocide injectie of hoge temperatuur behandeling zijn zeer effectief en worden in gesloten watersystemen gebruikt.</p> <p>Biologische bestrijding m.b.v. roofslakken, zee-egels en zeesterren is redelijk effectief, maar ook arbeidsintensief. Het wordt ondermeer ingezet in de aquacultuur (kweek van vis en schaaldieren).</p> <p>Afwisseling van zoet naar zout geeft wel afdoding van organismen maar verwijderd de (harde) aangroei niet.</p> <p>Generatie van extreme pH is ook effectief (zie ook elektrochemisch principes NC21)</p>	
<i>Ontwikkelingsstadium</i>	<p>UV straling, biocide injectie of hoge temperatuur behandeling worden in gesloten systemen en installaties gebruikt voor aangroeiwering. Voor instrumenten in zee is UV-straling in gevorderde ontwikkeling.</p> <p>Biologische bestrijding is in gebruik in de aquacultuur. Aangroeidruk verschilt per situatie waardoor lokale aanpassing van systemen vaak nodig is.</p> <p>Biocide-injectie en filtratie bestaan als technieken voor gesloten (koel)watersystemen.</p>	
<i>Applicatie</i>	De meeste principes lijken niet of zeer slecht toepasbaar te zijn voor de pleziervaartsector.	
<i>Milieu</i>	<p>Biocide-injectie is gebonden aan toelating; Gebruik in gesloten systeem geeft mogelijkheid tot emissie-controle. Milieuschaal 1 – 2.</p> <p>UV-straling kost energie, optimalisatie van aan/uit regime kan energieverbruik verminderen. Milieuschaal 2.</p> <p>Milieuaspecten van andere categorieën zijn sterk applicatie-afhankelijk, veelal schaal 3.</p>	
<i>Financieel</i>	Niet aan de orde	
<i>Conclusie</i>	Bovengenoemde principes hebben nog niet tot voor jachten toepasbare producten geleid.	
<i>Fase 2</i>	Niet van belang voor fase 2.	

4 Beslisboom voor gebruikers bij het kiezen van een milieuvriendelijk aangroeiwerend systeem

In dit hoofdstuk wordt een beslisboom aangegeven waarmee een gebruiker tot de keuze van een milieuvriendelijk aangroeiwerend systeem kan komen. De eerste vraag die daarbij gesteld wordt, is of er vaak gevaren wordt met het schip.

Antwoord op die vraag is uiterst belangrijk omdat aangroei alleen plaats vindt tijdens stilliggen, niet tijdens varen. Beste remedie om aangroei te voorkomen is dus niet stilliggen. In combinatie daarmee, dus bij actief schipgebruik en zeker wanneer snel gevaren wordt (> 15 knopen), zijn biocidevrije zelfslijpende verven (C10) en “fouling release coatings” (C7) goed bruikbare verfsystemen om aangroei onder controle te houden.

Zelfslijpende verven zijn verkrijgbaar voor verschillende vaarsnelheidsbereiken, afhankelijk van de erosiesnelheid gaan dergelijke producten één tot drie vaarseizoenen mee.

Fouling release coatings op basis van siliconen gaan in principe veel langer (> 5 jaar) mee. De werking (gebaseerd op slechte hechting van aangroei-organismen) is goed zolang de coating onbeschadigd blijft. Applicatie van siliconencoatings luistert nauw, onder meer de uithardingscondities (vocht, temperatuur) en de droogtijd tussen de verschillende verflagen moeten goed in acht worden genomen. Voor doe-het-zelf toepassing zijn nog (bijna) geen producten op de markt.

Reinigen van siliconenverven gaat heel gemakkelijk, maar dient wel voorzichtig te gebeuren in verband met de geringere mechanische sterkte van de coating.

