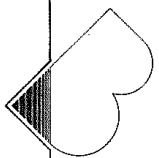
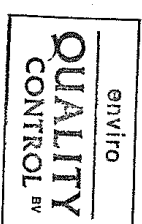


# Protocollen voor het toepassen van afdichtingsfolies ten behoeve van bodembescherming





# Protocollen voor het toepassen van afdichtingsfolies ten behoeve van bodembescherming



Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer  
Staatsuitgeverij

# RAPPORT GEGEVENS

1 Rapportnummer	BO-39	2 Archiefnummer	
3 Titel en subtitel	Protocolen voor het toepassen van afdichtingsfolies ten behoeve van bodembescherming in het bijzonder bij stortplaatsen	4 Datum publicatie	december 1984
5 Auteur(s)	ing. E.A.H. Algra ir. F.A. der Kinderen	5 Oorsprongnummer	
6 Uitvoerende organisatie(s)	kunststoffen en rubber instituut TNO Delft	7 Rapportnummer organisatie	D/84; D14/83 1, 2, 3, 4 en 10
8 Opdrachtgever(s)	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Postbus 450 2260 MB LEIDSCHENDAM	8 Rapporttype	Protocolen/richtlijnen
9 Opmerkingen		9 Periode	1983-1984
10 Begeleidingscommissie	ir. K. Strijbis (VROM-coördinator) ir. R. Glaser (RIMH-Zeeland) ir. A.N.S. Frederiks (RID, thans RIVM) ir. J. de Feijter (KIMA) P. Riemens (Mebouwkundige Dienst)	11 Trefwoorden	afdichtingsfolies, protocollen, bodembescherming, stortplaatsen
11 Samenstelling		12 Aantal pagina's	133
12 Samenstelling		13 Prijs	F 34,-
13 Samenstelling		<p>In het rapport zijn opgenomen een beoordelings-, een keurings- en een acceptatieprotocol voor het toepassen van afdichtingsfolies (kunststofolies en met kunststofvezel versterkte bitumenlagen) als bodembeschermende afdichting voor opslag- en stortplaatsen.</p> <p>Tezamen met een bijbehorende algemene vragenlijst vormen de protocollen een leidraad voor de verschillende overheden en gebruikers bij het toepassen van afdichtingsfolies.</p>	

Uitgegeven in opdracht van het  
Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

© 1984 Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage

Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd  
en/of openbaar gemaakt door middel van druk,  
fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook,  
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van  
de uitgever.

ISBN 90 12 04873 7

Bestelnummer 250-154-39

INHOUD

Blz.

TEN GELEIDE

2

A: BEOORDELIJNGSPROTOCOL

- 1. Inleiding
- 2. Functionele eisen
- 3. Materialen
- 4. Evaluatie van afdichtingsfolies
- 5. Referenties

4  
5  
6  
18  
22  
27

B: KEURINGSPROTOCOL

- 1. Inleiding
- 2. Eisen te stellen aan het terrein
- 3. Eisen te stellen aan de afdichtingsfolie
- 4. Uitvoering van het kwaliteitsborgingssysteem
- 5. Proefmethoden
- Appendix

28  
29  
31  
32  
46  
50  
56

C: ACCEPTATIEPROTOCOL

- 1. Inleiding
- 2. Uitvoering
- 3. Keuringsplan van het uitgevoerde werk
- Appendix

58  
60  
61  
67  
78

D: ALGEMENE VRAAGLIJST

- 1. Bestendigheid tegen chemicaliën/milieuvriendelijkheid
- 2. Permeatie
- 3. Sterkte
- 4. Duurzaamheid
- 5. Dimensies
- 6. Verwerkbaarheid

81  
82  
82  
83  
83  
84  
84

- Appendix I : Enquêteformulier
- Appendix II : Verwerking commentaren leveranciers
- Appendix III: Begrippenlijst

85  
99  
122





A - BEoordelingsProtocol

Deelinhoud:	
1. Inleiding	5
2. Functionele eisen	6
3. Materialen	18
4. Evaluatie van afdichtingsfolies	22
5. Referenties	27

1. INLEIDING

Een van de mogelijkheden om stortplaatsen voor huisvuil of industrieel afval af te dichten is het gebruik van kunststof en bitumen afdichtingsfolies. In Nederland worden daartoe momenteel aangeboden hoge-dichtheid polyetheen (HDPE), folies op basis van etheencopolymeer-bitumen (ECB) al dan niet gemengd met polyethen (ECB/PE), gechloroerd polyethen (CPE), weegemaakt polyvinylchloride (PVC), kunststofolies waarvan de samenstelling niet is gespecificeerd en versterkte bitumenlagen. Ook CPE en PVC worden met weefsel versterkt aangeboden. Folies worden geleverd op rollen ofwel de folie wordt aangebracht als spuitlaag waarmee weefsels worden geïmpregneerd. De bovengenoemde kunststoffen zijn synthetische materialen met een vrij goede bestandheid tegen chemische en bacteriologische aantasting. Kunststofolies zijn evenals bitumenfolies betrekkelijk eenvoudig te installeren. In mechanisch opzicht zijn alle folies vrij kwetsbaar. Ter verbetering van de bestandheid tegen UV-licht en atmosferische invloeden zijn over het algemeen toevoegingen noodzakelijk. Bij lage temperatuur kunnen bepaalde folies brosser worden. Bij normale temperatuur verdwijnt deze brosheid weer. Evenzo worden de meeste folies bij hoge temperatuur tijdelijk soepeler en minder sterk.

## 2. FUNCTIONELE EISEN

### AFDICHTING

De belangrijkste eigenschap van een afdichtingsfolie is om te voorkomen dat milieuvreemde stoffen uit de stortplaats de omgeving verontreinigen. Dit betekent in de eerste plaats dat de folie en de verbindingen waterondoorlatend moeten zijn. De folie zelf moet vrij zijn van poriën en beschadigingen en alle verbindingen moeten dicht zijn. Daarnaast moet de folie zoveel mogelijk impermeabel zijn. Omdat een folie nooit volkomen impermeabel zal zijn is het van belang dat de folie een wezenlijk onderdeel vormt van een systeem dat erop gericht is stoftransport uit de stortplaats tot een minimum te beperken. In dit systeem moet voldoende drainage plaatsvinden waardoor de stortplaats als geheel naar behoren functioneert. Over het permeatiegedrag (stofdoorlatendheid) van folies is in kwantitatieve zin betrekkelijk weinig bekend. In het gunstigste geval worden de onder bepaalde omstandigheden vastgestelde waterdamp- en zuurstofdoorlatendheden opgegeven. Van meer praktisch belang is echter de doorlatendheid van milieu-onvriendelijke stoffen zoals organische oplosmiddelen, chloorhoudende organische stoffen enz.

De afdichting van een laag moet zo zijn dat de doorgelaten hoeveelheid vreemd materiaal slechts een zo lage concentratie in het milieu ten gevolge heeft dat deze nog te accepteren is. Deze benadering is meer op de werkelijkheid gericht dan wanneer wordt gesteld dat de afdichtingslaag het milieu volledig moet beschermen. Ook wanneer een afdichtingslaag absoluut dicht en zonder poriën is te verwaardigen en te leggen zal transport van vreemd materiaal door de laag plaatsvinden. De drijvende kracht daarbij is een concentratieverschil van de betreffende stof. Het stoftransport vindt plaats vanaf de zijde waar de hoogste concentratie is naar die waar deze het laagst is. In recente publicaties worden enkele kwantitatieve waarden gegeven van de permeatie van verdunde, in water opgeloste, organische stoffen door afdichtingsfolies (5.1).

### MATERIAALDIKTE

De in de handel zijnde afdichtingsfolies zijn in verschillende dikten leverbaar. Het blijkt niet mogelijk om de vereiste foliedikte op grond van sterke of weerstand tegen permeatie te berekenen. Meestal is de in de grond optredende zettingsgradiënt (zettingverschil per eenheid van afstand) bepalend voor de belasting van de folie. De optredende materiaalkruk wordt slechts bepaald door de grond en vrijwel niet door de folielaag. Onafhankelijk van de dikte wordt de folie belast op dezelfde trekspanning.

In Duitsland wordt op grond van ervaring voor stortplaatsen van huisvuil voor kunststofolies minstens 2 mm en voor bitumenfolies minstens 5 mm als eis gesteld. Daarbij hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld (5.2):

- De afdichtingsfolies moeten voldoende mechanische krachten van verschillende aard kunnen weerstaan, vooral in de bouwfase waarin de stortplaats wordt aangelegd en ingericht.
- Het scheppen van de mogelijkheid om in de folies een profiel aan te brengen waarbij de dikte van een kunststofolie exclusief dit profiel minstens 2 mm bedraagt. Het profiel heeft als doel de wrijving te vergroten tussen de folie en het materiaal dat daarop wordt aangebracht.
- Het verzekeren van een betrouwbare verbindingstechniek.
- Het verzekeren van voldoende weerstand tegen de wortelgroei van hogere planten.
- Het bieden van voldoende weerstand tegen de invloed van knaagdieren.
- Het bieden van een redelijke zekerheid tegen chemische aantasting als gevolg van zich in de stortplaats bevindende agressieve afvalstoffen.

Op grond van bovenstaande overwegingen is het aan te bevelen om vooral nog ook in Nederland voor stortplaatsen van huisvuil met een permanente bestemming dezelfde foliediktes als minimumwaarde te hanteren. Wel kan voor andere toepassingen dan stortplaatsen en voor niet-permanente stortplaatsen, afhankelijk van de verwachte gebruiksduur, de aard van de lokatie, de aard van de stoffen die moeten worden opgeslagen en de inrichting van de stortplaats van bovengenoemde aanbeveling wat betreft de foliedikte worden afgeweken.

## BESTANDHEID TEGEN CHEMICALIËN

In tegenstelling tot de geringe hoeveelheid beschikbare informatie over permeatie zijn betrekkelijk veel gegevens beschikbaar over de bestandheid van verschillende materialen tegen chemicaliën. Chemische stoffen kunnen op verschillende manieren op kunststoffen inwerken. Het kan zijn dat het uiterlijk wordt aangetast zodat vlekken en verkleuringen optreden, hetgeen echter niet verontrustend hoeft te zijn. Het kan ook gebeuren dat het oppervlak in meerdere of mindere mate ruw wordt, dat het materiaal zwelt of dat mechanische eigenschappen zoals breukrek, treksterkte, elasticiteitsmodulus en trekslagsterkte sterk worden beïnvloed. Veranderingen in mechanische eigenschappen en in uiterlijk hoeven niet samen te gaan. Het is mogelijk dat materiaal volkomen gaaf blijft en toch verbrost maar ook het tegenovergestelde komt voor. Figuur 1 geeft een indruk van de mogelijke veranderingen van treksterkte of vloei grens die kunnen optreden bij inwerking van chemicaliën op een kunststof.

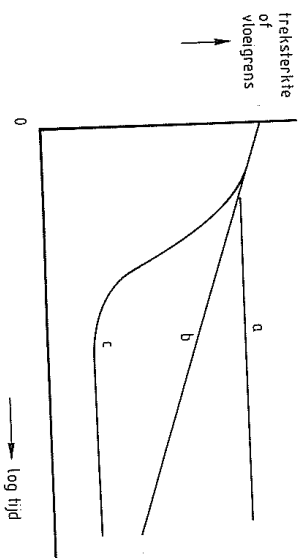


Fig. 1 Mogelijke gevolgen van inwerkingen van chemicaliën op kunststof.

Curve a is het gevolg van absorptie van een stof waarbij na verloop van tijd de kunststof is verzadigd. De sterkte daalt dan iets zonder dat dit erg schadelijke gevolgen heeft.

Curve c is er een die binnen betrekkelijk korte tijd tot aanzienlijke verbrossing leidt. Dit verloop is kenmerkend voor de inwerking van oxydatie-middelen die de kunststof wezenlijk aantasten.

Curve b geeft het beeld van een geleidelijke achteruitgang in sterkte als gevolg van langzaam voortschrijdende chemische afbraak. De helling van een dergelijke curve kan zeer verschillend zijn. Het kan zijn dat zelfs na lange tijd de achteruitgang in sterkte volkomen acceptabel is, maar ook kan het proces snel verlopen waarbij op betrekkelijk korte termijn verbrossing optreedt.

In het algemeen is de bestandheid tegen anorganische chemicaliën vrij goed. Alleen in extreme gevallen zoals bij geconcentreerde zuren en alkaliën of bij oxydatiemiddelen zouden problemen kunnen optreden. Oxydatiemiddelen zijn stoffen die onder bepaalde omstandigheden zeer gemakkelijk actieve zuurstof kunnen afsplitsen (of een daarmee overeenkomende chemische werking kunnen hebben), waardoor de chemische structuur van kunststoffen snel wordt aangetast. Voorbeelden hiervan zijn chroomzuur en salpeterzuur. Dit soort stoffen zullen alleen voorkomen in bepaalde opslagplaatsen voor industrieel afval. In de meeste andere gevallen kan men veilig aannemen dat de oxydatieve werking van stoffen volkomen is verdwenen voordat de afdichtingsfolie wordt bereikt.

Veel gevaarlijker is de werking van organische verbindingen zoals oplosmiddelen. Deze kunnen de afdichtingsfolie doen zwellen. Met name moet worden geteld op o.a. alifatische en aromatische koolwaterstoffen. Beide komen voor in benzine. Aromaten zijn o.a. benzeen, toluen en xyleen. Gellet moet worden op de bestandheid tegen voor het milieu schadelijke chloorhoudende verbindingen zoals de oplosmiddelen trichloorethyleen, tetrachloorkoolstof en ook vele insecticiden. In tabellen van de bestandheid tegen chemicaliën worden voor de omschrijving of een bepaalde kunststof goed, matig of slecht bestand is vaak verschillende criteria gehanteerd. Toch geven dergelijke tabellen wel een globaal beeld (zie tabel 2 in hoofdstuk 4), hoewel in het algemeen onvoldoende aandacht wordt besteed aan de invloed van de concentratie. In veel gevallen is de invloed van wateroplosbare stoffen in lage concentraties aanmerkelijk geringer dan die van geconcentreerde.

## MECHANISCH GEDRAG

Een uit de afdichtingsreis voortvloeiende consequentie is dat in de folie gedurende de gebruikstijd geen scheuren mogen ontstaan. In veel gevallen wordt een afdichtingsfolie in het vlak van de folie zelf vrijwel niet be-

last. Wanneer zich echter verschillen in grondzetting voordoen dan zal de folie plaatselijk worden gerekt en wel sterker naarmate de grondzettingen-gradient groter is. Fabrikanten verstreken in het algemeen alleen informatie over de uniaxiale breukrek die vrij snel in een trekbank is vast te stellen. Opgave van enkele honderden procenten breukrek voor kunststof-folies zijn niet ongebruikelijk. In werkelijkheid rekt de folie echter niet in één bepaalde richting zoals bij een trekproef maar gelijktijdig in alle richtingen. Men spreekt dan van een biaxiale rektoestand (fig. 2).

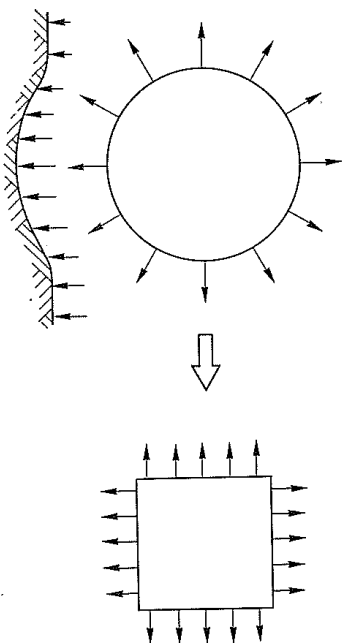


Fig. 2 Alzijdige rek, te herleiden tot biaxiale rek.

Over de breukrek bij biaxiale belasting is weinig bekend. In het algemeen zal deze niet hoger zijn dan enkele tientallen procenten. Dit geldt zowel voor kunststoffolies als voor versterkte bitumenfolies. Door de aanwezigheid van het versterkingsweefsel is daar de biaxiale breukrek vrijwel gelijk aan de uniaxiale breukrek.

Belangrijker dan de kennis van het kortstondig rekgedrag is daarom de kennis van het gedrag onder langdurige belasting of rek, een situatie die in de praktijk vaak zal voorkomen. Het kan zijn dat een aldus belaste laag op den duur scheurtjes gaat vertonen die kunnen leiden tot lekkage. De tijd die verstrekt tot scheurvorming optreedt zal korter zijn naarmate de aangelegde spanning of rek hoger is. Aanwezigheid van chemische stoffen (soms heel onschuldige zoals synthetische zeep of andere oppervlaktenspanningsverlagende stoffen bij polyethen) kan de tijd tot het ontstaan van scheuren nog aanzienlijk verkorten hoewel in sommige gevallen ook verlenging kan optreden. Van HDPE is veel bekend van het gedrag bij belasting onder constante aangelegde spanning.

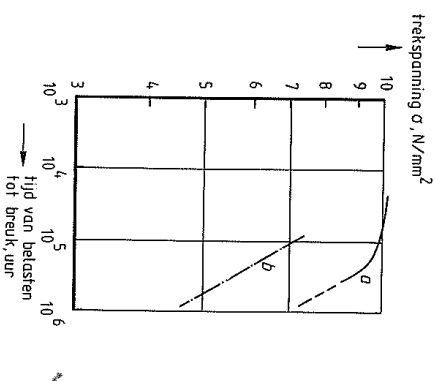


Fig. 3 Breuktijd van HDPE in water (a) en in zeepoplossing (b) bij verschillende materiaalspanningen (20 °C). De lijnen zijn schematisch aangegeven omdat de werkelijke curven per type HDPE zullen verschillen (zie bijv. ref. 5.3 en 5.4).

Uit figuur 3 blijkt dat onder continue belasting bij  $\sigma = 10 \text{ N/mm}^2$  na ca. 8 jaar breuk optreedt, maar dat bij  $\sigma = 7 \text{ N/mm}^2$  pas na ruim 100 jaar breuk wordt verwacht. In aanwezigheid van een zeep wordt de breuktijd onder dezelfde spanning  $7 \text{ N/mm}^2$  teruggebracht tot 12 jaar. Deze gecombineerde werking van milieu en spanning die leidt tot falen, wordt in het algemeen aangeduid als *spanningscorrosie*.

Onderwerpen als langdurigsterkte en spanningscorrosie zijn uitgebreid bestudeerd aan HDPE, met name aan soorten die worden toegepast voor buisleidingen. Van andere materialen dan HDPE is in deze opzichten aanzienlijk minder bekend.

Ook wanneer niet een spanning maar een rek wordt opgelegd, een situatie die zich in grondfolies meestal zal voordoen, zal zich het verschijnsel tijdsafhankelijke sterkte voordoen. In kwantitatieve zin is hierover echter veel minder informatie beschikbaar. Zeker is dat deze situatie gunstiger is dan de bovengeschetste. Bij een constant aangelegde deformatie loopt de in de laag optredende materiaalspanning langzaam terug, een verschijnsel dat wordt

aangeduid als spanningsrelaxatie. Dit betekent dat ook de breuktijden groter zullen zijn dan bij constant aangelegde spanning.

Omdat voldoende informatie ontbreekt kan niet meer dan een zeer globale richtlijn worden gegeven voor de toelaatbare biaxiale rek op langere termijn. Als te hanteren maxima zijn voorlopig aan te bevelen 3,5 % biaxiale rek voor met vezels versterkte kunststoffolies zoals vezelversterkte CPE, 5 % biaxiale rek voor HDPE, ECB/PE en versterkte bitumen en 10 % voor weekgemaakt PVC, CPE en ECB. Al deze opgaven zijn van voorlopige aard. Op grond van nog uit te voeren nader onderzoek moeten deze waarden mogelijk worden bijgesteld. Om vast te stellen of aan bovengenoemde grenswaarden door de grond waarop een folie zal worden aangebracht kan worden voldaan zal in veel gevallen vooraf grondmechanisch onderzoek noodzakelijk zijn.

Al eerder is opgemerkt dat verschillen in grondzetting bepalend zijn voor de in een afdichtingslaag optredende rek. De spanningstoestand in de laag wordt dus bepaald door opgelegde deformaties. De kunststoffolies zelf zijn niet in staat rechtstreeks belasting op te nemen, tenzij ze zeer zwaar zijn versterkt zoals bij bepaalde typen met zware weefsels versterkte bitumenfolies het geval kan zijn. Daarbij is de sterkte van de verbindingen bepalend.

Kortduurgegevens over mechanische eigenschappen, volgens genormaliseerde methoden op trekbanken gemeten, zijn in het algemeen ruim voorhanden. Deze eigenschappen zoals treksterkte en breukrek zijn niet geheel zonder betekenis. Ze leren iets over de hanteerbaarheid en geven aan of men te maken heeft met een betrekkelijk zwak materiaal zoals ECB of met een sterk zoals HDPE. Verder zijn deze waarden goed te gebruiken bij productiecontrole om na te gaan of een geleverd produkt voldoet aan de specificatie. Vooral bij samengestelde materialen zoals weekgemaakt PVC, CPE/PVC en ECB/PE is dit van belang. In een enkel geval zoals bij HDPE leert een trek-*rek*-curve nog iets meer.

Trek-*rek*-curven van afdichtingsmaterialen zijn te onderscheiden in de volgende typen (fig. 4):

- a. Semi-kristallijne kunststoffen zoals HDPE  
Bij belasting op trek vertoont de curve een vloei-grens. Bij het passeren daarvan verstrekt het materiaal, d.w.z. het gaat plaatselijk plotsing over in een aanmerkelijk kleinere doorsnede. Bij verder rekken breidt dit verstrekte gebied zich uit waarbij een aanzienlijk hogere rek kan worden bereikt alvorens het materiaal breekt. Bij HDPE begint

het verstrekte proces bij ca. 20 % rek, dus bij hoge rek. Het verstrekte materiaal is in vergelijking met het oorspronkelijke volkomen van karakter veranderd. De vloei-grens is dus bepalend voor de praktische bruikbaarheid. Naarmate de dichtheid (soortelijke massa) van polyetheen hoger is, een eigenschap die samenhangt met de kristalliniteit, is de vloei-grens hoger. Voor HDPE afdichtingsfolie is de minimum eis voor soortelijke massa gesteld op 0,93. Dit komt overeen met een vloei-grens van minimaal 16 N/mm<sup>2</sup>. HDPE dat aan deze eis voldoet en ook aan die van een voldoende hoog molecuulgewicht zal voldoende sterk zijn om als afdichtingsfolie onder langdurige belasting te kunnen functioneren. Controle op een voldoende hoog molecuulgewicht vindt plaats door een zekere minimum weerstand tegen spanningscorrosie in een milieu met een oppervlaktenspanningverlagende stof te eisen.

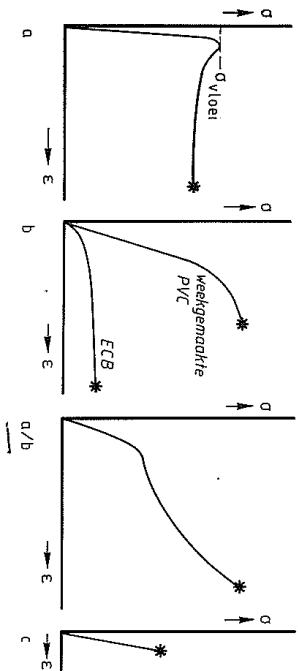


Fig. 4

Trek-*rek*-curve van afdichtingsfolies

- a semikristallijne kunststof (HDPE)
- b rubberachtige kunststof (ECB, weekgemaakt PVC)
- c a/b tussenvorm van a en b (ECB/PE, CPE)
- \* = breukpunt
- σ = gemiddelde trekspanning (b.v. in N/mm<sup>2</sup>), be-trokken op de totale doorsnede van de folie

- b. Kunststoffen met een min of meer rubberachtig gedrag

Hier treedt geen vloei op maar wel een grote rek voordat het materiaal breekt. Opgegeven wordt de uiteindelijke treksterkte, een getal dat echter niet veel zegt over de langduursterkte van het materiaal. Wel kan de treksterkte en de breukrek worden gehanteerd voor productiecontrole. DIN 16937 eist voor weekgemaakt PVC een minimum treksterkte

van 15 N/mm<sup>2</sup> en een minimum breukrek van 100 %, DIN 16729 voor ECB een minimum treksterkte van 3 N/mm<sup>2</sup> en een minimum breukrek van 400 %.

CPE en mengsels van ECB en PE nemen een plaats in tussen de genoemde gevallen a en b. Er treedt nog juist geen vloei op maar iets onder de helft van de treksterkte verandert het materiaal wel van karakter.

#### c. Versterkt bitumen

De trek-rek-curve van versterkt materiaal zoals die van met nylon- of polyester-weefsel versterkt bitumen wordt bepaald door de trekeigenschappen van de versterking. Dit bestaat uit garens die al tijdens de fabricage zijn voorverstrekt. De breukrek is daardoor ca. 20 %.

#### DUURZAAMHEID

Dit aspect is al eerder genoemd bij de bestandheid tegen chemicaliën, de langeduursterkte en het spanningcorrosiegedrag. Hier wordt onder duurzaamheid verstaan de bestandheid van de materialen tegen de volgende drie aspecten: de intrinsieke veroudering die optreedt zonder andere externe invloeden dan de temperatuur, de bestandheid tegen zuurstof, vaak aangeduid als thermische stabiliteit en die tegen de invloed van licht, i.h.b. aan de UV-zijde van het spectrum. Om voldoende stabiliteit te bereiken of te verbeteren worden aan de kunststof bepaalde stoffen toegevoegd. Bij HDPE zijn dat UV-absorbers om de degradatie als gevolg van UV-stralen te vertragen, bij PVC zijn het stabilisatoren die afsplitsing van zoutzuur van het PVC moeten verhinderen of vertragen.

Wat betreft de UV-stabiliteit zijn twee klassen folies te onderscheiden, die met normale UV-bestandheid en die met een zeer goede UV-bestandheid. Onder een normale UV-bestandheid is te verstaan die van landbouwfolie, overeenkomend met een jaar zonlicht in een standaard buitentest (onder 45° op het zuiden) (3,75 GJ/m<sup>2</sup>). Dit staat gelijk aan 300 uur Xenotest 1200, 2/3 UV-filtering. Onder zeer goede UV-bestandheid is te verstaan een bestandheid tegen minimaal 10 jaar buitensexpositie, (37,5 GJ/m<sup>2</sup>), overeenkomend met 3000 uur Xenotest 1200. Het criterium daarbij is de afname van de treksterkte tot hoogstens 50 % van de oorspronkelijke waarde.

Intrinsieke veroudering en daarmee verbandhoudende verbrossing is alleen van belang bij weegemaakt PVC, deels door weekmakerverlies, deels door structuurveranderingen. Om deze reden moet ook een eis worden gesteld aan optredend weekmakerverlies.

#### BESTANDHEID TEGEN AANTASTING VAN BIOLOGISCHE AARD

De afdichtingsfolie mag door inwerking van micro-organismen niet of slechts weinig worden aangetast. Dit betekent dat de achteruitgang in treksterkte en breukrek slechts gering mag zijn. Ook de afdichting van de folie en de verbinding mag niet worden aangetast.

De afdichtingsfolie mag evenmin worden aangetast door wortelgroei, het doordringen van scherpe groeipunten, vraat door knaagdieren, vogels enz. Volgens mededelingen van verschillende foliefabrikanten kunnen folies van tenminste 2 mm dikte aan deze eis voldoen, ook wanneer ze zijn voorzien van een profilering van ten hoogste 0,25 mm. Ook versterkte bitumenfolies, mits voorzien van een anti-dooorgroefolie of van een toevoeging die daarop is gericht, zijn bestand tegen biologische aantasting.

#### MILIEUVRIENDELIJKHEID VAN AFDICHTINGSFOLIES

Om te voorkomen dat het milieu wordt belast door uit afdichtingsfolie komende stoffen moeten aan uitloging beperkingen worden gesteld. Met name in de nabijheid van drinkwaterwingebieden mogen uitsluitend afdichtingsfolies worden gebruikt die geen toxische stoffen afgeven.

#### HANTEERBAARHEID BIJ HET LEGGEN

De hanteerbaarheid van kunststofolies bij het leggen wordt bepaald door de stijfheid en de sterkte van de folies en van de afmetingen van de rol. De stijfheid hangt behalve van de foliedikte af van de elasticiteitsmodulus van het materiaal. Om voldoende hanteerbaar folie te verkrijgen moeten aan een folie eisen worden gesteld die mede bepaald worden door de omstandigheden



ter plaatse bij het leggen en de aldaar gevolgde werkwijze. Naarmate de stijfheid lager is zal de hanterbaarheid beter zijn. HDPP, het meest stugge materiaal, met een elasticiteitsmodulus bij 23 °C van ca. 900 N/mm<sup>2</sup>, blijkt in het algemeen met een dikte van 2 tot 2,5 mm nog goed te hanteren. Het materiaal moet voor de te volgen legtechniek (mechanisch of met handkracht) voldoende sterke bezitten. In het algemeen kan een materiaal kortstondig zonder bezwaar tot ca. 50 % van zijn korteduur-sterkte of korteduur-vloei-grens worden belast.

