

TNO rapport**TNO 2013 R12133****Een korte verkenning naar de uitloging van
schadelijke componenten uit kunststof
gebruikt in oeverbeschoeiingen****Gebouwde Omgeving**Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht
The Netherlandswww.tno.nl

T +31 88 866 42 56

infodesk@tno.nl

Datum	21 januari 2014
Author(s)	Ir. H.M. ten Broeke
Number of pages	20 (incl. appendices)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	Deltares
Project name	Deskstudie plastic oeverbeschoeiingen
Projectnummer	060.04650/01.05.01

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 opdrachten 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.

© 2014 TNO

Inhoudsopgave

1	Introductie, werkwijze en afbakening	3
2	Resultaten vanuit de correspondentie	5
2.1	Houtleveranciers	5
2.2	Aannemers.....	6
2.3	Kunststofleveranciers	6
2.4	Conclusies van de resultaten uit de correspondentie.....	8
3	Resultaten van de literatuurstudie.....	9
3.1	Uitloging van DEHP en zware metalen uit PVC.....	9
3.2	Uitloging van ftalaten en zware metalen uit PE	12
3.3	Uitloging van bisfenol-A uit polycarbonaat en PVC.....	13
3.4	Uitloging van PBDE uit verschillende soorten kunststof.....	14
3.5	Conclusies van de resultaten uit de literatuurstudie.....	15
4	Conclusie en aanbevelingen voor aanvullend onderzoek.....	17
5	Referenties.....	19
6	Ondertekening.....	20

Appendices

A Volledige lijst van uitgeloopte componenten uit gerecycled PE (Xie *et al.*, 1997)

1 Introductie, werkwijze en afbakening

Volgend op het emissiesymposium gehouden op 15 maart 2012 is er vanuit de VHN (vereniging voor Verduurzaam hout Nederland, <http://www.vhn.org>) de vraag gesteld aan Deltares en Rijkswaterstaat of zij kennis hebben over de mogelijke uitloging van schadelijke stoffen – met name weekmakers – uit oeverbeschoeiingen gemaakt van kunststof. Onder oeverbeschoeiingen wordt in dit onderzoek verstaan een vorm van afscheiding van oppervlaktewater met een oever of bouwwerk.

Bovenstaande vraag is voorgelegd aan TNO met het verzoek hier een onderzoek naar uit te voeren. In het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd en beantwoord:

1. *Waar komt kunststof oeverbeschoeiing voor en hoe vaak wordt het toegepast?*
2. *Zijn er onderzoeksresultaten die melden dat er wel of geen schadelijke stoffen uitlogen en zo ja, wat zijn deze stoffen, in welke concentraties komen ze voor en hoe snel logen ze uit?*
3. *Vormt deze uitloging een probleem bij kunststof oeverbeschoeiingen doordat concentratielimieten in het oppervlaktewater worden overschreden?*
4. *Zijn er andere toepassingen van kunststof bouwmaterialen, zoals bij het gebruik als oppervlaktemateriaal bij gebouwen, waarbij de uitloging van schadelijke stoffen een grotere druk op het milieu veroorzaakt?*

De eerste vraag is via navraag bij leveranciers en aannemers beantwoord. Als beginpunt hiervoor is de VHN geraadpleegd met de vraag welke van hun leden hout leveren voor waterwerken. Aan hen is gevraagd voor welke aannemers zij leveren, of ze een toename in het gebruik van kunststof als oeverbeschoeiing zien en waarom zij denken dat er ofwel voor hout of kunststof beschoeiingen wordt gekozen. Kortom, er is geprobeerd een beknopt en gedeeltelijk overzicht van de spelers en de materialen in waterbouwwerken te krijgen.

De resultaten uit de correspondentie met houtleveranciers zijn gebruikt als basis voor de verdere karakterisering van de situatie rondom de waterbouwwerken. Aan een aantal aannemers (aan wie de houtleveranciers leveren) is gevraagd:

- welke projecten zij uitvoeren in de waterbouw,
- zo ja – om wat voor projecten het gaat (bijv. het plaatsen van damwanden),
- of er kunststof gebruikt wordt als bouw materiaal,
- zo ja, wat voor soort kunststof en of het type en de samenstelling bekend is en welke leveranciers de kunststoffen leveren die gebruikt worden,
- of de aannemers merken of er een verschuiving optreedt in het gebruik van hout en/of kunststof.

Een aantal leveranciers van kunststof beschoeiingsmateriaal is ook specifiek gevraagd naar de producten die zij leveren. Er is aan hen gevraagd welk soort kunststof zij leveren, of ze weten welke toevoegingen (zoals weekmakers, gechloreerde organische verbindingen en/of zware metalen) er in het toegepaste kunststof aanwezig is, of er uitloogtesten bekend zijn met het materiaal waarvan de beschoeiingen gemaakt zijn en welke milieu-eisen er gelden voor het plaatsen van de oeverbeschoeiingen.

Naast een beperkte inventarisatie van de markt van oeverbeschoeiingen is er een korte literatuurstudie uitgevoerd met als doel informatie te krijgen/verwerken over de uitloging van weekmakers en andere milieuschadelijke stoffen.

Er wordt benadrukt dat dit onderzoek *niet* is gericht op de mogelijke milieurisico's die ontstaan bij het gebruik van verduurzaamd hout in de waterbouw. Er is alleen onderzocht wat de mogelijke risico's zijn van het gebruik van kunststof. Derhalve kan er geen uitspraak worden gedaan over de voorkeur van hout of kunststof als oeverbeschoeiing afgaande op milieurisico's.

2 Resultaten vanuit de correspondentie

Om de eerste onderzoeksvraag (*Waar komt kunststof oeverbeschoeiing voor en hoe vaak wordt het toegepast?*) te beantwoorden is contact gelegd met de VHN (de vereniging Verduurzaamd Hout Nederland), van waaruit houtleveranciers uit het ledenbestand en vervolgens aannemers en leveranciers van kunststof beschoeiingen telefonisch zijn bevraagd. De resultaten van de correspondentie zijn in onderstaande secties verwerkt.

2.1 Houtleveranciers

Via de VHN zijn de contactgegevens van 7 leveranciers van hout voor in de waterbouw verkregen. Van deze leveranciers hebben er 2 geen respons gegeven. Één van de leveranciers levert geen hout voor in de waterbouw en deze leverancier is dus verder niet ondervraagd. Er is dus in totaal van 4 leveranciers een kort interview afgenomen.