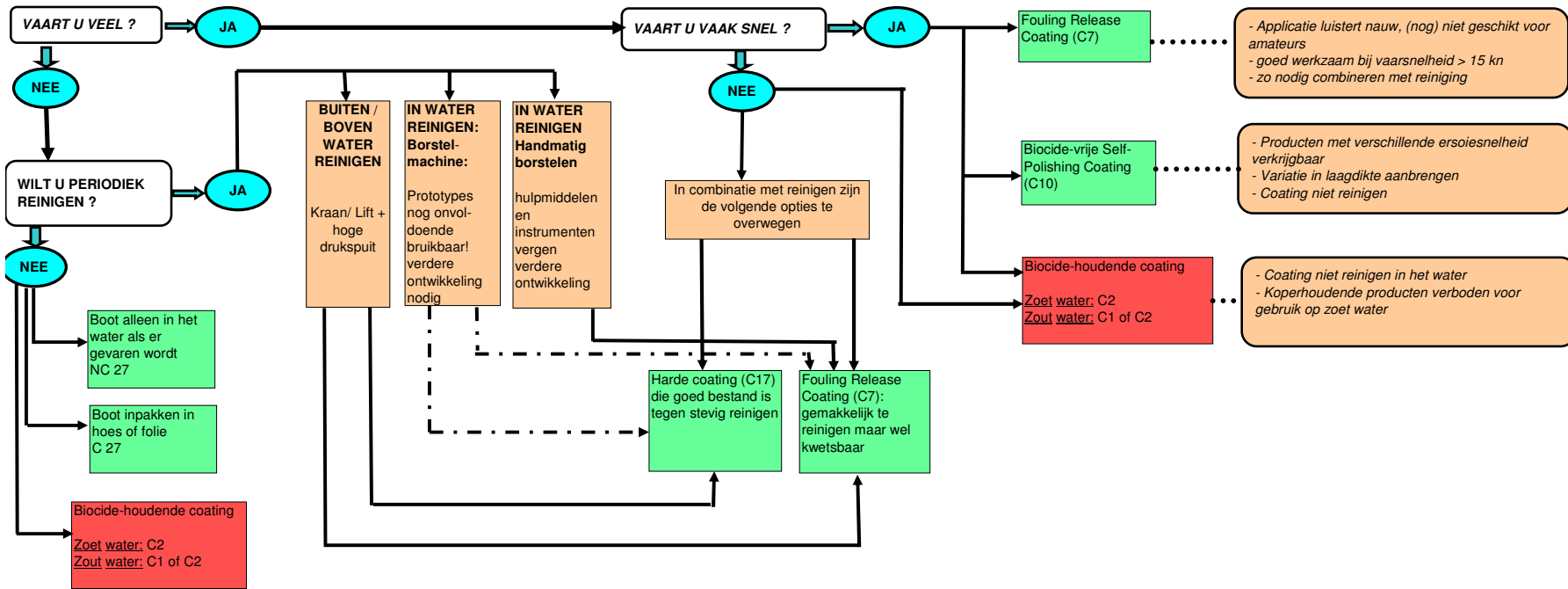
Reinigen van een biocidevrije zelfslijpende verf moet vermeden worden omdat dat zal leiden tot versterkte erosie en verminderde effectieve levensduur.

Coatings die werken op basis van uitlopende giftige stoffen (biociden; C1 en C2) bevatten koper, een organisch biocide of een combinatie daarvan. Op zoet water geven producten met alleen een organisch biocide (dat meestal minder persistent is) voldoende bescherming. Op zout water komt vaak een sterkere aangroei voor, bestrijding daarvan is meer effectief door de combinatie van biociden. Ook voor biocide-houdende coatings geldt echter: hoe langer de stilligperiode of hoe minder actief het schip gebruikt wordt, hoe zwaarder de coating wordt uitgedaagd. Afgifte van biociden gaat tijdens de stilligperiode wel door, daarmee wordt het lokale milieu rondom de ligplaats van de boot belast.

