



Multicriteria-analyse van leidingmaterialen

Een actualisering

KWR 2011.065
juli 2011

KWR

Watercycle Research Institute

Multicriteria-analyse van leidingmaterialen

Een actualisering

KWR 2011.065
juli 2011

© 2011 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Multicriteria-analyse van leidingmaterialen; Een actualisering

Opdrachtnummer

A308451.008

Onderzoeksprogramma**Projectmanager**

P.G.G. Slaats

Opdrachtgever

Platform Bedrijfsvoering

Kwaliteitsborger

J.H.G. Vreeburg

Auteurs

D. Danciu en G.A.M. Mesman

Verzonden aan

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.

Voorwoord

Materiaalkeuzemodel

Dit rapport behoort bij een materiaalkeuzemodel, samengesteld in een Excel bestand. De meest actuele versie van dat bestand is te vinden op en te downloaden van 'Watnet'. Na het inloggen in dit intranet voor de Nederlandse drinkwaterbedrijven kan dat via de volgende stappen:

- 'Programmamanagement' (in de linkermarge);
- 'Platformgroep bedrijfsvoering' (in de linkermarge);
- 'Praktijkrichtlijnen' (middenin bovenaan);
- In het te openen pdf bestand met het overzicht van praktijkrichtlijnen waarin een scala aan hyperlinks is ingebouwd naar richtlijnen, Kiwa/KWR-rapporten, de Waterwerkbladen en Kiwa-beoordelingsrichtlijnen, inclusief een hyperlink naar het materiaalkeuzemodel (trefwoord).

Het bewuste Excel bestand bestaat uit twee tabbladen:

- 'Gebruik' met een globale gebruiksaanwijzing van de multicriteria-analyse;
- 'MCA2010' met het eigenlijke model.

Beheer van de richtlijn

Commentaar of opmerkingen betreffende de opzet en/of de inhoud van het model/deze richtlijn kunnen per e-mail verzonden worden aan KWR Watercycle Research Institute:

martin.meerkerk@kwrwater.nl. Indien van toepassing zal dat worden gebruikt als input voor een volgende editie van het model/document.

Inhoud

Voorwoord	1
Inhoud	2
1 Inleiding	5
2 Aanpak multicriteria-analyse	7
2.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten	7
2.2 Spelregels bij scoren	7
2.3 Zijn we het met elkaar eens?	7
2.4 Leidingmaterialen in de analyse	8
3 Resultaten van de panelsessie	11
3.1 Algemeen	11
3.2 Weging kennisregels	11
3.3 De bodemfactoren	12
3.3.1 pH bodem	12
3.3.2 Zettingsgevoeligheid	12
3.3.3 Chemisch verontreinigd	12
3.3.4 Bodemhoedanigheid	13
3.3.5 Leiding in grondwater	13
3.4 Drinkwaterfactoren	14
3.4.1 pH drinkwater	14
3.4.2 Saturatie Index (SI)	14
3.5 Omgevingsfactoren en variabele belasting	14
3.5.1 Verkeersbelasting	14
3.5.2 Bouw- en hei-activiteiten	14
3.5.3 Bomen aanwezig	15
3.5.4 Zwerfstromen	15
3.6 Factoren die te maken hebben met aanleg, beheer en exploitatie	15
3.6.1 Kans op beschadiging tijdens aanleg	15
3.6.2 Kans op beschadiging tijdens beheer en exploitatie	16
3.7 Bedrijfsspecifieke factoren die te maken hebben met opslag en hanteerbaarheid	16
3.7.1 Ruimtebeslag bij opslag	16
3.7.2 Snel uitvoeren van de reparaties	17
3.7.3 Het gebruik en onderhoud van gereedschap en materieel	17
3.8 Invloed van materiaal op waterkwaliteit	17
3.8.1 Biofilmvormingspotentie	17
3.8.2 Afgifte van stoffen	18
3.9 Milieufactoren	18
3.9.1 Uitputting grondstoffen	18
3.9.2 Energieverbruik	19
3.9.3 Vervuiling	19

4	Kostenmodel	21
5	Resultaten model	23
6	Discussiepunten	25
7	Conclusies en aanbevelingen	27
7.1	Conclusies	27
7.2	Aanbevelingen	27
8	Literatuur	29
I	Deelnemers panelsessie 2010	30
II	Invoer keuzematrix vijf voorbeelden	31

1 Inleiding

Het Platform Bedrijfsvoering werkt sinds 2008 aan verschillende richtlijnen en praktische documentatie met betrekking tot de drinkwaterproductie en -distributie in brede zin. Een van de onderdelen is het bijwerken van een multicriteria-analyse van de keuze van leidingmaterialen voor drinkwaterdistributie.

Materiaalkeuzemodel

In 1999 is door de DGPW-werkgroep Materiaalkeuze in het kader van het DGPW-maatwerk Leidingnetmanagement, een conceptmodel ontwikkeld voor de multicriteria-beoordeling van leidingmateriaalsystemen. Middels een panelsessie met experts zijn materiaalsystemen op de relevante criteria beoordeeld. Uitzondering hierop is het criterium 'kosten'. Hiervoor is een apart kostenmodel ontwikkeld dat onderdeel is van het materiaalkeuzemodel.

Door toekenning van gewichten aan de materiaalkeuzecriteria is het model in staat om op basis van de expertkennis en het kostenmodel een uitspraak te doen over de geschiktheid van een materiaalsysteem in een specifieke situatie. Indien er fysieke omstandigheden zijn waaronder een bepaald systeem niet kan worden toegepast, wordt dit door het model aangegeven.

Het resultaat is een model dat onder verschillende omstandigheden een leidingmateriaalsysteem uniform en kwantitatief kan onderbouwen. De uitkomsten van het model zijn reproduceerbaar. Het model maakt zichtbaar op grond van welke criteria het ene materiaalsysteem geschikter wordt gevonden dan het andere.