De sterkte, taaiheid en stijfheid van de folies zijn vrij sterk afhankelijk van de temperatuur. De folies moeten voor de betreffende te volgen legtechniek, bij de maximaal optredende temperatuur (bijv. 60 °C) voldoende sterk zijn. Bij lage temperaturen (bijv. -10 °C) moeten de folies nog voldoende taai en soepel zijn om zonder schade schokbelasting en eventueel optredende lokale buigbelasting te weerstaan.

Bovengenoemde opmerkingen zijn in principe eveneens van toepassing op vanaf rollen aangebrachte bitumenfolies. De eigenschappen van de bitumen (van rollen zowel als van gespoten lagen) moeten zijn afgestemd op de te verwachten temperatuur bij het leggen. Dit betekent in de praktijk dat er sprake zal zijn van een zomer- en wintertype.

In alle gevallen moeten legtechniek en folietype zo goed mogelijk op elkaar zijn afgestemd.

#### VERBINDINGSTECHNIEK

Kunststoffolies, aangebracht vanaf rollen, moeten bij de aanleg van de stortplaats onderling worden verbonden. Een dwingende eis is dat deze verbindingen, ook op de lange duur, ondoorlatend voor water moeten zijn. De verbinding moet in het veld, ook onder ongunstige omstandigheden, goed kunnen worden uitgevoerd. De enige methode die tot nu toe hiervoor in aanmerking komt is het thermisch lassen. Hiervoor bestaan verschillende goed bruikbare methoden zoals heet-element lassen, hete lucht lassen en het z.g. extrusie lassen. De lasmethoden en de daarmee samenhangende verwerkingsrichtlijnen zullen in het algemeen door de leverancier van de folie-afdichtingsystemen worden verstrekt. De lasapparatuur moet zo zijn uitgevoerd dat de ingestelde lasparameters zoals lastemperatuur, lastruk en temperatuur van

het extrudaat automatisch constant worden gehouden. Ook de snelheid van het lassen moet, eventueel met de hand, goed constant kunnen worden gehouden.

Er moet rekening mee worden gehouden dat de te gebruiken verbindingstechniek samenhangt met de situatie ter plaatse. Zo kan de stevigheid van de ondergrond waarop de folie wordt aangebracht, de wijze en mate waarop deze ondergrond is gevlaakt en weersomstandigheden van invloed zijn op de wijze van uitvoering van het lassen. Ook zal de minimum materiaaldikte van de afdichtingsfolies mede worden bepaald door de mogelijkheid om een goede en dichte las aan te brengen.

Bitumenfolies worden, voor zover het geen gespoten systemen betreft, onderling verbonden door middel van gegoten bitumen. Ook hier zijn alle eisen van toepassing die tot doel hebben de ondoorlaatbaarheid voor water te waarborgen.

Wanneer in de toegepaste afdichtingsfolie beschadigingen zijn moeten deze ook waterdicht gerepareerd worden. Dit gerepareerde deel mag geen zwakke plaats in het geheel zijn.

### 3. MATERIALIEN

De volgende typen afdichtingsfolies zijn in Nederland op de markt:

#### - Hogedichtheidspolyetheen (HDPE)

Polyetheen is een taai, tamelijk flexibel materiaal. Bij lage temperatuur blijven de mechanische eigenschappen ongeveer als bij 20 °C. De bestandheid tegen doorpensen is redelijk. Om de van nature slechte bestandheid tegen UV-licht te verbeteren is toevoeging van UV-stabilisator noodzakelijk. Meestal wordt hiervoor "carbon black" gebruikt, waarmee een goed tegen zonlicht bestand materiaal wordt verkregen.

Al naar gelang het vervaardigingsproces kan zeer flexibel tot vrij stug polyetheen worden gemaakt. Er wordt dan ook onderscheid gemaakt in lagedichtheid- (LDPE), mediumdichtheid- (MDPE) en hogedichtheidpolyetheen (HDPE). LDPE is het soepelst, HDPE, het polyetheen met de hoogste kristalliniteit, het minst soepel. Omdat de voor deze toepassing belangrijkste combinatie van eigenschappen zoals chemicaliënbestandheid en ondoorlatendheid van HDPE het beste zijn, blijft de toepassing van polyetheen als afdichtingsfolie beperkt tot materiaal met een minimum soortelijke massa van 0,93. Deze groep, waartoe in feite ook het mediumdichtheidpolyetheen behoort wordt hier aangeduid als HDPE.

#### - Etheenpolymeer-bitumen (ECB)

Dit materiaal is samengesteld op basis van een copolymeer van etheen en butylacrylaat. Het bestaat voor 50 tot 60 % uit dit copolymeer en voor 50 tot 40 % uit een speciaal bitumen. Dit bitumen dat als weekmaker en als lichtstabilisator werkt bevindt zich in de vorm van zeer kleine bolletjes in het kunststofmateriaal en geeft de laag een thermoplastisch karakter. Het materiaal is sinds ca. 20 jaar in gebruik als dakbedekkingsfolie. De bestandheid tegen UV-licht is daarbij zeer goed gebleken. Meestal is de afdichtingsfolie om kleven te voorkomen voorzien van een kunststof (polyetheen) cacheerlaag. Aan de onderzijde is de afdichtingslaag vaak voorzien van een dun glasvezelvlies, eveneens om kleven te voorkomen.

Hoewel de geringe sterkte voor dakbedekking geen bezwaar is, beperkt dit wel het toepassingsgebied als afdichtingsfolie. Bij lage temperatuur blijven de eigenschappen ongeveer als bij 20 °C. Verder is de chemische bestandheid geringer en de permeatie groter dan die van HDPE. Het materiaal is ongeschikt als afdichtingsfolie ter bescherming tegen koolwaterstoffen.

#### - Mengsels van etheencopolymeer-bitumen en polyetheen (ECB/PE)

Om aan de bezwaren van ECB tegemoet te komen worden ook afdichtingsfolies in de handel gebracht die bestaan uit mengsels van ECB en PE. Hiervoor worden zowel lagedichtheid- als hogedichtheidpolyetheen gebruikt. In beide gevallen verbeteren de taaiheid, de treksterkte, de scheursterkte en de bestandheid tegen benzine en andere koolwaterstoffen.

#### - Weekgemaakt PVC

Polyvinylchloride, een harde kunststof, is soepel te maken door het te mengen met een of meerdere weekmakers, laag- of hoogmoleculaire organische stoffen waarvan 30 tot 50 % wordt toegevoegd. Naar gelang de aard van de toegevoegde weekmaker zijn de eigenschappen van de afdichtingsfolie verschillend. Met name de koudbroosheid en bestandheid tegen oliëproducten kan sterk uiteenlopen. Om het materiaal voldoende stabiliteit te geven tegen degradatie tijdens de verwerking en het gebruik, worden ook één of meer stabilisatoren toegevoegd. Dit zijn organische metaalverbindingen op basis van tin, lood, cadmium enz. Daarnaast kunnen nog andere stoffen aan het materiaal zijn toegevoegd.

Het is mogelijk dat tijdens het gebruik de weekmaker geleidelijk uit het materiaal verdwijnt waardoor de stugheid en de broosheid van de afdichtingslaag toenemen. Weekmakers lossen soms gedeeltematig op in water. Afhankelijk van het gebruikte type weekmaker zou dit schadelijk voor het milieu kunnen zijn. Verder is het mogelijk dat weekgemaakt PVC slecht bestand is tegen bodembacteriën die de weekmaker zouden kunnen aantesten. De mechanische eigenschappen van weekgemaakt PVC zijn vrij goed. De soepelheid is, mits de juiste weekmaker is gebruikt, niet sterk afhankelijk van de temperatuur. Weekgemaakt PVC afdichtingsfolie is ook versterkt met weefsel leverbaar.

- Gechlororeerd polyetheen (CPE)

Dit materiaal lijkt uiterlijk op weegemaakt PVC. Een voordeel van CPE ten opzichte van dit materiaal is dat geen wekmaker kan verdwijnen, zodat het niet kan verbrossen. De mechanische eigenschappen zijn goed, ook bij lage temperatuur. De chemische stabiliteit en de weerstand tegen atmosferische invloeden is goed, de bestandheid tegen chemica-liën, olie en zuren is bij normale temperatuur redelijk. CPE-afdichtingsfolie is ook versterkt met polyester weefsel leverbaar. CPE wordt vrijwel altijd gemengd met een andere kunststof, meestal met PVC, geleverd.

- Versterkte bitumen

Hier moet onderscheid worden gemaakt tussen twee typen producten op basis van bitumen: materiaal dat op rollen wordt geleverd en bitumen dat volgens een spuitproces wordt aangebracht. In beide gevallen wordt het bitumen versterkt door vezels met ca. 20 % breukrek.

o Op rollen geleverd materiaal

Het op rollen geleverd materiaal is samengesteld van opbouw. Behalve het basismateriaal, een mengsel op basis van geblazen bitumen bevat het een versterkingsweefsel. Afhankelijk van het type bestaat dit uit nit nylon (polyamide)- of lineaire polyestergerans (polyethenglycolterefataat). Ook de dikte (gew./m<sup>2</sup>) van het gebruikte versterkingsmateriaal is per type verschillend. Er zijn verder typen waarin in plaats van weefsel een non-woven als versterking is toegepast. Alle typen zijn voorzien van een dunne folie van een tweezijdig verstrekte polyester ter voorkoming van doorgroei van wortels of van groeipunten van gewassen. De totale dikte van de bitumenfolie is ten minste 5 mm<sup>\*</sup>). De eigenschappen van de bitumen zijn aangepast aan de verwachte temperatuur bij het leggen; er is dus een zomer- en een wintertype.

o Gespoten bitumenn materiaal

Bij het toepassen van een spuittechniek om een bitumenlaag aan te brengen vervalt de verbindingstechniek zoals die bij op rollen

\* ) Voor stortplaatsen van huisvuil met permanente bestemming.

aangebracht bitumenfolie plaatsvindt. Tegenover dit voordeel staat dat het moeilijk is om vast te stellen of de vereiste foliedikte van minimaal 5 mm op alle plaatsen wordt bereikt.

Het aangeboden systeem bestaat uit penetratie-bitumen waarin chloropren rubber is gemengd. Penetratie-bitumen op zichzelf is weker dan geblazen bitumen. Door het elastomeer toe te voegen verbetert het verwekingspunt, de weerstand tegen penetratie, vloeit en afdruipt en de bestandheid tegen hoge en lage temperaturen. Het materiaal wordt gespoten op een dragemateriaal dat eerst in banen met voldoende overlapping op de bodem en de zijwanden van de stortplaats is aangebracht. Hiervoor wordt aanbevolen een non-woven, een vezelvlies van min. 250 g/m<sup>2</sup>, opgebouwd uit een combinatie van polypropreen- en polyetheenvezels. Om doorgroei van wortels of groeipunten van gewassen te voorkomen moet aan het bitumennmengsel een onschadelijk middel zijn toegevoegd dat niet of vrijwel niet uitlooft.

#### 4. EVALUATIE VAN AFDICHTINGSFOLIES

Na eerst de functionele eisen die aan afdichtingsfolies moeten worden gesteld te hebben vermeld en vervolgens een overzicht te hebben verschaft van in Nederland verkrijgbare grondfolies zal nu worden getracht aan te geven in hoeverre de beschikbare folies voldoen aan deze eisen. Om een aantal redenen is deze evaluatie, zeker op dit tijdstip, niet optimaal uitvoerbaar:

- De beschikbare typen zijn gerangschikt naar het materiaal waaruit de folies zijn vervaardigd. Ieder materiaal vertegenwoordigt een verzameling folies die onderling in samenstelling kunnen verschillen. Wanneer het enkelvoudige folies zijn kunnen de materiaalparameters zoals kristalliniteit, molecuulgewicht en molecuulgewichtsverdeling verschillen. In uit meerdere componenten vervaardigde folies kunnen eveneens de materiaalparameters verschillend zijn, maar bovendien kunnen de componenten in verschillende verhoudingen in de beschikbare folies voorkomen. In bijzondere mate geldt dit voor versterkte folies waar de aard en hoeveelheid van het versterkingsmateriaal van grote invloed zal zijn op de folie-eigenschappen. Ook de vervaardigingsomstandigheden zullen grote invloed hebben op de eigenschappen van de meeste afdichtingsfolies.

- De beschikbare informatie is verre van volledig. Daarbij komt dat geen resultaten bekend zijn van systematisch uitgevoerd vergelijkend onderzoek aan verschillende afdichtingsfolies.

De nu volgende evaluatie in tabel 1 geeft een oriënterend overzicht dat voor een deel is gebaseerd op door foliefabrikanten beschikbaar gestelde gegevens. De tabel geeft een algemeen overzicht waarbij is verondersteld dat het per kolom vermelde foliemateriaal voldoet aan de in het keuringsprotocol (deel B) verzamelde eisen, met name of voldoende onderzoek en onderbouw is dat het betreffende materiaal geschikt is als afdichtingsfolie. Wanneer, gebruik makend van de evaluatietabel en op grond van andere overwegingen, een keuze is gemaakt voor een bepaald materiaal dient terdege geverifieerd te worden of het te gebruiken fabriekaat folie aan de gestelde eisen voldoet.

Tabel 2 geeft een nadere uitsplitsing van de reeds in tabel 1 in enkele rubrieken aangegeven bestandheid tegen chemicaliën. De waardering in deze tabel is gebaseerd op door foliefabrikanten beschikbaar gestelde informatie. In sommige gevallen is in de literatuur nog nadere informatie beschikbaar. De kolom voor bitumen heeft in de eerste plaats betrekking op de bitumen zelf. Bij het beoordelen van versterkte bitumen afdichtingsfolies moet ook worden gelet op de bestandheid van het versterkingsmateriaal en van de eventueel aanwezige anti-doorgroei folie.

Tabel 3 tenslotte geeft van de verschillende afdichtingsfolies de globale vloei- en treksterkte, de vloeirek en de breukrek zoals door fabrikanten opgegeven.

Voorzover fabrikanten andere korteduur sterkte-eigenschappen zoals doorschuursterkte, doorpunssterkte en trekslagsterkte opgeven zijn de waarden onderling moeilijk te vergelijken, vooral omdat ze veelal zijn bepaald volgens geheel verschillende en onderling niet te vergelijken proefmethoden.

Table 1 Evaluatie van afdichtingsfolies die aan de eisen gesteld in de keurings- en acceptatieprotocollen voldoen

	HDPE	ECB/PE	ECB	CPE	weekgem. PVC 2)	bitumen
weerstand tegen permatie	+	+	+	+	+	+
zuren metalen/organische verbindingen	?	?	?	?	?	?
organische verbindingen	?	?	?	?	?	?
metallenen en organische verb. gecombineerd	?	?	?	?	?	?
bestandheid tegen chemicaliën	+	+	-	+?	+/-	-
benzine en olie	+	+	+	+	+	+
percolatiewater van huisvuil 1)	-	-	-	-	-	-
gechlorideerde koolwaterstoffen	0	0	-	-	-	-
aromatische koolwaterstoffen	0	0	-	-	-	-
verdunde zuren	+	+	+	-?	+/-	-
geconcentreerde zuren	0	0	0	-?	-	0?
sterk oxyderende media	-	-	-	-	-	-
bestandheid tegen spanningcorrosie	+	+	+	+	+	+
mechanische eigenschappen	+	+	-	+	+	+
korteduur treksterkte	+	+	-	0	0/-	+
schuursterkte	+	+	-	0	0	+
ponsterkte	+	+	-	0	0	+
bestandheid tegen langdurige biaxiale rek	+	+	+	+	+	+
bij toegelaten rek 5 %	o/-	0	+	+	+	+ 3)
" " 5 tot 10 %	o/-	0	+	+	+	+ 3)
" " 10 tot 20 %	-	-	0	0	0	0 3)
duurzamenheid	+	+	+	+	+/0	+?
bestandheid tegen zonlicht	+	+	+	+	0	0?
bestandheid tegen intrinsieke veroudering	+	+	+	+	+	+
bestandheid tegen biologische invloeden	+	+	+	+	+	+
wortelgroei	+	+	+	+	+	+
knagdielen	+	+	+	+	+/-	+
bacteriën en schimmels	+	+	+	+	+/-	+
uitvoerbaarheid van leg- en verbindingstechniek	+	+	+	+	+	+

## Verklaring:

- + goed geschikt  
 o redelijk tot vrij goed geschikt  
 - minder geschikt of ongeschikt  
 ? onvoldoende informatie beschikbaar
- 1) Algemene richtlijn.  
 2) Aard van het percolatiewater kan sterk uiteenlopen.  
 3) Mogelijk afhankelijk van de samenstelling van het gebruikte PVC.  
 4) Afhankelijk van de aard van het versochtingsmaterieel.

Table 2 Oriënterend overzicht van de chemische bestandheid van afdichtingsfolies (tot 30 °C) die aan de eisen gesteld in de keurings- en acceptatie-protocollen voldoen

Chemicalie 100 % tenzij anders vermeld	HDPE	ECB/PE	ECB	CPE	weekgem. PVC *)	bitumen
aceton	+	+/o ?	-	0	-	-
ammoniak 20 %	+	+	+	+	+	+
azijnzuur 30 %	+	+	+	+	+	+
benzine	+	+	-	+	+	-
benzeen	0	+/o ?	-	-	-	-
calciumchloride	+	+	+	+	+	+
dieselolie	+	+	-	+	+	-
glycerine	+	+	+	+	+	+?
lijnolie	+	+	-	+	+	+?
machine-olie	+	+	-	+	+	-
methanol	+	+	+	0?	+	+
methylaethylketon	+	+/o ?	-	-	-	-
salpeterzuur 25 %	+	+	+	+	+	0
soda	+	+	+	+	+	+
tetrachloorkoolstof	-	-	-	-	0	-
tolueen	0	+/o ?	-	-	-	-
trichlooraethyleen	-	-	-	-	-	-
xyleen	0	+/o ?	-	-	-	-
zoutzuur (tot 10 %)	+	+	+	+	+	+
zwavelzuur (tot 40 %)	+	+	+	+	+	+

- \*) Kwaliteit die bestand is tegen olie en benzine  
 ? Hierover bestaat onvoldoende zekerheid  
 + Bestand  
 o Matig bestand  
 - Niet bestand

Tabel 3 Korteduur trekeigenschappen van afdichtingsfolies die aan de eisen gesteld in de keurings- en acceptatieprotocollen voldoen

	HDPE	ECB/PE	ECB	CPE	CPE met polyester-weefsel	weeke- maakt PVC	bitumen met nylonweefsel (dikte 5 mm)
vloei-grens (N/mm <sup>2</sup> )	>16	7,5	-	5	-	-	-
treksterkte (N/mm <sup>2</sup> )	-	-	4	-	25	18	12
rek bij vloei (%)	20	30	-	7	-	-	-
rek bij breuk (%)	>400*	400*	800	>200*	7	>250	20

\*) De breukrek van deze materialen is vrijwel zonder enige praktische betekenis.

##### 5. REFERENTIES

1. August, H., R. Tatzky, G. Patuska, T. Wän  
Untersuchung des Permeationsverhaltens von handelsüblichen Kunststoffabdichtungsbahnen als Deponiebasisabdichtung gegenüber Sickerwasser, organischen Lösungsmitteln und deren wässrige Lösungen.  
Forschungsbericht Nr. 103 02 208, Februar 1984 - BAM Berlin.
2. Priesecke, G.  
Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen.  
Müll und Abfall no. 15, Jan. 1979.
3. Gaube, E., G. Diederich, W. Müller  
Kunststoffe 66 (1976) 1.
4. Carlowitz, B.  
Kunststoffrohr - Tabellen.  
Wien 1982.

D 2/84 13 juni 1984

## B - KEURINGSPROTOCOL

Deelinhoud:		
1. Inleiding		29
2. Eisen te stellen aan het terrein		31
3. Eisen te stellen aan de afdichtingsfolie		32
3.1 Functionele eisen		33
3.2 Controle-eisen		38
4. Uitvoering van het kwaliteitsborgingssysteem		46
4.1 Keuringsplan grondstoffen		47
4.2 Keuringsplan afdichtingsfolies		47
4.3 Keuringsplan verbindingen		49
5. Proefmethoden		50
Appendix: Controle-eisen en kwaliteitsborgingssysteem voor op kunstvezel versterkte lagen gespoten bitumenfolies		56

1. INLEIDING

Afdichtingsfolies zijn voor verschillende ondergrondse toepassingen als bodemdichting in gebruik. Dit protocol blijft beperkt tot de toepassing als afdichting voor opslag- en stortplaatsen van huishoudelijk en van industrieel afval en tot die ter bescherming van drinkwaterwingebieden tegen benzine en olieproducten. De toepassing ter bescherming van bodem en grondwater tegen opgeslagen afvalproducten omvat folies als onderlaag en die als deklaag. De laatste dienen als bovenafsluiting van een opslagplaats. Ze worden als regel nog bedekt met een laag grond. De toepassing ter bescherming van drinkwaterwingebieden omvat het afschermen van vervuillingsbronnen zoals benzinestations, parkeerplaatsen en autowegen.

Wanneer afdichtingsfolies als bodembescherming worden toegepast moeten eisen worden gesteld aan het terrein, aan de laag zelf en aan de uitvoering van het werk.

Eisen m.b.t. het terrein om te voorkomen dat de folie door overbelasting bezwijkt waardoor deze zijn afdichtingsfunctie verliest.

Eisen m.b.t. de folie zelf:

- a. om deze zijn belangrijkste functie, de afdichting, gedurende de gebruiksduur te kunnen vervullen.
- b. om ervan verzekerd te zijn dat de kwaliteit van de geleverde partij overeenkomt met die van het type, waarvan bekend is dat het aan de functionele eisen voldoet.

Eisen m.b.t. de uitvoering van het werk. Ook deze zijn er op gericht om een zo groot mogelijke zekerheid te hebben dat het totale systeem van de stortplaats waarin de afdichtingsfolie als onder- en als bovenlaag een wezenlijke rol speelt, naar behoren functioneert. Dit geldt uiteraard evenzo bij gebruik ter bescherming van drinkwaterwingebieden.

Eisen m.b.t. de uitvoering van het werk zullen nader worden omschreven in het acceptatieprotocol.

Dit keuringsprotocol behandelt de eisen waaraan afdichtingsfolie moet voldoen voor toepassing als onderafdichting of als deklaag en de methoden ter bepaling van de eigenschappen.



De controle op de kwaliteit van afdichtingsfolie is in te passen in een systeem van kwaliteitsborging zoals aangegeven in de Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 2645 en de daarin omschreven normen NEN 2645 tot en met 2648. Dit is een stelsel van vastgelegde bedrijfskundige procedures en regels dat ten doel heeft te verzekeren dat het produkt aan de gestelde voorwaarden voldoet. In hoofdstuk 4 wordt de uitvoering van het kwaliteitsborgingssysteem beschreven.

Dit protocol heeft wat betreft de controle-eisen en het kwaliteitsborgingssysteem betrekking op fabrieksmatig vervaardigde folies. Voor afdichtingsfolies die ter plaatse in het veld worden opgebouwd, b.v. door het spuiten van een bitumenemulsie op een vezelversterkingslaag (weefsel of non-woven) zijn wel de onder 3.1 vermelde functionele eisen van toepassing, maar niet de controle-eisen en het kwaliteitsborgingssysteem zoals aangegeven in dit protocol. Voor gespoten lagen zijn de controle-eisen en het kwaliteitsborgingssysteem samengevat in een aan dit protocol toegevoegde appendix.

## 2. EISEN TE STELLEN AAN HET TERREIN WAAROP EEN AFDICHTINGSFOLIE WORDT AANGEBRACHT

Om kunststof of versterkte bitumen als afdichtingsfolie van een stortplaats te kunnen toepassen is vereist dat het terrein waarop deze wordt gelegd aan een aantal voorwaarden voldoet. De inrichting van de stortplaats moet zijn uitgevoerd volgens de "Richtlijn Gecontroleerd Storten" <sup>1)</sup>. Daarnaast moeten van het terrein voldoende grondmechanische gegevens bekend zijn: het grensdragvermogen van de ondergrond, de grootte van de te verwachten zettingen, zettingsgradienten (als gevolg van zettingsverschillen) en zettingssnelheden. Op grond van deze gegevens moet worden beslist of bijzondere maatregelen moeten worden genomen. De keuze van het foliemateriaal, de toe te laten belasting onder de gegeven omstandigheden en eventueel te nemen bijzondere maatregelen moeten door de in het betreffende project samenwerkende grondmechanische deskundige, de ontwerper en de foliedeskundige worden vastgesteld. Hierbij moet worden uitgegaan van de op langere termijn toelaatbare grenswaarde voor biaxiale rek  $\epsilon^*$  van de afdichtingsfolie. Uitgangspunt daarbij is dat de eigen mechanische bijdrage van de afdichtingsfolie aan de stabiliteit van het gehele systeem nihil is. Zettingsverschillen mogen niet plotseling optreden. Als grens kan een zodanige zettingssnelheid worden aangehouden dat de reksnelheid in de afdichtingslaag nooit groter kan zijn dan 0,05  $\epsilon^*$  per maand. De mogelijkheid van afschuiven van grond, b.v. naast de stortplaats, moet beslist worden voorkomen. Daartoe moeten indien nodig voorzorgen worden genomen.

Als voorlopige richtlijn voor de grenswaarde  $\epsilon^*$  is te hanteren <sup>2)</sup>:

- voor vezelversterkte CPE 3,5%
- voor HDPE en ECH/PE en versterkte bitumen 5%
- voor weegemaakt PVC, CPE en ECB 10%.

De ondergrond moet bestaan uit materiaal met max. korrelgrootte 3 mm. Voor dat afdichtingsfolie op het terrein wordt aangebracht moet dit worden gevlaakt. Dit geldt zowel voor het horizontale deel als voor de taluds. Het terrein moet vrij zijn van stenen, takken, boomstronken, paalenden, funderingsresten, gras, onkruid of ander gewas enz. De overgang van het vlakke deel naar de taluds moet in het algemeen een afrondingsstraal hebben van tenminste 1 m.

1) Uitgave VROM, maart 1980. Ontwerp richtlijn 1984.

2) Voor het opstellen van definitieve richtlijnen is nader onderzoek noodzakelijk.

### 3. EISEN TE STELLEN AAN DE AFDICHTINGSFOLIE

Bij de aan afdichtingsfolie te stellen eisen dient onderscheid te worden gemaakt tussen functionele eisen en controle-eisen.

Functionele eisen zijn voornamelijk gebaseerd op de afdichtingsfunctie die de folie moet vervullen. De controle erop vindt plaats door een typekeuring waarbij functionele eigenschappen worden onderzocht, en wel:

- afdichting en permeabiliteit,
- sterkte en andere mechanische eigenschappen,
- duurzaamheid,
- milieueigenschappen (uitlooggedrag),
- hanteerbaarheid bij het leggen en lasbaarheid.

Gegeven de aard van het te storten of tegen te houden materiaal zijn de aan afdichtingsfolies te stellen eisen onafhankelijk van de aard van de folie. Op grond van materiaaleigenschappen zal de keuze van een afdichtingsfolie voor een bepaald toepassingsgebied kunnen worden gemaakt. Er moet wel op worden gewezen dat sommige functionele eigenschappen van veel afdichtingsfolies onbekend zijn. De oorzaak hiervan is o.a. dat de voor de bepaling hiervan noodzakelijke experimenten soms zeer veel tijd vergen. In het beoordelingsprotocol wordt uitvoeriger ingegaan op een aantal achtergronden van de verschillende te stellen functionele eisen.

Controle-eisen dienen slechts om na te gaan in hoeverre een geleverde partij overeenkomt met het goedgekeurde type en of de partij ook wat het langdurigedrag betreft zal voldoen. Op zichzelf genomen hebben de snel vast te stellen controle-eigenschappen die in het kader van het kwaliteitsborgingssysteem worden bepaald geen of slechts beperkte betekenis.

In het volgende overzicht van functionele eisen en controle-eisen komen getalswaarden voor, afkomstig uit verschillende bronnen. De aard van de bron is aangegeven door de letter a, b of c. De betekenis ervan is als volgt:

- a. De waarde is afkomstig uit een norm. Deze wordt ook nader omschreven.
- b. De waarde is afkomstig uit de resultaten van de enquête onder de leveranciers van afdichtingsfolies die aan het opstellen van protocollen is vooraafgegaan.