Van der Sijde

Deze leverancier levert vooral aan BAM en de aannemers genoemd in paragraaf 2.2, maar daarnaast ook voor een aantal kleinere (die niet benoemd werden). Ze hebben het idee dat juist hout meer wordt gebruikt en dat kunststof in een dalende trend zit. Wat hen verder wel opvalt, is het toenemende gebruik van 'Prolock' producten (zie paragraaf 2.3): kunststof damwanden op houten palen. Verder blijken producten met beide materialen te worden toegepast: hardhout boven water en kunststof onder water (kunststof boven water en naaldhout onder water kan ook).

RHS (Rondhout handel internationaal)

Deze leverancier is geen lid meer van de VHN en geeft aan ook te handelen in hout-/kunststof composieten. Verdere vragen zijn niet beantwoord.

Van Biezen Hout

Ook deze leverancier werkt vooral voor de aannemers genoemd bij de vorige twee leveranciers. Zij konden echter geen antwoord geven op mijn vragen over kunststof, behalve dat deze leverancier niet merkt dat er een dalende trend is in de afzet van hout.

Foreco

De houtleverancier Foreco constateert dat er een kunststoflobby bestaat die het gebruik van kunststof in waterwerken bevordert. Ze verwachten echter ook dat hout weer in opmars zal raken gezien de nadelen van kunststof (mogelijke uitloging, zwelling van het materiaal in de lengterichting – die eigenschap heeft hout niet, en volgens hen is kunststof minder duurzaam). Ze merken ook op dat aannemers vaak niet de keuze hebben van het materiaal, dat doen de bestekschrijvers. Dit zijn dan vaak gemeenten, waterschappen en ingenieursbureaus. Hier hebben ze veel minder zicht op. Ze leveren hout vooral aan de aannemers zoals KWS Infra, GMB, Heijmans en Dura Vermeer.

2.2 Aannemers

Uit de gesprekken met de houtleveranciers (zie vorige paragraaf) zijn 8 namen van aannemers in o.a. de waterbouw naar voren gekomen. Van deze acht zijn 3 niet bereikt en werkte er één niet mee aan onderzoeken. In totaal zijn dus 4 aannemers bevestigd, waarvan de resultaten hieronder zijn weergegeven.

GMB

Bij GMB werkt men steeds meer met kunststof en dan vooral met composieten die bestaan uit hout en kunststof. Hierbij dienen houten palen als de fundering van de constructie en het kunststof als de eigenlijke wand (volgens het Prolock principe). GMB vindt dat op die manier de sterke eigenschappen van hout worden gecombineerd met het goedkopere en onderhoudsarmere kunststof. Over wat voor kunststof het gaat konden ze bij GMB niet zeggen.

Heijmans

De aannemer Heijmans werkt niet met kunststof, alleen met staal, hout en beton. Derhalve heeft men bij Heijmans weinig zicht op de kunststof markt en konden de vragen hierover niet beantwoord worden.

Dura Vermeer

Bij Dura Vermeer werkt men niet of nauwelijks met kunststof en kon men de vragen hierover niet beantwoorden.

Kraaijeveld

Dit is een aannemer die qua bedrijfsgrootte een stuk kleiner is dan de hiervoor genoemde aannemers, maar die wel als specialiteit het plaatsen van oeverbeschoeiingen heeft. Zij werken echter niet met kunststof en konden de vragen hierover derhalve niet beantwoorden.

2.3 Kunststofleveranciers

Via de interviews afgenomen bij aannemers is de naam van leverancier van kunststof oeverbeschoeiingen naar voren gekomen. Dit is de leverancier Profextru en de samenvatting van de gesprekken met deze leverancier zijn hieronder weergegeven. Allereerst wordt kort de correspondentie met kunststofleverancier Lankhorst weergegeven.

Lankhorst

Het bedrijf Lankhorst heeft al in eerdere correspondentie met Deltares en Rijkswaterstaat laten weten geen kunststof aan te wenden dat weekmakers bevat. Daarom is in dit onderzoek geen contact meer met hen opgenomen. Zij geven wel aan dat er in het verleden aan hun kunststoffen onderzocht is welke soort verontreinigingen (met name gechlorideerde verbindingen en zware metalen) er aanwezig zijn. De resultaten van dat onderzoek waren niet meegestuurd in de correspondentie met Deltares en Rijkswaterstaat.

Profextru

De kunststof leverancier Profextru levert het (gepatenteerde) systeem Prolock kunststof damwanden.

Dit zijn dezelfde soort systemen als waar GMB gebruik van maakt: een houten fundering, bestaand uit palen, met daaroverheen een kunststof wand. In onderstaande figuur staat een foto van een Prolock damwand.



(bron: <http://www.proflextrunl/uploads/113767-01FolderProlockSigmaNLLRmetQRcode.pdf>)

Zij geven aan dat ze gerecycled en nieuw hard PVC gebruiken zónder weekmakers. Het toevoegen van weekmakers zou een negatief effect hebben op de sterkte van de producten die hierdoor niet geschikt zouden zijn voor de huidige toepassingen. Profextru heeft voornamelijk nog niet gecommuniceerd waar het gerecycled PVC dat zij bewerken vandaan komt en wat de samenstelling is; dit geldt overigens ook voor het PE dat gebruikt wordt door het bedrijf Lankhorst. Over andere mogelijke verontreinigingen en milieu-eisen aan de producten is niets vermeld.

Naast een toelichting op het door hen gebruikte basismateriaal heeft Profextru onder andere een *safety data sheet* (in het kader van REACH) en een onderzoek van het US Army Corps of Engineers (Dutta & Vaidya, 2003) opgestuurd. De resultaten van het onderzoek van Dutta & Vaidya (2003) worden verderop apart in deze sectie kort toegelicht – de resultaten passen namelijk gezien de inhoud niet bij de literatuurstudie die is uitgevoerd.

Volgens Profextru zijn er geen toxicologische effecten voor mensen tijdens de bereiding van het PVC-product. Over de ecologische eigenschappen wordt vermeld dat volgens het bedrijf er géén componenten in het door hen aangewende PVC in de omgeving worden teruggevonden maar dat er geen data is over het gedrag van de ingrediënten in het milieu. Er kan aan de hand van deze data geen uitspraak worden gedaan over uitloging.