Eerdere rapportages en huidige aanpak

De oorspronkelijke analyse is in DGPW-verband uitgevoerd en gerapporteerd voor de toenmalige gebruikelijke materialen. De beoordelingscriteria voor de leidingmaterialen zijn geselecteerd in het rapport 'Materiaalkeuze van leidingssystemen' [1]. Aanpassingen aan de criteria zijn toegevoegd in het rapport 'Evaluatie Keuzematrix Leidingmateriaal' [2]. Vervolgens zijn criteria vastgesteld die de keuze voor een systeem beïnvloeden. De materiaalsystemen zijn beoordeeld door de in het Platform Bedrijfsvoering deelnemende bedrijven op basis van deze criteria. Dit is gedaan door middel van een panelsessie die in dit rapport wordt beschreven. De bedrijfsspecifieke weging van de criteria (hoe belangrijk is het ene criterium ten opzichte van het andere?) wordt door de bedrijven zelf uitgevoerd, afhankelijk van de specifieke situatie.

De gekozen leidingmaterialen betreffen hoofd- en distributieleidingen: PVC ('normaal' PVC, zie [5]), biaxiaal verstrekt PVC (PVC biaxiaal, zie [5]), polyetheen (PE100), polyetheen met aluminium barrière (PE SLA, 'Safety Line Aluminium'), staal, nodulair gietijzer (NGY) en lichtgewicht nodulair gietijzer (NGY Blutop). In hoofdstuk 2 wordt nader op deze materialen ingegaan.

Dit rapport gaat in op de panelsessie die is gehouden om de geselecteerde materiaalsystemen te beoordelen en geeft voor een aantal situaties het resultaat van de multicriteria-analyse.

2 Aanpak multicriteria-analyse

2.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Randvoorwaarden en uitgangspunten bij de beoordeling van de materiaalsystemen zijn:

- Materiaalkeuzes voor bijzondere kunstwerken als zinkers vallen niet onder deze beoordeling en wordt door experts verricht;
- De gewichten worden door de in het Platform Bedrijfsvoering deelnemende bedrijven (zie bijlage I) toegekend;
- De beoordeling geldt voor de materiaalsystemen die door de deelnemende bedrijven zijn geselecteerd;
- De beoordeling geldt voor leidingsystemen met een inwendige diameter van 100 mm;
- De beoordeling vindt plaats op basis van de criteria die door de projectgroep zijn vastgesteld;
- De spelregels die opgesteld zijn voor het 'scoren' van materiaalsystemen;
- De beoordeling is gebaseerd op de huidige kennis en ervaring van de experts;
- De waterkwaliteit voldoet aan de wettelijke eisen uit het Waterleidingbesluit [6] en de aanbevelingen uit Kiwa-Mededeling 100 [7] en het KWR-rapport 'Drinkwaterkwaliteit Q21; Een horizon voor onderzoek en actie' [8]¹;
- Verbindingen zijn bij alle materiaalsystemen indien nodig star (trekvast) uit te voeren;
- Trekvaste verbindingen zijn bij alle materiaalsystemen mogelijk;
- Hulpstukken zijn voor alle materiaalsystemen beschikbaar;
- Een 'erkende kwaliteitsverklaring' [3, 4] is voor alle beoordeelde materiaalsystemen afgegeven.

2.2 Spelregels bij scoren

Bij het toekennen van de 'scores' van de materiaalsystemen op de geselecteerde criteria zijn de volgende regels gehanteerd:

- Eerste keus krijgt 6 punten;
- Tweede keus krijgt 5, 4 of minder punten, et cetera;
- Wanneer materialen even geschikt zijn, krijgen ze evenveel punten;
- Wanneer een materiaal absoluut niet mag worden toegepast, krijgt het 0 punten.

2.3 Zijn we het met elkaar eens?

Nadat de deelnemers hun 'scores' hebben ingevuld, worden deze direct ingevoerd in de beoordelingsmatrix (tabel 1).

Tabel 1 De beoordelingsmatrix voor een subcriterium.

subcriterium	Mat.1	Mat. 2	Mat. 3	Mat. 4
deelnemer 1	6	6	6	4
deelnemer 2	6	5	6	1
deelnemer 3	3	6	6	4
gemiddeld totaal	5,00	5,67	6,00	3,00
standaardafwijking	1,73	0,58	0,00	1,73

¹ In de discussie die in het panel is gevoerd, is besloten om het uitgangspunt te respecteren tenzij afwijkingen structureel voorkomen. De SI is daarvan een voorbeeld. Er zijn in Nederland nog grondwaterproducties die water met een negatieve SI produceren, waardoor een cementlining kan uitlogen.

Vervolgens wordt de standaardafwijking berekend. De standaardafwijking geeft een indicatie voor de mate van overeenstemming (tabel 2).

Tabel 2 Standaardafwijking als indicatie voor de mate van overeenstemming.

Standaardafwijking	mate van overeenstemming (arbitrair)
0 - 0,5	uitstekend
0,5 - 1,0	goed
1,0 - 1,5	matig
> 1,5	slecht

Op basis van de waarde van de standaardafwijking wordt nagegaan of de beoordeling van het materiaalsysteem op een bepaald criterium nadere toelichting verdient. Bij een slechte of matige mate van overeenkomst worden de deelnemers die het meest afwijken van de gemiddelde score gevraagd hun score toe te lichten. Tijdens de discussie die volgt met de overige deelnemers vindt kennisoverdracht en definiëring van uitgangspunten en randvoorwaarden plaats. Na de discussie krijgen de deelnemers de gelegenheid hun score aan te passen. Toch is het verschil in de mening geaccepteerd en de toelichting wordt in dit rapport aangegeven.

2.4 Leidingmaterialen in de analyse

De leidingmaterialen kunnen worden verdeeld afhankelijk van hun aard in twee algemene groepen:

- Kunststofmaterialen (thermoplasten): PVC, PVC biaxiaal, PE100, PE SLA;
- IJzerlegeringen (metalen): NGY, NGY Blutop, staal.

De mechanische eigenschappen tonen grote verschillen tussen de twee groepen. De kunststof materialen hebben een hoge elastische rek en lage treksterkte en stijfheid ten opzichte van de metalen. Andere relevante verschillen zijn de veranderingen in materiaaleigenschappen in de loop van tijd onder constante spanning.

PVC is het meest toegepaste materiaal voor drinkwaterleidingen (circa 50% totale leidingnet in Nederland). PVC heeft een vereiste sterkte (MRS) van 25 MPa met een veiligheid van 2, de toelaatbare spanning (ontwerpspanning) wordt hiermee 12,5 MPa.

Het materiaal is lijmbaar, deze techniek is toegestaan tot 160 mm. Vanaf 100 mm worden veelal steekmoffen gebruikt.