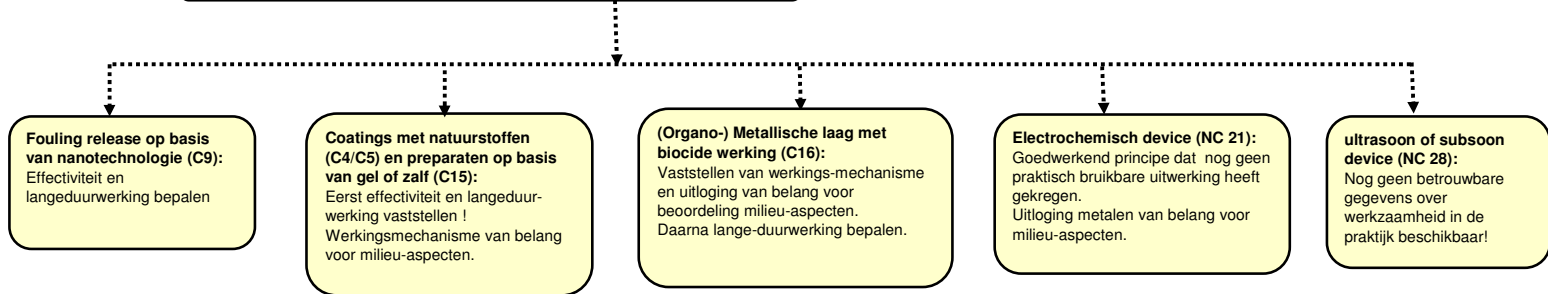
Om deze lokale milieubelasting te voorkomen kan overwogen worden om schepen die lange tijd niet varen te voorzien van een coating die gemakkelijk gereinigd kan worden en/of de boot alleen in het water te leggen wanneer actief gevaren gaat worden. Aangroei die dan optreedt, kan met verschillende reinigingstechnieken verwijderd worden. Coatings die daarvoor in aanmerking komen zijn ofwel harde coatings (C17) ofwel siliconencoatings (C7). Voor het reinigen zelf zijn verschillende technieken voorhanden, voor een aantal daarvan is verdere doorontwikkeling wel noodzakelijk.

Biocidehoudende coatings mogen in geen geval in het water schoongemaakt worden. Dat geeft sterk verhoogde lokale emissies van biociden naar het milieu en zal ook de levensduur van de coating sterk verminderen.

Onderstaande figuur geeft de keuzemogelijkheden voor aangroeiwerende systemen grafisch weer. Daaronder wordt weergegeven van welke technologieën die nu in onderzoek zijn, op kortere termijn nieuwe opties voor bestrijding van aangroei beschikbaar kunnen komen.



Ontwikkelingen in onderzoek die op termijn nieuwe opties kunnen geven



Bijlagen

I Technologie- en productoverzicht (elektronisch: Excel file)

In een bij dit rapport behorende Excel file wordt een gedetailleerd overzicht gegeven van de stand van zaken voor aangroeiwerende technologieën. In de tabellen 2 en 3 worden overzichten gegeven van in Nederland verkrijgbare biocide-vrije en biocidehoudende producten, respectievelijk.