In het onderzoek van Dutta & Vaidya, 2003 is onderzocht hoe PVC plaatmateriaal op de lange termijn presteert als oeverbeschoeiing vergeleken met staal. Hiertoe is het gebruikte PVC onderworpen aan verouderingstesten (koken van het PVC), UV-blootstellingstesten en 'impact' testen (krachten loslaten op het materiaal en onderzoeken bij welke kracht er beschadigingen optreden).

Dutta & Vaidya (2003) concluderen dat PVC geschikt is als oeverbeschoeiing vanwege de materiële duurzaamheid, de geringere kosten van het materiaal en het plaatsen daarvan t.o.v. staal. Er is echter géén melding gemaakt van eventuele milieurisico's door uitloging en dat punt is dus niet meegenomen in de afweging van de auteurs.

2.4 Conclusies van de resultaten uit de correspondentie

Uit de afgenomen interviews met houtleveranciers – waarbij opgemerkt wordt dat deze in het algemeen weinig zicht hebben op de kunststofmarkt – blijkt dat zij gemiddeld genomen géén afname in de afzet van hout zien en dat er niet geconstateerd is dat er een grote toename is in het gebruik van kunststof als oeverbeschoeiing.

De aannemers vertelden een soortgelijk verhaal. Alleen GMB ziet een toename in het gebruik van kunststof en werkt hier zelf ook in toenemende mate mee. De overige aannemers werken niet met kunststof.

Hieruit wordt geconcludeerd dat het toepassen van kunststof oeverbeschoeiingen (nog) op geringe schaal gebeurt, maar dat er wel indicaties zijn dat het gebruik toeneemt. Op welke plaatsen kunststof oeverbeschoeiingen vooral worden geplaatst kon helaas geen eenduidig antwoord op worden verkregen.

Als kanttekening hierbij wordt geplaatst dat er slechts een geringe selectie van aannemers is gesproken. Wellicht dat er een ander beeld zou ontstaan wanneer meer aannemers gespecificeerd in oeverbeschoeiingen zouden worden bevraagd. Daarnaast zijn er in dit onderzoek geen opdrachtgevers (zoals gemeenten, waterschappen en/of provincies) bevraagd. Bij opdrachtgevers ligt namelijk het besluit welk materiaal wordt toegepast.

Het beeld dat ontstaat vanuit de correspondentie met Profextru is dat door hen in elk geval geen PVC gebruikt wordt dat weekmakers bevat. Daardoor zou de functie van het PVC als oeverbeschoeiing namelijk verloren gaan; hiervoor is hard kunststof vereist. In hoeverre er andere additieven zijn toegepast in het PVC of hoeveel verontreinigingen er zijn in het gerecycled PVC dat wordt aangewend is niet bekend. Volgens de opgestuurde gegevens echter is het door hen toegepaste PVC niet schadelijk voor het milieu tijdens het gebruik, maar er wordt tegelijkertijd aangegeven dat hier weinig informatie over bekend is.

Lankhorst geeft aan geheel geen PVC te gebruiken omdat dat schadelijk is voor hun machines. In plaats daarvan gebruiken ze (gerecycled) PE. In hoeverre dat resten bevat van weekmakers en/of andere verontreinigingen is niet bekend.

Hieruit wordt geconcludeerd dat dat *op basis van alleen deze gegevens* het risico dat er schadelijke stoffen uitlogen uit kunststof oeverbeschoeiingen naar het oppervlaktewater in Nederland vooralsnog klein is.

Tevens wordt geconcludeerd dat er nog veel onduidelijkheid bestaat over eventuele resten van schadelijke stoffen in gerecycled kunststof (bijv. zware metalen, gechloreerde verbindingen) omdat de samenstelling van het aangewende kunststof niet in detail bekend is.

3 Resultaten van de literatuurstudie

Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag *Zijn er onderzoeksresultaten die melden dat er wel of geen schadelijke stoffen uitlogen en zo ja, wat zijn deze stoffen, in welke concentraties komen ze voor en hoe snel logen ze uit?* is een korte literatuurstudie gedaan. Deze literatuurstudie naar de uitloging van schadelijke stoffen uit kunststof oeverbeschoeiing heeft een aantal artikelen opgeleverd die (al dan niet zijdelings) raakvlak hebben met het onderwerp.

Van tevoren was niet bekend welk soort kunststof wordt aangewend als oeverbeschoeiing – dit kan bijvoorbeeld poly-ethyleen, polypropyleen, PVC of een andere soort zijn – en welke verontreinigingen (met name weekmakers) hierin kunnen voorkomen en uitlogen. Daarom is de afbakening van de literatuurstudie zo breed mogelijk gehouden; er is gezocht op zoveel mogelijk combinaties van kunststoffen in de waterbouw en de uitloging van schadelijke componenten naar het omringende water.

De focus bij veel van de gevonden studies ligt op de uitloging van weekmakers en dan vooral op de uitloging van DEHP uit PVC; blijkbaar bestaan er veel zorgen over de milieurisico's van het gebruik van PVC en wordt het meeste onderzoek daarop gericht. Het is voor dit onderzoek relevant te melden dat volgens ARGUS (2000) de PVC matrix zelf niet onderhevig blijkt aan degradatie en niet zorgt voor een verhoogde concentratie van vinylchloride in de media die het materiaal omgeeft. Daarom is daarover verder geen informatie gezocht. Er is één studie gevonden (zie paragraaf 3.2) die specifiek ingaat op gerecycled plastic (PE) dat is toegepast in waterwerken. Verder zijn in de literatuur géén studies gevonden die zich richten op PE of andere kunststoffen die gebruikt worden in de waterbouw; blijkbaar zijn die minder van toepassing. Het is aan de hand van de gevonden resultaten echter niet mogelijk een complete, sluitende lijst met gebruikte kunststoffen in de waterbouw op te stellen met informatie over de aanwezigheid van verontreinigende componenten.

Hieronder worden de resultaten van de literatuurstudie kort besproken, gevolgd door een korte samenvatting en conclusie. De resultaten zijn gegroepeerd op welke verontreiniging uitloopt bij welke kunststof.

De derde onderzoeksvraag *“Vormt deze uitloging een probleem bij kunststof oeverbeschoeiingen doordat concentraties in het oppervlaktewater worden overschreden?”* wordt in paragraaf 3.5 beantwoord op basis van de interpretatie van de data uit de literatuurstudie.