- c. De waarde geeft de mening weer van het KRI-TNO en is gebaseerd op literatuur, andere informatie of ervaring.

#### 3.1 FUNCTIONELE EISEN

Behalve de vermelde functionele eigenschappen is van praktisch belang de geometrie van de te gebruiken afdichtingsfolies. Om deze reden zal de geometrie het eerst worden besproken waarna de eigenlijke functionele eigenschappen en -eisen zullen worden behandeld.

##### 3.1.1 Geometrie

In verband met de planning van de in te richten stortplaats moeten toleranties worden gesteld aan lengte en breedte van de te leveren afdichtingslagen. De tolerantie op de baanbreedte van de afdichtingslaag is max.  $\pm 3\%$  <sup>b)</sup>, de werkelijke rollengte moet minimaal de opgegeven lengte zijn.

##### 3.1.2 Afdichting

Wat betreft de dichtheid zijn de volgende aspecten te onderscheiden:

###### 3.1.2.1 Laagdikte

Bij gebruik als onderafdichting in stortplaatsen voor huisvuil met een permanente bestemming moet de laagdikte tenminste 2,0 mm <sup>b)</sup> bedragen voor kunststofliëns en 5,0 mm <sup>b)</sup> voor gewapende bitumenlagen. Voor niet-permanente stortplaatsen en voor andere toepassingen van afdichtingsfolies kan, afhankelijk van de verwachte gebruiksduur, de aard van de lokatie, de aard van de stoffen die moeten worden opgeslagen en de inrichting van de stortplaats van bovengenoemde eis worden afgeweken. Dit geldt ook wanneer de afdichtingsfolie voor een ander doel dan voor de inrichting van een stortplaats is bestemd. In al deze gevallen moet de minimum foliedikte in onderling overleg worden vastgesteld. In geen geval mag de foliedikte kleiner zijn dan 1,0 mm <sup>b)</sup> voor kunststofliëns en 3,0 mm <sup>c)</sup> voor gewapende bitumen folies. Voor het gebruik van kunststof afdichtingsfolie als deklaag voor stortplaatsen moet de minimumdikte van de folie 0,8 mm <sup>c)</sup> zijn.

###### 3.1.2.2 Bronnen van incidentele lekkage in de afdichtingsfolie

De lagen moeten vrij zijn van met het oog waarneembare poriën, scheurtjes, blaasjes, inhomogeniteiten en andere onvolkomenheden.

### 3.1.2.3 Bronnen van lekkage in de verbindingen

Zowel in het veld aangebrachte lassen en verbindingen als die welke reeds op de fabriek zijn aangebracht moeten voldoen aan de in het acceptatieprotocol vermelde eisen.

### 3.1.2.4 Permeabiliteit

De afdichtingsfolie moet voldoende weerstand bieden tegen permeatie van stoffen die zijn opgelost in percolatiewater en tegen de opgeslagen stoffen zelf.

Hoewel het één van de belangrijkste eigenschappen van afdichtingsfolies is ontbreekt wat betreft permeabiliteit de vereiste informatie om tot formulering van een eis te komen. Er zou een globaal verband kunnen bestaan tussen de doorlatendheid en de mate van zwelling die optreedt na onderdompeling van een afdichtingslaag in verschillende media. Om deze redenen zij voorlopig verwezen naar 3.1.4.1. <sup>1)</sup>

### 3.1.3 Sterkte en mechanisch gedrag

Wat betreft sterkte zijn te onderscheiden de korteduursterkte en de langeduursterkte. Beide zijn van praktisch belang.

Korteduur treksterkte, doorscheursterkte, ponsgedrag, trekslagsterkte en doorslagsterkte zijn van belang bij de installatie en gedurende de tijd dat de folie nog vrij en onbedekt ligt.

Voldoende langeduur treksterkte is van belang in verband met de afdichting. Deze gaat verloren wanneer scheuren zouden ontstaan. Bij langeduursterkte speelt niet alleen het spanningsniveau maar ook de aanwezigheid van allerlei stoffen die scheurvorming kunnen bevorderen een rol. Slechts van HDPE, en dan nog uitsluitend van de kwaliteit waarvan drubbuizen worden vervaardigd, zijn werkelijke experimentele gegevens over de langeduursterkte bekend. Van de andere materialen ontbreken deze. Wel zijn langeduursterkte gegevens bekend van versterkingsmaterialen die in bitumen afdichtingsfolies worden gebruikt.

In het beoordelingsprotocol wordt op sterkte en mechanisch gedrag van afdichtingsfolies nader ingegaan.

<sup>1)</sup> Om tot bruikbare eisen te komen wat betreft de weerstand tegen permeatie van verschillende foliematerialen is uitgebreid onderzoek noodzakelijk.

### 3.1.3.1 Langeduursterkte

Afdichtingsfolies moeten gedurende de gebruiksijd bestand zijn tegen de door de grond opgelegde biaxiale rek die maximaal gelijk is aan de op langere termijn toelaatbare rek  $\epsilon^*$ . De als voorlopige richtwaarde op te geven grensrek  $\epsilon^*$  kan nog niet worden gebaseerd op experimentele resultaten maar is het resultaat van de volgende overwegingen <sup>1)</sup>.

voor HDPE en ECB/PE:  $\epsilon^* = 5\%$  <sup>b,c)</sup>. Dit is 25 tot 35% van de korteduur biaxiale rek bij vloei.

voor bitumen versterkt met weefsels met een korteduur breukrek van 15 tot 20%:  $\epsilon^* = 5\%$  <sup>c)</sup>. Dit is 25 tot 35% van de korteduur biaxiale rek bij breuk.

voor CPE versterkt met vezels met een korteduur breukrek van ca. 8%:  $\epsilon^* = 3,5\%$  <sup>c)</sup>. Dit is ca. 50% van de korteduur biaxiale rek bij breuk.

voor PVC, CPE en ECB:  $\epsilon^* = 10\%$  <sup>c)</sup>. De bij deze rek behorende materiaalspanning is zeer laag in vergelijking met de treksterkte.

### 3.1.3.2 Korteduur sterkte

Uit het oogpunt van hankeerbaarheid is een minimum treksterkte van 4 N per strekkende  $\text{mm}^2$ , <sup>c)</sup> vereist (afgeleid uit de norm SIA 280). Gegevens over de te eisen doorscheursterkte en trekslagsterkte ontbreken. Een maat voor de bestandheid tegen doorponsen is de spleetdrukproef. De folie moet in deze proef bestand zijn tegen een spleetdruk van minimaal  $0,5 \text{ N/mm}^2$  <sup>a)</sup> (SIA 280). Als eis voor de bestandheid tegen doorslag met een valllichaam van 500 g geeft SIA 280 op een valhoogte van 750 mm <sup>a)</sup>. Hierbij mogen in de folie geen perforaties optreden als gevolg van de valproef.

De proefmethoden zijn aangegeven onder 5.3, 5.6, 5.7, 5.9 en 5.16.

### 3.1.4 Duurzaamheid

Duurzaamheid omvat de bestandheid tegen alle externe invloeden die de afdichtingsfunctie van afdichtingsfolie en verbindingen nadelig zouden beïnvloeden.

Tot de aspecten van duurzaamheid zijn te rekenen de chemische bestandheid en de weerstand tegen spanningscorrosie als gevolg van gestort materiaal en daaruit voortkomend percolatiewater, bestandheid tegen licht, warmte en oxidatie en die tegen invloeden van biologische aard. Het vaststellen van duurzaamheids eigenschappen vergt veel tijd en is kostbaar. Deze eigenschappen

<sup>1)</sup> Zie voetnoot 2) op p. 31.

kunnen daarom voor een bepaald type afdichtingsfolie eenmalig worden vastgesteld. Een andere mogelijkheid is dat de fabrikant aan de hand van bestaande rapporten van een onafhankelijke keuringsinstantie aannemelijk maakt dat de levensduur van een folie onder de gegeven praktijkomstandigheden minstens 50 jaar bedraagt.

### 3.1.4.1 Chemische bestandheid

De bepaling van de chemische bestandheid is gebaseerd op methode ISO-R62 (zie 5.14). Na 2 maanden onderdompeling van het afdichtingsfolie in het betreffende medium bij 30°C worden zowel de gewichtsverandering als de verandering in treksterkte en breukrek vastgesteld. In het geval van afdichtingsfolie voor de opslag van huisvuil is dit medium percolatiewater. Voor folie bestemd voor de opslag van chemisch afval is het medium dit betreffende afval en/of de verzadigde oplossing ervan in water.

De opname of afgifte van materiaal moet kleiner zijn dan 3% c). De verandering in treksterkte van kunststof afdichtingsfolie (methode ISO R527) moet kleiner zijn dan 25% c) terwijl de breukrek niet lager mag zijn dan 50% c) van de oorspronkelijke breukrek. In geval van versterkte bitumen moet een vouwproef volgens 5.4 bij +10°C worden uitgevoerd. Bij deze proef mogen geen scheurtjes in het bitumen zichtbaar worden.

### 3.1.4.2 Bestandheid tegen spanningscorrosie

Onder opgelegde buig- of trekspanning dan wel -deformatie in contact met een milieu waartegen het materiaal op zichzelf voldoende chemisch bestand is, kan in de folie toch scheurvorming optreden. Van de beschikbare afdichtingslagen is polyethen hiervoor het meest gevoelig. Een specifieke eis voor HDPE is onder 3.2.1.2.6 als controle-eis geformuleerd. In het geval van afdichtingsfolies voor opslag van huisvuil moet de bepaling volgens 5.12 worden uitgevoerd in percolatiewater. In het geval van afdichtingslagen voor opslag van chemisch afval moet de proef worden uitgevoerd met het betreffende afval en/of de verzadigde oplossing ervan in water. In alle gevallen is de eis dat na een 200 uur b) durende spanningscorrosieproef geen van de proefstukken gebroken mag zijn.

### 3.1.4.3 Bestandheid tegen zonlicht

Al naar gelang de inrichting van een stortplaats, de plaats waar de afdichtingslaag zich bevindt en de werkwijze van het storten zal de laag in meerdere of mindere mate door zonlicht bestraald worden. Wanneer verwacht

wordt dat de afdichtingsfolie gedurende een aantal jaren aan weersinvloeden zal worden blootgesteld of in het geval van afdekkfolie is het gebruik van klasse A-folie noodzakelijk. Dit is folie dat geschikt is om gedurende 10 jaar onbedekt blootgesteld te worden aan standaard buitensexpositie, overeenkomend met Xenotest 1200 gedurende 3000 uur (37,5 GJ/m<sup>2</sup>) c). Wordt verwacht dat de folie aanzienlijk korter aan weersinvloeden wordt blootgesteld dan kunnen klasse B-folies worden toegepast. Folies in deze klasse moeten bestand zijn tegen een beproeving in een Xenotest 1200 gedurende 300 uur (3,75 GJ/m<sup>2</sup>) c). Dit is een eis die ook aan landbouwfolie wordt gesteld.

De opgegeven equivalentie tussen kunstmatige en natuurlijke veroudering is slechts van toepassing wanneer de Xenotest-proef strikt wordt uitgevoerd volgens de methode zoals omschreven in 5.15.

Na het uitvoeren van de kunstmatige veroudering in Xenotestapparatuur mag de treklaagsterkte van kunststof afdichtingsfolie niet kleiner zijn dan 50% c) van de oorspronkelijke waarde. Bij versterkte bitumenfolies moet een vouwproef volgens 5.4 worden uitgevoerd bij +10°C. Bij deze proef mogen geen scheurtjes in het bitumen zichtbaar worden.

### 3.1.4.4 Oxydatiestabiliteit

Om kunststoffen van een bepaalde levensduur te verzekeren is een voldoende mate van oxydatiestabiliteit noodzakelijk die wordt bereikt door toevoeging van stabilisator(en) aan het materiaal. Bij onvoldoende bestandheid tegen oxydatie treedt na een bepaalde tijd, plotseling of geleidelijk, aanzienlijke achteruitgang op in mechanische eigenschappen, waarbij spontane scheurvorming niet is uitgesloten. Dit proces wordt versneld door verhoging van de temperatuur. De relatie tussen proeven bij verhoogde temperatuur en de stabiliteit van de folie bij gebruikstemperatuur is als regel voor de diverse materialen en stabilisatoren verschillend. De functionele eis van voldoende stabiliteit onder praktijkomstandigheden laat zich daarom niet vertalen in een algemene eis die met een versnelde proef vrij eenvoudig zou zijn vast te stellen. Per materiaal op te geven controle-eisen geven ook niet meer dan een globale indicatie dat voldoende oxydatiestabiliteit gedurende de vereiste gebruiksduur van de stortplaats is verzekerd.

### 3.1.4.5 Bestandheid tegen biologische invloeden

Het afdichtingsmateriaal mag als gevolg van de inwerking van micro-organismen in een begraafproef gedurende 12 maanden (zie 5.16) slechts in zo'n

geringe mate worden aangetast dat bij kunststoffolies de verandering in treksterkte (methode ISO R 527) kleiner is dan 25% c) terwijl de breukrek niet lager mag zijn dan 50% c) van de oorspronkelijke waarde. Ook de waterdichtheid van het materiaal mag er niet door worden aangetast. Bij versterkte bitumenfolies moet na de begraafproef een vouwproef volgens 5.4 worden uitgevoerd bij +10°C. Bij deze proef mogen geen scheurtjes in het bitumen zichtbaar worden.

De waterdichtheid mag evenmin worden aangetast door wortelgroei, doordringen van scherpe groeipunten, aantasting door knaagdieren, vogels enz. (zie 5.16). Versterkte bitumenlagen moeten om tegen biologische invloeden bestand te zijn worden voorzien van een daartoe geschikte antidoorgroei laag of van een toevoeging die dit soort biologische aantasting voorkomt.

### 3.1.5 Invloed van de afdichtingsfolie op het milieu

Om te voorkomen dat het milieu belast wordt door uit de afdichtingsfolie komende stoffen moet aan de uitloging beperkingen worden gesteld. De uitloging is te bepalen volgens ISO R63 (DIN 53495). Als maximale uitloging is gesteld 3% na 2 maanden bij 30°C b,c).  
De afdichtingsfolie mag geen toxische stoffen afgeven.

### 3.1.6 Hanteerbaarheid bij het leggen, lasbaarheid

De afdichtingsfolie mag bij lage temperatuur (tot -10°C) niet zo bros worden en bij hoge temperatuur (60°C) niet zo soepel en kwetsbaar, dat gemakkelijk scheurvorming kan optreden. Voor op rollen te leveren bitumenfolie betekent dit dat een winter- en een zomerkwaliteit beschikbaar kan zijn.

T.a.v. de bestandheid tegen koude moet het materiaal voldoen aan de onder 5.4 beschreven vouwproef.

T.a.v. de warmtebestandheid geldt de eis dat bij 60°C de vloei grens of indien het materiaal geen vloei grens vertoont, de treksterkte nog minstens 60% moet bedragen van de waarde bij 23°C c).

Tenslotte moeten met de afdichtingsfolie onder praktijkomstandigheden goede verbindingen kunnen worden gemaakt.

## 3.2 CONTROLE-EISEN

Het is niet nodig dat de langeduur eigenschappen van afdichtingsfolies die voldoen aan de gestelde functionele eisen voortdurend worden onderzocht. Het

is voldoende om enkele kenmerkende korteduur eigenschappen regelmatig te controleren volgens het onder 4 beschreven keuringsplan. Wanneer de resultaten van de controleproeven zich bevinden binnen de hierna op te geven grenzen dan zal de afdichtingsfolie voldoen. In dat geval zal zowel de samenstelling van de afdichtingsfolie als de fabricageomstandigheden ervan vrijwel overeenkomen met die van het reeds uitvoerig onderzochte type materiaal. De controlemetingen vormen zo een wezenlijk onderdeel van het kwaliteitsstelsel. De waarde van de meetresultaten van de controleproeven op zichzelf is slechts betrekkelijk.

### 3.2.1 Controle-eisen te stellen aan afdichtingsfolies

#### 3.2.1.1 Algemene eisen

##### 3.2.1.1.1 Uiterlijk

Het oppervlak moet gaaf en regelmatig van uiterlijk zijn, zonder zichtbare fouten zoals blaasjes, poriën, scheurtjes, inhomogeniteiten of andere onvolkomenheden. Wanneer een profiel is aangebracht moet dit regelmatig van afstand zijn en mag de hoogte of diepte ervan niet groter zijn dan 0,25 mm c). De door de fabrikant op de fabriek gemaakte verbindingen moeten regelmatig zijn uitgevoerd.

#### 3.2.1.1.2 Afmetingen

##### Dikte

Overeen te komen tussen leverancier en afnemer met inachtneming van de onder 3.1.2.1 opgegeven minima. Tolerantie op de overengestoken nominale maat - 10% b).

##### Breedte en lengte

Overeen te komen tussen leverancier en afnemer met als toleranties de onder 3.1.1 opgegeven waarden.

#### 3.2.1.1.3 Bestandheid tegen de spleetdrukproef

Bij deze proef, uit de voeten zoals aangegeven onder 5.3, moet de afdichtingsfolie gedurende de proeftijd dicht blijven.

#### 3.2.1.1.4 Vouwbaarheid bij -10°C

De afdichtingsfolie moet tegen deze vouwproef bestand zijn.

3.2.1.1.5 Mechanische doorslagsterkte  
De doorslagproef, uitgevoerd volgens 5.10, mag geen perforaties tengevolge hebben.

3.2.1.1.6 Krimp bij verhoogde temperatuur <sup>2)</sup>  
Na het uitvoeren van de proef volgens 5.5 bij verhoogde temperatuur en weer koelen op 23°C mag de afmeting in de rollrichting en in die loodrecht erop niet meer veranderen dan 1,5% <sup>b, c)</sup>.

### 3.2.1.2 HDPE

#### 3.2.1.2.1 Trekeigenschappen

De vloei grens bij 23°C moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $\pm 10\%$ . De vloei grens moet tenminste 16 N/mm<sup>2</sup> <sup>b, c)</sup> zijn. De breukrek bij 23°C moet minimaal 400% <sup>c)</sup> bedragen. De proefmethode is omschreven onder 5.6.

#### 3.2.1.2.2 Doorscheursterkte

De doorscheursterkte bij 23°C, bepaald volgens 5.7, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $-10\%$  <sup>c)</sup> en een minimum van 130 N/mm <sup>c)</sup>.

#### 3.2.1.2.3 Biaxiale sterkte en -rek <sup>1)</sup>

De biaxiale sterkte bij 23°C, bepaald in een doordrukproef als beschreven in 5.8, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $-10\%$  <sup>c)</sup>. De minimum biaxiale rek is 15% <sup>b)</sup>.

#### 3.2.1.2.4 Trekslagsterkte

De trekslagsterkte bij 23°C, uitgevoerd volgens 5.9, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $-10\%$  en een minimum van 350 kJ/m<sup>2</sup> <sup>b, c)</sup>.

#### 3.2.1.2.5 Thermische stabiliteit <sup>1)</sup>

In de DSC proef met zuurstof moet de inductietijd bij 210°C groter zijn dan 20 min. <sup>c)</sup>. De proef wordt beschreven in 5.11.1.

3.2.1.2.6 Bestandheid tegen spanningscorrosie  
Na de spanningscorrosieproef gedurende 200 uur <sup>c)</sup>, uitgevoerd volgens 5.12, mag geen van de proefstukken zijn gebroken.

### 3.2.1.3 ECB

#### 3.2.1.3.1 Trekeigenschappen

De treksterkte bij 23°C moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $\pm 10\%$  <sup>c)</sup> en een absoluut minimum van 3 N/mm<sup>2</sup> <sup>a)</sup> (eis uit DIN 16729). De breukrek bij 23°C moet minimaal 600% bedragen. De proefmethode is omschreven onder 5.6.

#### 3.2.1.3.2 Doorscheursterkte

De doorscheursterkte bij 23°C, bepaald volgens 5.7, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $-10\%$  <sup>c)</sup> en een minimum van 20 N/mm <sup>b)</sup>.

#### 3.2.1.3.3 Biaxiale sterkte en -rek <sup>1)</sup>

De biaxiale sterkte bij 23°C, bepaald in een doordrukproef als beschreven in 5.8, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $-10\%$  <sup>c)</sup> met een minimum biaxiale rek van 30% <sup>c)</sup>.

#### 3.2.1.3.4 Trekslagsterkte

De trekslagsterkte bij 23°C, uitgevoerd volgens 5.9, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $-10\%$  <sup>c)</sup>.

#### 3.2.1.3.5 Thermische stabiliteit <sup>1)</sup>

In een DSC proef met zuurstof moet de inductietijd bij 210°C groter zijn dan 20 min. <sup>c)</sup>. De proef wordt beschreven onder 5.11.1.

### 3.2.1.4 ECB/PE

#### 3.2.1.4.1 Trekeigenschappen

De treksterkte bij 23°C moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van  $\pm 10\%$  <sup>c)</sup> en een absoluut minimum van 10 N/mm<sup>2</sup> <sup>b)</sup>. De breukrek bij 23°C moet minimaal 400% <sup>b)</sup> bedragen. De proefmethode is omschreven onder 5.6.

1) Voorlopige eis, moet experimenteel nader worden uitgewerkt.

2) Deze eis is niet van toepassing op versterkte bitumen.

1) voorlopige eis, moet experimenteel nader worden uitgewerkt.

### 3.2.1.4.2 Doorscheursterkte

De doorscheursterkte bij 23°C, bepaald volgens 5.7, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>.

### 3.2.1.4.3 Biaxiale sterkte en -rek<sup>1)</sup>

De biaxiale sterkte bij 23°C, bepaald in een doordrukproef als beschreven in 5.8, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup> met een minimum biaxiale rek van 15%<sup>c)</sup>.

### 3.2.1.4.4 Trekslagsterkte

De trekslagsterkte bij 23°C, uitgevoerd volgens 5.9, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>.

### 3.2.1.4.5 Thermische stabiliteit<sup>1)</sup>

In de DSC proef met zuurstof moet de inductietijd bij 210°C groter zijn dan 20 min<sup>c)</sup>. De proef wordt beschreven in 5.11.2.

### 3.2.1.5 Weekgemaakt PVC

#### 3.2.1.5.1 Trekeigenschappen

De treksterkte bij 23°C moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>. De breukrek bij 23°C moet minimaal 200%<sup>b,c)</sup> bedragen. De proefmethode is omschreven onder 5.6.

#### 3.2.1.5.2 Doorscheursterkte

De doorscheursterkte bij 23°C, bepaald volgens 5.7, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>.

#### 3.2.1.5.3 Biaxiale sterkte en -rek<sup>1)</sup>

De biaxiale sterkte bij 23°C, bepaald in een doordrukproef als beschreven in 5.8, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>, met een minimum biaxiale rek van 30%<sup>c)</sup>.

#### 3.2.1.5.4 Trekslagsterkte

De trekslagsterkte bij 23°C, uitgevoerd volgens 5.9, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>.

<sup>1)</sup> voorlopige eis, moet experimenteel nader worden uitgewerkt.

### 3.2.1.5.5 Thermische stabiliteit<sup>1)</sup>

Met TGA bij 220°C moet de inductietijd tot zoutzuurafspitting tenminste 30 min. bedragen<sup>c)</sup>. De proef wordt beschreven onder 5.11.1.

### 3.2.1.5.6 Weekakerverlies

Het weekakerverlies bepaald volgens 5.13 mag max. 1,25%<sup>c)</sup> bedragen.

### 3.2.1.6 CPE

#### 3.2.1.6.1 Trekeigenschappen

De treksterkte bij 23°C moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%. De breukrek bij 23°C moet minimaal 200%<sup>c)</sup> bedragen. De proefmethode is omschreven onder 5.6.

#### 3.2.1.6.2 Doorscheursterkte

De doorscheursterkte bij 23°C, bepaald volgens 5.7, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>.

#### 3.2.1.6.3 Biaxiale sterkte en -rek<sup>1)</sup>

De biaxiale sterkte bij 23°C, bepaald in een doordrukproef als beschreven in 5.8, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%. De minimum biaxiale rek is 30%<sup>c)</sup>.

#### 3.2.1.6.4 Trekslagsterkte

De trekslagsterkte bij 23°C, uitgevoerd volgens 5.9, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>.

### 3.2.1.6.5 Thermische stabiliteit<sup>1)</sup>

In de DSC proef met zuurstof moet de inductietijd bij 210°C groter zijn dan 20 min. <sup>c)</sup>. De proef wordt beschreven in 5.11.1.

### 3.2.1.7 Versterkte CPE

#### 3.2.1.7.1 Trekeigenschappen

De treksterkte bij 23°C moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>. De breukrek bij 23°C moet minimaal 7,5%<sup>b,c)</sup> bedragen. De proefmethode is omschreven onder 5.6.

<sup>1)</sup> voorlopige eis, moet experimenteel nader worden uitgewerkt.



### 3.2.1.7.2 Doorscheursterkte

De doorscheursterkte bij 23°C, bepaald volgens 5.7, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>.

### 3.2.1.7.3 Biaxiale sterkte en -rek<sup>1)</sup>

De biaxiale sterkte bij 23°C, bepaald in een doordrukproef als beschreven in 5.8, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>. De biaxiale rek moet minimaal 7,5%<sup>c)</sup> bedragen.

### 3.2.1.7.4 Thermische stabiliteit<sup>1)</sup>

In de DSC proef met zuurstof moet de inductietijd bij 210°C groter zijn dan 20 min. c). De proef wordt beschreven in 5.11.1.

### 3.2.1.8 Vezelversterkte bitumen

#### 3.2.1.8.1 Trekeigenschappen

De treksterkte bij 23°C moet zijn opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>. De breukrek bij 23°C moet minimaal 7,5%<sup>b, c)</sup> bedragen. De proefmethode is omschreven onder 5.6. De bepaling van de trek eigenschappen dient te worden uitgevoerd aan het versterkingsweefsel zonder dat daarop bitumen is aangebracht.

#### 3.2.1.8.2 Doorscheursterkte

De doorscheursterkte bij 23°C, bepaald volgens 5.7, moet zijn als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%<sup>c)</sup>. De bepaling van de doorscheursterkte dient te worden uitgevoerd aan het versterkingsweefsel zonder dat daarop bitumen is aangebracht.

#### 3.2.1.8.3 Thermische stabiliteit<sup>1)</sup>

In de DSC proef met zuurstof moet de inductietijd bij 210°C groter zijn dan 20 min<sup>c)</sup>. De proef wordt beschreven in 5.11.1.

### 3.2.2 Contrôle-eisen aan verbindingen

Deze eisen hebben betrekking op twee soorten verbindingen:

1. De verbindingen die op de fabriek in het fabricageproces tot stand komen. Dit kunnen zijn lasnaden of vloeinaden.

<sup>1)</sup> voorlopige eis, moet experimenteel nader worden uitgewerkt.

2. De verbindingen die in het veld worden uitgevoerd zoals omschreven in het acceptatieprotocol. In het betreffende keuringplan is opgenomen de eis dat onder veldcondities extra stukken afdichtingsfolie op dezelfde wijze en onder dezelfde omstandigheden moeten worden vervaardigd als de overige stukken afdichtingsfolie die onderling worden verbonden. Aan deze extra stukken folie wordt vastgesteld of deze voldoen aan de controle-eisen die hieronder worden vermeld.
- De vermelde eisen zijn niet van toepassing op verbindingen van bitumen afdichtingsfolies. Deze zullen onder trekbelasting afglijden zodat geen sterkte-eis kan worden geformuleerd.

#### 3.2.2.1 Trekeigenschappen bij 23°C, bepaald volgens 5.6

De vloeispanning voor een verbinding uit HDPE (berekend op de doorsnede van het niet gelaste materiaal) moet minstens 85%<sup>c)</sup> zijn van de vloeispanning van het niet gelaste materiaal. Het proefstuk moet breken na het tweede vloeipunt.

Voor andere kunststof materialen moet de treksterkte, berekend op de doorsnede van het niet gelaste materiaal, minstens 75%<sup>c)</sup> van de treksterkte van het niet gelaste materiaal bedragen.

In alle gevallen mag de breuk niet in de verbinding optreden en mag de breuk, visueel beoordeeld, niet bros van aard zijn<sup>c)</sup>.

#### 3.2.2.2 Trekslag eigenschappen bij 23°C, bepaald volgens 5.9

In alle gevallen mag de breuk niet in de verbinding optreden en mag de breuk, visueel beoordeeld, niet bros van aard zijn<sup>c)</sup>.