Tabel 2. Overzicht van biocidevrije producten voor de pleziervaart

Categorie & nr.	Producent	Naam product	Omschrijving/Code Active Ingredient	Voorspelde levensduur	Toepassing jachtsector
C10	Chugoku Paints BV / Seajet	Seajet 036 Shogun Eco	SPC, zonder biociden	1-2 jaar	Ja
C10	Epifanes	Epifanes Foulaway	SPC, zonder biociden	1-2 jaar	Ja
C10	Epifanes	Werdol Kopervrij	SPC, zonder biociden	1-2 jaar	Ja
C10	Hempel	Mille Light	Zelfslijpende antifouling zonder bioactieve stoffen	1-2 jaar	Ja
C10	Marlin	CF	SPC, kopervrij	1-2 jaar	Ja
C10	Lotrec	Lefant SPF	SPC, zonder biocide	1-2 jaar	Ja
C10	Lotrec	Lefant H2000	SPC, zonder biocide	1-2 jaar	Ja
C10	Relius	Freeline	SPC, zonder biociden	1-2 jaar	?
C10	International Paint LTD	VC 17 (zonder koper)	SPC, zonder biocide	1-2 jaar	ja
C12	Foilcoat	Foilcoat onderhoudssysteem	Verwijderbare folies	?	Ja
C12	?	Algae Cloth		?	ja
C13	Sealcoat	Sealcoat	Coating met stekeltjes	3-5 jaar	Ja
C15	Dr. Keddo GmbH	Profouling	Gel-achtig product met specifieke toevoegingen	3-6 maanden	ja
C15	Versillende leveranciers	Uierzalf /Melkfett preparaten	Zalfpreparaten	3-12 maanden ?	ja
C17	Sound Specialty Coating Corporation	Aquaply	harde gladde coating	3 jaar ?	Ja
C17	Subsea Industries	Ecospeed coating	Harde gladde coating, glasvezelversterkt, goed bestand tegen reinigen	3-5 jaar	ja
C17	CSR	Ceramkote	Harde gladde coating met keramische deeltjes	3-5 jaar	Ja
C5	Clean Seas Company	Microbiological Enzyme Technology (MET)	Toevoeging aan bestaande coatingformulering	enkele maanden ?	ja
C7	Chugoku Paints BV / Seajet	Seajet Speed	Siliconen	5 jaar	Ja
C7	Hempel	NEXUS	Siliconen	5 jaar	ja
C7	International Paint	Veridian	Siliconen	5 jaar	ja
C7	Neocoatings	Eco Release Systeem	Siliconen (all in one concept)	5 jaar	ja
C9	Holmenkol	Nanogate Polish	Coating met Nanostructuur	enkele maanden ?	Ja
C9	Holmenkol	Sportpolish + Aquaspeed	Polish op basis van nanotechnologie	enkele maanden ?	Ja
C9	Dr. Keddo GmbH	Nanofouling	Polish met nanostructuur ?	6-9 maanden	ja
C9	PRI	?	Coating met Nanostructuur die lucht vasthoudt	?	?
NC 21	Jobeck	Electrochemical device	Spanningspulsen in combinatie met geleidende coating	?	ja
NC 24	Stark	boatwasher	Borstelmachine	-	ja
NC 24	Boat Scrubber	boatscrubber	Borstelmachine	-	ja
NC 26	Macleam	Serie MX 160/12	Stoomreiniger	-	Ja
NC 26	Karcher	Hogedruksputten	WW Hoge drukreiniger	-	Ja
NC 28	Eurolifts		Boot lift systeem	-	ja
NC 28	Golden Boat Lift		Boot lift systeem	-	ja
NC 28	Magnum Lift		Boot lift systeem	-	ja
NC 29	Drema Waterbehandeling		Ultrasoon trillen	?	?
NC 29	Clean Seas Company	Barnaclean Sonic Antifouling system	Laag frequente trillingen	maanden tot jaren ?	ja

N.B. Indicatie van voorspelde levensduur is gebaseerd op informatie van de leverancier, niet op door TNO uitgevoerde experimenten.

| **Vervolg Tabel 2.**

Biocide-vrije producten niet bedoeld voor jachten					
C7	Sigma	Sigmaglide	Siliconen	5 jaar	nee
C7	Transocean Marine Paint Association	Ultima	Siliconen	5 jaar	nee
C7	Chugoku Marine Paints	Bioclean	Siliconen	5 jaar	nee
C7	International Paint	Intersleek 425	Siliconen	5 jaar	nee
C7	International Paint	Intersleek 700	Siliconen	5 jaar	nee
C7	Hempel	Hempasil	Siliconen	5 jaar	nee

| *Biocidevrije producten verkrijgbaar in Nederland, maar niet bedoeld voor jachten.*

Tabel 3. Overzicht van biocide-houdende aangroeiwerende producten.

