

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Fase 1 Inventarisatie van deelstromen
Inventarisatie van zuiveringstechnieken
Toepassingsmogelijkheden van zuiveringstechnieken

Referentienummer 91-369
Dossiernummer 112322-22428
Datum oktober 1991
NP

Auteurs	
Dr. J. Joziasse	(IMET-TNO)
Ing. W.G.J.M. van Tongeren	(IMET-TNO)
Ir. J.F.J. van Steen	(IMET-TNO)
Ing. R. Gebuys	(VOM)

Bestemd voor
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer, Directie Afvalstoffen

Samenvatting

Bij de behandeling van afvalwater van de galvanische industrie verdient deelstroomzuivering in veel gevallen de voorkeur boven eindzuivering van de totale afvalwaterstroom, vanwege de betere mogelijkheden voor terugwinning en hergebruik van de in het afvalwater aanwezige metalen. Terugwinning en hergebruik leiden tot een lagere belasting van het milieu. Daarnaast vormt de besparing op grondstoffen- en waterverbruik een belangrijk voordeel.

Deelstroombehandeling kan gericht zijn op intern hergebruik, extern hergebruik, of afvoer van de bij de behandeling ontstane slibben en concentraten naar een centrale verwerkingsinstallatie, waarin de vrijgekomen materialen worden opgewerkt tot een verkoopbaar produkt. Dit opwerken is in geval van deelstroombehandeling in het algemeen aanzienlijk eenvoudiger dan bij de concentraten en slibben van een eindzuivering.

In dit rapport wordt de eerste fase beschreven van een project, dat als doel heeft een nadere evaluatie van de voor- en nadelen van deelstroomzuivering ten opzichte van eindzuivering.

Deze eerste fase omvat een inventarisatie van de in Nederland bij de oppervlaktebehandeling van metalen vrijkomende afvalwaterstromen (deelstromen) en het vaststellen van de mogelijkheden voor toepassing van de in aanmerking komende zuiveringstechnieken voor de behandeling van de geïnventariseerde deelstromen. Hiertoe is naast de inventarisatie van de deelstromen ook een overzicht opgesteld van de mogelijke zuiveringstechnieken. In een workshop, waaraan deskundigen van het Ministerie van VROM, RIVM, RIZA, VOM, bedrijfsleven en IMET-TNO deelnamen, zijn de techniek-deelstroom combinaties op een aantal aspecten beoordeeld. Met behulp van een multicriteria-analyse is per deelstroom een totaal score aan alle in aanmerking komende technieken toegekend. Dit is geschied voor verschillende sets weegfactoren. Deze totaal score is een maat voor de aantrekkelijkheid van de beschouwde techniek voor behandeling van de betreffende deelstroom. Hierbij moet worden aangetekend, dat het binnen de randvoorwaarden van de workshop (tijdsbestek, aantal deelnemers) niet mogelijk was alle aspecten van de beschouwde techniekdeelstroomcombinaties tot in voldoende detail te behandelen. De resultaten van de multicriteria-analyse mogen daarom niet te zeer in absolute zin als selectiemiddel worden gehanteerd.

Als belangrijkste resultaten kunnen worden genoemd:

Voor de spoelwaterstromen zijn de onderlinge verschillen in rangorde tussen de gekozen gewichtensets vrij klein. Voor de (half)concentraten is een grotere invloed van de gewichtensets te zien. Voor een belangrijk deel worden de veranderingen in de rangordes hierbij veroorzaakt, doordat de verschillen in totaalscore tussen de technieken bij een gegeven gewichtenset klein zijn. Een kleine verschuiving in de totaalscores kan dan al een wijziging in de rangorde veroorzaken.

Voor de spoelwaterstromen komen met name ionenwisseling en omgekeerde osmose in aanmerking en voor de (half)concentraten vooral elektrolyse en verdampen. Voor wat de behandeling van spoelwaterstromen met omgekeerde osmo-

se moet de aantekening worden gemaakt, dat bij de beoordeling van deze techniek door de deelnemers aan de workshop is verondersteld, dat er zowel een voldoende geconcentreerde retentaatstroom als een voldoende gezuiverde permeaatstroom ontstaat. Dit is echter in de praktijk alleen te bereiken met een meertrapsinstallatie. Het is daarbij de vraag of de kosten van een dergelijke installatie niet excessief hoog worden.