3.1 Uitloging van DEHP en zware metalen uit PVC

Kastner *et al.*, 2012 hebben getest of en hoe snel een aantal weekmakers, waaronder DEHP, uitlogen in gedemineraliseerd water. De onderzoekers hebben onderscheid gemaakt tussen 'groene' en commercieel verkrijgbare weekmakers. Groene weekmakers zijn volgens de auteurs geproduceerd met als bedoeling dat er –idealerweise– nihil uitloging vanuit het PVC zou optreden.

De resultaten van de testen met deze groene weekmakers zijn in onderhavige studie niet meegenomen, omdat wordt aangenomen dat deze (nog) niet zijn toegepast in PVC dat als oeverbeschoeiing wordt gebruikt. Wel wordt hier opgemerkt dat, in het algemeen, de groene weekmakers volgens de auteurs minder snel uitlogten doordat ze uit langere ketens bestaan en zodoende een meer hydrofoob karakter krijgen.

Er zijn door de auteurs 4 commercieel verkrijgbare weekmakers getest:

- DEHP,
- DEGDB (diethyleen glycol dibenzoaat),
- DINCH (diisononyl-1,2-cyclohexaandicarboxylaate) en
- DPGDB (dipropyleen glycol dibenzoaat).

De weekmakers zijn toegevoegd aan PVC schijven tot een gehalte van ca. 28,5 massa-% (commercieel verkrijgbaar PVC kan tot 40 massa-% weekmakers bevatten) en vervolgens onderworpen aan een uitloogtest gebaseerd op ASTM, 1998. Deze test baseert zich op verschillen in het gewicht van de schijven vóór en na de uitloogtest gecombineerd met een analyse van weekmakers in het medium met gebruik van gaschromatografie. De auteurs melden dat de uitloogperiode is verlengd van de geadviseerde duur van 24 uur naar 3 weken, gezien de relatief lage uitloogsnelheden van weekmakers. De gemiddelde resultaten van de uitloogtesten van de 4 commercieel verkrijgbare weekmakers is getoond in onderstaande figuur (alle testen zijn in triplo uitgevoerd).

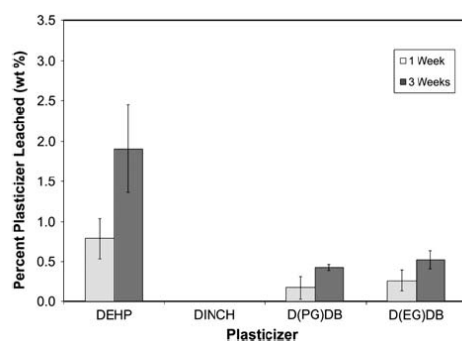


Figure 1 Resultaten van de uitloging van 4 commercieel verkrijgbare weekmakers na 1 en 3 weken. Bron: Kastner *et al.*, 2012. De foutmarges geven 1 standaarddeviatie aan.

De resultaten zoals gepresenteerd door Kastner *et al.*, 2012 suggereren dus dat er na 1 week 0,79% (+/- 0,25%) van het aanwezige DEHP uitloogt en na 3 weken 1,91% (+/- 0,54%). Opvallend is dat er géén DINCH lijkt te zijn uitgelooft en dat de overige twee weekmakers significant minder uitloging laten zien dan DEHP.

Gebaseerd op deze resultaten kan worden geconcludeerd dat het zeer waarschijnlijk is dat DEHP, indien dat aanwezig is in het als oeverbeschoeiing toegepaste PVC, uitloogt wanneer het in contact komt met oppervlaktewater. Het is echter op basis van gegevens uit Kastner *et al.*, 2012 *niet* af te leiden in hoeverre er uitloging plaatsvindt na een periode van 3 weken. De resultaten lijken te suggereren dat de hoeveelheid uitgelooft materiaal toeneemt, maar dit zou nader onderzocht moeten worden.

Tevens zijn dit uitlogingen getest in laboratoriumomstandigheden en kunnen de resultaten niet rechtstreeks worden geïnterpreteerd naar praktijksituaties en dus ook niet naar de praktijksituatie waarin PVC als oeverbeschoeiing is toegepast.

Resultaten uit onderzoek van Kim *et al.*, 2003 zijn in overeenstemming met die van Kastner *et al.*, 2012. In deze studie is de uitloging van DEHP uit de PVC-matrix bestudeerd. Het onderzoek van Kim *et al.*, 2003 was meer toegespitst om het mechanisme (bijv. diffusiecoëfficiënten en reactieoppervlak) en de invloed van verschillende variabelen (waaronder concentratie weekmakers, temperatuur, soort medium en tijdsduur) beter te begrijpen, desalniettemin toont het onderzoek aan dat DEHP onder alle geteste omstandigheden uitloopt (resultaten worden hier niet getoond). Er moet echter wel benadrukt worden dat het geteste PVC een hogere concentratie DEHP bevatte dan in de overige studies, namelijk met een gewichtsverdeling van PVC/DEHP van 40/60 en 30/70, terwijl een massa-% hoger dan 40 in commercieel verkrijgbaar PVC vrijwel niet voorkomt (Ono *et al.*, 1975; Sears & Darby, 1982 – geciteerd in Kastner *et al.*, 2012). Dit is van belang bij het interpreteren van de resultaten; de uitloogsnelheden en –hoeveelheden gemeten door Kim *et al.*, 2003 zullen hoger zijn dan in praktijksituaties voorkomt.

Lardjane & Belhaneche-Bensemra, 2009 hebben onderzocht of en hoe PVC in uitloopt door commercieel verkrijgbaar PVC met 30 en 45 massa-% DEHP te onderwerpen aan een uitloogtest met gedemineraliseerd water. Daarnaast hebben de onderzoekers PVC monsters begraven in de bodem (1m diepte) nabij een landfill. Helaas hebben de auteurs geen analyse gedaan op de uitgeloopte DEHP, maar hebben ze het PVC onderworpen aan een FTIR analyse (spectroscopie) – waarbij de absorptie is gemeten als functie van de golflengte van de lichtstraal – en aan een gewichtsanalyse van het PVC waarin de toe-/afname van de massa van het monster is bepaald. Deze gewichtsverandering (met name een vermindering) is toegeschreven aan de migratie van DEHP uit de PVC matrix. Uit alle resultaten van de uitloogtest (hier niet getoond) blijkt dat PVC met 30 massa-% DEHP ongeveer 0,5% uitloopt bij een watertemperatuur van 50 °C en ca. 0,1% bij een watertemperatuur van 25 °C. PVC dat is begraven laat volgens de auteurs ‘enige biodegradatie van de weekmakers’ zien. Helaas wordt hier vrijwel niet ingegaan op de migratie van DEHP naar bodem en grondwater, maar tonen de auteurs aan dat waarschijnlijk micro-organismen uitgeloopte DEHP afbreken.