Categorie & nr.	Producent	Naam product	Omschrijving/Code Active Ingredient	Voorspelde levensduur	Toepassing jachtsector	Toelatingsnr. CTB	Expiratiedatum
Producten toegelaten voor jachten in Nederland.							
C1	International Paint (NL) BV	Interspeed	Koper(I)oxide	1-3 jaar	ja	12213	niet bepaald (1)
C1	International Paint (NL) BV	Vinyl Antifouling 2000	Koper(I)oxide	1-3 jaar	ja	11648	niet bepaald (1)
C1	Hempel	Hempel's Combic 71990	Koper(I)oxide	1 - 3 jaar	ja	11458	niet bepaald (1)
C1 + C2	Hempel	Mille Plus 71990	Koper(I)oxide en N'-tert-butyl-N-cyclopropyl-6-(methylthio)-1,3,5-triazine-2,4-diamine	1-3 jaar	ja	12547	niet bepaald (1)
C1 + C2	International Paint (Netherlands) BV	Interspeed 340	Koper(I)oxide en zineb	1 - 3 jaar	ja	11858	niet bepaald (1)
C2	International Paint (Netherlands) BV	Chloorrubber antifouling H2000	Dichlofluamide	1-2 jaar	Ja	10692	Van rechtswege toegelaten (2)
C2	International Paint (Netherlands) BV	Interspeed Kopervrij	Dichlofluamide	1-2 jaar	Ja	12055	Van rechtswege toegelaten (2)
C2	International Paint (Netherlands) BV	Micron Kopervrij	Dichlofluamide	1-2 jaar	Ja	12374	1-02-2010
C2	Sikkens Yachtpaints	Selfpolishing Antifouling 2000 CF	Dichlofluamide/selfpolishing	1-2 jaar	Ja	12476	Van rechtswege toegelaten (2)

(1) Deze middelen zijn toegelaten op basis van voorlopige voorziening van het College voor Beroep van het bedrijfsleven. Website van het CTB geeft voortsnoeg expiratiedatum van 1-11-2014 aan.

(2). Deze middelen zijn van rechtswege toegelaten tot afronding van de Europese beoordeling van de werkzame stof.

N.B. De indicatie van de voorspelde levensduur van producten is gebaseerd op informatie van de leverancier, niet op door TNO uitgevoerde experimenten.

II Verkennend laboratoriumonderzoek

Deze bijlage geeft een overzicht van de resultaten van kortdurende laboratorium-experimenten, zogenoemde bioassays, waarin een aantal producten onderzocht is op aangroeiwerende werking. Binnen het project was het niet mogelijk langer durende veldexperimenten te verrichten. Experimentele details worden hier weggelaten, alleen de hoofdlijnen van opzet en resultaten worden beschreven.

Door de producten bloot te stellen aan het stadium van het organisme dat zich op een substraat kan vestigen, wordt een goede eerste indruk verkregen van de uitwerking (wel of niet toxisch; wel of geen hechting aan het substraat) op het doelorganisme. Doelorganismen die gebruikt zijn in deze testen, zijn larven van de zeepok *Balanus amphitrite* (representatief voor harde aangroei op zout water) en cellen van de micro-alg (diatomee) *Amphora coffaeiformis* die als representant gezien kan worden van slijmaangroei op zowel zoet als zout water. Wanneer geen settlement van organismen gevonden wordt, is dat een indicatie van de werkzaamheid van een preparaat. Daarnaast is gekeken of de testpreparaten (acuut) toxische effecten bewerkstelligen.

De volgende producten zijn onderzocht:

1. Een drietal harde coatings met wel of geen koper als vulmiddel.
Met deze coatings is een eerste test gedaan om vast te stellen of er sprake is van uitloging van giftige stoffen uit een organometallische coating (C16). De drie coatings zijn een standaard epoxycoating (1A), een epoxycoating (1B) met koper als vulmiddel of deze laatste formulering met een ander vulmiddel (1C).
Vergelijking van de resultaten van settlementtesten moet aangeven of er sprake is van een toxisch mechanisme.
2. Een harde gladde coating die gereinigd dient te worden.
Deze coating wordt in de markt gezet als alternatief aangroeiwerend systeem dat gemakkelijk (met hoge druk) gereinigd kan worden. Settlementtesten kunnen aangeven of er wel of geen sprake is van uitloging van toxische stoffen.
3. Een zwavelhoudende coating.
Dit is een experimentele harde coating waarin zwavel als mogelijk actieve stof is opgenomen. Zwavel is ondermeer bekend vanwege effecten op schimmels en andere micro-organismen.
4. Een uierzalfpreparaat.
De reeks enthousiaste publicaties over uierzalf op schepen als aangroeiwering is aanleiding geweest ook een dergelijk preparaat mee te nemen in het laboratoriumonderzoek. Blootstellingstesten met zeepokkenlarven en micro-algen moeten een eerste indruk over een mogelijk werkingsmechanisme geven.
5. Een product op basis van een gel.
Dit product wordt in Duitsland op de markt gebracht met een geclaimde werkingsduur van enkele maanden.
6. Een product op basis van nanostructuur.
Dezelfde Duitse firma levert ook een product op basis van nanostructuur, met een geclaimde werkingsduur tot 1 jaar.
7. Een tweetal producten (polishes, 7A en 7B) die schepen een ultraglad rompoppervlak moeten geven.
Deze producten, ook uit Duitsland, worden op de markt gebracht voor met name zeilschepen die in wedstrijden worden ingezet. Aan de producten wordt enige