Voor HDPE is een minimum trekslagsterkte vereist van 250 kJ/m<sup>2</sup> c). Voor andere kunststof foliematerialen zullen de vereiste minima op grond van experimenteel onderzoek nader moeten worden vastgesteld. In alle gevallen moet de trekslagsterkte van de verbinding van kunststof afdichtingsfolies zijn als opgegeven door de fabrikant, met een tolerantie van -15%<sup>c)</sup>.

#### 4. UITVOERING VAN HET KWALITEITSBORINGSSTEEEM

Het kwaliteitsborgingssysteem is gebaseerd op NPR 2645<sup>1)</sup> en de daarin van toepassing zijnde NEN-normen (NEN 2646 tot en met 2648). Het is zo opgezet dat het is in te passen in een certificatiesysteem. Het kwaliteitsplan is als volgt. De fabrikant van de afdichtingsfolie voert uit:

- a. de ingangscontrole van de grondstoffen van de te vervaardigen afdichtingsfolie volgens een "keuringsplan grondstoffen".
- b. na de productie van de afdichtingsfolie in de vorm van rollen het aanbrengen van de codering van iedere rol op duidelijk zichtbare en deugdelijke wijze. Uit de code moeten de produktiedatum en eventuele bijzonderheden zijn te herleiden.
- c. de kwaliteitscontrole op de fabriek volgens een "keuringsplan afdichtingsfolie".
- d. de kwaliteitscontrole op de fabriek volgens een "keuringsplan verbindingen" van de op de fabriek vervaardigde verbindingen van afdichtingsfolies.
- e. de opslag van de resultaten van alle genoemde controlemetingen, chronologisch in een logboek. Deze gegevens moeten bij controle door een keurmeester kunnen worden geraadpleegd. De controlegegevens van de fabriek moeten steekproefgewijs door hem, bij voorkur in het kader van een garantiemerkregeling, worden gecontroleerd. De keurmeester behandelt de verkregen informatie vertrouwelijk.

Ook wanneer afdichtingslagen niet rechtstreeks van een fabrikant maar van een importeur of tussenhandelaar worden betrokken moet deze duidelijk maken dat de fabrikant een deugdelijk kwaliteitsborgingssysteem hanteert.

Bij de in ontvangstrame van de rollen op de toekomstige stortplaats moet inspectie op transportbeschadigingen plaatsvinden door de afnemer. Beschadigingen moeten worden opgenomen in het door de beheerder van de stortplaats bij te houden logboek.

1) Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 2645, sept. 1980 - Toelichting op de normen NEN 2646, 2647 en 2648 betreffende kwaliteitsborging. Verkrijgbaar bij het Nederlands Normalisatie-instituut te Delft.

#### 4.1 KEURINGSPLAN GRONDSTOFFEN

Het keuringsplan grondstoffen wordt door de fabrikant van de afdichtingslaag opgesteld. Het moet omvatten:

- a. de te onderzoeken eigenschappen
- b. de normen volgens welke deze worden vastgesteld
- c. de frequentie waarmee de bepalingen worden uitgevoerd, rekening houdend met wisselingen van grondstoffen.

In een door de fabrikant op te stellen "kwaliteitsplan grondstoffen" worden vastgelegd de streefwaarden en toleranties daarop die als kwaliteitseis worden gehanteerd. Zowel het keuringsplan als het kwaliteitsplan grondstoffen wordt aan de adviserende en keurende instantie voorgelegd. Wanneer deze plannen naar het oordeel van deze instantie onvoldoende volledig zijn zullen deze in onderling overleg moeten worden bijgesteld. Voldoen de plannen wel dan zal de uitvoering van de grondstoffencontrole plaatsvinden bij de fabrikant van de afdichtingsfolie. De fabrikant beheert het logboek met de resultaten van grondstofkeuringen.

De te onderzoeken eigenschappen aan de grondstoffen zijn niet in het algemeen aan te geven omdat deze sterk afhangen van het type grondstof waarvan wordt uitgegaan (soms zijn dit meerdere grondstoffen zoals bij weegemaakt PVC) en ook van de aard van het proces volgens welke de afdichtingsfolie wordt vervaardigd.

Voor HDPE zal het keuringsplan in ieder geval moeten omvatten de bepaling van de soortelijke massa, smeltindex, carbon blackgehalte en vochtgehalte.

Voor met weefsel versterkte bitumen zullen tenminste moeten worden vastgesteld de trek-eigenschappen van het weefsel in beide hoofdrichtingen en wat betreft de bitumengrondstof het verwerkingspunt, de penetratie, breekpunt Fraes en een maat om de flexibiliteit van -10 tot 60°C vast te stellen.

In verband met de in het keuringsplan afdichtingsfolie vereiste keuring per grondstofbatch moet in het keuringsplan grondstoffen duidelijk worden omschreven wat onder grondstofbatch dient te worden verstaan.

#### 4.2 KEURINGSPLAN AFDICHTINGSFOLIE

Het keuringsplan afdichtingsfolie omvat de keuring op de in onderstaande tabel opgegeven eigenschappen. In de tabel is ook opgegeven de frequentie waarmee de keuringen moeten worden uitgevoerd.

Eigenschap	1x per rol	1x per 4 h	1x per grondstofbatch
4.2.1 Uiterlijk	x		
4.2.2 Afmetingen			
4.2.2.1 Dikte		x	
4.2.2.2 Breedte	x		
4.2.2.3 Lengte <sup>1)</sup>	x		
4.2.3 Trekeigenschappen			
4.2.3.1 Vloeigrens/ Treksterkte		x	x <sup>2)</sup>
4.2.3.2 Breukrek		x	x <sup>2)</sup>
4.2.4 Doorsneursterkte			x <sup>2)</sup>
4.2.5 Biaxiale doordruksterkte			x <sup>2)</sup>
4.2.6 Trekslagsterkte		x	x
4.2.7 Mechanische doorslagsterkte		x	x
4.2.8 Krimp bij verhoogde temperatuur		x	x
4.2.9 Vouwbaarheid bij -10°C			x
4.2.10 Thermische stabiliteit			x
4.2.11 Bestandheid tegen spanningcorrosie			x
4.2.12 Resultaat van een spleet- drukproef			x

De bijzonderheden van de methoden volgens welke bovengenoemde eigenschappen worden bepaald zijn vermeld in hoofdstuk 5. De streefwaarden en toleranties worden vastgelegd in een kwaliteitsplan afdichtingsfolie, op te stellen door de fabrikant, uitgaande van de onder 3.2.1 aangegeven kwaliteitsseisen. Dit kwaliteitsplan afdichtingslaag moet vooraf met het keuringsplan door de adviserende en keurende instantie zijn goedgekeurd.

1) Voor het vaststellen van de lengte kan gebruik gemaakt worden van een op de productiemachine aanwezige telwerk.

2) Niet van toepassing op versterkte bitumen.

#### 4.3 KEURINGSPLAN VERBINDINGEN

Dit keuringsplan heeft betrekking op verbindingen die op de fabriek van afdichtingsfolies tot stand komen.

De keuring omvat:

- 1x per 4 uur een keuring op treksterkte,
- 1x per 4 uur een keuring op trekslagsterkte,
- controle van alle gemaakte verbindingen op ondoorlatendheid.

De bijzonderheden van de methoden volgens welke bovengenoemde trek- en trekslageigenschappen worden bepaald zijn opgegeven onder 5.6 en 5.9. De bijzonderheden van de controlemethode op ondoorlatendheid worden nader omschreven in het acceptatieprotocol. De streefwaarden en toleranties worden vastgelegd in een kwaliteitsplan verbindingen, op te stellen door de fabrikant, uitgaande van onder 3.2.2 aangegeven kwaliteitsseisen. Dit kwaliteitsplan verbindingen moet vooraf met het keuringsplan door de adviserende en keurende instantie worden goedgekeurd.

## 5. PROEFMETHODEN

Alle proeven worden, tenzij uit het voorschrift duidelijk anders blijkt, bij 23±1°C en 50±5% RV uitgevoerd in 5-voud. Het te rapporteren resultaat is het rekenkundig gemiddelde van de individuele waarnemingen. Zowel dit gemiddelde als tenminste 4 van de waarnemingen moeten dan voldoen aan de gestelde eis. De proefstukken moeten voor de beproeving tenminste 16 uur bij 23±1°C en 50±5% RV worden geconditioneerd.

### 5.1 BEOORDELING VAN HET UITERLIJK

De beoordeling van het uiterlijk geschiedt met het ongewapende oog, zoals omschreven in NEN 3056, par. 2.

### 5.2 AFMETINGEN

De meting van de dikte moet worden uitgevoerd volgens NEN 3056, par. 7. De meting van de lengte en de breedte geschiedt volgens NEN 3056, par. 3 en 4.

### 5.3 SPLEETDRUKPROEF

De proef moet worden uitgevoerd volgens DIN 16937, 16938, of volgens Entwurf DIN 16729. Wanneer de folie gecacheerd is moet de caching aan de spleetzijde liggen. De proefdruk moet in stappen van 1 bar per uur worden opgevoerd tot 6 bar. Deze laatste druk wordt gedurende 72 uur gehandhaafd.

### 5.4 VOUWBAARHEID BIJ -10°C

De proef moet bij kunststof afdichtingsfolies worden uitgevoerd volgens DIN 16937 punt 6.5 en bij versterkte bitumen afdichtingsfolies volgens NEN 3920.

### 5.5 KRIMP BIJ VERHOOGDE TEMPERATUUR

De proef moet worden uitgevoerd volgens NEN 3056, par. 17. De proef wordt uitgevoerd aan proefstukken, die verdeeld over de breedte uit de foliebaan worden genomen.

De proeftemperatuur bedraagt voor HDPE folie 100°C, voor ECB, ECB/PE, PVC en CPE 80°C. De duur van de verwarming is 1 uur.

## 5.6 TREKIGENSCHAPPEN

De bepaling van de treksterkte, vloeigrens en breukrek moet worden uitgevoerd volgens NEN-ISO 527. De proefomstandigheden zijn samengevat in onderstaande tabel.

	Beproevings- snelheid mm/min.	Proefstukvorm
HDPE	100	type I
ECB	200	type I
ECB/PE	200	type I
PVC en CPE	500	breedte 25 mm, inspanlengte 100 mm
Versterkte bitumen en versterkte CPE	100	breedte 50 mm, inspanlengte 250 mm

De proefstukken moeten loodrecht op de extrusie- c.q. kalanderrichting worden genomen. In geval van beproeving van lassen moeten de proefstukken zo uit het materiaal worden genomen dat de las zich in het midden van het proefstuk bevindt. De rek wordt gemeten tussen merkstrepen, die op het proefstuk zijn aangebracht, met daarvoor geschikte meetgereedschap. Proefstukken uit versterkte materialen moeten in de zwakste richting van de versterking worden genomen.

### 5.7 DOORSCHERSTERKTE

De doorschersterkte van HDPE, ECB/PE, PVC en CPE moeten worden bepaald volgens NEN 3056, par. 9, gekerfd. De beproevingsnelheid bedraagt voor PE, ECB en ECB/PE 100 mm/min., voor PVC en CPE 500 mm/min.

De doorschersterkte van versterkte bitumen en van versterkt CPE moeten worden bepaald volgens DIN 53363 met een snelheid van 100 mm/min.

Bij onversterkte materialen moeten de proefstukken loodrecht op de extrusierichting c.q. kalanderrichting worden genomen, bij versterkte materialen in de zwakste richting van de versterking.

## 5.8 BIAXTIALE DOORDRUKSTERKTE <sup>1)</sup>

De biaxtiale doordruksterkte moet in principe worden bepaald overeenkomstig DIN 53373 in een drukbank, met een druknelheid van 50 mm/min. Bepaald worden de doordruk-vloei-grens en/of de doordruksterkte en de rek bij vloei c.g. breuk. De biaxtiale rek wordt berekend uit de indrukking met behulp van de volgende formule:

$$\epsilon = \frac{f^2}{2r^2} \cdot 100\%$$

f = indrukking (zakking)

r = radius van de oplegging.

## 5.9 TREKSLAGSTERKTE

De trekslagsterkte moet worden bepaald overeenkomstig DIN 53448, echter met een proefstuk volgens NEN-ISO 527, type I. De energiehoud van de hamer moet 50 Joule bedragen.

De proef wordt in vijfvoud uitgevoerd, de proefstukken worden loodrecht op de extrusie c.g. kalanderrichting uit het materiaal genomen. In geval van beproeving van lassen moeten de proefstukken zo uit het materiaal worden genomen, dat de las zich in het midden van het proefstuk bevindt.

## 5.10 MECHANISCHE DOORSLAGSTERKTE

De bestandheid tegen mechanische doorslag wordt bepaald zoals beschreven in SIA 280 (SNV 564280), proef 14.

## 5.11 THERMISCHE STABILITEIT

### 5.11.1 Bepaling van de thermische stabiliteit met DSC

De proef wordt uitgevoerd in tweevoud volgens een methode die is gebaseerd op ASTM-D3895. Het cirkelvormige proefstuk heeft een middellijn van 4 mm en een dikte tussen 0,5 en 1,5 mm.

<sup>1)</sup> De details van deze proefmethode zullen nog nader experimenteel moeten worden uitgewerkt.

De cel van het apparaat waarin de proef wordt uitgevoerd wordt eerst 10 min doorgespoeld met zuurstof (ca 25 ml/min). Terwijl de zuurstofstroom voortduurt wordt de cel snel (binnen 3 min.) opgewarmd tot 210°C. De tijd die verstrijkt tot het optreden van een exotherme piektemperatuur wordt opgegeven als oxydatieve inductietijd.

### 5.11.2 Bepaling van de thermische stabiliteit van PVC

Deze beproeving wordt als volgt uitgevoerd in tweevoud:

Een monster PVC van 50 mg wordt in een glazen buisje gebracht, inwendige diameter 25 mm, dat zich in een oven bevindt. Door het buisje wordt over het monster PVC een stroom stikstofgas geleid van 50-75 ml/min. Het monster PVC wordt met een snelheid van 20°C/min. opgewarmd tot 220°C en vervolgens op die temperatuur gehouden. Het gas dat over het PVC stroomt wordt onderzocht op aanwezigheid van HCl. De tijd die verloopt tussen het begin van het experiment en het moment dat de zoutzuur-afspplitsing plaats vindt is de inductietijd.

## 5.12 SPANNINGSCORROSIE

De bepaling wordt uitgevoerd volgens ASTM D 1693-70 conditie B. In afwijking van de norm is de dikte van de proefstukken gelijk aan de dikte van de geleverde folie met een minimum dikte van 1,75 mm. De kerfdiepte moet voldoen aan:

$$a = 0,20 \text{ d.}$$

waarin

$$a = \text{kerfdiepte in mm}$$

$$d = \text{dikte proefstuk, afgerond op 0,1 mm.}$$

In het geval dat niet aan de eis wordt voldaan kan de proef worden herhaald met proefstukken die door schaven of frezen op 2 mm dikte zijn gebracht. Een van de buitenhuiden moet intact blijven. De proefstukken moeten bij de beproeving zo worden gebogen dat de bewerkte zijde op druk wordt belast.

De kwaliteitsbeproeving wordt uitgevoerd in onverdunde Igepal CO-630. De functionele beproeving wordt uitgevoerd in het te onderzoeken medium.

## 5.13 WEEMAKERVERLIJES

Het weemakerverlijes moet worden bepaald volgens NEN 20176. De bepaling wordt in drievoud uitgevoerd.

## 5.14 CHEMISCHE BESTANDHEID

De beproeving wordt uitgevoerd volgens ISO R 62, waarbij het medium in de plaats van water komt. In DIN 53495 zijn een aantal punten van ISO R 62 nader uitgewerkt en toegelicht. De trekproef moet worden uitgevoerd zoals omschreven in 5.6.

## 5.15 BESTANDHEID TEGEN ZONLICHT

Proefstukken volgens DIN 53448, uit de beklleding genomen, worden belicht in een Xenotest 1200 of equivalent apparaat. Na afloop van de belichting wordt van de belichte en van onbelichte proefstukken die in dezelfde richting uit de aflichtingsfolie zijn genomen, de trekslagsterkte bepaald volgens DIN 53448. De proef wordt in vijfvoud uitgevoerd.

In een Xenotest 1200 moet 3000 uur worden belicht voor materiaal klasse A en 300 uur voor materiaal klasse B. De proefomstandigheden zijn dan:

Ruimtemtemperatuur	:	25-30 °C
Zwarteplaattemperatuur	:	max. 47°C
UV-filtering	:	2/3 "Dritfelschalen"
Beregening	:	drie minuten per twintig minuten
Relatieve vochtigheid	:	60%
Belichting	:	"Wendelauf"

## 5.16 BESTANDHEID TEGEN BIOLOGISCHE INVLOEDEN

Over de proefmethoden voor het bepalen van de bestandheid tegen biologische invloeden bestaan in Europa verschillen van inzicht. Het wordt daarom aan het keurende laboratorium overgelaten de methode van expositie vast te stellen. De trekproeven moeten worden uitgevoerd overeenkomstig punt 5.6. Vouwproeven aan versterkte bitumen aflichtingsfolies worden uitgevoerd volgens punt 5.4, echter bij +10°C.

Als uitgangspunten voor onderzoek naar de bestandheid tegen biologische invloeden kan worden gehanteerd de punten 4.8, 4.9 en 4.10 van "Ba- und Prüfgrundsätze für Kunststoffbahnen als Abdichtungsmittel von Auffangwannen und Anfangsräumen für der Lagerung wassergefährdender Flüssigkeiten" (Fassung November 1982) van het Institut für Bautechnik.

## APPENDIX bij het keuringsprotocol

Controle-eisen en kwaliteitsborgingsystemen voor op kunstvezel versterkte lagen gespoten bitumenfolies.

## 1. Controle-eisen

1.1 De in het veld vervaardigde afdichtingsfolie moet voldoen aan de onder 3.2.1 gestelde controle-eisen met uitzondering van het onderdeel krimp bij verhoogde temperatuur (3.2.1.1).

1.2 Het kunstvezelversterkingsmateriaal (weefsel of non-woven) moet een treksterkte en een rek bij breuk hebben als opgegeven door de fabrikant met een tolerantie van -10%. De breukrek van het versterkingsmateriaal bij 23°C moet minimaal 10% bedragen.

1.3 De eis wat betreft de thermische stabiliteit is gelijk aan die voor op rollen geleverd bitumen materiaal. In de DSC proef met zuurstof moet de instructietijd bij 210°C groter zijn dan 20 min. De proef wordt in het keuringsprotocol omschreven in 5.11.1.

## 2. Kwaliteitsborgingsysteem

Het kwaliteitsborgingsysteem zoals omschreven onder 4 is slechts toe te passen op fabrieksmatig, continu vervaardigde folies en op verbindingen tussen dit soort folies. Het is niet toe te passen op ter plaatse op te bouwen afdichtingsfolies. De te volgen procedure voor het bepalen van de gelijkmatigheid van de kwaliteit en voor het bepalen van de dikte zijn omschreven in een appendix van het acceptatieprotocol. Het kwaliteitsborgingsysteem is wel toe te passen voor de keuring van de gebruikte grondstoffen. In beginsel kan de in het keuringsprotocol onder 4.1 omschreven werkwijze worden gevolgd waarbij dan de "systeemhouder" de plaats inneemt van de fabrikant. Ook hier moet in het keuringsplan duidelijk worden omschreven wat onder een grondstofbatch moet worden verstaan. Het keuringsplan moet de volgende punten omvatten:

2.1 Ingangscontrolle van de bitumenemulsie, de coagulant en de laag kunstvezelversterking. De ingangscontrolle dient per batch te worden uitgevoerd.

2.2 Controle van het eindproduct. Het monster moet tijdens de uitvoering van het werk uit de aangebrachte afdichtingsfolie worden gesneden. De ontstane beschadiging moet worden gerepareerd zoals is omschreven in de appendix van het acceptatieprotocol. Het monster moet in het laboratorium worden beproefd op de in deze appendix onder 1 vermelde controle-eisen. Deze controle moet ten minste eenmaal per uitgevoerd werk plaatsvinden.



## C - ACCEPTATIEPROTOCOL

Deelinhoud:

1. INLEIDING	60
2. UITVOERING	
2.1. Aflevering en opslag	61
2.2. Leggen	61
2.3. Onderling verbinden van afdichtingsfolies	62
2.4. Controle van de verbindingen in het veld	64
2.5. Reparaties	64
2.6. Bijzondere constructieonderdelen	65
2.7. Afwerking om de stortplaats voor opslag gereed te maken	65
3. KEURINGSPLAN VAN HET UITGEVOERDE WERK	67
3.1. Controle van iedere rol afdichtingsfolie	67
3.2. Controle van in het veld uitgevoerde verbindingen	67
3.2.1. Afdichting van dubbele lassen	69
3.2.2. Afdichting van enkelvoudige lassen	71
3.2.3. Uitzonderlijke gevallen	72
3.2.4. Ultrasoon onderzoek	73
3.2.5. Vacuumklomethode	75
3.2.6. Afyonken	75
3.3. Controle van proefverbindingen op trek eigenschappen	76
3.3.1. Trekeigenschappen	76
3.3.2. Trekslagsterkte	77
3.4. Controle van de bijzondere voorzieningen	77

Appendix: Acceptatie van op kunstvezelversterkte  
lagen gespoten bitumenfolies.

## 1. INLEIDING

Acceptatie van bodembeschermende voorzieningen waarbij afdichtingsfolie wordt toegepast, vindt plaats wanneer de folie voldoet aan de eisen vermeld in het keuringsprotocol en wanneer de uitvoering van het leggen, het onderling verbinden van de folies en de afwerking van de folielaag van voldoende kwaliteit zijn. De te stellen eisen, de methoden om vast te stellen of aan deze eisen wordt voldaan en wanneer dit niet het geval is, de toe te passen reparatiemethoden worden in dit acceptatieprotocol aangegeven.

Het protocol is bruikbaar voor alle bodembeschermende voorzieningen maar is in het bijzonder gericht op het gebruik voor stortplaatsen. Voor andere toepassingen van afdichtingsfolies dan voor stortplaatsen kunnen aangepaste regels en voorschriften verschijnen.

Bij het samenstellen van het acceptatieprotocol is ervan uitgegaan dat uitsluitend gebruik gemaakt wordt van fabrieksmatig vervaardigde folies.

Voor de acceptatie van bijzondere uitvoeringsvormen van afdichtingsfolies, zoals ter plaatse door spuiten opgebouwde folies is dit protocol niet ongewijzigd toe te passen. De hiervoor te volgen procedure is weer gegeven in een aan dit protocol toegevoegde appendix.

## 2. UITVOERING

Alvorens tot uitvoering van de inrichting van een stortplaats over te gaan moet door de folieleverancier of de aannemer een uitvoeringsplan schriftelijk worden overlegd. Hierin moeten zijn opgenomen het bestek (inclusief het legplan), de uitvoering van het leggen, de toe te passen werkwijzen (inclusief de uitvoering van de in het veld te maken verbindingen en doorvoeren) en alle te nemen voorzorgen. Het legplan moet zo zijn dat het aantal in het veld te maken lassen tot een minimum blijft beperkt. Na acceptatie van het uitvoeringsplan door de opdrachtgever, eventueel na ingewonnen advies, kan tot uitvoering van de werkzaamheden worden overgegaan. Het uitvoeringsplan kan een onderdeel zijn van het inrichtingsplan zoals dat in de "Richtlijn gecontroleerd storten" is aangegeven. In het uitvoeringsplan moet zijn aangegeven dat aan de hiervolgende eisen wordt voldaan.

### 2.1. AFLEVERING EN OPSLAG

In de onmiddellijke nabijheid van de in te richten stortplaats moet voor opslag een vlak en voor derden ontoegankelijk terrein beschikbaar zijn waar de rollen afdichtingsmateriaal kunnen worden opgeslagen en geïnspecteerd. Het niti laden bij aflevering, de opslag en het vervoer naar de definitieve ligplaats van de rollen afdichtingsfolie dient zorgvuldig te worden uitgevoerd zodat de rollen niet beschadigen. De rollen mogen niet worden gestapeld.

### 2.2. LEGGEN

De uitvoering van het aanbrengen van de afdichtingsfolies in de aan te leggen stortplaats moet plaatsvinden volgens het goedgekeurde legplan, gebruikmakend van de in het uitvoeringsplan aangegeven werkwijze. De afdichtingsfolies worden met de hand of met daarvoor geschikte apparatuur afgerold en gelegd zonder dat daarbij beschadigingen mogen optreden. Wanneer een van de zijden van de folie is aangemerkt als bovenzijde dient daarmee rekening te worden gehouden. Tijdens het uitrollen wordt de laag zoveel mogelijk uitgericht en wel zo dat een overlap ontstaat die voldoende is om een goede lasverbinding mogelijk te maken. Iedere folielaag wordt na het leggen visueel gecontroleerd op eventueel voorkomende onregelmatigheden. Indien nodig worden maatregelen getroffen om opwaaien te verhinderen. Wanneer belopen van

gelegde folielagen noodzakelijk is, mag dit slechts zo gebeuren dat daarbij geen beschadigingen optreden. Nadat een deel van het terrein van afdichtingsfolie is voorzien en geïnspecteerd kunnen de betreffende folielagen onderling worden verbonden.

### 2.3. ONDERLING VERBINDEN VAN AFDICHTINGSFOLIES

Om afdichtingsfolies te verbinden zijn verschillende methoden in gebruik. De leverancier of aannemer geeft in het uitvoeringsplan de te volgen werkwijze op onder verwijzing naar een gedetailleerd voorschrift dat tevens de instelwaarden en de toleranties daarop van de lasapparatuur bevat. Voor het verbinden van bitumenlagen met gesmolten bitumen moet zowel de specificatie van dit bitumen als de verwerkingstemperatuur daarvan worden opgegeven. De uitvoering moet plaatsvinden door goed geïnstrueerde, gekwalificeerde vaklieden, geheel volgens het betreffende voorschrift. Kunststof afdichtingslagen moeten onderling worden verbonden door thermische lassen. Daarbij zijn twee uitvoeringsvormen mogelijk, de dubbele las en de enkelvoudige.

Bij de dubbele las, die slechts op kunststofolies is toe te passen, ontstaan twee evenwijdige lasverbindingen met daartussen een "kanaal". De uitvoering van de lasbewerking moet zo zijn dat voor ieder van de beide lassen een gelaste breedte van minimaal 12 mm<sup>2</sup>) wordt bereikt.

De enkelvoudige las is zowel voor kunststof- als voor bitumenfolies toe te passen. De vereiste minimum breedte van de las is voor kunststofolies 30 mm<sup>2</sup>) en voor bitumenfolies 300 mm<sup>2</sup>). In het geval dat zeer hoge eisen aan de afdichting van een vuilstortplaats worden gesteld is het in verband met een verscherpte controle, waarbij ook afwonen plaats vindt, noodzakelijk om de lasverbinding zo uit te voeren dat tijdens de lasbewerking dun litzedraad in de las wordt ingebracht, in of direct achter de las.

Voor de lasmethode bestaan verschillende mogelijkheden. Bij het verbinden van kunststof afdichtingsfolies kunnen heet-elementlassen, hete luchtlassen, of extrusielassen worden toegepast. Voor het verbinden van gewapende bitumen of afdichtingsfolies komt de las tot stand door gesmolten bitumen te gieten op de rand van de te verbinden foliebaan over de volle breedte van ten minste 400 mm en vervolgens de andere foliebaan in de nog gesmolten bitumen te drukken. De oppervlakken van beide folies smelten daarbij ineen met de gegoten bitumen. Na afkoelen vormen de beide foliebanen één geheel.

\*) Zie voor een nadere omschrijving fig. 1 onder 3.2.

De keuze van de voor het lassen van afdichtingsfolies te gebruiken apparatuur is vrij, mits deze voldoet aan de volgende eisen:

- De verwarming moet elektrisch zijn. De voorgeschreven temperaturen van de elementen, hete lucht of extrusiemassa moeten automatisch worden geregeld en tijdens het lassen continu worden geregistreerd.
- De lasdruk moet ofwel als gevolg van de constructie continu aanwezig maar wel begrensd zijn, dan wel in te stellen, af te lezen en bij voorkeur continu of op regelmatige tijden automatisch zijn te registreren.
- De constructie van de apparatuur moet zo zijn dat deze of met konstante snelheid wordt aangedreven of dat deze op eenvoudige wijze met de hand met een zoveel mogelijk konstante snelheid is voort te bewegen.

Bij alle lasmethoden is het aan te bevelen de te verbinden kunststof folieoppervlakken eerst door schuren of slijpen te ontdoen van een eventueel aanwezige oppervlaktelaag van enigszins geoxydeerd materiaal. Grond- en stoffdeeltjes moeten zorgvuldig worden verwijderd.