Als een techniek wordt gebruikt om een spoelbad te concentreren, tot het niveau van een spaar- of procesbad, verdienen die technieken de voorkeur, die nauwelijks of geen verandering in de samenstelling (onderlinge concentratieverhoudingen) in het spaar- of procesbad veroorzaken. Technieken, die aan deze eis voldoen, zijn bijvoorbeeld omgekeerde osmose en ionenwisseling (mits a-selectief). Precipitatie scoort in het algemeen laag vanwege de slibproductie.

Bij deze conclusies moet de kanttekening worden geplaatst, dat onder bepaalde omstandigheden ook niet vermelde technieken in aanmerking kunnen komen. Vooral de minder bekende technieken scoren in het algemeen slecht. Dit kan onterecht zijn, als de lage score een gevolg is van onbekendheid met de techniek. De vraag, in hoeverre de techniek zichzelf in de praktijk reeds bewezen heeft, is uiteraard wel relevant.

Uit de beschrijving van de multicriteria-analysemethodiek (hoofdstuk 3) moet verder worden geconcludeerd, dat er in de gevolgde procedure een aantal subjectieve keuzes (toekennen van scores, keuze van gewichten) wordt gemaakt. De procedure kan dus niet objectief worden genoemd; wel zijn de gemaakte subjectieve keuzes met de gevolgde methode expliciet gemaakt.

In dit stadium van het onderzoek zijn economische aspecten buiten beschouwing gelaten. In de volgende fases van het project, waarin de mogelijkheden voor opwerken en/of hergebruik van de (geconcentreerde) afvalstromen worden vastgesteld en na een evaluatie van deze mogelijkheden een plan wordt opgesteld om te komen tot implementatie van deelstroombehandeling, zullen de behandelingskosten wel moeten worden meegewogen.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Inhoudsopgave.....	4
1	Inleiding	5
2	Inventarisatie van afvalwaterstromen en mogelijke zuiveringstechnieken in de galvanische industrie	8
2.1	Inventarisatie van afvalwaterstromen	8
2.1.1	Doel	8
2.1.2	Uitvoering.....	8
2.1.3	Resultaten	9
2.2	Inventarisatie van mogelijke zuiveringstechnieken.....	10
2.2.1	Doel	10
2.2.2	Uitvoering.....	10
2.2.3	Resultaten	11
3	Toepassingsmogelijkheden van zuiveringstechnieken.....	12
3.1	Doel	12
3.2	Uitvoering	12
3.3	Resultaten	18
3.3.1	Voorselectie.....	18
3.3.2	Workshop	19
4	Bespreking resultaten workshop	21
5	Conclusies uit workshop	25
6	Referenties	28
7	Verantwoording	29

Tabel 4 en 5

Figuur 2

Bijlagen 1 tot en met 7

1 Inleiding

In de galvanische industrie, maar ook in andere oppervlaktebewerkende industrieën, komt in één bedrijf vaak een groot aantal verontreinigde afvalwaterstromen vrij, die zware metalen en andere verontreinigingen bevatten. Deze afvalwaterstromen zijn voornamelijk afkomstig van spoelprocessen. Ook andere afvalstromen, zoals afgewerkte procesbaden, komen voor. Behandeling van deze waterige afvalstromen kan via een drietal routes plaatsvinden:

1. Samenvoeging van alle stromen en zuivering van de totale afvalwaterstroom (**eindzuivering**)
2. Gescheiden houden en aparte behandeling van de verschillende stromen (**deelstroombehandeling**)
3. Een combinatie van deelstroombehandeling en eindzuivering

ad 1. Eindzuivering

Bij het samenvoegen van alle stromen ontstaat een afvalwater, waarin verschillende soorten metalen zijn opgelost. Bij de zuivering van dit afvalwater wordt vaak een ONO-installatie (**O**ntgiftig, **N**eutralisatie, **O**ntwatering) toegepast. Hierbij ontstaat een waterhoudend slib, dat diverse metalen bevat. Terugwinning van metalen uit dit slib is met de huidige stand van de techniek niet mogelijk, althans niet tegen acceptabele kosten.

ad 2. Deelstroombehandeling

Bij het gescheiden verzamelen van de afvalwaterstromen ontstaan deelstromen, die slechts één metaal of enkele metalen bevatten. Deze stromen worden afzonderlijk behandeld. Naast de hierboven genoemde ONO komt hiervoor een aantal technieken in aanmerking, zoals ionenwisseling, solvent-extractie, elektrolyse, membraanprocessen en de korrelreactor. Bij deze processen worden de metalen geconcentreerd in de vorm van een gedegen metaal, een zout, een geconcentreerde oplossing, of een slib. Doordat deze stromen slechts één of een beperkt aantal metalen bevatten, worden de mogelijkheden voor terugwinning of hergebruik vergroot.