antifoulingwerking toegeschreven, maar ze worden niet als specifiek aangroeiwerend product verkocht.

Een aantal van de geselecteerde preparaten kontijdens de looptijd van het project niet op zeepokkenlarven worden getest door tijdelijke problemen met de larvenkweek. De monsters van deze preparaten zijn in huis en zouden zonodig op een later moment alsnog kunnen worden getest.

Nadat coatings op glasplaatjes of op een andere ondergrond gedurende enkele uren (diatomeeën) of dagen (zeepokkenlarven) aan de organismen waren blootgesteld, werd vervolgens gekeken welk percentage van de algencellen dan wel pokkenlarven zich had gevestigd op het oppervlak. Voor de diatomeeën werd daarbij gebruik gemaakt van (auto) fluorescentiemetingen, de gevestigde pokkenlarven werden onder een stereomicroscop geteld.

Na deze inoculatie-fase werden de testpreparaten met de daarop aanwezige organismen nog een aantal dagen langer geobserveerd om permanente hechting en eventuele groei vast te kunnen stellen.

Een mogelijk giftige werking op algencellen kan blijken uit afwezigheid van settlement maar ook uit achterwege blijven van groei. Bij zeepokken blijkt een giftige werking van een stof of preparaat vaak uit afwijkend zwemgedrag of uit acute mortaliteit van de larven.

De resultaten van de uitgevoerde testen met zeepokkenlarven en diatomeeën worden in Tabel 4 weergegeven.

Settlementremmende effecten op zeepokkenlarven worden gevonden op twee epoxycoatings en op het uierzalfpreparaat. Over de werkzaamheid van de preparaten 5 tot en met 7 (B) tegen zeepokken kan helaas nog geen uitspraak worden gedaan.

	settlement remming pokkenlarven	indicatie voor toxische werking op		negatief effect op groei van diatomeeën
		pokkenlarven	diatomeeën	
Epoxycoating 1A	-	-	-	geen
Epoxycoating 1B (koper)	+	+	+	zeer sterk
Epoxycoating 1C	+	±	±	matig-sterk
2. Ecospeed harde coating	-	-	-	geen
3. Zwavelcoating	-	-	-	geen
4. Uierzalf	+	+	-	geen
5. Profouling	nt	nt	-	geen
6. Nanofouling	nt	nt	-	mogelijk
7A. Sportpolish	nt	nt	-	geen
7B. Aquaspeed	nt	nt	-	geen

Tabel 4. Resultaten van laboratoriumtesten met zeepokkenlarven en diatomeeën op producten met mogelijke aangroeiwerende werking.

+ en – geven aan of er wel of geen sprake is van een settlement-remmend en/ of toxisch effect; nt betekent dat deze preparaten niet getest zijn.

Toxische effecten op zeepokkenlarven worden gevonden bij de epoxycoating met koper en in mindere mate bij epoxycoating 1C waarin een ander (onbekend) vulmiddel is gebruikt. Daarnaast wordt bij het uierzalfpreparaat een acuut-toxische werking gevonden op pokkenlarven maar niet op diatomeeën.