PVC biaxiaal wordt geproduceerd via een extra productiestap op een op de gebruikelijke wijze geëxtrudeerde PVC buis. De extra stap omvat het oriënteren van de moleculen in de lengte- en dwarsrichting waarmee de sterkte van het materiaal toeneemt. De vereiste sterkte bedraagt 32 - 40 MPa (afhankelijk van de diameter), de benodigde veiligheid bedraagt 1,6. De ontwerpspanning voor dit materiaal bedraagt hiermee 20 MPa.

Polyetheen wordt gebruikt als leidingmateriaal in de situaties waarin hoge flexibiliteit (lage stijfheid) wordt vereist. Het materiaal is geclassificeerd volgens de treksterkte: PE100 heeft een toelaatbare lange duur treksterkte (MRS waarde) van 10 MPa, PE80 heeft een lange duur treksterkte van 8 MPa. De toelaatbare tangentiële spanningen (ontwerpspanning) liggen daar weer een factor 1,25 onder. PE100 heeft een hoge weerstand tegen scheurinitiatie en scheurgroei, en weerstaat een puntbelasting goed. Het materiaal is niet te lijmen, maar zeer goed lasbaar.

PE SLA is een polyetheen buis met een beschermende aluminium laag die de permeatie van organische stoffen tegengaat. Voor de realisatie van leidingen met deze buis wordt gebruik gemaakt van speciale messing perskoppelingen waardoor de permeatieweerstand van die leidingen ten opzichte van die van de buis wordt gehandhaafd.

De mechanische eigenschappen van NGY benaderen de eigenschappen van gietstaal (ongeveer 10% plastische rek). Het materiaal heeft een hoge treksterkte en stijfheid. De buizen van NGY drinkwatertoepassingen zijn inwendig en uitwendig bekleed. De inwendige bescherming van de buizen bestaat uit een cementmortel die centrifugaal wordt aangebracht. De buizen worden verbonden met aangegoten spie-mof verbindingen.

Door het vervangen van de inwendige cementmortel door het materiaal 'Ductan' is de Blutop buis lichter dan de traditionele NGY buis.

De sterke en plastische rek van staal liggen hoger dan die van NGY. De stalen buizen kunnen inwendig en uitwendig worden bekleed afhankelijk van de noodzaak. De inwendige bescherming van de buizen bestaat uit een cementmortel die centrifugaal wordt aangebracht. Verbindingen worden over het algemeen uitgevoerd als lassen.

3 Resultaten van de panel sessie

3.1 Algemeen

Opbrengsten van de panel sessie zijn:

- Invulling van de beoordeling van zeven materiaalsystemen voor het materiaalkeuzemodel;
- Kennisoverdracht op gebied van materiaalkeuze;
- Expliciete onderbouwing van de scores;
- Draagvlak voor gebruik van het materiaalkeuzemodel;
- Definiëring van aannames en randvoorwaarden;
- Aanbevelingen voor het weglaten/toevoegen van criteria.

In de volgende alinea's wordt per subcriterium de score weergegeven met een korte toelichting.

3.2 Weging kennisregels

Om de criteria te toetsen door betrokkenen uit de praktijk van de in het Platform Bedrijfsvoering deelnemende bedrijven is op 7 december 2010 een panel sessie georganiseerd. In bijlage I is de lijst van de deelnemers opgenomen. De deelnemers vormen een afspiegeling van de betrokkenen bij een keuze voor een leidingmateriaal (technici, beslissers, inkopers). In tabel 3 zijn de scores weergegeven die zijn toegekend aan de hoofdcriteria en subcriteria van de Keuzematrix Leidingmateriaal (Excel bestand).

Tabel 3 Scores voor de 'Hoofdcriteria' en 'Subcriteria'.

Hoofdcriteria	Subcriteria	Scores	
		HC	SC
Bodemfactoren		15	
	pH bodem		15
	zettingsgevoeligheid		23
	chemisch verontreinigd		29
	bodemhoedanigheid		19
	buis in grondwater		14
Drinkwaterfactoren		9	
	pH drinkwater		53
	SI		47
Omgevingsfactoren		11	
	Aanwezigheid van verkeersbelasting		32
	Invloed van bouw/hei-activiteiten		23
	Nabijheid van bomen		23
	Aanwezigheid van zwerfstromen		21
Aanleg, beheer en expl.		14	
	kans voor beschadiging tijdens aanleg		42
	kans voor beschadiging		58
Bedrijfsspecifiek		9	
	ruimtebeslag opslag		16
	hanteerbaarheid en verwerkbaarheid		24
	het snel kunnen uitvoeren van reparaties		31
	gebruik, beheer en onderhoud		29
Invloed op waterkwaliteit		13	
	biofilmvormingspotentie		55
	afgifte van stoffen		45
Duurzaamheid		12	
	uitputting grondstoffen		34
	energie		32
	vervuiling (productie, aanleg, exploitatie+afdanke)		34
Kosten		17	

De scores voor de hoofd- en subcriteria zijn subjectief, per bedrijf kunnen deze anders zijn.

Van een aantal criteria is bij de verschillende drinkwaterbedrijven objectieve kennis aanwezig. Hiermee kunnen de scores worden verbeterd. Het is aan het drinkwaterbedrijf om gebruik te maken van specifieke kennis.

3.3 De bodemfactoren

3.3.1 pH bodem

De waardering voor kunststof materialen is hoog, onafhankelijk van de pH van de bodem. In een zure ondergrond worden de metalen leidingen minder geschikt geacht vanwege de mogelijke corrosie. Ook PE SLA krijgt een lagere waardering door de aluminium laag bij eventueel contact met de bodem. Er is aangegeven dat een onderscheid tussen verschillende soorten coatings van invloed is op de beoordeling.