In het geval van extrusielassen dient het te gebruiken granulaat van dezelfde batch afkomstig te zijn als de te verbinden afdichtingsfolies tenzij de fabrikant van de afdichtingsfolies niddrukkelijk anders voorschrijft. In het geval van bitumenfolies moeten de verbindingen worden gemaakt met gegoten bitumen van een samenstelling die voldoet aan de door de fabrikant op te geven specificaties.

Voor het maken van verbindingen op moeilijk bereikbare plaatsen moet hand-extrusielasapparatuur voorhanden zijn die zoveel mogelijk voldoet aan bovendaande eisen. Hierbij kan worden afgezien van continue registratie. Aan het begin van iedere dag dat lasverbindingen aan kunststof afdichtingsfolies worden uitgevoerd moeten voor het uitvoeren van controleproeven onder toezicht van de inspecterende instantie onder veldomstandigheden proefstukken afdichtingsfolie worden verbonden. Dit moet plaatsvinden op dezelfde wijze en onder dezelfde omstandigheden als het verbinden van de overige stukken afdichtingsfolie. Aan deze proefstukken wordt door de inspecterende instantie met gebruik van transportabele trekapparatuur in het veld een trekproef uitgevoerd tot 30% rek. Daarbij mag geen breuk optreden. De proef wordt uitgevoerd aan evenwijdige stroken (25 mm breed) met een treknelheid globaal overeenkomstig de in de onder 3.3.1. voorkomende tabel opgegeven waarden. Tevens wordt aan deze proefstukken een buigproef uitgevoerd zonder extra hulpmiddelen. De las bevindt zich in het midden van het proefstuk.

Het proefstuk wordt met de hand over 180° gebogen. Twee proefstukken in één richting en twee in de tegenovergestelde richting. Hierbij mag geen brosse breuk optreden. Verder worden de proefstukken gecodeerd en in bewaring genomen door de inspecterende instantie om te worden onderzocht overeenkomstig 3.3.

#### 2.4. CONTROLE VAN DE VERBINDINGEN IN HET VELD

Controle van de verbindingen vindt plaats volgens het "Keuringsplan stortplaats" zoals beschreven in hoofdstuk 3.

#### 2.5. REPARATIES

Wanneer bij de controle van de afdichtingslagen en van verbindingen van afdichtingslagen fouten worden geconstateerd zoals vermeld in het "Keuringsplan stortplaats" (hoofdstuk 3) dan moeten deze worden gerepareerd door goed geïnstrueerde en gekwalificeerde vaklieden.

Zowel bij fouten in de kunststof afdichtingsfolies als bij fouten in de lasverbindingen vindt de reparatie plaats met een nieuw stuk afdichtingsfolie. Dit moet aan alle kanten minstens 0,2 m buiten de fout of de beschadiging uitsteken. In het geval dat de reparatiefolie een lasverbinding bedekt moet de afmeting in de richting loodrecht op de las eveneens ten minste de breedte van overlap zijn, vermeerderd met twee maal 0,2 m.

De reparatiefolie wordt aangebracht op de plaats waar de fout zich bevindt. Bij een las is de lange zijde van het nieuwe stuk afdichtingsfolie aan de las. De fout bevindt zich in het centrum. Het nieuwe stuk afdichtingsfolie wordt door extrusielassen met de oorspronkelijke folielaag of -lagen verbonden, gebruikmakend van dezelfde handextrusieapparatuur als vermeld onder 2.3. voor het maken van verbindingen op moeilijk bereikbare plaatsen. De las moet minimaal 30 mm breed zijn. De te verbinden oppervlakken moeten eerst worden geschuurd of geslepen. Ook hier is noodzakelijk dat het te gebruiken granulaat dezelfde samenstelling heeft als de te verbinden folies.

Fouten in gewapend bitumen afdichtingslagen moeten op overeenkomstige wijze worden gerepareerd. De eventueel aanwezige zand- of papierlaag moet plaatselijk worden verwijderd. In plaats van bovenvermelde maat 0,2 m moet voor bitumen afdichtingslaag-reparaties 0,4 m worden gehanteerd. De reparatiefolies moeten over het gehele oppervlak met gesmolten bitumen aan de oorspronkelijke laag worden verbonden.

Na de reparatie van kunststof- of bitumen afdichtingslagen moeten deze worden gecontroleerd zoals beschreven in hoofdstuk 3.

#### 2.6. BIJZONDERE CONSTRUCTIEONDERDELEN

Acceptatie van de uitvoering van constructieve details zoals de afwerking van de rand van de stortplaats, doorvoeringen van buisleidingen, plaatsing van verticale schachten om percolatiewater door oppompen af te voeren en eventuele aansluiting op civieltechnische voorzieningen, vindt als volgt plaats. Constructietekeningen van de betreffende onderdelen worden als onderdeel van het te overleggen uitvoeringsplan vooraf beoordeeld. Wanneer deze worden goedgekeurd wordt er bij de uitvoering van het werk door de controlerende instantie op toegezien dat alle details zorgvuldig volgens tekening worden uitgevoerd.

In stortplaatsen moeten doorvoeringen worden vermeden door gebruik te maken van afvoer over de top. Wanneer ze in bijzondere gevallen toch in het bestek zijn opgenomen moet de uitvoering zo zijn dat de afdichting rond de doorvoering gedurende de levensduur van de stortplaats is verzekerd. De fabrikant of de ontwerper van de doorvoering moet dit de controlerende instantie aannemelijk maken.

In het geval dat in de bijzondere constructieonderdelen gebruik gemaakt wordt van metalen onderdelen zoals een klemband rond doorvoeringen van buisleidingen moeten deze zijn uitgevoerd in een materiaal dat bestand is tegen het milieu waarin het dienst moet doen.

#### 2.7. AFWERKING OM DE STORTPLAATS VOOR OPSLAG GEREDD TE MAKEN

Na de keuring van de stortplaats en het eventueel uitvoeren van reparaties kan deze worden afgewerkt zoals aangegeven in de "Richtlijn Gecontroleerd Storten". Het is noodzakelijk dat in het horizontale deel van de stortplaats op de afdichtingsfolie ter bescherming van deze folie een laag zand wordt aangebracht in de door de folieleverancier op te geven dikte met een minimum van 0,3 m. In deze bescherm laag dient een drainagesysteem te worden aangebracht.

Nadat de bescherm laag in de vereiste dikte is aangebracht moet de stortplaats berijdbaar zijn voor voertuigen tot 50 kN wieldruk (klasse VOSB 45) en verdichters tot 300 kN<sup>2</sup>).

\*) Zwaardere verdichters kunnen worden toegepast mits kan worden aangetoond dat de optredende vlaktedruk niet hoger is dan die bij normale verdichters van max. 300 kN.

### 3. KEURINGSPLAN STORTPLAATS VAN HET UITGEVOERDE WERK

De keuring van de stortplaats voorzover deze betrekking heeft op afdichtingsfolie omvat:

- a. Controle door visuele inspectie na het uitrollen van iedere rol afdichtingsfolie.
- b. Controle van alle in het veld uitgevoerde verbindingen op afdichting.
- c. Controle van alle gemaakte proefverbindingen van kunststof afdichtingsfolies op trek eigenschappen.
- d. Controle van de randafwerking en van alle bijzondere voorzieningen.

Het keuringsplan heeft uitsluitend betrekking op kunststof afdichtingsfolies van (min. 2 mm) en op versterkte bitumen afdichtingsfolies van (min. 5 mm) dikte die in de fabriek zijn vervaardigd.

#### 3.1. CONTROLE VAN IEDERE ROL AFDICHTINGSFOLIE

Tijdens en na het uitrollen van iedere rol afdichtingsfolie moet het uiterlijk visueel worden beoordeeld. Zoals reeds is gesteld in het keuringsprotocol dient het oppervlak regelmatig en gaaf te zijn, zonder zichtbare fouten zoals blaasjes, porien, schuurtjes, inhomogeniteiten of andere onvolkomenheden. Het oppervlak mag niet kleven en moet zijn te belopen. Wanneer een profiel is aangebracht moet het regelmatig van afdruk zijn. De door de fabriek kant op de fabriek gemaakte verbindingen moeten regelmatig en correct zijn uitgevoerd. Er moet ook goed op worden gelet dat de op de fabriek gemaakte verbindingen niet tijdens transport of leggen zijn beschadigd. Eventueel geconstateerde afwijkingen moeten duidelijk worden gemarkeerd en vervolgens indien nodig worden gerepareerd.

#### 3.2. CONTROLE VAN DE IN HET VELD UITGEVOERDE VERBINDINGEN OP AFDICHTING

Alle in het veld gemaakte verbindingen van afdichtingsfolies moeten op hun afdichtingseigenschappen worden gecontroleerd. De uitvoering van de controle hangt af van de constructie van de verbinding. In alle gevallen vindt eerst een visuele controle plaats. Daarbij wordt gelet op plooi vorming, inhomogeniteiten, gelijkmatigheid van de las en vereiste lasbreedten. Aan geconstateerde afwijkende plaatsen moet bij de controle op afdichting van de las bijzondere aandacht worden besteed.

Bij versterkte bitumen afdichtingsfolies beperkt zich dat als gevolg van de aard van het materiaal tot het incidenteel bepalen van de afdichting met een vacuüm klok. Bij kunststofolies kan de volgende werkwijze worden toegepast. Wanneer bij kunststof afdichtingsfolies op grond van visuele waarneming wordt getwijfeld of de vereiste lasbreedte is gerealiseerd moet de betreffende plaats met ultrasoonapparatuur nader worden gecontroleerd (zie 3.2.4.). De vereiste lasbreedten, vermeld onder 2.3., zijn in fig. 1 aangeduid met de letter b. Plaatselijke versmallingen in de las (c in fig. 1) leiden niet in alle gevallen tot de aanduiding "te repareren plaats". Daarvoor is noodzakelijk dat de lengte van de versmalling (d in fig. 1) een bepaalde maat overschrijft. De versmalling in de las wordt aangemerkt als te repareren plaats wanneer aan een van onderstaande voorwaarden wordt voldaan:

- c  $\geq$  0,9 b als d  $\geq$  200 mm
- c  $\geq$  0,75 b als d  $\geq$  100 mm
- c  $\geq$  0,6 b als d  $\geq$  40 mm
- c < 0,6 b in alle gevallen.

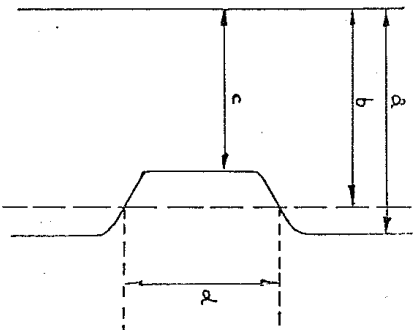


Fig. 1. Dimensies van een lasverbinding van afdichtingsfolies.

- a = werkelijke lasbreedte
- b = vereiste lasbreedte
- c = plaatselijke versmalling in de las
- d = lengte van de plaatselijke versmalling

### 3.2.1. Afdichting van dubbele lussen

Er moet worden nagegaan in hoeverre het tussen de evenwijdige lussen uitgespaarde kanaal lekdicht is nadat deze kamer op inwendige druk is gebracht. Een van de eindten wordt dichtgeklemd met een klemrichting die is voorzien van een luchtinlaat, een drukregelaar en een manometer <sup>1)</sup> in open verbinding met de op druk gebrachte kamer. Tussen de compressor en de luchtinlaat bevindt zich een afsluitter. Eerst wordt ter controle of het kanaal over de gehele lengte van een las open is het kanaal doorgeblazen. Wanneer aan het einde van het kanaal een luchtstroom wordt geconstateerd wordt ook daar een klemrichting aangebracht. Wanneer het kanaal verstopt is moet de plaats ervan worden opgespoord op dezelfde wijze waarop een lek in laatste instantie wordt gelocaliseerd (zie onder).

De tijd tussen uitvoering van de las en het beproeven is gebonden aan een minimum. Na het beëindigen van het lassen moet een wachttijd worden aangehouden van 90 min. Wanneer de wachttijd is verstreken kan het kanaal op ten minste 1,5 bar en ten hoogste 2,5 bar druk worden gebracht. Nadat de druk is aangebracht wordt m.b.v. de drukregelaar het kanaal gedurende 15 min. op de proefdruk gehouden, dit om de invloed van de eerste kruip-effecten te beperken. Daarna wordt de afsluitter dichtgedraaid. Na het verstrijken van de proeftijd wordt de druk op de manometer afgelezen. De proeftijd is 30 min. Een drukkaling groter dan 0,1 bar dan wordt de proef herhaald waarbij de afgedichte folies aan beide klemmen worden ingezeept terwijl het kanaal onder druk staat, om na te gaan of de klemmen wel volledig afsluiten. Blijken de klemmen niet te lekken dan wordt het zich horizontaal bevindende deel van de las ingezeept om vast te stellen of een lek aan de "bovenlas" is te lokaliseren. Leidt dit niet tot het gewenste resultaat dan is de kans groot dat het lek zich bevindt in de "onderlas" of op een talud. Door een stethoscoop of een daarmee overeenkomend hulpmiddel te gebruiken is eventueel op het gehoor de plaats van een lek te lokaliseren. Slaagt men daarin niet dan is het aan te bevelen gebruik te maken van ultrasoon onderzoek (3.2.4). Wanneer ook het gebruik van deze hulpmiddelen niet leiden tot de plaatsbepaling van het lek is een ingrijpendere werkwijze noodzakelijk. De las wordt in twee ongeveer gelijke stukken gesneden. Met het op inwendige druk brengen van het

1) meetbereik max. 5 bar, afleesbaarheid 0,05 bar.

kanaal zoals eerder beschreven wordt vastgesteld in welk deel zich het lek bevindt. Door dit deel weer te halveren en daarmee voort te gaan is de plaats van het lek vast te stellen. Zowel het lek als alle gemaakte beschadigingen om het te lokaliseren moeten op een onder 2.5 beschreven wijze worden gerepareerd. De gehele werkwijze is samengevat in figuur 2. Daaruit blijkt ook dat nadat de reparaties zijn uitgevoerd alle gerepareerde plaatsen ultrasoon op afdichting moeten worden onderzocht. Eventueel mag een gerepareerde plaats ook worden onderzocht met een z.g. vacuümklomp (3.2.5). Wanneer geconstateerd wordt dat de reparaties geslaagd zijn moet de controle op lekdictheid d.m.v. inwendige druk op het kanaal aan weerszijde van de uitgevoerde reparatie(s) worden herhaald. Delen van lassen tussen twee reparaties worden m.b.v. ultrasoon onderzoek nog eens gecontroleerd (3.2.4).

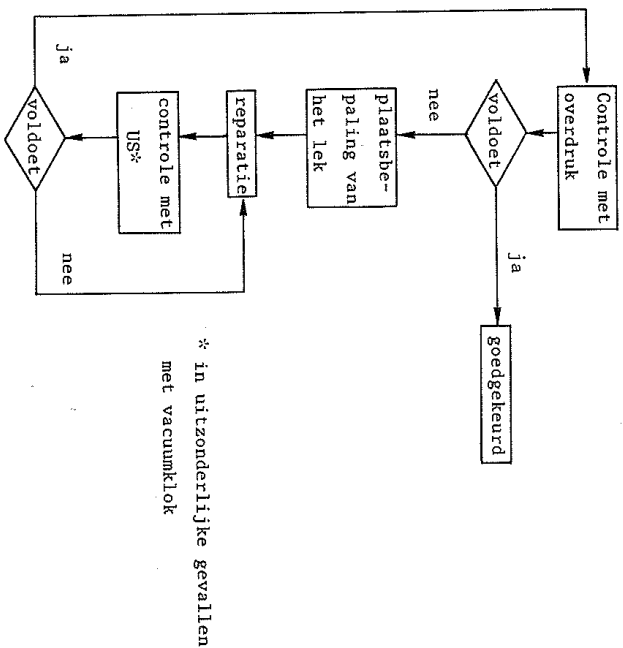


Fig. 2. Werkwijze van de controle van dubbele lassen.

### 3.2.2. Afdichting van enkelvoudige lassen

Voor het bepalen van de afdichting van enkelvoudige lassen staan twee methoden ter beschikking, ultrasoon onderzoek (3.2.3) en afvonken (3.2.5). De controle is samengevat in figuur 3. De door één van beide methoden gelokaliseerde lekken moeten op de onder 2.5 beschreven wijze worden gerepareerd. Na de reparatie worden ze opnieuw ultrasoon gecontroleerd of eventueel beproefd op dichtheid m.b.v. de vacuümklomp (3.2.4). Niet geslaagde reparaties worden opnieuw uitgevoerd en beproefd. Wanneer alle reparaties goed uitgevoerd blijken wordt de betreffende lasverbinding alsnog goedgekeurd.

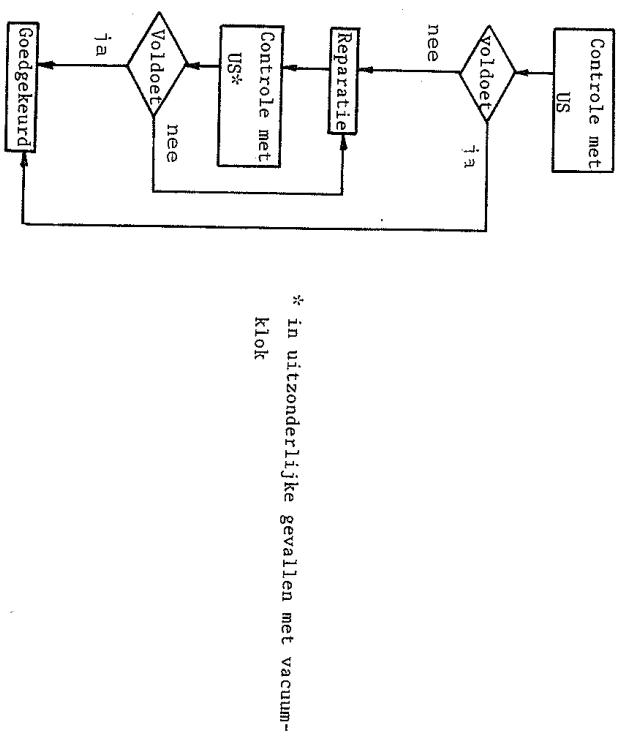


Fig. 3. Werkwijze van de controle van enkelvoudige lassen.

### 3.2.3 Uitzonderlijke gevallen

Wanneer zeer hoge eisen worden gesteld aan de verbinding vindt een controle plaats als aangegeven in figuur 4. Behalve een ultrasoon controle vindt tevens een controle door afvonken plaats (3.2.5).

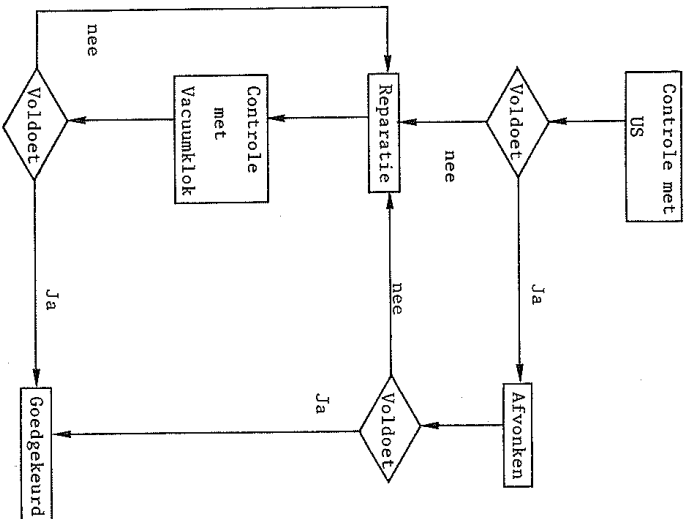


Fig. 4. Werkwijze van de controle van enkelvoudige lassen wanneer zeer hoge eisen aan de verbinding worden gesteld.

### 3.2.4 Ultrasoon onderzoek

Holten en andere fouten in lassen van afdichtingsfolies zijn op te sporen met ultrasone trillingen. Het hierbij te gebruiken testapparaat zendt vanuit een op het te onderzoeken materiaal geplaatste, beproevingskop ultrasonore geluidspulsen door het materiaal van de las. Deze pulsen worden gerefleeteerd tegen de achterzijde van het materiaal. De tijd die verloopt tussen het zenden van een puls en de ontvangst van de reflectie is een maat voor de dikte van het materiaal. De ontvangst vindt plaats door dezelfde beproevingskop waarmee de geluidspuls is uitgezonden. Ook in de las aanwezig fouten reflecteren een deel van de puls. De ontvangst van reflecties op fouten vindt eerder plaats dan die van de reflectie op de achterzijde. Hierdoor zijn voorkomende fouten te herkennen.

De reflecties worden zichtbaar gemaakt op een in het apparaat ingebouwd oscilloscoopscherm. De horizontale as van het scoop-beeld is een maat van de diepte van het onderzochte materiaal, de verticale as geeft de sterkte weer van het gerefleeteerde signaal. De hoogte van de amplitude van een foutreflectie, vergeleken met de amplitude van de reflectie tegen de achterzijde van het materiaal zonder dat daarin een fout aanwezig is, is een maat voor de afmeting van de fout. Een foutreflectie die ca. 5% bedraagt van de reflectie van de achterwand blijkt in de praktijk nog goed aan te tonen. Dit komt overeen met een fout ter grootte van 5% van het oppervlak van het zendingedeelte van de transducer.

De beproeving van de lassen dient zorgvuldig plaats te vinden door gekwalificeerd personeel. Omdat verschillende apparaten in de handel zijn kunnen geen specifieke gedetailleerde gebruiksaanwijzingen worden gegeven. Bij de beproeving verdienen de volgende punten de aandacht:

- a. Er moet voortdurend een goed akoestisch contact zijn tussen de transducer en de lasverbinding, bijvoorbeeld door een dun laagje water als tussenlaag. Er zijn verschillende uitvoeringsvormen mogelijk waarbij de transducer over de lasverbinding kan worden geschoven terwijl tussen de transducer en de las een laagje water wordt gebracht. Hierbij kan de meting over grote lengtes las ononderbroken worden uitgevoerd.
- b. De apparatuur moet zo kunnen worden afgeregeld dat tijdens de proef een signaal wordt gegeven, bij voorkeur een geluidssignaal, wanneer



- het goede contact tussen de lasverbinding en de transducer (of de testkop met transducer) wordt verbroken.
- een fout in de lasverbinding aanwezig is.

Het ultrasoon apparaat moet worden afgeregeld m.b.v. een calibratieblokje. Dit bestaat uit een stukje lasverbinding dat op het grensvlak is voorzien van een kanaaltje van 0,5 mm <sup>1)</sup> middellijn. Dit vertegenwoordigt het minimum foutoppervlak dat nog moet zijn aan te tonen met een transducer met een oppervlak van het zendgedeelte van maximaal 100 mm<sup>2</sup>.

In de figuren 5 en 6 zijn voorbeelden weergegeven van een foutloze las en van een las met een kanaaltje, zoals weergegeven door de oscilloscoop.

Wanneer bij een inspectie een fout wordt gemeld wordt door in zijdelingse richtingen heen en weer te bewegen de omvang van de fout vastgesteld. Daarbij moet worden voldaan aan de eisen van 2.3., zoals nader omschreven onder 3.2.

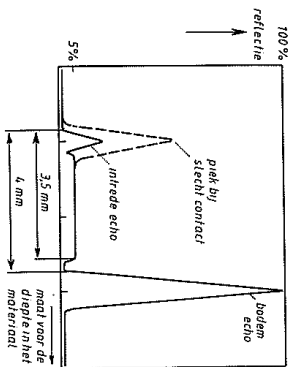


Fig. 5. US-controle van foutloze las.

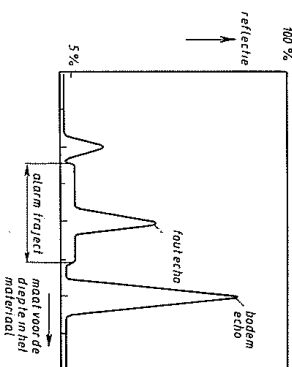


Fig. 6. US-controle van las met porie (kanaaltje van 0,5 mm middellijn).

- 1) Voorlopige eisen die op grond van praktijkervaringen en van nader onderzoek nog kunnen worden bijgesteld.

### 3.2.5. Vacuümklomethode

Bij deze methode wordt, gebruik gemaakt van een vacuüm klok. Dit apparaat bestaat uit een klok van doorzichtig materiaal die met een vacuümslang is verbonden aan een vacuümpompje.

Het te beproeven deel van de las wordt ingekwast of bespoten met een proefvloeistof. De vacuüm klok wordt op de las van een gerepareerde plak geplaatst, de lange as van de klok evenwijdig aan de las, de las zelf ongeveer in het midden. De vacuümpomp wordt aangezet en het ventiel geopend. Er wordt vacuüm gezogen tot 0,2 bar. Vervolgens wordt het ventiel gesloten. In het geval van lek zijn zich verplaatsende luchtbellen zichtbaar en stijgt de druk. Deze bewerkingen worden langs de gehele omtrek van een gerepareerde plaats voortgezet. Worden een of meer lekken geconstateerd dan moet de reparatie opnieuw worden uitgevoerd. Wanneer geen lekken op deze wijze zijn op te sporen wordt de uitvoering van de reparaties goedgekeurd.

### 3.2.6. Afvonken

Bij deze methode worden lekken in lassen aangetoond door middel van een vonktest. Hierbij is, volgens een gepatenteerde methode, een 0,5 mm dikke liuze metaaldraad in of direct achter de las aangebracht tijdens het lassen. Met behulp van een hoogfrequent wisselspanningsafvonkapparaat wordt op een metaalborstel een hoogfrequent wisselspanning van circa 50 kV aangebracht. Met deze borstel wordt de las afgetast. Op de plaatsen, waar de las slecht is, waar dus de draad in directe verbinding met de buitenlucht staat, treedt vonkoverslag op. Deze vonkoverslag moet, bij voorkeur akoestisch, door het apparaat worden gesignaleerd.

Eventuele slechte plaatsen worden gemarkeerd, en vervolgens gerepareerd. De daaropvolgende lekproefing moet met een vacuüm klok worden uitgevoerd, daar nu de afstand tot de metaaldraad zo lang is geworden dat in geval van lekke geen vonkoverslag ontstaat.

Met behulp van ultrasoon onderzoek kan desgewenst worden vastgesteld of de draad overal aanwezig is. De metaaldraad wordt niet met het beproevingsapparaat verbonden, eventuele breuken in de draad hebben geen invloed op het resultaat.

### 3.3 CONTROLE VAN PROEFVERBINDINGEN VAN KUNSTSTOF AFDICHTINGSFOLIES OP TREK-EIGENSCHAPPEN

Aan de in het veld gemaakte proefverbindingen worden op het laboratorium trekproeven en trekslagproeven uitgevoerd bij  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

#### 3.3.1 Trekeigenschappen

De bepaling van de treksterkte en van de vloeigrens moet worden uitgevoerd volgens NEN-ISO 527. De proefomstandigheden zijn samengevat in onderstaande tabel.

Beproevingsnelheid mm/min.	Proefstukvorm
HDPE 100	type I
ECB 200	type I
ECB/PE 200	type I
PVC en CPE 500	breedte 25 mm, inspanlengte 100 mm
Versterkte CPE 100	breedte 50 mm, inspanlengte 250 mm

De proefstukken moeten zo uit het materiaal worden genomen dat de las zich in het midden van het proefstuk bevindt.

De eisen zijn als volgt.

De vloeispanning voor een verbinding in HDPE (berekend op de doorsnede van het niet-gelaste materiaal) moet minstens 85% <sup>c)</sup> zijn van de vloeispanning van het niet-gelaste materiaal. Het proefstuk moet breken na het tweede vloeipunt.

Voor andere kunststof materialen moet de treksterkte, berekend op de doorsnede van het niet-gelaste materiaal, minstens 75% <sup>c)</sup> van de treksterkte van het niet-gelaste materiaal bedragen.

<sup>c)</sup> eis afkomstig van KRI-TNO.

In alle gevallen mag de breuk niet in de verbinding optreden en mag de breuk, visueel beoordeeld, niet bros van aard zijn <sup>c)</sup>.

#### 3.3.2 Trekslagsterkte

De trekslagsterkte moet worden bepaald overeenkomstig DIN 53448, echter met een proefstuk volgens NEN-ISO 527, type I. De energie-inhoud van de hamer moet 50 Joule bedragen.

De proef wordt in vijfvoud uitgevoerd. De proefstukken moeten zo uit het materiaal worden genomen, dat de las zich in het midden van het proefstuk bevindt.