De hierboven genoemde resultaten worden ook teruggevonden in een studie van ARGUS (2000) – een team van de universiteit van Rostock. Zij refereren naar een studie van Mersiowski *et al.*, 1999 waarin concentraties van DMP, DEP, DBP, BBP, en DEHP in ‘uitloogwater’ (*leachate*) van landfills in Italië, Duitsland en Zweden zijn gevonden van 1 tot 30 µg/l met uitschieters tot 18.900 µg/l. Daarnaast is er door het ARGUS team een praktijkonderzoek gedaan naar uitloging van weekmakers en metalen uit PVC dat is opgeslagen in landfills. De conclusie was dat vooral DEHP uitloopt, wat de bovengenoemde resultaten bevestigt.

Er is wel een grote kanttekening te plaatsen bij studies die zich hebben gericht op het uitloggen van stoffen uit kunststof in landfills. De microbiële omstandigheden, vaak methanogeen/anaëroob, en de aanwezigheid van diverse substraten en andere opgeloste stoffen versnellen de uitloging van weekmakers en andere stoffen uit de kunststofmatrix.

Waarschijnlijk is de uitloging in landfills dus hoger dan deze zou zijn bij kunststof dat in oppervlaktewater is geplaatst zoals bij oeverbeschoeiingen.

3.2 Uitloging van ftalaten en zware metalen uit PE

In de studie van Xie *et al.*, 1997 is gekeken naar uitloging van gerecycled plastic als bescherming van de pier in de East River te New York. De resultaten zijn vergeleken met de uitloging van met CCA behandeld hout (chromated copper arsenate, een mengsel van chroom, koper en arseen dat gebruikt wordt om hout te beschermen tegen vormen van rot) waarbij de auteurs concluderen dat alhoewel het gerecyclede plastic wel een scala aan stoffen uitloogt, het niet bijdraagt aan de verslechtering van de kwaliteit van het oppervlaktewater en dat het qua milieucriteria beter scoort dan met CCA behandeld hout.

De auteurs hebben hiertoe gerecycled plastic, dat bestaat uit PE (polyethyleen) en polyethyleen tereftalaat onderworpen aan een uitloogtest met als medium synthetisch rivierwater, dat de East River benadert qua samenstelling. De resultaten worden in onderstaande figuur weergegeven, waarbij de waarden zijn omgerekend van $\mu\text{g}/\text{inch}^2$ naar $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Alleen de gevonden weekmakers worden weergegeven, een diagram met alle gevonden componenten wordt in de bijlage getoond.

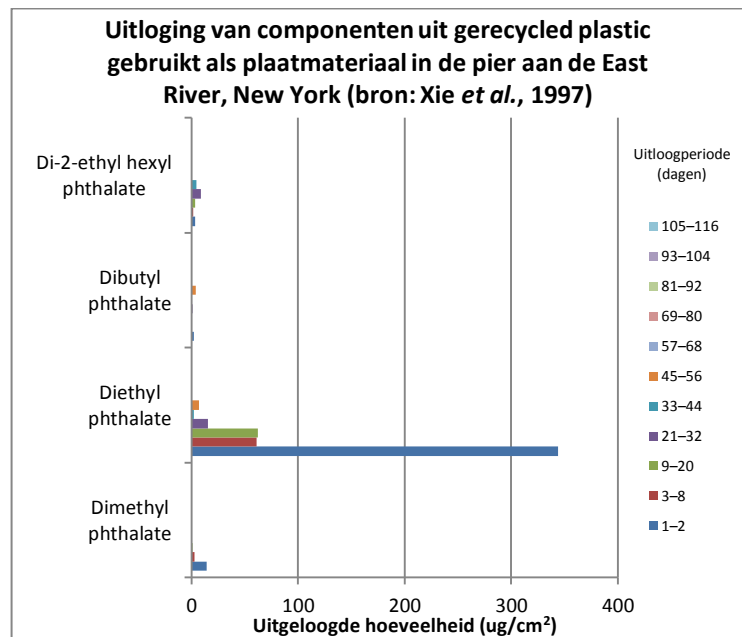


Figure 2 Resultaten van de uitloging van weekmakers uit gerecycled PE plastic gebruikt als plaatmateriaal in de pier van New York na verschillende tijdsintervallen. De resultaten zijn verwerkt vanuit tabelvorm (Xie *et al.*, 1997).

Uit deze resultaten blijkt dat uit gerecycled PE plastic weekmakers kunnen uitlogen. Vooral di-ethyl ftalaat loogt in hoge concentraties uit binnen de eerste twee dagen. De weekmaker DEHP loogt ook uit naar het rivierwater maar in (veel) lagere concentraties dan di-ethyl ftalaat. DEHP loogt namelijk uit in concentraties van enkele $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ kunststof na ca. 1 maand, terwijl di-ethyl ftalaat na 2 dagen al een uitloging van ca. $350 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ laat zien. De uitloging van DEHP is gestopt na ca. 30 dagen.

De uitloging van metalen wordt door de auteurs apart gerapporteerd, deze is namelijk alleen getest voor een uitloogperiode van maximaal 8 dagen. Resultaten van deze proef zijn in onderstaande figuur weergegeven.