Tabel 4 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'pH bodem'.

pH bodem	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
pH bodem > 7,5	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
pH bodem 6,5 - 7,5	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	4.00
pH bodem < 6,5	6.00	6.00	6.00	5.82	4.64	4.00	3.27

3.3.2 Zettingsgevoeligheid

In een bodem met een relatief hoge zettingsgevoeligheid worden de materialen NGY en PVC gezien als minder geschikt dan PE100, staal en NGY Blutop. Door het hoge gewicht zakken NGY leidingen in de grond weg. De NGY Blutop leiding is lichter en scoort relatief hoog. Het gebrek aan mogelijke plastische vervormingen en lage weerstand tegen scheurinitiatie en scheurgroei veroorzaakt dat PVC het minst wordt gewaardeerd in een bodem met hoge zettingsgevoeligheid. Het onderscheid tussen de materialen neemt af naarmate de zettingsgevoeligheid afneemt. De standaardafwijking voor een matige zettingsgevoeligheid is groter dan 1,5. Dit wordt veroorzaakt door het gebrek aan kwantificering voor het subcriterium 'matig'. Omdat er voor lage en hoge zettingsgevoeligheid een goede overeenkomst tussen de panelleden is, wordt deze onduidelijkheid niet in discussie genomen.

Tabel 5 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Zettingsgevoeligheid'.

Zettingsgevoeligheid	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
niet	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
matig	4.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.73	5.82
hoog	3.00	4.00	6.00	6.00	2.91	4.64	5.09

3.3.3 Chemisch verontreinigd

Bij een zware chemische verontreiniging kunnen de thermoplasten niet worden gebruikt (met uitzondering van PE SLA), omdat permeatie van de verontreiniging door het materiaal kan plaatsvinden.

De resultaten van berekeningen van diffusiecoëfficiënten voor verschillende materialen [5] bevestigen dat PE100 ongeschikt is voor toepassing in verontreinigde bodem. In het geval van PVC is de toepasbaarheid minder beperkt. Het uitsluiten van alle thermoplasten bij een chemische verontreiniging is de meest veilige optie. Metalen leidingen scoren het hoogst vanwege de permeatieweerstand. Een mogelijke toepassing van PE SLA is geaccepteerd (ook als gevolg van berekening in [5]) maar de waardering voor dit materiaal ligt laag als het gaat om verontreinigde bodem. De lagere waardering voor het materiaal NGY Blutop bij een chemische verontreiniging wordt door het panel toegeschreven aan de beperkte uitwendig coating van dit materiaal. Voor het subcriterium 'matig' is de standaardafwijking voor PE SLA iets groter dan 1, vanwege de subjectiviteit van dit criterium. Alle materialen zijn gelijkwaardig in een bodem die chemisch niet is verontreinigd.

Tabel 6 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Chemisch verontreinigd'.

Chemisch verontreinigd	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
ja	0.00	0.00	0.00	2.45	6.00	4.55	5.82
matig	2.09	2.09	0.00	4.91	6.00	6.00	6.00
nee	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.3.4 Bodemhoedanigheid

PVC mag niet worden gebruikt in de aanwezigheid van 'puin' in de bodem (rond de leiding) door zijn lage weerstand aan scheurinitiatie en -groei (veto score). De gevolgen van de aanwezigheid van puin in de bodem op staal en PE100 zijn discutabel. Staal is het meest controversieel gewaardeerd (van 0 tot 6 punten) met een standaardafwijking van 2,2. Volgens twee deelnemers kan de kathodische bescherming van de stalen leidingen problemen opleveren omdat de coating door het puin beschadigd wordt en de beschermingsstroom te hoog wordt. De gevolgen van puin in de bodem voor PE100 worden verschillend beoordeeld, niet alle deelnemers hebben vertrouwen in de weerstand tegen scheurinitiatie en scheurgroei van dit materiaal.

De aanwezigheid van puin bij metalen leidingen wordt gezien als een gevaar voor de coating. Door de aan de coating te stellen eisen aan te passen aan de aanwezigheid van puin in de bodem kunnen de metalen leidingen hoger scoren.

De samenstelling van 'sintels' is niet duidelijk. Het is bekend dat steenkoolsintels funest zijn voor koper en messing. Leidingssystemen waar messing hulpstukken worden gebruikt, krijgen hier een veto.

Tabel 7 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Bodemhoedanigheid'.

Bodemhoedanigheid	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
puin	0.00	1.36	3.09	3.09	4.82	4.55	4.27
sintels	2.09	3.18	4.00	3.91	5.18	4.91	5.64
geen	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.3.5 Leiding in grondwater

Het minst geschikt zijn metalen leidingen als gevolg van mogelijke aantasting door corrosie. Een geschikte coating maakt de toepassing minder gevoelig voor dit criterium.

Tabel 8 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Buis in grondwater'.

Buis in grondwater	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
permanent	6.00	6.00	6.00	6.00	4.73	4.55	4.18
wisselend	6.00	6.00	6.00	6.00	4.82	4.64	4.36
niet	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.4 Drinkwaterfactoren

3.4.1 pH drinkwater

Alle materialen zijn gelijkwaardig voor elke pH van het drinkwater vanaf 6,5. Hierin is een zekeren discrepantie met de pH van het grondwater. In de range pH grondwater 6,5 - 7,5 worden metalen leidingen lager gewaardeerd dan voor dezelfde pH-range van het drinkwater.

Tabel 9 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'pH drinkwater'.

pH drinkwater	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
pH drinkwater > 7,5	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
pH drinkwater 7,5 - 6,5	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.4.2 Saturatie Index (SI)

Bij een SI < 0 is er risico op uitloging van de beschermende cementlaag van het NGY en staal, en daarom scoren deze twee materialen lager. Andere materialen zijn gelijkwaardig.

Tabel 10 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'SI'.

SI	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
< 0 (negatief)	6.00	6.00	6.00	6.00	4.00	6.00	4.00
> 0 (positief)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.5 Omgevingsfactoren en variabele belasting

3.5.1 Verkeersbelasting

De metalen scoren hoog vanwege hun hoge sterkte en stijfheid die gunstig zijn bij een hoge verkeersbelasting. Naarmate de verkeersbelasting afneemt, neemt de waardering voor thermoplasten toe. Vanwege zijn wanddikte, scoort NGY Blutop iets lager dan de andere metalen. Door een goede weerstand tegen scheurinitiatie en scheurgroei is PE100 hoger gewaardeerd dan PVC in de situaties waar mogelijk hoge belastingen zouden kunnen optreden.

Ligging in de berm wordt lager gewaardeerd vanwege de mogelijk hoge verkeersbelasting.

Tabel 11 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Verkeersbelasting'.