De eisen zijn als volgt:

In alle gevallen mag de breuk niet in de verbinding optreden en mag de breuk, visueel beoordeeld, niet bros van aard zijn <sup>c)</sup>. Voor HDPE is een minimum trekslagsterkte vereist van  $250 \text{ kJ/m}^2\text{c}$ , berekend op de niet-gelaste doorsnede. Voor andere kunststof materialen zullen de vereiste minima op grond van experimenteel onderzoek nader moeten worden vastgesteld. De trek-slagsterkte, berekend op de doorsnede van het niet-gelaste materiaal moet minstens 75% bedragen van de trekslagsterkte van het niet-gelaste materiaal <sup>c)</sup>.

### 3.4 CONTROLE VAN DE RANDAFWERKING EN VAN ALLE BIJZONDERE VERBINDINGEN

De laatste controle betreft de afwerking van de randen en die van de bijzondere voorzieningen. Deze controle heeft betrekking op de zorgvuldigheid waarmee deze zijn uitgevoerd volgens het uitvoeringsplan en de daarin voorkomende tekeningen. De uitvoering van deze laatste inspectie vindt visueel plaats zonder dat daarbij gebruik gemaakt wordt van bijzondere hulpmiddelen.

<sup>c)</sup> eis afkomstig van KRI-TNO.

## APPENDIX bij het acceptatieprotocol

Acceptatie van op kunststofvezelversterkte lagen gespoten bitumenfolies.

In sommige gevallen wordt afdichtingsfolie ter plaatse opgebouwd. Eerst wordt een laag versterkingsweefsel of non-woven op basis van kunstvezel (min. 250 g/m<sup>2</sup>) aangebracht door uitrollen. Hierop wordt een laag bitumen-latex-emulsie gespoten zodat een totale foliedikte van minimaal 5 mm wordt verkregen. Er moeten daarbij maatregelen worden getroffen dat de beoogde laagdikte wordt bereikt en gehandhaafd. Naast de van bitumen voorziene laag wordt een nieuwe laag versterkingsvezelmateriaal aangebracht met een overlap van tenminste 0,4 m. De beide lagen worden onderling verbonden door een of meer dunne lagen gespoten bitumen. De totale breedte van de verbinding door bitumen is ten minste 0,2 m. De nieuwe baan wordt op dezelfde wijze als de voorgaande baan van bitumenemulsie voorzien zodat ook ter plaatse van de verbinding de versterkingslaag niet meer zichtbaar is. Op deze wijze wordt de gehele stortplaats van gespoten afdichtingsfolie voorzien. Er moet op worden gelet dat binnen 24 uur een stofdroge beloopbare laag ontstaat. Verder zijn in principe alle aan op rollen geleverde afdichtingsfolie te stellen eisen eveneens van toepassing op gespoten afdichtingsfolies.

Het keuringsplan van de stortplaats voorzover dat betrekking heeft op de gespoten bitumenafdichtingsfolie omvat de controle door visuele inspectie na het uitrollen van iedere rol vezelversterkingslaag, de controle van het spuitprocédé, die door visuele inspectie bij het aanbrengen van de gespoten laag en de controle van de dikte van de aangebrachte folie door ultrasone diktemeting.

#### 1. Controle van iedere rol vezelversterkingsmateriaal.

Tijdens en na het uitrollen van iedere rol vezelversterkingsmateriaal moet het uiterlijk visueel worden beoordeeld. Voorkomende beschadigingen moeten worden hersteld met hetzelfde versterkingsmateriaal, overlap naar alle kanten 0,4 m. De overlap moet op dezelfde wijze met het versterkingsmateriaal worden verbonden als de banen versterkingsmateriaal onderling.

#### 2. Controle van het spuitprocédé.

Bij het aanbrengen van de lagen door spuiten moet aan het begin van iedere dag van uitvoering onder toezicht van de inspecterende instantie onder veldomstandigheden een proefstuk worden vervaardigd op dezelfde wijze en onder dezelfde omstandigheden als de uitvoering van het werk plaatsvindt. Het betreffende proefstuk wordt door de inspecterende instantie gecoodeerd, in bewaring genomen en visueel beoordeeld op impregnering, coagulering en op dikte. Wanneer deze eigenschappen naar het oordeel van de keurmeester voldoende zijn kan het werk worden uitgevoerd.

#### 3. Controle door visuele inspectie bij het aanbrengen van de gespoten laag.

Iedere baan moet, alvorens de te spuiten laag wordt aangebracht visueel worden beoordeeld op afwezigheid van plooiën in de versterkingslaag, op voldoende overlap met de aanliggende baan en op de wijze waarop beide banen onderling zijn verbonden. Nadat de bitumenlaag is gespoten moet deze visueel worden beoordeeld op de gelijkmatigheid van aanbrengen en op de mate waarin de emulsie is gecoaguleerd.

#### 4. Controle van de dikte van de bitumenlaag.

De controle op de foliedikte kan steekproefsgewijs worden uitgevoerd door ultrasoon onderzoek zoals omschreven onder 3.2.4 of een diktemeter volgens hetzelfde principe. De plaats van de bodemecho op het scherm geeft de dikte van de bitumenlaag aan. De apparatuur moet met behulp van een stuk van dezelfde afdichtingsfolie van bekende dikte worden getijkt.

Plaatselijk voorkomende dunne plekken behoeven niet in alle gevallen te leiden tot de aanduiding "bij te spuiten plaats". Daarvoor is het noodzakelijk dat het oppervlak van deze plek een bepaalde grens overschrijft. De dunne plaats wordt aangeduid als "bij te spuiten plaats" wanneer deze dunner is dan de vereiste dikte (5 mm) en wanneer bovendien wordt voldaan aan één van onderstaande voorwaarden.

$c \geq 0,9$	b	en	$0 > 1$	$m^2$
$c \geq 0,75$	b	en	$0 > 0,5$	$m^2$
$c \geq 0,6$	b	en	$0 > 0,1$	$m^2$
$c < 0,6$	b			

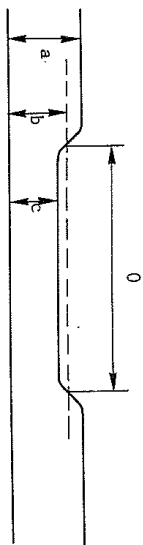


Fig. Schematische weergave van een dunne plaats in een gespoten bitumenfolie.

- a = werkelijke foliedikte
- b = vereiste foliedikte (5 mm)
- c = plaatselijke dikte van een dunne plaats
- 0 = oppervlakte van de dunne plaats

Plaatsen die volgens deze omschrijving te dun zijn moeten worden bijgespoten tot minstens de vereiste foliedikte is bereikt.

kunststoffen en rubber instituut tno

D 10/84 13 juni 1984

#### D - ALGEMENE VRAGENLIJST

Deelinhoud:	1. Bestendigheid tegen chemicaliën/milieuvriendelijkheid	82
	2. Permeatie	82
	3. Sterkte	83
	4. Duurzaamheid	83
	5. Dimensies	84
	6. Verwerkbaarheid	85

### 1. BESTANDHEID TEGEN CHEMICALIËN/MILIEUVRIENDELIJKHEID

- 1.1. Is de afdichtingslaag op grond van de door de leverancier opgegeven chemische bestandheid geschikt voor het gestelde doel? Al naar gelang de toepassing moet worden gelet op één of meer van de volgende media:
- percolatiewater
  - chemicaliën als zodanig en/of verzadigde oplossingen ervan in water
  - sterk zure of alkalische media
  - oxydatieve media
  - combinaties van zure en oxydatieve media
  - olie- en benzine
  - aromatische koolwaterstoffen (benzeen, toluen, xyleen e.d.)
  - gechloreerde koolwaterstoffen (o.a. trichloorethyleen, tetra-chloorkoolstof)
  - andere organische oplosmiddelen.

1.2. Is de opgegeven wateropname acceptabel?

1.3. Is volgens de opgave van de leverancier de uitloging van materiaal door water niet te hoog? (niet meer dan 1%).

1.4. Is in de gevallen dat afdichtingslagen worden toegepast in de nabijheid van drinkwaterwingebieden voor het toe te passen materiaal een KIWA verklaring van geen bezwaar afgegeven of is op andere wijze aangetoond dat geen toxische stoffen worden afgegeven?

### 2. PERMEATIE

2.1. Is informatie beschikbaar van de leverancier over de doorlatenheid op de langeduur, rekening houdend met een van de aard en dikte van het materiaal afhankelijkke inductietijd? Zie onder 1.1. opgegeven lijst. Is deze doorlatenheid in de gegeven situatie acceptabel?

### 3. STERKTE

3.1. Zijn van de zijde van de leverancier gegevens bekend over de sterkte op lange termijn? Bedoeld worden gegevens van voortdurend belast of gerekt materiaal in aanwezigheid van media zoals opgesomd onder 1.1. (voorzover van toepassing).

### 4. DUURZAMHEID

4.1. Brengt de toepassing en de werkwijze tijdens gebruik met zich mee dat zware eisen wat betreft de bestandheid tegen zonlicht worden gesteld? Een zware eis is max. 50% achteruitgang in trekslagsterkte na 10 jaar natuurlijke belichting, onder 45° gericht op het zuiden.

Zo ja, voldoet de afdichtingsfolie daaraan volgens de leverancier op grond van buitenvoeren of van versnelde proeven zoals 3000 uur Xenotest 1200 (37,5 GJ/m<sup>2</sup>) met trekslagsterkte als criterium (min. 50% van aanvangswaarde)?

4.2. Is de eis t.a.v. bestandheid tegen zonlicht lichter, bijv. max. 1 jaar onder 45° gericht op het zuiden, te vergelijken met de eis die aan landbouwfolie wordt gesteld. Zo ja, voldoet de afdichtingslaag daaraan volgens de leverancier op grond van buitenvoeren of van versnelde proeven zoals 300 uur Xenotest 1200 (3,75 GJ/m<sup>2</sup>) met de onder 4.1. vermelde trekslagsterkte eis?

4.3. Is de door de leverancier opgegeven levensduur acceptabel?

4.4. Zijn de opgegeven resultaten van begraafproeven acceptabel?

4.5. Zijn opgegeven proefresultaten over de invloed van vegetatie (wortel-groei, doordringen van groeipunten) bevredigend?

Is er in het geval van versterkte bitumen rekening gehouden met de aanwezigheid van een anti-doorgroei folie of zijn door de fabrikant stoffen aan de bitumen toegevoegd om doorgroei te voorkomen?

Is de opgegeven bestandheid tegen vraat van knaagdieren en vogels voldoende?

## 5. DIMENSIES

- 5.1. Op welke lengte- en breedtemaat van de afdichtingslaag is het legplan gebaseerd?
- 5.2. Kloppen deze maten met de opgave van de leverancier, rekening houdend met de opgegeven toleranties en met de vereiste overlappen?
- 5.3. Als het een kunststof afdichtingslaag betreft is de laagdikte dan 2 mm en als het versterkte bitumen betreft is deze dan 5 mm?
- 5.4. Als afgeweken wordt van de onder 5.3. opgegeven laagdikten zijn daarvoor dan duidelijke redenen aan te wijzen en zijn eventuele gevolgen overwogen?

## 6. VERWERKBARHEID

- 6.1. Is het materiaal wat betreft brosheid, flexibiliteit en sterke geslacht om onder de te verwachten weersomstandigheden (zomer, winter) te worden gelegd?
- 6.2. Is het afdichtingsmateriaal voldoende lasbaar?
- 6.3. Zijn las- en legvoorschriften voorhanden en zijn deze in overeenstemming met de in het acceptatieprotocol voorgeschreven werkwijze?
- 6.4. Zijn leverancier en/of uitvoerder gekwalificeerd om de verbindingen tot stand te brengen, te beproeven en te repareren op de in het acceptatieprotocol vermelde wijze?

## ENQUÊREFORMULIER VOOR HET PROJECT "KUNSTSTOFFOLIËS"

### Inleiding

Wij verzoeken U het formulier in te vullen uitsluitend voor de produkten die volgens uw inzicht en ervaring in aanmerking komen voor één of meer van de beoogde toepassingsgebieden. Dit zijn die voor toepassing als af-dichtende laag

- voor opslag- en stortplaatsen van huisvuil
- voor opslag- en stortplaatsen van industrieel afval
- ter afscherming van vervuillingsbronnen in de nabijheid van drinkwatergebieden zoals benzinstations, parkeerplaatsen en autowegen.

Wanneer U meer dan één produkt levert (bijv. één soort in twee of meer dikten) verzoeken we U voor ieder produkt een afzonderlijk formulier in te vullen. Één formulier kan daarbij dienen als referentieformulier waar-naar voor een aantal aspecten die geheel overeenkomstig zijn kan worden verwezen.

Manneer de beschikbare ruimte voor het invullen in bepaalde gevallen on-toereikend is kunnen aanvullingen worden gegeven op een afzonderlijk toe-te voegen blad onder verwijzing naar het betreffende onderwerp.

Van een aantal gehanteerde termen is in een appendix een nadere omschrijving gegeven.

Tenslotte vragen we U om zoveel mogelijk concrete resultaten te leveren indien mogelijk met vermelding van het gebruikte keuringsvoorschrift en van de omstandigheden waaronder de betreffende informatie is verkregen.

1. Specificatie van de grondstoffen waaruit het produkt is vervaardigd. Deze rubriek bestaat uit twee delen:

- 1.1. Een algemeen gedeelte dat betrekking heeft op iedere toe te passen afdichtingslaag.

- 1.2. Een specifiek gedeelte met rubrieken die uitsluitend betrekking hebben op de in de afdichtingslaag verwerkte grondstoffen. Uiteraard hoeven slechts de op de betreffende afdichtingslaag betrekking hebbende rubrieken te worden ingevuld.

- 1.1. Algemene zaken.

Is het produkt homogeen of samengesteld?

Indien het produkt samengesteld is:

- o Hoe is de opbouw en de konstruktie van het produkt?

- o Wat is de functie van de onderdelen waaruit het produkt is samengesteld? (s.v.p. aan kruisen)

onderdeel	afdichtingsfunctie	sterktefunctie	andere functie (omschrijven)

Wat zijn de afmetingen waarin het produkt maximaal kan worden geproduceerd en geleverd? Onder produktie wordt hier verstaan de vormgeving waarbij gebruik gemaakt wordt van plastische eigenschappen van het materiaal, bijv. door extrusie.

afmeting (max)	productie	levering
lengte (mm)		
breedte (mm)		

Als er verschillen zijn tussen de afmetingen in productie en in levering hoe zijn dan de verbindingen in de fabriek tot stand gebracht?

Wat is de dikte van het produkt en wat zijn de toleranties daarop?

dikte : mm  
 toleranties : mm

Wat is het gewicht van het produkt per eenheid van oppervlak en wat is het gewicht van afgeleverde rollen.

	nominaal	toleranties
gewicht per m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
rolgewicht	kg	kg

1.2. Specifieke zaken met betrekking tot de gebruikte grondstoffen.

1.2.1. Polyetheen (PE).  
 Naam (fabrieks aanduiding) en type (nummer) aanduiding van de grondstof.

Wordt als grondstof in voorkomende gevallen gebruik gemaakt van scrap of gerecycleerd materiaal?

Wat is de dichtheid v.d. PE?

Wat is de smeltindex v.d. PE?

Smeltindex bepaald volgens methode (norm, temperatuur, gewicht)?  
 Norm en omstandigheden?

Is vulstof aanwezig? Zo ja, wat is de aard en wat het gehalte?

Is kleurstof aanwezig? Zo ja, wat is de aard?

Wat zijn de karakteristieken betreffende UV-stabiliteit?

Zijn hiervan beproevingsresultaten beschikbaar?

Wat zijn de karakteristieken betreffende thermische- en oxydatiestabiliteit?

Zijn hiervan beproevingsresultaten beschikbaar?

Hoe is het krimgedrag bij verhoogde temperatuur (bijv. 100 of 110°C), zowel in de extrusierichting als loodrecht daarop? (s.v.p. aangeven de methode en profresultaten).

Zijn er ook specifieke kenmerken van het PE-materiaal die in de bovenstaande vragen niet naar voren zijn gekomen?

1.2.2. Weekgemaakt PVC

Naam (fabrieks aanduiding) en type (nummer) aanduiding van de grondstof.

Wordt in voorkomende gevallen gebruik gemaakt van scrap of gerecycleerd materiaal?

Wat is de K-waarde van het PVC?

Volgens welke methode is de K-waarde bepaald?

Wat is de aard van de weekmaker?



kunststoffen en rubber instituut tno

Weekmakergehalte in gew. %?

Wat is de aard van het stabilisatiesysteem?

Wat is het % wateropname en wat de uitloosbaarheid in water?

Volgens welke methode zijn beide eigenschappen bepaald?

Hoe groot is het weekmakerverlies? Volgens welke methode is dit bepaald?

Wat is de aard van het stabilisatiesysteem?

Is een vulstof aanwezig?

Zo ja, wat is de aard en wat het gehalte?

Is kleurstof aanwezig? Zo ja, wat is de aard?

Hoe is de stabiliteit (UV en thermisch) op de Langeduur? Geef de beproevingsmethoden en -resultaten aan.

Hoe is het krimpgedrag bij verhoogde temperatuur (bijv. 70°-100°C), zowel in de richting van de rol en loodrecht daarop? (s.v.p. aangeven de methode en de proefresultaten).

Zijn er ook specifieke kenmerken van het weekgemaakt PVC die in de bovenstaande vragen niet naar voren zijn gekomen?

### 1.2.3.

Asfaltbitumen.

Naam (fabrieks aanduiding) en type (nummer) aanduiding van de grondstof.

Verwerkingspunt (ring and ball test)?

Penetratie bij 25°C, 0,1 N, 5s?

Breekpunt Fraese?

Vloei bij 50°C, 20h?

kunststoffen en rubber instituut tno

% wateropname (methode)?

% uitloging in water (methode)?

% vluchtige bestanddelen?

Aard vulstof?

Vulstofgehalte (gew. %)?

Zeeanalyse van de vulstof?

Buigproef bij 0°C over doorn van 30 mm middellijn. Hoe is de bestandheid tegen deze proef?

Verouderingsgedrag (thermisch en UV), methode(n) waarop deze is bepaald met proefresultaten.

Hoe is het krimpgedrag bij verhoogde temperatuur in de rolijchting en loodrecht daarop? (s.v.p. aangeven de methode en de proefresultaten).

Zijn er ook specifieke kenmerken van het asfaltbitumenmateriaal die in de bovenstaande vragen niet naar voren zijn gekomen?

### 1.2.4.

Andere barriërematerialen.

Wanneer in het produkt andere dan onder bovenstaande rubrieken 1.2.1-1.2.3 vermelde barriërematerialen voorkomen wordt verzocht om een zo volledig mogelijke beschrijving.

Welk type materiaal betreft het? (volledige naam, evt. met de gebruikelijke afkorting).

Naam (fabrieks aanduiding) en type (nummer) aanduiding van de grondstof.

% wateropname? (methode).

% uitloging in water? (methode).

Aard vulstof?

Vulstofgehalte? (gew. %)

Aanwezigheid en aard van een kleurstof?

Zijn er andere toevoegingen aanwezig? (aard en gew. %).

kunststoffen en rubber instituut tno

Wat zijn de karakteristieken betreffende de UV-stabiliteit?

Zijn hiervan proefresultaten beschikbaar?

Wat zijn de karakteristieken betreffende thermische- en oxydatie-stabiliteit?

Zijn hiervan proefresultaten beschikbaar?

Wat is het krimpgedrag bij verhoogde temperatuur in rolrichting en loodrecht daarop? (s.v.p. aangeven van methode en proefresultaten).

Zijn er ook specifieke kenmerken van het barriëremateriaal die in de bovenstaande vragen niet naar voren zijn gekomen?

### 1.2.5.

Versterkingsmaterialen (bedoeld worden wapeningsmaterialen in de vorm van weefsels of non-wovens).

Aard van de vezels (materiaal).

Wat is de type (nummer)aanduiding van de vezelfabrikant en de weefsel-c.q. non-wovenfabrikant?

Wat is de samenstelling, het gewicht en opbouw van de vezels? Continue- of stapelvezel?

Weefsel of non-woven?

Gewicht per m<sup>2</sup>?

Indien weefsel, wat is de opbouw in respektievelijk ketting- en inslag-richting?

Wat is het weefpatroon?

kunststoffen en rubber instituut tno

Zijn er ook specifieke kenmerken van het versterkingsmateriaal die in bovenstaande vragen niet naar voren zijn gekomen?

### 1.2.6.

Grind, leisteen korrels (als bovenlaag).  
Specificatie van deze korrels?

Zeeanalyse ervan?

Gewichts % van het korrelmateriaal betrokken op de totale afdichtingslaag?

Eventuele nadere bijzonderheden.

### 1.2.7.

Andere lagen.

Wanneer andere lagen dan die uit bovenstaande materialen zijn toegepast wat is dan daarvan de functie (bijv. antikleef, glijlaag e.a.)

Welke laag of lagen betreft het?

Eventuele nadere bijzonderheden.

## 2.

Eigenschappen van het produkt (de afdichtingslaag) als geheel, zoals het wordt afgeleverd.

### 2.1.

Permeabiliteit.

Welke methoden zijn toegepast ter bepaling van de permeabiliteit?

Welke peilchemicaliën worden door U gehanteerd ter karakterisering van de permeabiliteit?

Is de invloed van mengsels of andere combinaties van verschillende stoffen op de permeabiliteit bekend (bijv. de combinatie van een zwellend werkend organisch oplosmiddel en milieugevaarlijke stoffen zoals PCB of zouten van zware metalen)?

Zijn de peilchemicaliën behalve onverdund ook in verdunde vorm in het permeabiliteitsonderzoek betrokken? Is in dat geval de invloed van de concentratie van de onderzochte peilchemicaliën op de permeabiliteit bekend?

2.2.

Mechanische eigenschappen.

Wat betreft de uniaxiale mechanische eigenschappen moeten de twee loodrecht op elkaar staande hoofdrichtingen in aanmerking worden, de rolrichting en die loodrecht erop. Voor fabrieksmatig gemaakte verbindingen zijn slechts de mechanische eigenschappen loodrecht op de richting van de naad van belang.

Van de volgende eigenschappen zien we graag vermeld de toegepast proefmethode, eventuele bijzonderheden en het proefresultaat.

- korteduur treksterkte
- rek bij breuk
- elasticiteitsmodulus x)

van -10° tot +40°C

x) eventueel de secantmodulus onder opgave van de aangehouden rek.

- volledige trekkracht-rekcurve bij een voor het betreffende materiaal representatieve reknelheid (bij PE voor 50 mm klemstand 50mm/min) (s.v.p. fotocopie van de curve bijvoegen).
- flexibiliteit (stiffness-test) (-10° tot +40°C)
- karakterisering van de weerstand tegen slag of stoot (-10° tot +40°C) (uniaxiaal en biaxiaal)
- biaxiale stempelproef
- biaxiale doorponsproef
- biaxiale breukrek
- scheursterkte
- langeduurtrekgedrag onder konstante belasting (rek tegen tijd) (max. 23°C).
- hoe is het langeduur breukgedrag gekarakteriseerd (aangeven of de belasting of de deformatie is opgelegd).

van -10° tot + 40°C

2.3.

Chemische en biologische resistentie.  
Welke peilchemicaliën worden gehanteerd ter karakterisering van de chemische resistentie?

Hoe is de chemische resistentie in deze peilchemicaliën? Hoe zijn de proefresultaten?

Zijn ook resultaten bekend van de resistentie van de afdichtingslaag tegen mengsels van chemicaliën? Hoe zijn deze proefresultaten?

Hoe is de bestandheid tegen percolatiewater? Proefresultaten?

Zijn gegevens bekend over de bestandheid van het materiaal tegen spanningcorrosie? (Spanningcorrosie is het optreden van scheurvorming door inwerking van omgevingsinvloeden zoals zeep of chemicaliën op materiaal dat op trek is belast. De scheuren kunnen na kortere of langere tijd ontstaan). Is bij spanningcorrosieonderzoek de belasting of de rek opgelegd? Welke methode van onderzoek is gebruikt? Gaarne opgave van proefresultaten.

Hoe is de invloed van de fauna op de afdichtingslaag (knaagdieren, vogels enz.). Zijn er proefresultaten?

Hoe is de invloed van de flora op de afdichtingslaag (wortelgroei, groeipunten van bijv. scherp gras e.d.). Zijn er proefresultaten?

Hoe is het resultaat van begraafproeven (invloed van bodembacteriën). Zijn er proefresultaten?

Kwaliteitscontrole.

Welke procedures en proefmethoden worden door U voorgescreven en gebruikt vanaf het binnenkomen van de grondstoffen tot het eindproduct en de optredende tussentassen om de kwaliteit van het eindproduct te garanderen, zowel uit het oogpunt van afmetingen, permeabiliteit, mechanische als andere eigenschappen?

Hoe is bij de fabrikant de kwaliteitscontrole georganiseerd?

Zijn de resultaten van de kwaliteitscontrole in het kader van een kwaliteitscontroleplan ter inzage voor bevoegden?

Wat is de frekwentie van de kwaliteitscontrole en wat heeft de keuze van deze frekwentie bepaald?

4. Ontwerp-, leg- en verbindingsmethodiek.

Voor welke toepassing(en) acht U de afdichtingslaag geschikt?

Welke voorwaarden worden gesteld ten aanzien van terreingesteldheden zoals grondsoort, bodemstabiliteit, vorm van de opslagplaats.

Is het afdichtingsmateriaal geschikt om grote verschillen in grondzetting te overbruggen?

Wat zijn de legvoorschriften voor de afdichtingslaag (inclusief de voorbehandeling van het terrein)?

Is na het leggen een zand- of grondbedekking noodzakelijk. Zo ja, wat is de voorgeschreven dikte van deze bedekking?

Acht U het materiaal na het leggen beloopbaar en/of berijdbaar? Zo ja, welke voorwaarden zijn verbonden om het materiaal te kunnen belopen of berijden?

Worden er beperkingen gesteld t.a.v. de aard van het materiaal dat wordt opgeslagen c.q. geweerd?

Welke verbindingstechniek(en) zijn voor de afdichtingslagen beschikbaar?

Welke daarvan worden aanbevolen of voorgeschreven?

Hoe luiden de verwerkingsvoorschriften voor de verbindingen? (gedetailleerde opgave van de te volgen werkwijze om tot goede verbindingen te komen).

5. Controlerestroom van de kwaliteit van het uitgevoerde werk in het veld, inclusief de verbindingsmethode.

Hoe en op welke eigenschappen wordt de gelegde constructie inclusief de verbindingen beoordeeld, in het bijzonder de mechanische sterkte en de dichtheid?

Zijn er ook alternatieve beoordelingsmethoden beschikbaar?

Hoe is uw advies t.a.v. de organisatie van de controle van de verbindingen om zekerheid te hebben dat deze gedurende de vereiste levensduur goed functioneerd?

6. Aflieferingscondities van in het veld aangebrachte afdichtingsconstructies.

Wat zijn volgens U de criteria waarop het complete gelegde en afgewerkte systeem bij aflevering door de afnemer zou moeten worden geaccepteerd?

7. Normen enz.

Wanneer U normen, specificaties, protocollen enz. bekend zijn die betrekking hebben op afdichtingslagen en -systemen zouden we daarvan gaarne verwijzingen, details of zo mogelijk fotocopies van U ontvangen.

APPENDIX

Korte omschrijving van gebruikte termen.

- Afdichtingslaag : produkt zoals op rol geleverd.
- Barrière materiaal : materiaal dat als primair doel heeft een ondoorlatende laag te vormen.
- Homogeen : in dit verband wordt onder homogeen verstaan: opgebouwd uit één materiaal.
- K-waarde : in dit verband: een getal dat een indicatie is voor het molecuulgewicht van PVC.
- Non Woven : op rollen geleverd niet-geweven vezelmateriaal, waarbij de vezels d.m.v. zeer weinig lijm in verband worden gehouden.
- Pellicemicalie : een chemicalie waarvan mag worden verwacht dat het gedrag ten opzichte van de afdichtingslaag representatief is voor het gedrag van een groep overeenkomstige chemicalien.
- Uitloging : het oplossen van bestanddelen van de afdichtingslaag in het water waarmee het in contact is.
- Secantmodulus : het quotiënt van de spanning nodig om een bepaalde rek in het materiaal te laten optreden en deze betreffende rek zelf.
- Versterkingsmateriaal : wapening, veelal weefsels of non-wovens die in de laag worden aangebracht om de nodige sterkte te verkrijgen.