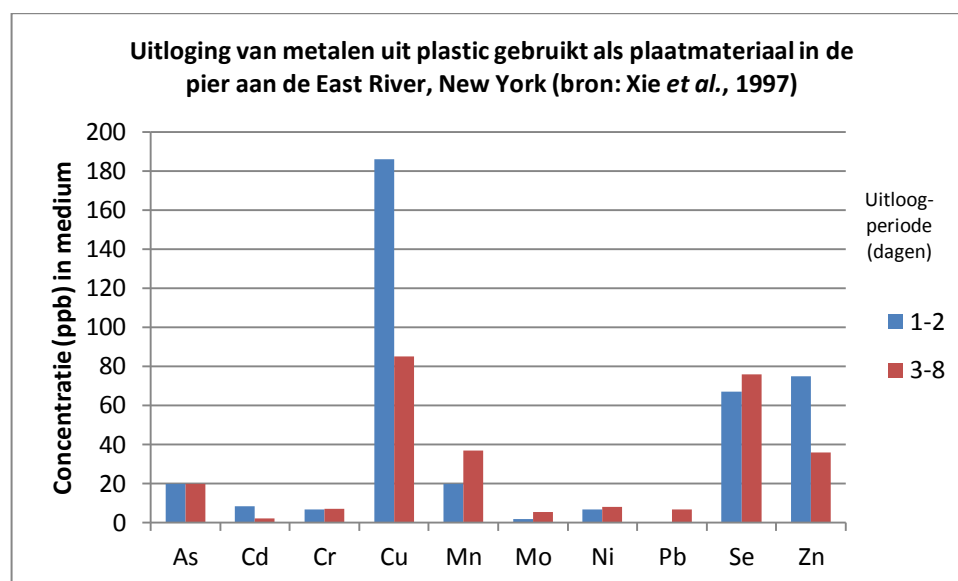


Figure 3 Resultaten van de uitloging van metalen uit gerecycled PE plastic gebruikt als plaatmateriaal in de pier van New York na verschillende tijdsintervallen. De resultaten zijn verwerkt vanuit tabelvorm (Xie *et al.*, 1997).

Uit deze gegevens blijkt dat vooral koper, seleen en zink uitlogten. Met name koper is in de eerste 2 dagen relatief veel uitgelooft. Daarnaast bestaat er ook de uitloging van arseen, dat als verontreiniging in kunststof kan voorkomen. De overige metalen die veelal worden geassocieerd met achteruitgang van waterkwaliteit (cadmium, chroom, nikkel en lood – zie de KWR prioritaire stoffenlijst) blijken slechts gering uit te logen.

Omdat de auteurs echter geen specificatie geven van het plastic dat is onderworpen aan de uitloogtest kunnen de resultaten moeilijk worden geïnterpreteerd. Er kan namelijk niet worden vastgesteld hoeveel procent van de aanwezige ftalaten/weekmakers uitlooft, wellicht is dat slechts een klein percentage of juist relatief hoog. Hetzelfde geldt voor de aanwezige metalen in het plastic. Het enige dat met zekerheid kan worden geconstateerd, is dat er uitloging optreedt van allerlei soorten ongewenste stoffen wanneer er verontreinigingen in het aangewende kunststof aanwezig zijn.

3.3 Uitloging van bisfenol-A uit polycarbonaat en PVC

Sajiki & Yonekubo (2003) hebben getest hoe bisfenol-A (BPA), een grondstof van de kunststof polycarbonaat, uitlooft onder verschillende omstandigheden en uitloogmedia. Evenals DEHP wordt de stof BPA geassocieerd met endocriene disruption en mutagene eigenschappen (Tiwari *et al.*, 2012).

Om dit te bepalen zijn polycarbonaat monsters in de vorm van buisjes (110 × 16 mm²) in 10 ml water geplaatst en is na regelmatig monsteren het water geanalyseerd op de aanwezigheid van BPA.

Het blijkt dat BPA sterker uitloopt in zeewater dan in rivierwater en gedeïoniseerd kraanwater (de controle), zie onderstaande figuur:

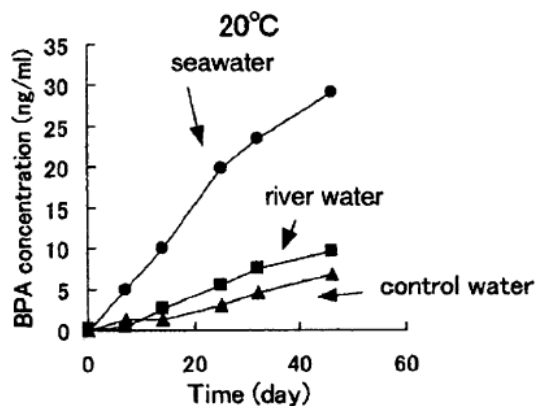


Figure 4 Resultaten van de uitloging van BPA uit polycarbonaat plastic na verschillende tijdsintervallen. Bron: Sajiki & Yonekubo (2003).

Bij een temperatuur van 20 °C is er na 40 dagen een concentratie van ca. 30 ng/ml gedetecteerd in het zeewater en ca. 10 ng/ml in het rivierwater. De hogere uitloging uit zeewater is volgens de auteurs te wijten aan de aanwezigheid van zouten in het zeewater, met name geconjugeerde fosfaat-zouten (bijv. PO_4^{3-} en HPO_4^{2-}), die minder in het geteste rivierwater voorkomen.

De resultaten tonen aan dat BPA aanwezig in polycarbonaat plastic uitloopt in een mariene omgeving. Ondanks dat BPA niet op de KRW prioritaire stoffenlijst voorkomt, zou dit in Nederland wel problemen kunnen geven met de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Ook uit PVC kon BPA vrij makkelijk uitloggen (ARGUS, 2000) wanneer dit opgeslagen wordt in landfills.

3.4 Uitloging van PBDE uit verschillende soorten kunststof

Kim *et al.*, 2006 hebben het uitloggedrag van PBDE (polybrominated diphenyl ethers) onderzocht, een groep brandvertragers toegepast in allerlei soorten kunststof. PBDE vallen onder de POP (persistent organic pollutants) en pentabroom difenyl ether –een stof uit de groep PBDE– komt voor op de KRW prioritaire stoffen lijst. Helaas hebben de onderzoekers geen kunststof onderzocht dat ook toegepast kan worden als oeverbeschoeiing. In plaats daarvan is een aantal TV-behuizingen onderzocht. Daarmee is het raakvlak met het onderwerp dat in onderhavige studie wordt onderzocht gering. Echter, PBDE komen in tal van kunststoffen voor (Sakai *et al.*, 2006) vanwege de generieke functie van het vertragen van brand. Het is daarom mogelijk dat PBDE aanwezig is in gerecycled PE en PP plastic en dat dat een bron van uitloging vormt wanneer deze worden toegepast als oeverbeschoeiing.

In onderstaande figuur wordt een aantal resultaten uit het onderzoek van Kim *et al.*, 2006 weergegeven.