Negatieve effecten op de groei van diatomeeën tot een biofilm zijn alleen gevonden bij de twee epoxycoatings die ook in de settlementtesten al toxische effecten lieten zien. Er kan geconcludeerd worden dat zowel uierzalf als een aantal epoxycoatings hun werking lijken te ontleen aan uitloging van toxische stoffen.

Uit deze eerste serie experimenten met een aantal beschikbare producten blijkt dat deze bioassays goed bruikbaar zijn om snel een indicatie te krijgen van aangroeiwerende en acuut-toxische effecten van aangroeiwerende producten. Deze testopzet kan in meer uitgebreide vorm worden ingezet als snelle methode voor een screening op toxiciteit en aangroeiwerende werking van nieuwe producten.

III Selectie van producten die in aanmerking komen voor verder onderzoek

Uit de technologie-inventarisatie en het productenoverzicht komen een aantal producten naar voren die in aanmerking komen voor nader onderzoek naar effectiviteit en lange-duurwerking in vervolgonderzoek. Dergelijk vervolgonderzoek kan worden opgezet als een vergelijkingstest waarin één of meerdere groepen producten onder vergelijkbare omstandigheden aan aangroeicondities in zeewater of zoetwater worden blootgesteld.

Statische expositie op een vlot is daarbij een soort “worst case” benadering met maximale aangroedruk en geen invloed van vaarpatroon en gebruik van een schip op de werking van het product. Statische expositie op verschillende plaatsen (in Nederland) met verschillen in aangroedruk en -diversiteit maakt het mogelijk breder geldende uitspraken te doen.

Dynamische expositietesten op schepen geven enerzijds veel beter weer hoe producten zich onder praktijkomstandigheden houden, echter juist de variatie in aspecten als het gevolgde vaarpatroon, het type schip, de vaste ligplaats, etc. maakt het moeilijker om goed onderbouwde uitspraken te doen over de “overall performance” van een aangroeiwerend product. Dat kan alleen als systemen op een groot aantal schepen onder goed vergelijkbare condities worden getest.

Vervolgonderzoek kan ook in verschillende dealexperimenten worden uitgevoerd die zich elk bijvoorbeeld op een bepaalde productcategorieën richten. Voordeel daarvan is dat naar behoefte een meer toegesneden opzet met specifieke onderzoeksvragen kan worden geformuleerd. Financiering van dergelijke dealexperimenten is mogelijk ook makkelijker realiseerbaar dan één groot vergelijkingsonderzoek op vlot of op schepen. Onderstaand worden enkele suggesties voor een aantal uit te voeren dealexperimenten gegeven.

Dealexperiment 1: Vergelijken van een aantal biocidevrije zelfslijpende producten.

In de Tabel 2 worden negen producten genoemd die op dit principe (categorie C 10) gebaseerd zijn. Voor de werking van deze verven is enerzijds de erosiesnelheid van belang: voor langzaam varende schepen is een verf met hogere erosiesnelheid gewenst, voor snel varende schepen kan met lagere erosiesnelheden worden volstaan. Anderzijds wordt de “overall performance” van deze verven bepaald door de verhouding tussen vaartijd en stilligtijd in het water. Erosie vindt plaats tijdens varen, aangroei vooral tijdens stilliggen. Beide aspecten kunnen in nader onderzoek worden meegenomen door parallel aan statische vlotexperimenten, waarin de aangroei op verschillende systemen wordt gevolgd, metingen van de erosiesnelheid van de verven uit te voeren op een rotor testsysteem. Deze rotoren kunnen in feite dienen als een gestandaardiseerde simulatie van het vaarpatroon. Koppelen van de gemeten erosiesnelheid aan het aangroei patroon geeft de mogelijkheid de producten op relevante eigenschappen met elkaar te vergelijken en advies te geven voor welk vaarpatroon en type schip een product geschikt is.

Deelexperiment 2: Snelle screening van een aantal “nieuwe milieuvriendelijke” producten op potentiële lange-duurwerking.