De deelstroombehandeling kan gericht zijn op:

- Intern hergebruik: De metalen, metaalzouten, concentraten of slibben, die bij de behandeling vrijkomen, worden na eventuele opwerking hergebruikt in het galvanisch bedrijf, evenals het gezuiverde water.
- Extern hergebruik: De vrijgekomen materialen worden hergebruikt in een proces buiten het eigen bedrijf.
- Afvoer naar een centrale verwerkingsinstallatie, waarin de vrijgekomen materialen worden opgewerkt tot een verkoopbaar produkt. Dit is voor de materialen vrijgekomen bij deelstroomzuivering in het algemeen aanzienlijk eenvoudiger dan voor de concentraten en slibben van de eindzuivering. De verwerkingskosten, verminderd met de opbrengst van het produkt, mogen niet veel hoger zijn dan de storkosten in een C2-deponie.

ad 3. Combinatie van deelstroomzuivering en eindzuivering

Bij het invoeren van deelstroomzuivering zal in de praktijk vaak een combinatie van beide hiervoor genoemde routes worden toegepast. Een deel van de stromen wordt gescheiden behandeld; de rest wordt samengevoegd en naar een eindzuivering geleid. Het relatieve aandeel van de deelstroomzuivering in het totaal zal worden bepaald door zowel technische als financiële aspecten.

In de praktijk vinden terugwinning en hergebruik nog maar in beperkte mate plaats. Per jaar wordt meer dan 10.000 ton metaalhoudende filterkoek (Chemafbestand 1989) geproduceerd. Deze hoeveelheid wordt bijna in zijn geheel gestort, c.q. afgevoerd naar het buitenland. Daarnaast worden geconcentreerde waterige afvalstromen, zoals beitsbaden en procesbaden, in een aantal gevallen nog direct afgevoerd naar afvalverwerkingsbedrijven in binnen- en buitenland.

Deelstroomzuivering verdient bij de behandeling van afvalwater van de galvanische industrie de voorkeur boven eindzuivering, vanwege de betere mogelijkheden voor terugwinning en hergebruik van de in het afvalwater aanwezige metalen. Terugwinning en hergebruik leiden tot een lagere belasting van het milieu. Daarnaast vormt de besparing op grondstoffen- en waterverbruik een belangrijk voordeel. Besparingen op storkosten en de opbrengsten van de vrijgekomen materialen leveren eveneens financiële voordelen op. Andere voordelen van deelstroomzuivering kunnen zijn het beter functioneren van de eventueel nog aanwezige eindzuivering en de betere kwaliteit van het gezuiverde water.

Hogere zuiveringskosten en een meer gecompliceerde bedrijfsvoering kunnen worden genoemd als nadelen van deelstroomzuivering. Bij intern hergebruik is het risico aanwezig van ophoping van vervuilende componenten, die het proces kunnen verstoren.

In dit rapport worden de resultaten van de eerste fase van een project beschreven, dat als doel heeft een nadere evaluatie van de voor- en nadelen van deelstroomzuivering ten opzichte van eindzuivering. Hieruit dient te blijken in welke richting toekomstige ontwikkelingen zullen moeten gaan en welke zuiveringstechnieken de voorkeur verdienen. Daarbij wordt met name aandacht besteed aan de verwerking van de bij de zuivering ontstane concentraten en slibben, waarbij opwerken bij het bedrijf zelf zal worden vergeleken met centrale verwerking in hiervoor te bouwen installaties. Ook wordt aangegeven hoe tot implementatie van deelstroomzuivering kan worden overgegaan en welk aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Het project bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Inventarisatie van de in Nederland bij de oppervlaktebehandeling van metalen vrijkomende afvalwaterstromen (deelstromen);
2. Vaststellen van mogelijkheden voor toepassing van de in aanmerking komende zuiveringstechnieken voor de behandeling van de onder 1. geïnventariseerde deelstromen. Belangrijkste aspect naast de toepasbaarheid in technisch/economische zin is de vorm, waarin de verontreinigingen na zuivering vrijkomen;
3. Vaststellen van de mogelijkheden tot opwerken en/of hergebruik van de (geconcentreerde) afvalstromen:

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

- a. bij het bedrijf zelf (afhankelijk van onder meer de toegepaste zuiverings-techniek, de vorm en samenstelling van de geconcentreerde afvalstromen en slibben, de toegepaste galvanische processen, de eisen die aan de te gebruiken produkten worden gesteld en de hoeveelheid afvalwater);
 - b. door afzet aan derden (afzetmogelijkheden afhankelijk van de vorm en samenstelling van de materialen en de eisen die door potentiële afnemers hieraan worden gesteld);
 - c. via opwerken in centrale verwerkingsinstallaties (economische rentabiliteit afhankelijk van de schaal waarop het verwerkingsproces wordt toegepast en van de vorm en samenstelling van de materialen);
4. Evaluatie;
Hierbij ligt de nadruk op aspecten die betrekking hebben op het terugwinnen en hergebruiken van metalen uit de afvalstromen, waardoor de te storten hoeveelheid afval wordt verminderd.
 5. Opstellen van een plan tot implementatie van deelstroombehandeling.
Hierin zal onder meer aangegeven worden welke situatie op lange termijn dient te worden nagestreefd met betrekking tot de zuivering van galvanisch afvalwater en hoe deze situatie kan worden bereikt. De nadruk ligt op opwerking van de (mono)slibben en concentraten en hergebruik van de metalen en metaalverbindingen hieruit.

Dit rapport behelst de eerste fase van het project: de onderdelen 1. en 2. In hoofdstuk 2 worden de inventarisaties van afvalwaterstromen en zuiveringstechnieken besproken. Met behulp van de inventarisatie van afvalwaterstromen worden op basis van de chemische samenstelling clusters van vergelijkbare stromen opgesteld, waarbij elke cluster in het kader van deelstroomzuivering een eigen behandeling behoeft. Het vaststellen van de optimale behandelingstechniek per cluster is onderwerp van hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk worden de resultaten van een workshop gepresenteerd, waarin de relevante combinaties van deelstromen en technieken op een aantal criteria zijn beoordeeld. In hoofdstuk 4 worden deze resultaten bediscussieerd. Enkele samenvattende conclusies worden gegeven in hoofdstuk 5.

In de tweede fase van het project wordt onderdeel 3. uitgevoerd; in de derde fase de onderdelen 4. en 5.

Het project wordt uitgevoerd door IMET-TNO in samenwerking met de Vereniging voor Oppervlaktetechnieken van Materialen (VOM), in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Afvalstoffen.

2 Inventarisatie van afvalwaterstromen en mogelijke zuiveringstechnieken in de galvanische industrie

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens een inventarisatie van afvalwaterstromen en van zuiveringstechnieken in de galvanische industrie besproken. Deze inventarisaties zijn uitgebreider beschreven in afzonderlijke werkrapporten [1,2].

2.1 Inventarisatie van afvalwaterstromen

2.1.1 Doel

Het doel van de inventarisatie is het verkrijgen van een overzicht van hoeveelheden en samenstellingen van de meest voorkomende afvalwaterstromen in de galvanische industrie. Met dit overzicht is het mogelijk om op basis van de chemische samenstelling van de afvalwaterstromen clusters van vergelijkbare stromen op te stellen, waarbij elke cluster in het kader van deelstroomzuivering een eigen behandeling behoeft.