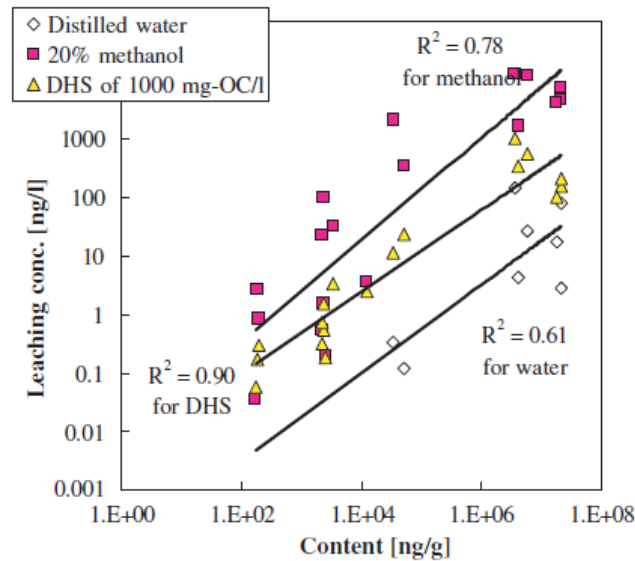


Figure 5 Resultaten van de uitloging van PBDE (soms van alle individuele componenten) uit TV-behuizingen als functie van de concentratie PBDE in de behuizingen. Bron: Kim *et al.*, 2006.

Het blijkt dat, afgaande op bovenstaande resultaten, er een lineair verband bestaat tussen de concentratie PBDE in kunststof en de uitloging in gedestilleerd water. De auteurs meldden ook dat er concentraties van PBDE zijn gemeten in het gedestilleerde water van 44 t/m 220 ng/l na afloop van de uitloogtesten.

3.5 Conclusies van de resultaten uit de literatuurstudie

Uit de resultaten van de literatuurstudie kan worden geconcludeerd dat:

- Mits er weekmakers aanwezig zijn in PVC, dit vrij gemakkelijk uitloogt naar een mariene omgeving,
- Dat vooral DEHP gemakkelijk uitloogt vanuit PVC (mits dus aanwezig in het PVC) in vergelijking met andere weekmakers,
- Er uitloging vanuit dit PVC plaatsvindt van DEHP van ongeveer 0,1 tot 0,5% ten opzichte van het gehalte in het PVC,
- Er concentraties worden gevonden in uitloogwater nabij het geplaatste PVC in landfills van DEHP in een spreiding van 1 tot ca. 30 µg/l,
- Dat zware metalen en een scala aan overige stoffen evenals weekmakers (waaronder DEHP) uitlogten uit gerecycled poly-ethyleen kunststof dat is toegepast als plaatmateriaal in een mariene omgeving,
- Dat, mits aanwezig in het kunststof, bisfenol-A ook onderhevig is aan uitloging naar een mariene omgeving met gevonden concentraties van 10 ng/l,
- Dat, mits aanwezig in het kunststof, PBDE (brandvertragers) uitlogten uit kunststoffen naar een mariene omgeving waarin ze zijn geplaatst.

De resultaten uit de literatuurstudie laten een contrast zien met de bevindingen van de leveranciers, aangezien de kunststof leveranciers die in dit onderzoek zijn genoemd ofwel eisen dat er geen verontreinigingen (milieuschadende stoffen) in de grondstoffen voorkomen ofwel aangeven dat hun product vrijwel geen risico vormt voor het milieu. Uit de literatuur kan namelijk worden geconcludeerd dat eventuele verontreinigingen vrijwel allemaal uitlogten naar het oppervlaktewater als kunststof daarmee in contact komt.

Het is dus zéér belangrijk dat het kunststof dat wordt gebruikt als oeverbeschoeiing vrij is van verontreinigingen zoals de leveranciers beweren. Deze beweringen zijn in deze studie echter niet geverifieerd.

Specifiek op het gebied van weekmakers bestaat nog onduidelijkheid. Fabrikanten genoemd in deze studie beweren (zoals hierboven reeds genoemd) dat hun producten vrij zijn van weekmakers. Resultaten uit de uitgevoerde literatuurstudie laten zien dat, mits aanwezig in de kunststofmatrix, deze componenten wel uitlogen naar het oppervlaktewater. De fabrikanten maken gebruik van gerecycled kunststof; Profextru maakt gebruik van PVC. Het is niet bekend gemaakt waar dit kunststof vandaan komt en dus kan over de bewering dat er geen weekmakers in voorkomen geen bevestiging worden gegeven. Dit zou in een eventueel vervolgonderzoek uitgezocht kunnen worden.

De onderzoeksvraag “*Vormt deze uitloging een probleem bij kunststof oeverbeschoeiingen doordat concentratielimieten in het oppervlaktewater worden overschreden?*” kan vanwege deze onduidelijkheden niet eenduidig worden beantwoord. De gevonden verontreinigingen hebben de volgende normen voor oppervlaktewater¹:

- DEHP: 1,3 µg/l
- BPA: 64 µg/l
- PBDE: 0,5 µg/l

In de literatuur wordt de gevonden concentratie van DEHP een enkele keer overschreden. Aangezien de fabrikanten aangeven géén kunststof aan te wenden dat weekmakers bevat zal er in de praktijk vermoedelijk geen overschrijding van concentratielimieten plaatsvinden.

¹<http://www.rivm.nl/rvs/index.jsp?veld=substancename&waarde=DEHP&zoekknop=zoek&webAppBase=%2Frvs%2F&proxyURL=null>

4 Conclusie en aanbevelingen voor aanvullend onderzoek

Dit hoofdstuk behandelt kort de belangrijkste aanbevelingen om de resultaten en conclusies hier gepresenteerd te versterken en aan te vullen en is dus tevens antwoord op de vierde onderzoeksvraag (*Zijn er andere toepassingen van kunststof bouwmaterialen, zoals bij het gebruik als oppervlaktemateriaal bij gebouwen, waarbij de uitloging van schadelijke stoffen een grotere druk op het milieu veroorzaakt?*). Daarnaast wordt een aantal ingangen gegeven voor andere bronnen van oppervlaktewaterbelasting.