Verkeersbelasting	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Primaire weg	3.73	4.73	5.27	5.27	6.00	5.64	6.00
Secundaire weg	4.09	4.91	5.36	5.36	6.00	5.73	6.00
Trottoir	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Berm	5.36	5.73	6.00	6.00	6.00	5.91	6.00

3.5.2 Bouw- en hei-activiteiten

De invloed van hei- en bouwactiviteiten op de leidingen is beperkt. Bij uitvoering van de leidingen met trekvast verbindingen zal de invloed deze activiteiten worden verminderd. Metalen leidingen scoren iets hoger dan leidingen van kunststof materialen maar het verschil is gering.

Tabel 12 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Bouw- en hei-activiteiten'.

Bouw- en hei-activiteiten	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Ja	4.91	5.36	5.55	5.55	5.91	5.91	6.00
Nee	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.5.3 Bomen aanwezig

PE100 en metalen hebben de voorkeur bij belasting door bomen op basis van flexibiliteit (capaciteit van plastische vervorming) en sterkte. PVC is minder geschikt vanwege de beperkte (uitsluitend elastische) flexibiliteit.

Tabel 13 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Bomen aanwezig'.

Bomen aanwezig (< 2 m)	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Ja	4.18	4.45	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Nee	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.5.4 Zwerfstromen

Kunststof materialen (behalve PE SLA) worden niet beïnvloed door stroomvoerende media en hebben de voorkeur. PE SLA wordt evenals metalen leidingen wel beïnvloed door stroomvoerende media. De mogelijke maatregelen zijn op PE SLA veel moeilijker te realiseren en dit materiaal scoort dus laag. De lagere waardering door het panel voor NGY Blutop wordt hier veroorzaakt door een lagere bescherming van het materiaal door de beperkte coating.

Tabel 14 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Zwerfstromen aanwezig'.

Zwerfstromen aanwezig	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Ja	6.00	6.00	6.00	2.00	5.00	4.00	5.00
Nee	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.6 Factoren die te maken hebben met aanleg, beheer en exploitatie

3.6.1 Kans op beschadiging tijdens aanleg

Vanwege hun lagere weerstand tegen slag (scheurinitiatie en -groei) scoren PVC en PVC biaxiaal het laagst. Voor het subcriterium 'Hoog' en 'Gemiddeld' is de spreiding in de waardering voor alle thermoplasten hoog. De waardering voor PVC neemt af met de toenemende kans op beschadiging. PE100 en PE SLA hebben de voorkeur boven PVC en PVC biaxiaal. Een beschadiging bij PE100 zal zich in de loop van de tijd naar verwachting nauwelijks uitbreiden. De metalen leidingen scoren het hoogst omdat ze minder gevoelig zijn voor beschadiging, dit hangt weer af van het type coating en de omgeving.

Tabel 15 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Kans op beschadiging tijdens aanleg'.

Kans op beschadiging tijdens aanleg	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Hoog	2.00	2.36	3.45	3.45	5.64	4.82	5.73
Gemiddeld	3.00	3.36	4.36	4.36	6.00	5.64	6.00
Laag	4.18	4.73	5.00	5.00	6.00	5.64	6.00
Niet	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.6.2 Kans op beschadiging tijdens beheer en exploitatie

Om dezelfde redenen als boven ligt de waardering voor PVC en PVC biaxiaal iets lager dan voor PE100. De metalen scoren het hoogst.

Tabel 16 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Kans op beschadiging tijdens beheer en exploitatie'.

Kans op beschadiging tijdens beheer en exploitatie	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Hoog	3.36	4.27	4.82	4.82	5.91	5.18	5.82
Gemiddeld	4.36	5.27	5.82	5.82	6.00	5.82	5.91
Laag	5.36	5.91	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Niet	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

3.7 Bedrijfsspecifieke factoren die te maken hebben met opslag en hanteerbaarheid

3.7.1 Ruimtebeslag bij opslag

Door hun hogere gewicht in vergelijking met de thermoplasten scoren de metalen iets lager. Het verschil is echter klein. Iets lager dan PVC en PVC biaxiaal scoren PE100 en PE SLA omdat laatstgenoemde materialen in de range 32 tot en met 160 mm (kunnen) worden gehaspeld.

Tabel 17 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Ruimtebeslag bij opslag'.

Ruimtebeslag bij opslag	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Hoofdleiding	6.00	6.00	5.09	5.09	4.36	4.36	4.36
Distributieleiding	6.00	6.00	5.09	5.09	4.36	4.36	4.36

Er is aangenomen dat de verwerkingstemperatuur ligt rond 5 °C. Het hoogst scoren PVC en PVC biaxiaal. De leidingen met speciale coatings zoals NGY Blutop en PE SLA scoren het laagst vanwege moeilijke bewerkingen. Door het hogere soortelijke gewicht van NGY, NGY Blutop en staal zijn deze materialen lastiger hanteerbaar en verwerkbaar, en daarom krijgen ze een lagere waardering.

Tabel 18 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Hanteerbaarheid en verwerkbaarheid bij aanleg'.

Hanteerbaarheid en verwerkbaarheid bij aanleg	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Hoofdleiding	5.64	6.00	4.55	3.00	3.91	3.64	2.64
Distributieleiding	5.64	6.00	4.55	3.00	3.91	3.64	2.64

3.7.2 Snel uitvoeren van de reparaties

Er is geen verschil in de waardering tussen hoofd- en distributieleidingen. Vanwege de aluminium laag, is PE SLA het moeilijkst te repareren en scoort dit materiaal het laagst. Hoewel PVC relatief eenvoudig is te repareren, kent het materiaal een soms ongewenst breukgedrag (breuken over de gehele buislengte). Hiermee kan de omvang van reparaties van PVC leidingen veel groter zijn (het vervangen van de volledige buis). Indien bij PE100 geen electrolas kan worden toegepast, is de reparatie lastig. NGY kan snel worden gerepareerd met klemverbindingen en staal kan worden gelast. Voor de kunststoffen bestaat een grote standaardafwijking. De metalen leidingen zijn eenvoudiger te repareren en scoren hoger dan de thermoplasten.

Tabel 19 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Het snel uitvoeren van reparaties'.

Het snel uitvoeren van reparaties	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Hoofdleiding	4.09	4.09	3.18	1.36	5.55	5.55	5.82
Distributieleiding	4.09	4.09	3.18	1.36	5.55	5.55	5.82

3.7.3 Het gebruik en onderhoud van gereedschap en materieel

Door de speciale behandeling voor PE SLA reparaties, scoort dit materiaal lager dan andere materialen. Ook PE100 is iets lager gewaardeerd vanwege de specifieke gereedschappen voor het spieglassen en electrolasmoffen.