APPENDIX II - VERWERKING VAN HET COMMENTAAR DAT GELEVERD IS DOOR DE LEVERANCIERS

Deelinhoud:	Inleiding	100
	BP - Beoordelingsprotocol	101
	KP - Keuringsprotocol	108
	AP - Acceptatieprotocol	115

INLEIDING

Op grond van een in 1983 gehouden enquête, uit beschikbare publicaties en uit eigen ervaring zijn in opdracht van het Ministerie VROM, in nauw overleg met een daartoe samengestelde project-begeleidingscommissie een dierstal protocol en een keuringprotocol (KP) en een acceptatieprotocol (AP) voor het toepassen van kunststofliëns en met kunststofvezel versterkte bitumenlagen als onderafdichting ten behoeve van bodembescherming, in het bijzonder bij stortplaatsen.

Na het samenstellen van de genoemde protocollen zijn deze ter kritiek gestuurd aan de fabrikanten en leveranciers van afdichtingsfolies die meegewerkt hebben aan bovengenoemde enquête.

Het geleverde kritisch commentaar is in het algemeen uiterst opbouwend van aard. Het is te onderscheiden in:

- Opmerkingen over de protocollen voorkomende feitelijke onjuistheden.
- Kritiek op grond van bij de leveranciers aanwezige praktische ervaring die de kwaliteit van de protocollen duidelijk verbetert.
- Kritiek die ofwel niet overeenkomt met de opvattingen van de auteurs van de protocollen en de begeleidingscommissie van het project danwel, wanneer deze kritiek van verschillende kanten komt, onderling strijdig is.
- Opmerkingen waarin commerciële belangen een rol spelen.

De eerste twee rubrieken zijn verwerkt in een verbeterde versie van de drie protocollen. De overige zijn geordend en worden samengevat in dit rapport. De in dit rapport weergegeven paragraafaanduiding heeft betrekking op die welke in de afzonderlijke protocollen wordt gehanteerd.

BP - BEOORDELINGSPROTOCOL1. Inleiding

De benaming afdichtingsfolie (gedefinieerd in de begrippenlijst) is door de overheid voorgeschreven.

Er blijkt behoefte te bestaan aan een beter gespecificeerde omschrijving van het begrip industrieel afval.

De vraag naar een meer gedetailleerd onderscheid tussen bitumen en kunststof in het BP lijkt ons niet terecht. Er is getracht de beide materialen die in de afdichtingsfolies worden toegepast naast elkaar te presenteren.

Als commentaar is ook gegeven dat bitumenfolies eenvoudiger zouden zijn te installeren dan kunststofliëns. Deze bewering is niet voldoende overtuigend om deze over te nemen in het BP.

In verband met de bewering dat gewapende folies bij hoge temperatuur niet minder sterk zouden worden merken we op dat de algemene bewering moet blijven zoals is geformuleerd. Deze heeft betrekking op "de meeste folies".

## 2.

Functionele eisenAfdichting

Er is verzocht om een duidelijker onderscheid te maken tussen homogene lassen, dubbele naad-verbindingen en vloei-verbindingen met bitumen. Dit is echter in dit stadium te detailistisch. In de verschillende protocollen wordt aan deze zaken voldoende aandacht geschonken.

De informatie die incidenteel ter beschikking is gesteld ten aanzien van permeatie is op zichzelf nuttig, evenals het in ref. 5.1 vermelde onderzoek. Er is echter geen aanleiding om deze op deze plaats in het BP te vermelden.

### Materialdikte

In tegenstelling tot de opvatting van veel deskundigen, met name het Laboratorium voor Grondmechanica, die in het BP is weergegeven wordt als commentaar gegeven dat de in afdichtingsfolie optredende materiaalkrek wel door deze folie wordt bepaald. Afhankelijk van dat deel van het folieoppervlak "waarover de vervorming verdeeld wordt" en de trek-reekurve van het foliemateriaal zal in de folie een bepaalde mate van rek optreden. Dit zou vooral bij versterkte folies een rol spelen.

De opmerking dat de vereiste foliedikte wel is te berekenen achten we onvoldoende onderbouwd. De ons bekende gegevens van het permeatieonderzoek bij BAM-Berlin (ref. 5.1) bieden daartoe onvoldoende informatie. Voor een belangrijk deel is dat het gevolg van het ontbreken van goed geformuleerde eisen van milieudeskundigen. De gemaakte opmerking dat een goede HDPE-buis met minimaal 10 mm wanddikte totaal geen permeatie zou vertonen betwijfelen we.

Van verschillende kanten is betreurd dat voor de toepassingen is gekozen voor een minimum foliedikte, temeer waar dan toch weer uitzonderingen worden toegelaten. Vanzelfsprekend is deze zaak uitvoerig behandeld in de begeleidingscommissie van dit project. We kunnen de teleurstelling begrijpen maar zijn toch van mening dat op dit ogenblik geen bruikbare alternatieven mogelijk zijn. Wat betreft de uitzonderingen wijzen we op dat deze zijn gebonden aan in het BP vermelde voorwaarden.

### Mechanisch gedrag

Gegevens over op inwendige druk belaste HDPE-buizen zijn vrij algemeen beschikbaar. De in afdichtingsfolies optredende biaxiale spanningstoestand zal echter verschillen van die welke optreedt in op inwendige druk belaste buizen. Het omrekenen van sterktegegevens van een bepaalde spanningstoestand naar een andere blijft uitermate speculatief.

De opmerking dat veel bekend is van het breukgedrag van HDPE onder een aangebrachte constante spanning dient juist om aan te geven dat veel

minder bekend is van het breukgedrag onder aangebrachte constante deformatie. Dat deze, gunstigere, belasting eerder op afdichtingsfolies van toepassing is wordt verderop in deze paragraaf vermeld.

In fig. 3 worden geen gegevens over de zeepoplossing gegeven. De achtergrond hiervan is dat deze informatie uitsluitend illustratief is. Overigens is de invloed van type en concentratie van de zeep in het algemeen betrekkelijk gering.

Er is als commentaar gegeven dat de gevoeligheid van verschillende soorten polyethen voor spanningcorrosie sterk verschilt. Juist daarom is het zinvol het verschijnsel te vermelden en in het keuringsprotocol eisen ervoor op te nemen.

Op de opgegeven te hanteren maximum rek zoals in het BP en het KP vermeld is enig commentaar geleverd. We handhaven echter de gegeven waarden. Ze zijn opgesteld in overleg met de begeleidingscommissie en gebaseerd op door de deelnemers aan de enquete geleverde gegevens, waarbij rekening is gehouden met het verloop van de trekspannings-rekcurve van de verschillende soorten folies, met name met het al dan niet optreden van vloei. Ook is rekening gehouden met het te verwachten langeduurgedrag. Overigens zij er nog eens op gewezen dat ook om het kleinste vermelde percentage maximum rek te bereiken aanzienlijke zettingstradienten in de grond moeten optreden.

Er is geadviseerd om alleen al op grond van de aanduiding van ECB als zwak materiaal en HDPE als sterk, voor ECB een grotere maximum dikte voor te schrijven. We zijn echter van mening dat door onregelmatigheden in grondzetting een deformatie, dus een rek in de folie wordt opgelegd.

De daardoor optredende materiaalspanning is daarbij onafhankelijk van de gekozen foliedikte.

De als minimumwaarde voor de soortelijke massa van HDPE gestelde eis van 0,93 heeft betrekking op het ongevulde materiaal. Als gevolg van het aanwezige carbon-black zal de werkelijke waarde ca 0,05 hoger zijn. Alhoewel in een commentaar tegengesproken wordt dat de weerstand tegen spanningcorrosie toeneemt naarmate het gemiddelde molecuulgewicht hoger is (aangenomen dat het om materiaal gaat van eenzelfde kristalliniteit) blijven we op dit standpunt, in overeenstemming met de algemene kunststoftechnische opvatting hierover.

Naar aanleiding van fig. 4 is incidenteel geconcludeerd dat de schaal waarop deze curven zijn weergegeven willekeurig zou zijn. Dit moet worden ontkend. Wel is het zo dat de ligging van de curven van een aantal materialen sterk wordt beïnvloed door de werkelijke samenstelling ervan. De gedaante van de curve voor HDPE geeft een algemene indruk. Ook is aanmerking gemaakt op de curve voor bitumenmateriaal. Het is duidelijk dat deze curve wordt bepaald door het in het bitumen aanwezige versterkingsmateriaal. De weergegeven spanning is een gemiddelde trekspanning betrokken op de gehele doorsnede van het in vergelijking met kunststofolies 2x dikkere materiaal. De kracht nodig om in het versterkte bitumen een bepaalde rek te bereiken als in een kunststofolie zal dus ook veel groter zijn.

Er is geadviseerd om in navolging van DIN 16937 voor weekgemaakt PVC-folie een minimum treksterkte te eisen. We hebben echter bewust gekozen niet voor een sterke eis maar voor een minimum breukrek. Dit is slechts schijnbaar in tegenspraak met de eis van een minimum vloei grens voor HDPE. Zoals bekend is de achtergrond daarvan om snel vast te stellen of HDPE van voldoende hoge kristalliniteit is gebruikt.

#### Duurzaamheid

Zoals met het gehele BP het geval is ligt de nadruk van deze paragraaf op het verschaffen van informatie. De bestandheid tegen UV is als regel voor de hier beschouwde materialen slechts van ondergeschikt belang. De opgegeven waarden zijn correct. Volgens deze criteria worden op het KRITNO (werkgroep degradatie) de kunstmatige belichtingsprocessen uitgevoerd. Wel wijkt dit af van de in Duitsland gangbare beproevingsomstandigheden.

#### Bestandheid tegen aantasting van biologische aard

Er is twijfel gerezen aan de waarheid van de mededeling dat bepaalde folies ondanks de minimum dikte van 2 mm bestand zouden zijn tegen aantasting door wortelgroei, vraat door knaaagdieren enz. Hierop kan zonder onderzoek uiteraard niet worden ingegaan.

Wat betreft de antidoorgroefolie is de vraag gesteld of daarvoor een dikte-eis is te formuleren. Dat is ons niet mogelijk. We kunnen slechts eisen dat deze laag aan zijn doel moet beantwoorden. Verder is er op gewezen dat in de overlap een theoretische mogelijkheid bestaat van wortelgroei door de spleet. Hierop kunnen we slechts stellen dat de lengte van de overlap wel ruim is gekozen (300 mm).

#### Milieuvriendelijkheid van afdichtingsfolies

Op de vraag of bekend is welke materialen mogen worden toegepast in drinkwateringebieden kan het KIWA nadere informatie verstrekken.

#### Hanteerbaarheid bij het leggen

Er wordt op gewezen dat kunststofolies, met name HDPE een vrij hoge thermische uitzettingscoëfficiënt heeft waardoor als gevolg van temperatuurverschillen tussen dag en nacht golven of spanningen kunnen optreden in de folie.

De aanduiding onder dit hoofd "hanteerbaarheid" van een elasticiteitsmodulus van ca 900 N/mm<sup>2</sup> voor HDPE dient slechts als globale aanduiding. We schieten ons doel volkomen voorbij als hier nauwkeurige grenzen zouden aangeven.

#### Verbindingsstechniek

Er wordt gewezen op de mogelijkheid om bepaalde afdichtingsfolies onderling te verbinden door vloei stofflansen of lijmverbindingen. De begeleidingscommissie heeft deze verbindingsmethoden echter bewust uitgesloten.

De in het BP ten aanzien van verbindingstechniek aangegeven richtlijnen zijn een noodzakelijk minimum. Wanneer een wat uitgedrukte "code of practice" zou worden geschreven op basis van praktijkervaringen zouden nog andere aspecten kunnen worden aangeduid zoals een vlakke ondergrond en klimatologische omstandigheden die met name op de verbindingstechniek invloed hebben.



De eis van waterondoorlatendheid is naar ons oordeel en naar dat van de project begeleider commissie tergege toereikend.

### 3. Materialen

#### HDPE

Slechts polyetheen met een soortelijke massa van tenminste 0,93 is te beschouwen als HDPE. Verzoeken om ook LDPE in de protocollen op te nemen zijn niet gebleken uit de door ons daartoe ingestelde enquête.

De verschillende beschikbare soorten polyetheen zijn duidelijk aangegeven.

De suggestie om aan te geven dat de kristalliniteit van polyetheen een belangrijke eigenschap is die voor een deel bepalend is voor de eigenschappen is op zichzelf juist. Het is echter algemeen bekend dat kristalliniteit en soortelijke massa van polyetheen rechtstreeks verband met elkaar houden. Naarmate het materiaal kristallijn is, is de soortelijke massa hoger. We volstaan met het vermelden van de soortelijke massa.

#### Weekgemaakt PVC

Een commentaar vermeldt dat weekgemaakt PVC folie met een kleinere dikte dan 2 mm door knaagdieren zou kunnen worden aangevreten. De opmerking dat als gevolg van mogelijk weekmakerverlies de mechanische eigenschappen nadelig worden beïnvloed komt ons inziens in het BP al voldoende duidelijk naar voren.

#### Gespoten bitummemateriaal

Er bestaat twijfel over de onschadelijkheid van het toegevoegde anti-dooorgroei middel. In het BP wordt echter slechts gesteld dat het toegevoegde middel onschadelijk ten aanzien van het milieu moet zijn.

### 4. Evaluatie

Er is opgemerkt dat voor een werkelijke evaluatie de verschillende aangeboden systemen onderling moeten worden vergeleken. Op zichzelf is deze opmerking juist maar het gaat in dit BP juist om een vergelijking van de verschillende materialen die als afdichtingsfolie worden aangeboden.

Voorts is in bepaald commentaar weinig begrip getoond voor de argumenten die verklaren waarom een evaluatie op dit moment niet optimaal uitvoerbaar is. Wij zien geen reden om ons standpunt op dit punt te wijzigen.

Om wat betreft de evaluatietabellen, met name tabel 2 en 3 tot betere onderling vergelijkbare resultaten te komen is vergelijkend onderzoek noodzakelijk. Dit commentaar onderschrijven we volledig.

In tabel 3 is de treksterkte van HDPE niet opgegeven omdat wij van mening zijn dat slechts de vloeigrens bepalend is, dank zij de gunstige omstandigheid dat dit materiaal vloeigedrag vertoont.

De opmerking dat de opgegeven breukrekken van HDPE en ECB zouden zijn verwisseld is voor de praktijk van weinig belang. De opgegeven waarden zijn ontleend aan ons ter beschikking gestelde gegevens. Daarbij waren HDPE-soorten van verschillende herkomst betrokken.

Detailkritiek op de tabellen is voor zover we ons daar geheel mee kunnen verenigen verwerkt. Voorzover het opmerkingen van verschillende kanten betreft die onderling strijdig zijn of die niet overeenstemmen met ons oordeel of dat wat in de begeleidingscommissie naar voren is gebracht zijn deze slechts als kennisgeving aangenomen.

### 5. Referenties

Opgemerkt is dat de lijst onvolledig zou zijn. Het BP is echter niet bedoeld geweest als uitgebreide literatuurstudie. De referentielijst is dan ook uitsluitend bedoeld ter ondersteuning van enkele beweringen of om andere redenen van praktische aard.

## KP - KEURINGSPROTOCOL

### 1. Inleiding

Er blijkt behoefte te bestaan aan bruikbare definities van huishoudelijk en industrieel afval, evenals aan definities met betrekking tot de toepassingsgebieden.

### 2. Eisen aan het terrein

De aanduiding foliedeskundige zal wellicht met verloop van tijd nader moeten worden ingevuld. Op dit moment leggen we er de nadruk op dat deze deskundige onpartijdig dient te zijn.

Opmerkingen naar aanleiding van de voorlopige richtlijn voor de grenswaarde  $\epsilon^*$  zijn al bij de bespreking van het commentaar op het BP behandeld. We zien geen reden om in dit stadium in de opgegeven waarden veranderingen aan te brengen.

Uit praktijkgegevens is gebleken dat de minimum afrondingsstraal van 1 m bij de overgang van het vlakke deel naar de taluds noodzakelijk is om losstreken van afdichtingsfolies te voorkomen.

### 3. Eisen aan de afdichtingsfolies

Er wordt gewezen op het feit dat van bepaalde afdichtingsfolies betrekkelijk veel informatie beschikbaar is over functionele eigenschappen. Dit neemt echter niet weg dat van veel folies betrekkelijk weinig bekend is.

#### 3.1 Functionele eisen

##### Laagdikte

Er is vrij veel commentaar geleverd op de vereiste laagdikte. Naast bezwaren tegen de opgave van een minimum is van meerdere zijden ook kri-

stiek gekomen op het gebruik van kunststof afdichtingslagen met een kleinere dikte dan 2 mm. Ook deze zaak is zeer intensief vooraf bestudeerd in samenwerking met de begeleidingscommissie in dit project. We blijven van mening dat de gestelde minima gehandhaafd moeten worden.

##### Permeabiliteit

De resultaten van het onderzoek bij BAM-Berlijn zijn op zichzelf waardevol. Toch zijn op grond daarvan nog geen eisen te formuleren. Daar toe ontbreken voornamelijk de vereiste gegevens van gebruikerszijde en van milieudeskundigen.

##### Sterkte

Er wordt bezwaar gemaakt tegen de restrictie dat slechts voor buizenkwaliteit HDPE de langeduursterkte (gemeten over tientallen jaren continue belasting) is gemeten. Wij blijven bij deze bewering. Wel is het zo dat in bepaalde gevallen de soort HDPE die gebruikt wordt voor afdichtingsfolies en die voor buizen geheel of vrijwel aan elkaar gelijk zijn.

Zoals al eerder is opgemerkt is het ons inziens gewenst dat de opgegeven waarden voor een (langeduur) grensrek gehandhaafd blijven. De waarde van de voorgestelde grensrek van vezelversterkt CPD wordt laag geacht vergeleken met de door H. Steffen opgegeven waarden, 13% als minimum breukrek bij kortdurende biaxiale belasting. De hier gehanteerde grens is echter gebaseerd op de antwoorden van de gehouden enquête. Mogelijk zijn verschillen in versterkingsmateriaal de oorzaak van de verschillen in inzicht. De kritiek die is geuit naar aanleiding van onze opmerking dat de grensrek voor HDPE globaal 1/3 tot 1/4 van de korteduur biaxiale rek bij vloei zou zijn delen we niet.

Opgemerkt is dat de geëiste minimum treksterkte 4 N/mm laag is. We geven dit toe en erkennen dat dit vrijwel nooit een punt zal zijn waarop een folie niet zal voldoen. Uit het oogpunt van praktische hanteerbaarheid is ons inziens deze eis echter voldoende.

### Duurzaamheid

Het is in principe niet mogelijk om op grond van betrekkelijk kortdurende proeven de levensduur van afdichtingsfolie te voorspellen. Om deze reden hebben we in het KP als formulering gekozen dat een bepaalde levensduur aannemelijk gemaakt moet worden.

### Chemische bestandheid

De methode ISO R-62 is opgesteld voor kunststoffen maar is ons inziens voor alle afdichtingsfolies bruikbaar.

De gestelde grens, 3% als maximum voor opname of afgifte van materiaal, wordt ofwel te hoog dan wel te laag gevonden. We stellen voor de gestelde grens te handhaven. Opgemerkt is ook dat niet gesproken wordt over de kwaliteit van eventueel afgegeven stoffen. We wijzen er op dat dit aspect behandeld wordt onder 3.1.5 "Invloed van de afdichtingsfolie op het milieu".

### Bestandheid tegen spanningscorrosie

Er is bezwaar gemaakt tegen de hier gestelde eis omdat het door hem toegepaste materiaal geheel ongevoelig voor spanningscorrosie zou zijn. Naar onze mening is dit argument echter juist een reden om de gestelde eis te handhaven.

### Bestandheid tegen zonlicht

Er zijn twijfels gerezen naar aanleiding van de voorgestelde Xenotest. De tekst is nog eens gecontroleerd door een deskundige op het gebied van degradatie waarbij deze volkomen correct is gebleken. Wel wijken de omstandigheden (doelbewust) af van de in Duitsland gebruikelijke omstandigheden, zowel wat betreft de intensiteit van het UV licht als de toegepaste filtering.

De bezwaren geuit tegen het vermelden van twee soorten folies die ten aanzien van de bestandheid tegen zonlicht duidelijk verschillend zijn, zijn ons inziens niet gerechtvaardigd.

### Hanteerbaarheid

Er is opgemerkt dat voor bitumenaafdichtingsfolies de aanduiding winter- en zomerkwaliteit wat vaag is. We geven dit toe maar er is geen dringende reden om aan dit onderdeel veel aandacht te schenken. Het is duidelijk dat 's winters de eis ten aanzien van bestandheid tegen koude en 's zomers die ten aanzien van de warmtebestandheid het meest dringend is.

### 3.2 Controle-eisen

Er is van verschillende kanten geconstateerd dat voor veel eigenschappen geen minimum eisen zijn opgegeven. Dit is echter in overeenstemming met de gedachtegang die ten grondslag ligt aan het KP. Er zijn zo goed mogelijk min of meer concreet functionele eisen gesteld waaraan het afdichtingsfolie dient te voldoen. Om te controleren of de kwaliteit van het geleverde folie overeenkomt met die van het "type" dat aan de functionele eisen voldoet zijn de controle-eisen opgesteld. Voor veel van deze eisen is het voldoende om na te gaan of de eigenschappen binnen de door de leveranciers opgegeven toleranties liggen.

Het is niet uitgesloten dat in een later stadium, wanneer meer ervaring is verkregen, voor bepaalde materialen toch nog minimum eisen worden opgesteld. Voor HDPE is dit al gedaan ten aanzien van de vloeigrens om een noodzakelijke minimum kristalliniteit en de daarmee samenhangende weerstand tegen permeatie te garanderen.

Als kritiek is geuit dat de hier vermelde controle-eisen voor HDPE nagaan boven het eisenpakket met betrekking tot "podembescherming en beveiliging van het grondwater". Wij zijn echter van mening dat het opstellen van controle-eisen voor de verschillende materialen volkomen in overeenstemming is met de opdracht tot het opstellen van het KP. Verschillende eisen, aangegeven door voetnoten zijn voorlopig en moeten experimenteel nader worden uitgewerkt. De wenselijkheid hiervan wordt in het commentaar onderschreven.

HDPE

Het hanteren van een minimum eis voor breukrek van 400% en een minimum doorschuursterkte van 130 N/mm<sup>2</sup> lijkt ons voldoende. Ook een minimum biaxiale rek van 15%, berekend volgens de aangegeven formule is als eis redelijk te noemen.

Verbindingen-trekslageigenschappen

Opgemerkt is dat ook voor andere materialen dan HDPE minimum waarden voor trekslagsterkte zullen moeten worden geformuleerd. We zijn het hiermee eens. Hiervoor is echter nader experimenteel onderzoek noodzakelijk.

4. Kwaliteitsborgingssysteem

De vraag is gesteld wie de keuringen zullen uitvoeren en wie daarvoor de kosten moet dragen. Hoewel deze vragen niet onbelangrijk zijn kunnen we ze niet beantwoorden omdat dat buiten het kader van de opdracht tot het opstellen van protocollen valt.

4.1 Keuringsplan grondstoffen

Er is opgemerkt dat in het keuringsplan onderscheid dient te worden gemaakt naar het type HDPE waarop het betrekking heeft. Deze opmerking gaat echter voorbij aan de grondslag van een keuringsplan grondstoffen. Verder is het zo dat vergelijken met andere kunststof afdichtingsfolies van HDPE duidelijk is op te geven welke eigenschappen tenminste in een keuringsplan grondstoffen moeten worden opgenomen. Dit is voor de andere kunststof afdichtingsfolies op dit moment nog veel lastiger, waarmee deze dan in vergelijking met HDPE in een nadellijke positie verkeren.

4.2 Keuringsplan afdichtingsfolie

Er is bezwaar gemaakt tegen de aanduiding "1 x per 4 h" in de frequentietabel. Naar het oordeel van de begeleidingscommissie zijn echter twee controles per arbeidsperiode van 8 uur noodzakelijk. In de tabel staan overigens onder dit hoofd een reeks eenvoudige uit te voeren controlesproeven.

Wat de interpretatie van de kolom "1 x grondstofbatch" betreft zijn eveneens vragen gerezen. Er is zelfs gesuggereerd de hieronder vermelde proeven zeer incidenteel dan wel projectgebonden uit te voeren. Wij geven toe dat enige subjectieve interpretatie van het begrip grondstofbatch mogelijk is. Het begrip batch dient zoveel mogelijk te worden gekoppeld aan het polymeer of bitumenmateriaal. Het gaat ons veel te ver om het keuringsplan op slechts incidentele wijze uit te voeren.

4.3 Keuringsplan verbindingen

Opmerkingen ten aanzien van bitumenfolies zijn niet relevant. Naar onze informatie worden bitumenfolie niet in de fabriek gelast.

5. ProefmethodenKrimp bij verhoogde temperatuur

De krimpproef wordt gebruikt ter controle van de kwaliteit van de afdichtingsfolie en heeft geen rechtstreekse relatie met het praktische drag. De verschillende temperaturen waarbij de proef wordt uitgevoerd hangen samen met de materiaaleigenschappen.

Trekslagsterkte

I.t.t. opmerkingen ten aanzien van de beschreven methode zijn wij van mening dat deze ook voor andere materialen dan HDPE bruikbaar is.

Biaxiale doorruksterkte

De opmerking is gemaakt om deze proefmethode eerst experimenteel volledig uit te werken alvorens deze bindend in het KP voor te schrijven. De beslissing hierover ligt niet bij de opstellers van dit protocol.

Thermische stabiliteit van PVC

Er is een lagere proeftemperatuur dan 220°C voorgesteld. De opgegeven omstandigheden zijn echter gebaseerd op ervaringen van het KRI-TNO.

Appendix

Er rijzen verschillende vragen naar aanleiding van het beschreven bitumen spuitstelsel. Deze komen in het acceptatieprotocol aan de orde. Wat betreft het aantal controles zij opgemerkt dat in het KP een minimum van één controle per uitgevoerd werk wordt geeïst. De keuringsinstantie heeft het recht om in voorkomende gevallen een groter aantal controles te eisen.

A.P. - ACCEPTATIEPROTOCOL2. Uitvoering

Er is op gewezen dat het aanbrengen van afdichtingsfoliebanen van betrekkelijk geringe breedte bepaalde voordelen kan bieden zoals een eenvoudiger wijze van aanbrengen en daardoor een snelle installatie. Ook zou de kans op beschadigingen geringer zijn. Deze argumenten zijn op zichzelf terecht. Toch zijn wij van mening dat lasnaden die in het veld worden aangebracht in principe meer kwetsbare plaatsen zijn waarvan het gewenst blijft dat ze zo beperkt mogelijk voorkomen.

Ook de opmerking dat geen onderscheid kan worden gemaakt tussen fabrieks- en veldlassen onderschrijven we niet. De kans op fouten in lasen die op het veld zijn gemaakt is ons inziens groter dan bij fabrieklassen het geval is.

Er zijn bezwaren geuit tegen de regel dat rollen niet mogen worden gestapeld.

Onderling verbinden van afdichtingsfolies

Opgemerkt is dat de instelwaarden van lasapparatuur tot de vertrouwelijke gegevens van de leveranciers of de verwerker behoren. Volgens ons moeten deze gegevens echter wel bekend zijn aan de keurende instantie. De vraag naar een testmethode die in staat is verschillende lasmethoden onderling te vergelijken is niet bevestigend te beantwoorden. Deze zaak valt overigens buiten het bereik van deze protocollen.

We geven toe dat de aanduiding "goed geïnstrueerde, gekwalificeerde vaklieden" niet sterk is. Duidelijk is dat een goede instructie door degene die verantwoordelijk is voor de kwaliteit van de verbindingen bestaat noodzakelijk is. Welke organisatie de kwalificatie moet verlenen is op dit moment nog niet aan te geven. Toch is het van belang deze zaak al in het AP op te nemen en zo snel mogelijk een regeling hiervoor te treffen.

Er zijn leveranciers die een stortplaats, voorzien van afdichtingsfolie als systeem aanbieden. Een van deze waarschuwt tegen de eveneens voorkomende praktijk waarbij afdichtingsfolie van een fabrikant wordt betrokken, waarna deze gelegd en verder verwerkt wordt door anderen. Naar onze mening zijn ook deze die dit "do it yourself" principe huldigen evenzeer als degenen die een compleet systeem leveren gebonden aan het AP.

Ijwverbandingen die een inzender van kritiek mede in het AP opgenomen wilde zien zijn bewust buitengesloten.

Er is gesteld dat bij weegemaakt PVC een enkelvoudige las van 10 mm voldoende zou zijn. De gestelde eis van 30 mm is echter het resultaat van praktische ervaringen binnen de commissie die het tot stand komen van het AP heeft begeleid.

Er zijn behalve kleinere ook grotere lasbreedtes voorgesteld. Op zichzelf is daarop niets tegen om deze grotere breedte voor een eigen systeem voor te schrijven. Men voldoet dan gemakkelijk aan de gestelde minimum eisen die we willen handhaven.