2.1.2 Uitvoering

De inventarisatie is verricht voor alle, op redelijke schaal voorkomende voorbehandelings-, nabehandelings- en metaalbedekkingsprocessen in de galvanische industrie. Deze processen zijn onderverdeeld in de volgende "hoofdgroepen":

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Voorbehandeling | 6. Nabehandeling |
| 2. Vernikkelen | 7. Vergulden |
| 3. Verzinken | 8. Verzilveren |
| 4. Verkoperen | 9. Lood/tin processen |
| 5. Verchromen | 10. Vertinnen |

Binnen deze hoofdgroepen zijn weer onderverdelingen te maken (bijvoorbeeld verschillende types voorbehandeling, diverse vernikkel- en verzinkprocessen). Wat betreft de wijze van spoelen kan er onderscheid worden gemaakt tussen het al dan niet toepassen van een spaarbad tussen procesbad en spoelbad. Dit leidt tot een drietal types afvalwaterstromen:

1. Spoelwaterstromen (relatief lage metaalconcentraties);
2. Halfconcentraten (spaarbaden die te hoge metaalconcentraties bevatten voor verder gebruik in het spaarspoelproces);
3. Concentraten (afgewerkte procesbaden).

Door middel van een literatuurstudie is informatie vergaard over:

- basissamenstellingen van alle in de galvanische industrie toegepaste processen;
- eventuele toevoegingen aan deze procesvloeistoffen, zoals glansmiddelen, bevochtigers, of katalysatoren;
- temperatuur, waarbij de processen worden bedreven;
- verontreinigingen, die bij het beschouwde proces in de procesvloeistoffen aanwezig zijn;
- gevoeligheid van de afzonderlijke processen voor deze verontreinigingen;
- het type spoelsysteem, dat voor een bepaald proces in de praktijk wordt gehanteerd.

Met behulp van het simulatieprogramma "Tutsim" is voor alle processen het verloop van de concentratie van badcomponenten en verontreinigingen in spoelbaden, procesbaden en eventueel in spaarbaden berekend. Hieruit kan voor spaar- en procesbaden de bedrijfsduur worden bepaald, waarna het bad moet worden ververst. Met dit gegeven en met de geschatte gemiddelde badvolumina en het geschatte aantal baden dat in Nederland wordt gebruikt, wordt per proces de jaarlijkse hoeveelheid vrijkomende concentraten en halfconcentraten berekend. De totale spoelwaterstroom per proces in Nederland is berekend uit het geschatte spoelwaterdebiet per bad en het geschatte aantal baden in Nederland. In een afzonderlijk werkrapport [1] zijn de gedetailleerde berekeningsmethoden weergegeven.

2.1.3 Resultaten

In het boven genoemde werkrapport [1] zijn voor de tien onder 2.1.2 genoemde hoofdgroepen van processen de verschillende deelprocessen en de samenstellingen en hoeveelheden van spoelwater en (half)concentraten beschreven. Hierbij is uitgegaan van de (theoretische) vooronderstelling, dat alle stromen separaat vrijkomen. Om het aantal stromen, waarvoor de technieken op geschiktheid moeten worden beoordeeld, in te perken, zijn clusters gemaakt van stromen, die qua samenstelling op elkaar lijken en min of meer op gelijke wijze kunnen worden behandeld. Op deze manier zijn tien groepen van spoelwaterstromen en elf groepen van (half)concentraten verkregen. Van elk van deze stromen is een korte beschrijving gemaakt (één pagina per deelstroom). Deze beschrijvingen zijn in bijlage 1 bijgevoegd.

De volgende deelstromen zijn benoemd en omschreven (inclusief hoeveelheden en samenstellingen):

A. Spoelwaterstromen van:

1. alkalische ontvettingsbaden en zuurdips (zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen);
2. zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden (zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen);
3. elektrolytische nikkelbaden;
4. zinkbaden;
5. elektrolytische koperbaden;
6. sierchroombaden;
7. blauw- en geelpassiveerbaden;

8. cyanidische zilverbaden;
9. lood/tinbaden;
10. tinbaden.

B. (Half)concentraten van:

11. alkalische ontvettingsbaden en zuurdips (zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen);
12. zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden (zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen);
13. trommel- en sulfamaatnikkelbaden;
14. zinkbaden;
15. koperstrike en zuur- en fluoroboraatkoperbaden;
16. sierchroombaden;
17. blauw- en geelpassiveerbaden na verzinken;
18. cyanidische zilverbaden;
19. lood/tinbaden;
20. fluoroboraat- en sulfonaattinbaden.
21. hard- en sierchroombaden.