Tabel 20 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'gebruik en onderhoud van gereedschap en materieel'.

gebruik en onderhoud van gereedschap en materieel	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Hoofdleiding	6.00	6.00	5.00	3.00	6.00	6.00	6.00
Distributieleiding	6.00	6.00	5.00	3.00	6.00	6.00	6.00

3.8 Invloed van materiaal op waterkwaliteit

3.8.1 Biofilmvormingspotentie

Vanwege hun hoge biofilmvormingspotentie, scoren PE100 en PE SLA het laagst. Voor de Ductan coating van de NGY Blutop wordt een vergelijkbaar gedrag verwacht, waardoor dit materiaal lager scoort dan de andere materialen, maar wel hoger dan PE en PE SLA. Metalen leidingen hebben geringe biofilmvormingspotentie.

Tabel 21 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Biofilmvormingspotentie'.

Biofilmvormingspotentie	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Alle leidingen	5.82	5.82	2.00	2.00	5.91	3.73	5.91

3.8.2 Afgifte van stoffen

Materialen en producten die in contact (kunnen) komen met drinkwater mogen geen stoffen aan het water afgeven in hoeveelheden die schadelijk kunnen zijn voor de consument [3]. Daartoe dienen die materialen en producten volgens artikel 17 'kwaliteitsverklaring' te voldoen aan de criteria die vastgelegd zijn in [4]. Dit betekent dat de toelatingsprocedure voor het verkrijgen van een kwaliteitsverklaring zoals is bedoeld in die Ministeriële Regeling (bijvoorbeeld een 'Kiwa-ATA') met positief gevolg moet zijn afgerond.

Materialen en producten die zijn voorzien van een gelijkwaardige kwaliteitsverklaring afgegeven door bijvoorbeeld een buitenlandse geaccrediteerde instelling, mogen ook in Nederland worden toegepast.

Op basis van deze Regeling kan er geen onderscheid worden gemaakt in de materialen.

De cementmortel die is aangebracht in de metalen leidingen als inwendige coating kan in agressieve omgeving uitloggen. De stoffen die hierbij aan het drinkwater worden afgegeven, kunnen echter op basis van de Regeling niet tot problemen leiden. De pH stijgt echter bij uitloging wel en dit kan tot verhoogde troebelheid en kalkafzetting leiden. Daarom zijn de metalen leidingen lager gewaardeerd dan die van PVC en PVC biaxiaal.

De PE100 en PE SLA leidingen scoren het laagst van alle materialen. De mening over de afgifte van stoffen voor PE100 en PE SLA is verdeeld, dit geeft een standaardafwijking groter dan 1.

Tabel 22 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Afgifte van stoffen'.

Afgifte van stoffen	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Alle leidingen	6.00	6.00	4.36	4.36	4.64	4.91	4.64

3.9 Milieufactoren

3.9.1 Uitputting grondstoffen

Door hun mogelijkheid voor volledige recycling, scoren de metalen leidingen hoger dan de thermoplasten. PE100 en PE SLA scoren het laagst omdat die niet recyclebaar zijn. PVC en PVC biaxiaal zijn recyclebaar en hebben een hogere waardering dan PE100 en PE SLA, maar lager dan de metalen. Toch is de mening over de thermoplasten verdeeld (standaardafwijking groter dan 1) door het gebrek aan inzicht in dit aspect.

Tabel 23 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Uitputting grondstoffen'.

Uitputting grondstoffen	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Alle leidingen	3.64	4.55	2.64	2.36	5.64	5.64	5.82

3.9.2 Energieverbruik

De productie van metalen kost meer energie dan de productie van thermoplasten. In PE SLA komt een aluminium laag voor en de productie van dat materiaal kost veel energie. PE SLA scoort dus lager dan PE100.

Tabel 24 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Energieverbruik'.

Energieverbruik	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Alle leidingen	6.00	5.00	4.91	3.91	2.91	3.82	2.91

3.9.3 Vervuiling

Het laagst scoort PE SLA door de aanwezigheid van de aluminium laag. Het verschil met andere materialen is klein, metalen scoren iets hoger.

Tabel 25 Scores van materiaalsystemen op het criterium 'Vervuiling'.

Vervuiling	PVC	PVC bi-axiaal	PE100	PE-SLA	NGY	NGY Blutop	Staal
Alle leidingen	4.55	4.91	4.36	3.91	5.00	5.00	5.27

4 Kostenmodel

Door de deelnemende bedrijven zijn kentallen geleverd voor de kosten van de verschillende leidingsystemen. Deze zijn weergegeven in tabel 26. Er is gekozen voor één prijs voor de materialen PVC, PVC biaxiaal en PE100, en één prijs voor de andere materialen. Als de multicriteria-analyse wordt toegepast kunnen de bedrijfseigen kosten worden gebruikt.

Voor de bepaling van de contante waarde is uitgegaan van een storingsfrequentie van 0,02 storingen/km/jaar, een levensduur van 100 jaar en een rentestand van 4%.

Tabel 26 Globale kosten per materiaal.

Materiaal	Kosten aanleg en materiaal (€/m ø 100 mm)	Kosten per storing (€)	contante waarde storingen (€/jaar)	Totale kosten (€)
PVC	55	1.500	0,74	55,74
PVC biaxiaal	55	1.500	0,74	55,74
PE100	55	1.500	0,74	55,74
PE SLA	100	1.500	0,74	100,74
NGY	100	1.500	0,74	100,74
NGY Blutop	100	1.500	0,74	100,74
Staal	100	1.500	0,74	100,74

Uit de inventarisatie van de kosten blijkt een grote spreiding. Voor PVC bedraagt deze € 20,--. Tevens zijn er ook kosten niet of nauwelijks bekend omdat deze materialen (nog) zeer beperkt worden toegepast. Dit is met name het geval voor PVC biaxiaal en NGY Blutop.

Omdat de analyse gebruik maakt van de verhoudingen tussen de verschillende kosten is de absolute hoogte van de totale kosten niet van invloed op de rangschikking van de verschillende materialen.