De dubbele las heeft een voorgeschreven minimale breedte van  $2 \times 12 = 24$  mm, de enkele las van 30 mm. Dit wordt in een van de commentaren onbegrijpelijk gevonden. Er zijn hiervoor echter twee redenen. De sterkte van lasverbandingen is niet evenredig aan de breedte. Twee smalle verbandingen leveren meer sterkte dan een enkele brede. Verder is de dichtheid beter gewaarborgd.

Wat betreft de wijze van controleren en de kwestie wat gerekend moet worden tot de normale controle en wat tot de verscherpte controle verschillen de standpunten. Het is dringend gewenst om zo snel mogelijk met de in het AP vermelde procedure ervaring op te doen.

Op het van de zijde van een leverancier van kunststof afdichtingsfolie gekomen verzoek om de eisen aan gietverbandingen (van bitumenfolie) scherper te definiëren kan niet worden ingegaan. De voorgeschreven breedte van verbandingen van bitumenfolies en de voorgestelde werkwijze geven voldoende zekerheid wat betreft de dichtheid van deze verbandingen.

De tegen het continu registreren van de voorgeschreven temperaturen geuite bezwaren zijn onterecht. Dit soort gegevens kan niet vertrouwelijk zijn. Technisch is deze eis ook te verwezenlijken. Er zijn schrijvers die in het veld betrouwbaar zijn te gebruiken.

Er is verzoekt om de aanbeveling om een las vóór te bewerken door schuren of slijpen bindend voor te schrijven. Wij zijn echter van mening dat het verwerkingsvoorschrift van de fabrikant bindend is.

Wat betreft de in het veld uit te voeren controleproeven aan verbandingen van kunststof afdichtingsfolies zijn wij van mening dat de voorgeschreven proeven zullen voldoende. Nadere specificatie is ons inziens niet nodig. Een "peel-test" zou op zichzelf nuttig kunnen zijn maar de hierbij optredende belasting wijkt nogal af van die welke in de praktijk optreedt. De buitproef is ons inziens voldoende gespecificeerd.

#### Reparaties

Er is geadviseerd om reparaties af te vonken. Wanneer voldoende zorg aan een reparatie kan worden besteed is deze methode niet uit te sluiten.

Ter aanvulling is nog opgemerkt dat het wenselijk is om naast een stortplaats van met chemicaliën verontreinigd afval behalve een drainagesysteem ook een alarmeringssysteem aan te brengen. Dit nuttige advies zou in de richtlijn voor gecontroleerd storten kunnen worden opgenomen.

#### Bijzondere constructiemethoden

Het is de mening van de overheid en van de begeleidingscommissie dat doorvoeringen bij voorkuur moeten worden vermeden.

Ook is opgemerkt dat gebruik van metalen onderdelen bijvoorbeeld bij doorvoeringen niet meer in overeenstemming zijn met de huidige stand van de techniek en moeten worden vermeden.

#### Afwerking

De berijdbaarheid van een stortplaats is opgegeven na het inwinnen van advies op dit punt. Het is gebruikelijk de belasting aan te geven in een "wieldruk" met als dimensie de eenheid van kracht. Wij hebben ons hierbij aangesloten (Het zou juist zijn deze grootheid aan te duiden als wielkracht).

Er is nog opgemerkt dat goede ervaringen bestaan ten aanzien van de berijdbaarheid nadat 8 tot 10 cm "koud asfalt" is aangebracht.

### 3. Keuringsplan stortplaats

Er zijn enkele suggesties gedaan en opmerkingen gemaakt die buiten de opzet van dit AP vallen maar die wel betrekking hebben op de inrichting van de stortplaats als geheel.

De omschrijving van de eis die aan fabrieksmatig vervaardigde verbindingen moet worden gesteld als "regelmatig" lijkt ons bruikbaar en voldoende.

In hoeverre de controle van fabrieksmatig vervaardigde verbindingen in het veld moet worden herhaald is ter beoordeling van de controlerende instantie.

Er is opgemerkt dat bij controle op de verbinding in het veld door ultrason onderzoek niet is vermeld of dat plaats vindt met gebruik van een "meervoudige kop". Uit de omschrijving onder 3.2.4 blijkt dit wel het geval te zijn. Om misverstanden te voorkomen is aldaar de tekst nog iets verduidelijkt.

Er is bezwaar gemaakt tegen ultrasononderzoek van met handextrusieapparatuur gemaakte verbindingen. Wij blijven echter van mening dat deze controle uitvoerbaar zal zijn.

#### Dubbele lassen

De standpunten, wat betreft de details van de uitvoering van dubbele

lassen, van belanghebbenden (leverancier van systemen waarbij de verbinding tot stand komt door dubbele lassen) en de commissie die het project van opstellen van protocollen begeleidt lopen uiteen. De begeleidingscommissie wil de tekst zoals deze tot dusver is handhaven.

Het antwoord op een vraag waarom de uitvoering op taluds verschildt van die van horizontale delen is zuiver praktisch. Op taluds blijft de voor de controle vereiste zeeoplossing niet liggen, op horizontale delen wel.

De controle van een gerepareerde dubbele las met een vacuüm klok wordt in twijfel getrokken (door een niet-belanghebbende). Wanneer de vacuüm klok op de juiste wijze is uitgevoerd moet deze controle zeer wel mogelijk zijn.

Naar aanleiding van de controle van gerepareerde dubbele lassen is opgemerkt dat het mogelijk is om bij de controle "geblokte kanalen" te overbruggen met overbruggingsnaalden.

#### Ultrason onderzoek

Het blijkt dat de meningen over de controle met ultrason onderzoek verdeeld zijn. Onze overweging voor het uitvoeren van ultrason onderzoek is geweest de mogelijkheid die deze methode biedt de breedte van de lassen vast te stellen waardoor een indruk wordt verkregen van de sterkte van de lasnaad. Tegenover genoemde bezwaren als geringe snelheid van controle en het arbeidsintensief zijn ervan stellen we dat gebreken is, onder meer uit eigen ervaring, dat de methode goed bruikbaar is en redelijk snel werkt mits gebruik gemaakt wordt van aangepaste controle-apparatuur. We stellen ook nog duidelijk dat de ultrasonmethode niet is bedoeld ter controle van verbindingen van bitumenafdichtingsfolies.

Wat betreft fig. 5 en 6 zijn detail wijzigingen voorgesteld. Waar deze figuren echter slechts zijn bedoeld als principeschetsen zien we geen reden ze te veranderen.

#### Vacuümklomethode

Er is zowel commentaar geleverd om de controle met de vacuümklom op veel groter schaal toe te passen als om deze methode in het geheel niet toe te passen. Naar onze mening kan deze methode de plaats blijven innemen die in het AP is aangegeven.

#### Afyonken

Als commentaar is gegeven dat afyonken wel geschikt is om lasverbindingen van geringe breedte ("graadverbindingen") te controleren maar niet voor bredere lasverbindingen. De breedte van de verbinding die op deze wijze is te overbruggen hangt af van de afyonkspanning en de daarmee samenhangende vonklengthe. In de methode zoals deze is beschreven gaat het er vooral om de eventuele aanwezigheid van kanalen in een bredere lasverbinding vast te stellen.

#### Controle proefverbindingen - trekeigenschappen

Er was kritiek op de verschillende eisen die zijn gesteld aan de lassterkte van HDPE en van andere kunststoffolies. Door voor HDPE 85% van de vloei-grens en voor andere kunststoffolies 75% van de treksterkte te eisen wordt de schijn gewekt dat aan HDPE hogere eisen worden gesteld. Dit verschil in benadering is echter volkomen verantwoord. De vloei-grens is een waarde met weinig spreiding terwijl het HDPE na het passeren van de rek-grens nog aanzienlijke rek vertoont alvorens breuk optreedt. Anderzijds is bezwaar gemaakt tegen de grens voor de andere kunststof afdichtingsfolies van 75% van de treksterkte. Deze zou voor weekemaakt PVC te hoog zijn. Wij beschikken zelf over uitgebreide ervaringen hierover en blijven van mening dat ook voor weekemaakt PVC de grens van 75% van de treksterkte goed bruikbaar is.

#### Controle proefverbindingen - trekslag-eigenschappen

Er wordt op gewezen dat in DIN 53448 de te gebruiken slagenergie afhankelijk wordt gesteld van het resultaat. De door ons opgegeven slagenergie van 50 J is bewust voorgeschreven, onder andere in verband met het toe te passen grote proefstuk.

#### Randafwerking

Er is verzocht om nadere eisen te formuleren met betrekking tot de berekening van constructiedetails. Dit aspect valt echter buiten het kader van het AP.



## APPENDIX III - BEGRIPPENLIJST

Begriffenlijst behorend bij protocollen voor afdichtingsfolies

- A -

Afdichtingsfolie

Kunststof- of met vezels versterkte bitumenlaag die dient als scheidingslaag in de grond ter bescherming van het milieu tegen vervuiling door verontreinigingen zoals gestort huisvuil of industrieel afval of door gemorste benzine of olie bij o.a. benzinstations. De laag wordt meestal geleverd als rol. In enkele gevallen wordt een laag bitumen ter plaatse gespoten. Ook in deze gevallen zal het produkt worden aangeduid als afdichtingsfolie.

Alifatische koolwaterstoffen

Koolwaterstoffen waarvan de moleculen zijn opgebouwd uit al dan niet vertakte of ringvormige ketens. Voorbeelden zijn hexaan, heptaan, octaan en cyclohexaan.

Antidoorgroei laag

Een zich in een samengesteld opgebouwde afdichtingsfolie bevindende dunne laag die de eigenschap heeft de doorgroei van plantenwortels, groeipunten e.d. te voorkomen.

Aromatische koolwaterstoffen

Koolwaterstoffen met een molecuulbouw waarin de aanwezigheid van een of meer benzeenringen wezenlijk is. Benzeenringen zijn opgebouwd uit 6 koolstofatomen en bezitten een speciale structuur. De meest bekende voorbeelden zijn benzeen, toluen en xyleen.

- B -

Bi-axiale rek

Bi-axiale rek treedt op wanneer plaat of folie gelijktijdig in meerdere richtingen wordt belast. Deze verschillende belastingen kunnen onbonden worden in twee loodrecht op elkaar staande richtingen.

- C -

Cachering

Een op de afdichtingsfolie aangebrachte dunne top laag, b.v. om kleven tegen te gaan.

- D -

Dehydrochlorering

Het afsplitsen van zoutzuur uit PVC dat bij voldoende hoge temperatuur onmiddellijk optreedt en bij minder hoge temperatuur pas na verloop van tijd. Ter verbetering in dit opzicht wordt aan PVC (ook aan weekgemaakt PVC) een of meer stabilisatoren toegevoegd (vaak organische verbindingen met zware metalen).

Diffusie

Diffusie is het stoftransport in de dikterichting van folie met als drijfveren de kracht het concentratieverschil van de stof in de dikterichting van de folie.

DSC (Differential Scanning Calorimetry)

Een moderne variant van de calorimeter. Een monster materiaal wordt met constante snelheid in temperatuur verhoogd of verlaagd of de temperatuur wordt constant gehouden. De hierbij benodigde of vrijkomende warmte wordt continu gemeten en geregistreerd.

Doorschneursterkte

Een eigenschap die betrekking heeft op het vermogen van een folie om een aanwezige scheur onder trekbelasting niet verder te laten groeien.

Doorslagsterkte bij mechanische belasting

De weerstand van een folie tegen snelle plaatselijke belasting in de richting loodrecht op het vlak van de folie.

Duurzaamheid

In ruimere zin heeft duurzaamheid betrekking op de mate waarin onder bepaalde omstandigheden de oorspronkelijke kwaliteit met verloop van tijd gehandhaafd blijft. De meer beperkte betekenis heeft betrekking op de langeduur bestandheid van een materiaal op zichzelf resp. tegen normale atmosferische invloeden. Daarbij zijn drie aspecten van belang, de intrinsieke veroudering die optreedt zonder andere externe invloeden dan de temperatuur, de bestandheid tegen luchtzuurstof (vaak aangeduid als de thermische stabiliteit) en die tegen de invloed van licht, i.h.b. dat met golflengten aan de UV-zijde van het spectrum.

- E -

Dextrusie

Proces waarbij verwarmde en daardoor plastisch vervormbare kunststof (of ander materiaal) continu door een spuitmond wordt geperst. Daarna koelt het materiaal af en behoudt daarbij de in de spuitmond verkregen vorm. In het geval van foliefabricage is de vorm van de spuitmond een spleet.

- F -

Functionele eisen

Eisen die rechtstreeks en uitsluitend betrekking hebben op de functies die een onderdeel (b.v. een afdichtingsfolie) moet vervullen. Hierbij moeten de functies in een zo ruim mogelijke betekenis worden gehanteerd. Op het moment van installeren moeten soms tijdelijke functies worden vervuld die daarna nooit meer voorkomen.

- G -

Grensdraagvermogen

Het maximale draagvermogen van grond waarbij nog geen instabiliteit optreedt.

- I -

Inductietijd

Permeatie, degradatie (veroudering) en veel andere van de tijdsafhankelijke verschijnselen treden niet ogenblikkelijk op, maar worden pas na verloop van tijd merkbaar, zoals geschetst in de grafiek. Geleidelijk aan treedt een stabiele toestand op. In de grafiek is tevens de inductietijd aangegeven.

Kerfdiepte

Gekerfde en ongekerfde proefstukken gedragen zich bij mechanische belasting verschillend. De mate waarin een aangebrachte kerf de sterkte in ongunstige zin beïnvloedt is per materiaal verschillend. Om deze invloed te bestuderen (b.v. bij slagproeven) wordt eerst door snijden of frezen een kerf in een proefstuk aangebracht, meestal in één van de smalle zijden. De afstand waarover de frees of het mes in het proefstuk dringt wordt aangeduid als de kerfdiepte.

Keuringsplan

Een opsomming van de tot het kwaliteitssysteem behorende keuringen waarbij is aangegeven de frequentie en de volgorde van de keuringen.

Koolwaterstoffen

Organische verbindingen waarvan de moleculen slechts zijn opgebouwd uit koolstof en waterstof. Benzine en andere olieproducten bestaan voor een groot gedeelte uit koolwaterstoffen.

Kortdurende sterkte

De sterkte zoals bepaald door kortdurende gestandaardiseerde proeven b.v. op een trekbank.

Kwaliteitssysteem

Een stelsel van vastgelegde bedrijfskundige procedures en regels dat als doel heeft de verzekering dat een produkt aan de gestelde voorwaarden voldoet (uit NPR 26425, sept. 1980).

- I -

Langdurende sterkte

Als een kunststof onderdeel langdurig constant wordt belast kan na verloop van tijd plotseling breuk optreden. Naarmate de belasting hoger is zal dit eerder plaatsvinden. Dit verschijnsel wordt aangeduid als de langdurende sterkte. Om hierin voor een bepaald materiaal een goed inzicht te krijgen is het noodzakelijk om bij een of meer temperaturen een grafische voorstelling te hebben van de breuktijden als functie van de aangelegde spanning. In deze voorstellingen worden meestal de beide assen weergegeven op een logaritmische schaal.

- K -

Kalanderen

Proces waarbij materiaal door een stelsel van verwarmde stalen rollen wordt geleid. De plastisch vervormbare massa wordt een aantal malen door steeds kleinere spleetvormige openingen tussen de rollen gewalst. De spleet tussen het laatste paar walrollen bepaalt de dikte van de gekalanderde folie.

Lasnaad

Bij de onderlinge verbinding van twee stukken afdichtingsfolie door lassen wordt het lijnvormige deel van de verbinding aangeduid als lasnaad.

- 0 -

Oppervlaktespanningverlaging

Het grensvlak van een vloeistof kan worden voorgesteld als een gespannen vlies met een zekere oppervlaktespanning. De grootte ervan wordt bepaald door de aard van de vloeistof en door de in de vloeistof opgeloste stoffen. Emulgatoren, zeep en synthetische wasmiddelen bijvoorbeeld verlagen de oppervlaktespanning van water. Als gevolg van oppervlaktespanningverlaging verbetert het contact tussen de vloeistof en een vast materiaal (zoals afdichtingsfolie).

Oxydatiemiddelen

Stoffen die in staat zijn onder bepaalde omstandigheden zuurstof over te dragen of die een daarmee overeenkomende chemische werking hebben.

Oxydatieve veroudering

Zie thermische stabiliteit.

- P -

Percolatiewater

Water dat door de stortplaats sijpelt en waarin stoffen uit het gestorte materiaal oplossen.

Permeatie

Permeatie is het stoftransport door folie met als drijvende kracht het concentratieverschil van de stof aan weerszijden van de folie. De permeatie wordt behalve door de oplosbaarheid voor een belangrijk deel bepaald door diffusie.

Ponsgedrag

De weerstand tegen min of meer scherpe voorwerpen waarmee een folie langzaam belast wordt in de richting loodrecht op het vlak van de folie.

- R -

R.V. (Relatieve vochtigheid)

Het quotiënt van de werkelijk aanwezige hoeveelheid vocht per volume eenheid lucht van bepaalde temperatuur en de maximaal mogelijke hoeveelheid vocht per volume eenheid bij dezelfde temperatuur.

- S -

Semikristallijn

Evenals vele anorganische verbindingen vertonen ook bepaalde kunststoffen zoals polyethen, polypropen en nylon een, zij het gedeeltelijke, kristallijne structuur. Daaronder is te verstaan een toestand met een hoge mate van moleculaire ordening. In de kristallieten die het semikristallijne materiaal bevat is de soortelijke massa hoger dan in het omringende amorfe (ordeloze) materiaal. Om deze reden is de soortelijke massa (vaak aangeduid als dichtheid) van polyethen met een hoge mate van kristalliniteit (HDPE) hoger dan die van minder kristallijn polyethen (LDPE).

Spanningscorrosie

Kunststofolie dat continu belast wordt onder constante trekspanning kan na verloop van tijd bezwijken door scheurvorming. Aanwezigheid van stoffen met spanningscorrosieve werking verkorten bij een bepaalde aangebrachte spanning de bezwijktijd aanzienlijk. Dit verschijnsel wordt aangeduid als spanningscorrosie. Wanneer het materiaal niet onder trekspanning staat is de aanwezigheid van dezelfde stoffen onschuldig. Ze tasten de kunststof chemisch niet aan. Een bekend voorbeeld van spanningscorrosie is de invloed van vooral synthetische zepen op polyethen dat op trek belast wordt. De trekspanning hoeft niet uitwendig te worden aangebracht. Wanneer het kunststof product inwendige spanningen vertoont waardoor het materiaaloppervlak op trek wordt belast, kan eveneens breuk door spanningscorrosie plaatsvinden.

Spanningsrelaxatie

Wanneer een kunststof onderdeel zoals een deel van een afdichtingsfolie op een bepaalde rek wordt gebracht dan zal in dit onderdeel een materiaalspanning optreden. Wanneer de rek vervolgens constant wordt gehouden dan zal deze materiaalspanning met verloop van tijd afnemen. In het begin verloopt

dit proces, spanningsrelaxatie, het snelst. De snelheid waarmee de spanning relaxeert neemt langzaam af. De spanning in een zich onder constante rek bevindende afdichtingsfolie zal op den duur veel lager zijn dan de aanvankelijke trekspanning. De verhouding tussen beide spanningen is behalve van tijdsduur dat de rek is opgelegd afhankelijk van de aard van de kunststof.

#### Spleedrukproef

Gestandaardiseerde proef waarbij folie op een van spleten voorziene plaat ligt. De folie wordt m.b.v. waterdruk plaatselijk door deze spleten gedrukt. De eigenschappen die hier worden beproefd hebben veel gemeen met het ponsgedrag. Ze hebben betrekking op de sterkte die noodzakelijk is om belastingen loodrecht op de folie te weerstaan.

#### Stabilisator

Stabilisatoren zijn toevoegingen aan kunststoffen in kleine hoeveelheden ter verbetering van de bestandheid tegen veroudering.

#### Standaard buitenexpositie

Het onbelemmerd blootstellen aan weer en wind van plaatvormig materiaal gericht op het zuiden, waarbij de platen onder 45° zijn geplaatst.

- T -

#### TGA (Thermogravimetrische Analyse)

De TGA meting bestaat uit het registreren van de massa van een monster materiaal als functie van de verblijftijd bij een temperatuurverhoging met constante snelheid of bij constante temperatuur.

#### Thermische stabiliteit

Door inwerking van luchtzuurstof worden kunststoffen (en veel andere materialen) geoxydeerd waarbij de eigenschappen achteruit gaan (oxydatieve veroudering). Dit proces hangt af van de aard van de kunststof, van toevoegingen ter verbetering van de stabiliteit en van de temperatuur. Omdat bestandheid tegen oxydatie alleen versneld is vast te stellen door proeven bij verhoogde temperatuur is het gebruikelijk deze eigenschap aan te duiden als thermische stabiliteit.

#### Tolerantie

Tolerantie is de maximaal toegestane afwijking van de nominale waarde van een grootheid, uitgedrukt in absolute eenheden of in procenten van de nominale waarde. Wanneer de tolerantie niet is voorzien van een teken dan is de afwijking van de nominale waarde toegestaan naar beide zijden. Is de tolerantie voorzien van een minteken (-) dan is slechts een afwijking naar een kleinere waarde dan de nominale geoorloofd.

#### Trekslagsterkte

Een proefstuk wordt onderworpen aan een snelle trekbelasting (ca 3 m/s) m.b.v. een scharnierende slaghamer. Uit de massa van de slaghamer, de hoogte ervan voor en na de tot breuk van het proefstuk leidende slag wordt de breukarbeid berekend. Deze wordt betrokken op de doorsnede van het proefstuk. De slagsterkte wordt opgegeven in J/m<sup>2</sup>.

- U -

#### Uniaxiale rek

Uniaxiale rek is de rek die ontstaat wanneer een plaat of folie slechts in één richting belast wordt terwijl het materiaal zich in de richting loodrecht daarop vrij kan bewegen. De richting waarin de uniaxiale rek optreedt is uiteraard dezelfde als waarin de belasting plaatsvindt.

#### Uitloggen

Bij onderdempelen van een proefstuk in water of in een andere vloeistof kunnen water of andere stoffen worden opgenomen maar ook kunnen stoffen uit het proefstuk in de vloeistof oplossen. Dit laatste proces wordt omschreven als uitloggen.

#### UV-Absorber

Een stof die aan een kunststof wordt toegevoegd om de weerstand tegen ultraviolette stralen te verhogen. Zonder voldoende toevoeging van UV-absorber degradeert een kunststof folie onder invloed van zonlicht waarbij deze schuurtjes zal gaan vertonen en verbrost.

- V -

Veroudering

Veroudering heeft betrekking op de verandering van eigenschappen van een materiaal zonder dat het mechanisch belast wordt. Soms betreft het verbetering van eigenschappen maar meestal worden een aantal eigenschappen met verloop van de tijd slechter.

Versterkingsmateriaal

Vezelvormige versterking of wapening in de vorm van een weefsel of "non-woven" met betrekkelijk grote treksterkte en -stijfheid die in afdichtingsfolie kan worden toegepast om de vereiste sterkte te bereiken.

Vloei-grens

In de trek-tek kromme van een trekproef waarin een proefstuk met constante snelheid wordt getrekt, kan het voorkomen dat nadat de treksterkte eerst voortdurend is gestegen, deze iets terugvalt. Bij verder rekken neemt de trekkracht weer toe, hoewel veel minder dan aanvankelijk. De trek-tek kromme van staal is hiervan een bekend voorbeeld. Ook polyethene, PVC, nylon en een aantal andere kunststoffen gedragen zich op overeenkomstige wijze. In navolging van de terminologie bij staal duidt men de spanning waarbij de kracht terugvalt en de daarbij behorende tek aan als vloei-grens.

In deze reeks zijn tot dusverre verschenen:

Bestelnr.		Prijs
250-154-01	Grondonderzoekmethoden fysische veldmethoden	f 36,00
250-154-02	Inventarisatie bodemsaneringstechnieken	f 36,00
250-154-03	Gedrag van cyanide en barium in de bodem	f 16,00
250-154-04	Veevoederadditieven en therapeutica	f 25,00
250-154-05	Kolomonderzoek naar het gedrag van zware metalen in de bodem	f 17,00
250-154-06	Organisatie uitvoering interimwet bodemsanering	f 11,00*
250-154-07	Gedrag in de bodem van chlooranilines	f 10,00
250-154-08	Natuurlijke afdichtingsmaterialen	f 25,00
250-154-09	Fosfaat en koper in de bodem in gebieden met intensieve veehouderij	f 50,00
250-154-10	Verrindering van de infiltratie van regenwater in afvalstortterreinen	f 9,50
250-154-11	Beïnvloeding grondwaterkwaliteit noordwest-Veluwe	f 32,50
250-154-12	Bemesting en grondwaterkwaliteit	f 14,50
250-154-13	Preventie van bodemverontreiniging bij de opslag van steenkool	f 22,50
250-154-14	Invloed van inhomogeniteiten op verblijfsijden van grondwater	f 45,00
250-154-15	Regenwormen als bio-indicators van bodemverontreiniging	f 25,00
250-154-16	De invloed van grondwerken op de kwaliteit van bodem en grondwater	f 30,00
250-154-17	Uitvoering E.G. grondwaterrichtlijn: inventarisatie technische maatregelen	f 16,00
250-154-18	Uitvoering E.G. grondwaterrichtlijn: onderzoek wettelijke maatregelen	f 14,00
250-154-19	Inventarisatie van de problematiek van lekkende voorraad tanks voor huisbrandolie	f 11,00
250-154-20	De invloed van zware metalen op de bodemmicroflora	f 36,50
250-154-21	Chemische bodemonderzoekmethoden	f 60,00
250-154-22	Fysische bodemonderzoekmethoden	f 42,50
250-154-23	Invloed van mechanische ingrepen in beschermende geologische lagen	f 22,50
250-154-24	Bodembeschermende voorzieningen tegen de warmte-afgifte	f 32,50
250-154-25	Veiligheid bij onderzoek van verontreinigde grond	f 22,50
250-154-26	Kwaliteitskenmerken t.b.v. de bodembescherming	f 11,00
250-154-27	Effecten van droge en natte depositie op de bodem	f 22,50
250-154-28	Risico's op bodemverontreiniging ten gevolge van transport-activiteiten	f 21,50
250-154-29	Gemeentelijke instrumenten Interimbeleid bodembescherming	f 27,50
250-154-30	Evaluatie Interimwet bodemsanering	f 27,50
250-154-31	Bodemverontreiniging door vuilstortplaatsen	f 39,50
250-154-32	Marktaspecen van de bodemsanering	f 27,50
250-154-33	Zwarte grond uit vloeibaar zuiveringszilt	f 12,50
250-154-34	Achtereigenschappen van stoffen in de bodem	f 38,00
250-154-35	Opvang en behandeling van perkolatie water van afvalstortterreinen	f 42,00

Vloei-naad

De verbinding die ontstaat doordat twee hoogviscieuze vloeistoffen in elkaar vloeien en vervolgens stollen.

- W -

Weekmaker

Stof die aan PVC (polyvinylchloride) wordt toegevoegd om het op zichzelf harde materiaal soepeler te maken. De flexibiliteit van weegemachte PVC hangt af van de soort en de hoeveelheid toegevoegde weekmaker en van de omgevingstemperatuur.

- X -

Xenotest

Een van de apparaten die gebruikt worden om in het laboratorium op kunstmatige wijze de bestandheid van materialen tegen zonlicht, i.h.b. ultraviolet licht te onderzoeken. De lichtbron is streng gespecificeerd en is slechts beperkte tijd bruikbaar. De Xenotest type 1200 is een van de krachtigste en snelst werkende apparaten.

- Z -

Zettingsgradiënt

De zettingsgradiënt van grond tussen twee plaatsen is het quotiënt van het verschil in zetting en de afstand tussen beide plaatsen. De maximaal in een terrein optredende zettingsgradiënt is mede bepalend voor de belasting van een afdichtingsfolie.

In deze reeks zijn tot dusverre verschenen:

Besteln.		Prijs
250-154-36	Mobiliteit van cadmium in de bodem	f 47,50
250-154-37	Bodemecologie	f 25,00
250-154-38	Privaatrechtelijke instrumenten ten behoeve van een preventieve bodembescherming	f 15,00

\* Uitverkocht

Prijswijzigingen en leverbaarheid voorbehouden.



Productie en distributie:

Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer  
Centrale Directie Voorlichting  
en Externe Betrekkingen  
Van Alkemadelaan 85  
2597 AC Den Haag

VROM 84820/12-84  
5192/77

Staatsuitgeverij's-Gravenhage  
ISBN 90 12 04873 7

414769F