2.2 Inventarisatie van mogelijke zuiveringstechnieken

2.2.1 Doel

Het doel van dit onderdeel van het project is het verkrijgen van een overzicht van de meest in aanmerking komende technieken voor deelstroomzuivering in de galvanische industrie en van de meest relevante aspecten van deze technieken. Met dit overzicht is het mogelijk om in combinatie met het overzicht van (groepen van) deelstromen uitspraken te doen over de aantrekkelijkheid van een gegeven techniek voor de zuivering van een gegeven deelstroomcluster.

2.2.2 Uitvoering

Allereerst is een inventarisatie gemaakt van de belangrijkste technieken, die voor de behandeling van de verschillende deelstromen in aanmerking komen. Deze technieken zijn:

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| 1. Ontgifting | 6. Elektrolyse |
| 2. Precipitatie | 7. Elektrodialyse |
| 3. Ionenwisseling | 8. Korrelreactor |
| 4. Omgekeerde osmose | 9. Solvent-extractie |
| 5. Ultrafiltratie/microfiltratie | 10. Verdampen |

Met betrekking tot de eerstgenoemde techniek (Ontgifting) moet worden opgemerkt, dat deze in veel gevallen als een noodzakelijke voorbehandeling in combinatie met één van de negen overige technieken moet worden uitgevoerd, voor de reductie van Cr(VI) naar Cr(III) en/of de oxydatie van cyanides. Van elk van de genoemde technieken is een beschrijving gemaakt volgens onderstaande indeling:

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

1. Beschrijving van de techniek
(algemeen, gebruikte hulpstoffen, stand van de techniek)
2. Toepassingsgebied
(type verontreiniging, type deelstroom, concentratiegebied, randvoorwaarden voor toepassing, capaciteit)
3. Prestaties
(concentraties, reststromen, knelpunten, specifieke voordelen)
4. Praktijkervaring
5. Opmerkingen
6. Literatuur

2.2.3 Resultaten

De resultaten worden gegeven in een afzonderlijk werkrapport [2]. De in het werkrapport opgenomen samenvattingen (één blad per techniek) zijn als bijlage 2 bij het voorliggende rapport gevoegd.

3 Toepassingsmogelijkheden van zuiveringstechnieken

3.1 Doel

Het doel van dit onderdeel van het project is het aangeven van de relevantie van een aantal combinaties van de in het vorige hoofdstuk genoemde zuiveringstechnieken en deelstromen, met andere woorden: het invullen van de matrix "Technieken * Deelstromen".

3.2 Uitvoering

De uitvoering heeft in twee stappen plaatsgevonden. De eerste stap was een voorselectie van techniek-deelstroomcombinaties, waarbij alle combinaties, waarvan de haalbaarheid op voorhand erg laag werd ingeschat, zijn weggelaten. Als tweede stap is er een workshop georganiseerd, waarin een groep deskundigen de aantrekkelijkheid van de verschillende geselecteerde techniek-deelstroomcombinaties heeft beoordeeld aan de hand van tevoren opgestelde criteria (zie hieronder).

De voorselectie was noodzakelijk, omdat het binnen het tijdsbestek van de workshop (1 dag) niet mogelijk was alle combinaties van technieken en deelstromen te beoordelen. Als belangrijkste criterium bij deze voorselectie is gebruikt, dat de deelstroomzuivering vermindering van de hoeveelheid afval en/of verbetering van de kwaliteit van de afvalstroom tot gevolg moet hebben. Daarnaast is bij de afweging ook de uitvoerbaarheid in technische en praktische zin betrokken. De resultaten van de voorselectie zijn gegeven in bijlage 3. Opmerkingen hierbij zijn:

- In die gevallen, waarbij de spoelwaterstromen eerst worden voorgeconcentreerd met een bepaalde techniek, om daarna via een andere techniek te kunnen worden behandeld, wordt deze tweede behandeling beschouwd als behandeling van (half)concentraat.
- Indien bij de behandeling van (half)concentraten niet tot de lozingsnorm wordt gezuiverd, is nazuivering noodzakelijk. Deze nazuivering kan worden beschouwd als een behandeling van spoelwaterstromen.
- Ontgiftiging wordt beschouwd als een behandelingsstap, die bij aanwezigheid van CN^- of Cr(VI) alleen in combinatie met andere technieken wordt uitgevoerd. Bij lage metaalconcentraties kan ontgiftiging als enige behandelingsstap voldoende zijn. Bij elektrolyse en omgekeerde osmose is ontgiftiging vooraf niet nodig.
- Ultrafiltratie/microfiltratie wordt bij het verwijderen van metalen altijd toegepast in combinatie met precipitatie.
- Waar in de tabellen "Niet" wordt aangegeven, betekent dat niet dat de stroom niet separaat moet worden behandeld, maar dat de separate behandeling geen vermindering van milieubelasting oplevert.
- De technieken zijn voornamelijk gericht op de verwijdering van zware metalen en cyaniden. Bij de beoordeling ervan moet - waar mogelijk - ook rekening worden gehouden met het effect van de behandeling op andere schadelijke componenten van de deelstroom.