5 Resultaten model

Met de ingevulde waarderingen en gewichten per subcriterium en hoofdcriterium is een aantal situaties doorgerekend. Om de gevoeligheid van de analyse voor extremen in de criteria te testen, zijn er vijf situaties uitgewerkt:

1. Landelijke situatie in veengebied;
2. Landelijke situatie in zandgrond;
3. Stedelijke woonomgeving;
4. Stedelijke woonomgeving met verkeersbelasting;
5. Een set criteria waar zeker geen PVC uit naar voren komt.

De uitkomsten zijn onderscheiden in:

- z.k.z.v. zonder kosten, zonder veto;
- z.k.m.v. zonder kosten, met veto;
- m.k.z.v. met kosten, zonder veto;
- m.k.m.v. met kosten, met veto.

De leidingmaterialen met de hoogste score zijn van een **blauwe markering** voorzien.

De invoer van de analyse is opgenomen in bijlage II.

Tabel 27 Uitkomsten multicriteria-analyse voor vijf situaties.

Situatie	PVC	PVC biaxiaal	PE100	PE SLA	NGY	NGY Blutop	Staal	
1	z.k.z.v.	148	151	135	127	147	144	148
	z.k.m.v.	148	151	135	127	147	144	148
	m.k.z.v.	155	158	144	123	140	138	141
	m.k.m.v.	155	158	144	123	140	138	141
2	z.k.z.v.	148	151	132	124	150	145	150
	z.k.m.v.	148	151	132	124	150	145	150
	m.k.z.v.	156	158	142	121	143	139	143
	m.k.m.v.	156	158	142	121	143	139	143
3	z.k.z.v.	140	147	133	125	153	149	152
	z.k.m.v.	veto	147	133	125	153	149	152
	m.k.z.v.	149	154	143	122	146	142	145
	m.k.m.v.	veto	154	143	122	146	142	145
4	z.k.z.v.	135	144	133	122	159	149	158
	z.k.m.v.	veto	144	133	122	159	149	158
	m.k.z.v.	144	152	143	119	150	142	149
	m.k.m.v.	veto	152	143	119	150	142	149
5	z.k.z.v.	126	136	126	125	166	155	167
	z.k.m.v.	veto	veto	veto	125	166	155	167
	m.k.z.v.	137	145	137	121	156	147	156
	m.k.m.v.	veto	veto	veto	121	156	147	156

6 Discussiepunten

Voor alle scores op de criteria is bepaald wat de spreiding is. Op basis van deze spreiding kan een discussie ontstaan waar de argumenten die tot die score leiden duidelijk worden en na discussie eventueel tot een andere score wordt gekomen. Niet altijd leidt de discussie tot aanpassing. Dan wordt hiermee duidelijk waar de deelnemers van mening verschillen. De scores met de grootste spreidingen worden hier besproken met de gebruikte argumenten van de deelnemers.

Toepassing kunststoffen (PVC en PE SLA) in een matige bodemverontreiniging

De waardering van de materialen in een matig verontreinigde bodem hangt vooral af van de onduidelijke formulering van 'matig'. PVC is toepasbaar in een verontreinigde bodem zolang de concentraties van de stoffen beperkt blijft. Bij de spreiding van de meningen van de panelleden over PE SLA is 'geen verhaal'.

Toepassing PE100 en staal bij de 'Bodemhoedanigheid puin'

De discussie spitst zich voor staal toe op de problemen bij kathodische bescherming in combinatie met een beschadigde coating door het puin in de bodem. Bij bodemverbetering in de sleuf vervalt het probleem. In deze situatie wordt echter niet meer gesproken van 'Bodemhoedanigheid puin'. Zonder bodemverbetering in de sleuf is de toepassing van staal voor drinkwaterbedrijf VMW onbestaanbaar. De grote spreiding voor PE100 en PE SLA heeft ook deze oorzaak. Puin in de ondergrond kan lokaal hoge spanningen veroorzaken op de leidingwand waardoor ook PE100 kan bezwijken.

Bouw- en hei-activiteiten in de buurt van de leiding

PVC wordt door drinkwaterbedrijf PWN lager gewaardeerd in deze situatie. Het trekvast uitvoeren van het leidingsysteem lost de mogelijke problemen op. Het probleem wordt vooral gecombineerd met slecht draagkrachtige grond.

Kans op beschadiging bij aanleg hoog

De discussie leidt hier tot twee mogelijkheden om de problemen op te lossen. Met kunststof systemen (met name PVC) is het mogelijk om de leiding volledig aan te passen aan de situatie (bochten, hoekverdraaiingen, etc.). In metalen leidingen is dit veel gecompliceerder. Metalen leidingen zijn echter ongevoeliger voor allerlei mogelijke beschadigingen of aanlegspanningen. Afhankelijk van beoogde oplossingsrichting scoort het materiaal hoog of juist laag. Bij drinkwaterbedrijf WML scoren kunststoffen laag, bij Brabant Water scoren deze juist hoog.

Kans op beschadiging bij aanleg gemiddeld

Hiervoor geldt een gelijke discussie als bij een grote kans op beschadiging.

Snel uitvoeren van reparaties

WML maakt geen onderscheid tussen de verschillende materialen, de ander deelnemers vinden het repareren van PE SLA moeilijker. Het drinkwaterbedrijf staat op het standpunt dat de te ondernemen stappen in de reparatie geen onderscheid maken.

Afgifte van stoffen

De waardering is gevarieerd voor de materialen PE100 en PE SLA. De bedrijven WML en VMW vinden deze materialen gelijkwaardig aan de metalen. Bij de andere deelnemers scoren deze lager. Mogelijk speelt de biofilmvormingspotentie van deze materialen een rol in de beoordeling.

Uitputting van grondstoffen

Er is niet duidelijk of de beschikbaarheid van grondstoffen voor de kunststoffen een probleem kan worden. De lagere beoordeling van PE100 ten opzichte van PVC komt overeen met de benodigde hoeveelheid grondstoffen per buis voor deze materialen.