In de afgelopen jaren zijn van tijd tot tijd nieuwe “wonderproducten” op de markt gebracht waarvan producenten en soms gebruikers claimen dat ze een goede werking vertonen tegen aangroei. In de tabel met biocidevrije producten (Tabel 2 in bijlage I) worden voorbeelden van dergelijke producten gegeven.

Om vast te stellen of deze producten onder goed gedefinieerde condities inderdaad aangroeiwerende activiteit laten zien en hoe lang deze werking voortduurt, wordt voorgesteld om relatief kort durende (<1 seizoen) vlotexperimenten uit te voeren waarin 1 maal per maand de mate en diversiteit van aangroei op panelen met dergelijke producten wordt geïnspecteerd. Panelen met één of twee biocidehoudende verven en eventueel andere, al langer verkrijgbare producten, kunnen als referentie dienen.

Voorbeelden van producten die in dit onderdeel onderzocht kunnen worden, zijn:

- Product MET, een microbiologische toevoeging aan (bestaande) verven; commercieel product uit de Verenigde Staten (categorie C5) met als optie om hier meerdere typen verven op basis van verschillende bindmiddelen te onderzoeken;
- Verschillende gel- of zalfpreparaten (categorie C15); verschillende merken kunnen getest worden, al dan niet met verschillende laagdiktes;
- Coatings op basis van Nanotechnologie (vooralsnog een 3-tal producten in categorie C9).

Deelexperiment 3: aangroei- en release-eigenschappen van verschillende soorten fouling-release coatings.

Voor jachttoepassingen zijn inmiddels een aantal siliconencoatings op de markt. Het productoverzicht geeft 4 systemen. Basiskenmerk van alle systemen is dat aangroei slecht hecht en dus gemakkelijk verwijderd kan worden. Een interessante onderzoeksvraag voor deze groep van producten is: hoe gemakkelijk zijn de verfsystemen weer schoon te krijgen ofwel door varen ofwel door reinigen?

Deze vraag kan onderzocht worden door panelen met de verfsystemen gedurende een seizoen op het vlot te exposeren, iedere maand te inspecteren op de mate van aangroei en te reinigen met waterkracht (om de hechting van de aangroei te meten) of panelen met een bepaalde mate van aangroei in zeewater te roteren bij verschillende snelheden. Het gemak van reiniging wordt bepaald door hoe lang je met welke waterdruk moet spuiten om een paneel schoon te krijgen. Het gemak van schoonvaren wordt bepaald door te kijken hoe lang je moet roteren (“varen”) bij een bepaalde rotatiesnelheid (“vaarsnelheid”). Vaststellen van deze parameters geeft de mogelijkheid de producten te vergelijken op werkzaamheid en bruikbaarheid bij bepaalde vaarpatronen.

In eerste instantie kunnen in dit deelexperiment commercieel verkrijgbare systemen worden vergeleken. Indien er nieuwe producten beschikbaar komen op basis van hetzelfde werkingsmechanisme (slechte adhesie van aangroei), en deze een goede werking hebben laten zien bijvoorbeeld in deelexperiment 2, kunnen ook deze producten onderzocht worden op release-eigenschappen.

Deelexperiment 4: Systeemtest voor apparaten met aangroeiwerende werking.

Uit het productoverzicht (Tabel 2) blijkt dat er apparaten voor aangroeiwering op basis van geluidstrillingen en elektrochemische principes beschikbaar zijn of komen.

Deze principes werken wel, de belangrijkste onderzoeksvraag voor deze systemen is of de apparaten zoals ze nu geconstrueerd zijn, naar behoren (blijven) werken.

Voorgesteld wordt om voor deze systemen een directe vergelijking in werking en betrouwbaarheid te maken, ofwel in statische expositie op een vlot dan wel in dynamische expositie geïnstalleerd aan boord van een jacht.

Specifieke uitvoering wordt vooral bepaald door de beschikbaarheid van apparaten en de bereidheid van leveranciers (en eventueel scheepseigenaren wanneer het om een scheepstest gaat) mee te werken.

Naast de (lange-duur) werking van deze systemen zal het vooral gaan om gebruikaspecten in de praktijk, mogelijke neveneffecten op materialen en milieu, betrouwbaarheid, etc.