De conclusie uit het onderzoek is als volgt samengevat. Uit gesprekken met de leveranciers van hout voor het gebruik in de waterbouw blijkt dat er geen waarneembare trend is in het vervangen van hout door kunststof. Kunststof oeverbeschoeiingen worden wel geplaatst volgens de leverancier Profextru. Uit literatuuronderzoek blijkt dat stoffen als DEHP, BPA en PBDE kunnen uitlogen uit kunststof (PVC of PE) oeverbeschoeiingen. De fabrikanten beweren echter dat hun product vrij is van weekmakers (waaronder DEHP) en andere milieuschadende stoffen en dat deze dus ook niet uitlogen.

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

- Naast leveranciers en aannemers ook opdrachtgevers voor het plaatsen van oeverbeschoeiingen te bevragen, zoals gemeenten en provincies om meer inzicht te krijgen waar kunststof wordt toegepast en om te kunnen bepalen of hout in toenemende mate door kunststof wordt vervangen,
- Een gedetailleerd onderzoek doen naar de kunststof oeverbeschoeiingen die al zijn geplaatst, gericht op de samenstelling van het kunststof en de mate van uitloging van milieubelastende stoffen,
- De gerecyclede kunststoffen in oeverbeschoeiingen die leveranciers aanbieden onderwerpen aan een analyse op restanten van milieubelastende stoffen.
- Er bestaat een nieuwe compositie van kunststof en hout, de zogenaamde vezelversterkte kunststof (<http://rijkswaterstaat.nl/rws/e-zine/vezelversterktekunststof/>). Volgens Rijkswaterstaat zal dit vaker worden toegepast. Het is derhalve aan te bevelen de eventuele milieubelasting van vezelversterkte kunststof mee te nemen in eventueel vervolgonderzoek, mits dat nog niet door RWS is uitgevoerd.
- In een eventueel vervolgonderzoek ook hout (al dan niet met coating/antifouling) als oeverbeschoeiing mee te nemen, zodat een vergelijking kan worden gemaakt van de belasting van het oppervlaktewater door hout zowel als kunststof.

Naast bovenstaande aanbevelingen is er in de literatuur een aantal indicaties gevonden dat er bronnen met meer impact op het milieu –specifiek naar oppervlaktewater– bestaan:

- Thomas & Brooks, 2010 hebben een studie gedaan naar antifouling (AF) verf en andere biocides, gericht op het gedrag en de afbraak van deze coatings in het milieu.

Niet alleen worden bestaande antifouling (zoals koperhoudende AFs en diuron) onderzocht, maar ook nieuwe coatings zoals triphenylborane pyridine, Econea, capsaicine en medetomidine.

- Wittmer *et al.*, 2011 hebben onderzocht hoeveel biocides vanuit de urbane omgeving in het oppervlaktewater terecht komen en geconcludeerd dat de vracht minstens zo hoog is als vanuit de landbouw. Dit zijn biocides die vooral worden toegepast om gebouwen (gevels, kozijnen, plaatmateriaal etc.) te beschermen tegen organismen die deze gebouwen aantasten.

Er wordt aanbevolen hier meer onderzoek naar te doen. Het gaat namelijk om zowel stoffen met een grote impact op het milieu en een grote belasting voor het oppervlaktewater als om mogelijk relevante bronnen.

5 Referenties

ARGUS in association with University Rostock-Prof. Spillmann, Carl Bro a]s and Sigma Plan S.A. – The Behaviour of PVC in Landfill – Final Report February 2000; European Commission DGXI.E.3

Dutta, P. & Vaidya, U. (US Army Corps of Engineers; Engineer Research and Development Center) – A Study of the Long-term Applications of Vinyl Sheet Piles, August 2003, ERDC/CRREL LR-03-19

Kastner, J.; Cooper, D.; Marić, M.; Dodd, P., Yargeau, V. – Aqueous leaching of di-2-ethylhexyl phthalate and “green” plasticizers from poly(vinyl chloride) – Science of the Total Environment 432, 2012, 357-364

Kim, J.H.; Kim, S.H.; Lee, C.H.; Na, J.; Hahn, A. – DEHP Migration Behavior from Excessively Plasticized PVC Sheets – Bulletin of the Korean Chemical Society 2003, Vol. 24, Nr. 3, pp 345 – 349

Lardjane, N. & Belhaneche-Bensemra, N. – Migration of Additives in Simulated Landfills and Soil Burial Degradation of Plasticized PVC – Journal of Applied Polymer Science, Vol. 111, 525-531 (2009)

Sajiki, J; & Yonekubo, J. – Leaching of bisphenol A (BPA) to seawater from polycarbonate plastic and its degradation by reactive oxygen species – Chemosphere 51 (2003); pp 55-62

Sakai, S.; Hirai, Y.; Aizawa, H.; Ota, S.; Muroishi, Y. – Emission inventory of decabrominated diphenyl ether (DBDE) in Japan - Journal of Material Cycles and Waste Management; March 2006, Volume 8, Issue 1, pp 56-62

Tiwari, D.; Kamble, J.; Chilgunde, S.; Patil, P.; Maru, G.; Kawle, D.; Bhartiya, U.; Joseph, L.; Vanage, G. – Clastogenic and mutagenic effects of bisphenol A: An endocrine disruptor – Mutation Research 743 (2012) 83-90

Thomas, K.; Brooks, S. – The environmental fate and effects of antifouling paint biocides – Biofouling Vol. 26, No. 1, January 2010, 73-88

Wittmer, I.; Scheidegger, R.; Bader, H.; Singer, H.; Stamm, C. – Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides – Science of the Total Environment 409 (2011) 920-932

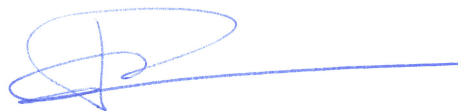
Xie, K.; Locke, D.; Habib, D.; Judge, M.; Kriss, C. – Environmental chemical impact of recycled plastic timbers used in the Tiffany Street Pier, South Bronx, New York - Resources, Conservation and Recycling 21 (1997) 199–211

6 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:
Deltares – locatie Utrecht (Princetonlaan)
T.a.v. dhr. Erwin Roex
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht

Namen van de projectmedewerkers:
Ir. H.M. ten Broeke

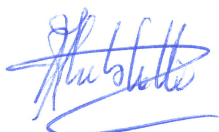
Naam en paraaf tweede lezer:



Ir. R. Dröge

Ondertekening

Autorisatie vrijgave:



Ir. J.H.J. Hulskotte
Project Leader



Ir. R.A.W. Albers MPA
Research Manager

A Volledige lijst van uitgeloopte componenten uit gerecycled PE (Xie *et al.*, 1997)