Theorie en praktijk

De uitkomst van de multicriteria-analyse van leidingmaterialen levert onder de gestelde criteria de materialen PVC biaxiaal, NGY en staal op als gewenste 'standaardmaterialen' (zie hoofdstuk 5). In de praktijk worden echter ook 'normaal' PVC, PE80 en PE100 als zodanig gebruikt. Het gehanteerde model komt dus niet overeen met de praktijk. Door nauwkeuriger onderbouwde kosten op te nemen in het model en de gewichten van de verschillende criteria nader te beschouwen en eventueel bedrijfseigen te maken, kan een balans worden gevonden tussen theorie en praktijk. Hiermee wordt tevens duidelijk waarom bepaalde keuzes worden gemaakt.

Aanpassingen model

Het is op een eenvoudige wijze mogelijk om de gebruikte weegfactoren en de scores van de 'experts' aan te passen. Dit zal ook nodig zijn bij verandering van inzichten over materiaalgebruik en toegekende gewichten aan de criteria. De doorgevoerde veranderingen moeten wel in een rapportage vastgelegd worden om de redenen voor de wijzigingen en de wijzigingen zelf te documenteren.

De verwerking in de spreadsheet is open gehouden, de invoercellen zijn beschermd door deze te verbergen (hide) of door de werkbladen waaruit wordt gekopieerd te verbergen. Deze eenvoudige bescherming vraagt een verantwoordelijkheid van de gebruiker die cellen verandert. Een 'argeloze' gebruiker loopt hiermee het gevaar met een onbekende set scores en weegfactoren te gaan werken.

Er is geen volledige beschrijving gemaakt van de invoer. Het overgrote deel van de functionaliteit spreekt voor zich.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Met de panelsessie zijn de volgende opbrengsten gerealiseerd:

- Invulling van de beoordeling van zeven materiaalsystemen voor het materiaalkeuzemodel;
- Kennisoverdracht op gebied van materiaalkeuze;
- Expliciete onderbouwing van de scores;
- Draagvlak voor gebruik van het materiaalkeuzemodel;
- Definiëring van aannames en randvoorwaarden.

7.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Bij toepassing van het model is draagvlak noodzakelijk binnen de organisatie. Dit kan worden gecreëerd door de criteria en scores per materiaal door te nemen binnen het bedrijf en waar gewenst aan te passen;
- Indien gewenst, kunnen extra materialen en materiaalsystemen in de analyse worden opgenomen.

8 Literatuur

[1] Koning, M. de (2000): 'Materiaalkeuze van leidingsystemen; Verslag van de panelsessie voor de DGPW-bedrijven', Kiwa-rapport BTO 2000-181 (C), Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein

[2] Beuken, R.H.S., en Mesman, G.A.M. (2006): 'Evaluatie Keuzematrix Leidingmateriaal; Wordt voldoende rekening gehouden met ongelijkmatige zettingen?', rapport KWR 06.030, Kiwa Water Research, Nieuwegein

[3] 'Drinkwaterbesluit' Artikel 17, hoofdstuk III, 'Technische en hygiënische voorschriften' (http://wetten.overheid.nl/BWBR0002339/geldigheidsdatum_14-12-2010#HoofdstukIII)

[4] Staatscourant (2002): 'Regeling materialen en chemicaliën leidingwatervoorziening', 13 december 2002, nr. 241, pagina 25

[5] Meerkerk, M.A. (2010): 'Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem', rapport KWR 2010.053, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

[6] Waterleidingbesluit, ingaande 9 februari 2001, Staatsblad 2001, nummer 31

[7] Hoven, Th.J.J. van den, en Eekeren, M.W.M. (1988): 'Optimale samenstelling van drinkwater', Kiwa-Mededeling 100, Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA N.V., Hoofdafdeling Speurwerk, Nieuwegein

[8] Kooij, D. van der, en anderen (2010): 'Drinkwaterkwaliteit Q21; Een horizon voor onderzoek en actie', rapport KWR 2010.042, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

I Deelnemers panelsessie 2010

De volgende mensen en waterbedrijven hebben aan de panelsessie deelgenomen:

Brabant Water: Marcel van der Haar

Olaf de Poorter

Dunea: Kees Ruijg

Henk Beukenholdt

PWN: Marcel Wielinga

Vitens: Jan Tiemes

Piet Hammink

VMW: Jos Robeyns

Waternet: Arne Bosch

WMD: Hylke Merkus

WML: Jeu Propst

II Invoer keuzematrix vijf voorbeelden

Score criteria		1	2	3	4	5
Scoren subcriteria						
15	Bodemfactoren					
15	pH bodem	< 6,5	> 7,5	6,5-7,5	6,5-7,5	< 6,5
23	Zettingsgevoeligheid	hoog	niet	matig	matig	hoog
29	Chemisch verontreinigd	nee	nee	nee	nee	ja
19	Bodemhoedanigheid	geen	geen	puin	puin	puin
14	Buis in grondwater	ja	nee	wisselend	wisselend	nee
9	Drinkwaterfactoren					
53	pH drinkwater	> 7,5	> 7,5	> 7,5	> 7,5	> 7,5
47	SI drinkwater	pos.	pos.	pos.	pos.	pos.
11	Omgevingsfactoren					
32	Verkeersbelasting	berm	berm	trottoir	prim.weg	prim.weg
23	Invloed bouwactiviteiten	nee	nee	ja	ja	ja
23	Nabijheid van bomen	ja	ja	ja	ja	ja
21	Invloed stroomvoerende media	nee	nee	nee	ja	nee
14	Aanleg, beheer en exploitatie					
42	Kans op beschadiging bij aanleg	laag	laag	gemiddeld	hoog	hoog
58	Kans op beschadiging bij exploitatie	niet	niet	laag	hoog	hoog
9	Bedrijfsspecifieke factoren					
16	Ruimtebeslag opslag	dist.	dist.	dist.	dist.	dist.
24	Hanteerbaarheid bij aanleg	dist.	dist.	dist.	dist.	dist.
31	Snel kunnen uitvoeren reparaties	dist.	dist.	dist.	dist.	dist.
29	Gebruik, beheer en onderhoud materiaal en gereedschap	dist.	dist.	dist.	dist.	dist.
13	Invloed materiaal op waterkwaliteit (impliciet)					
55	Biofilmvormingspotentie			Geen situationele keuze		
45	Afgifte stoffen			Geen situationele keuze		
12	Levenscyclus, duurzaamheid (impliciet)					
34	Uitputting grondstoffen			Geen situationele keuze		
32	Energie			Geen situationele keuze		
34	Vervuiling in de levenscyclus			Geen situationele keuze		
17	Kosten					