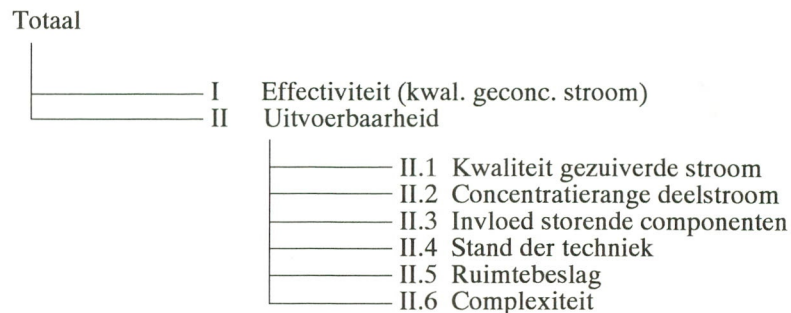
- Eventuele nabehandeling van een concentraat ten behoeve van hergebruik moet alleen in het kader van de beoordeling van de kwaliteit van de geconcentreerde stroom worden bekeken.

Tijdens de workshop zijn de voorgeselecteerde techniek-deelstroomcombinaties door elf personen in drie groepen beoordeeld. De deelnemers aan de workshop zijn vermeld in bijlage 4. Elk van de drie groepen heeft een aantal stromen voor zijn rekening genomen. De zuiveringsmogelijkheden voor de stromen 3 en 13 zijn door alle drie groepen beoordeeld.

De gekozen aanpak is te karakteriseren als multicriteria-analyse. Dit is een methode om een subjectieve beoordeling van een aantal alternatieven expliciet te maken. De alternatieven worden eerst beoordeeld op een aantal afzonderlijke criteria, en vervolgens met elkaar vergeleken door de criteria tegen elkaar af te wegen met behulp van weegfactoren. In het algemeen zijn de criteria de eindpunten van een hiërarchie, die tot stand komt door vanuit een globaal niveau stapsgewijs te detailleren naar een niveau van 'meetbare' grootheden. Voor ieder criterium wordt een schaal gedefinieerd. Het beoordelen ('scoren') van de alternatieven komt dan neer op het vaststellen van de posities ('scores') van de alternatieven op de criteriumschalen. Voor het afwegen van de criteria worden de criteriumscores eerst door middel van een overdrachtsfunctie getransformeerd naar een uniforme schaal (meestal van 0 tot 1 of van 0 tot 100). Vervolgens wordt met behulp van de eerder genoemde weegfactoren de eindscore per alternatief bepaald: een gewogen gemiddelde van de getransformeerde criteriumscores. Uit de eindscores van de alternatieven volgt tenslotte de rangorde van de alternatieven. In het algemeen is het verstandig om de gevoeligheid van deze rangorde na te gaan, bijvoorbeeld voor verschuivingen in de toegepaste weegfactoren.

In de onderhavige problematiek zijn per deelstroom de voorgeselecteerde technieken de alternatieven. De uiteindelijke hiërarchie van criteria is betrekkelijk eenvoudig. Deze wordt in figuur 1 afgebeeld. Er zijn in eerste instantie twee groepen van criteria: effectiviteit, gerelateerd aan de kwaliteit van de geconcentreerde stroom, en uitvoerbaarheid. Voor 'effectiviteit' bleek geen nadere opsplitsing noodzakelijk, terwijl 'uitvoerbaarheid' is opgesplitst in 6 criteria: kwaliteit gezuiverde stroom, concentratierange deelstroom, invloed storende componenten, stand der techniek, ruimtebeslag, en complexiteit.

In dit stadium van het onderzoek worden economische aspecten buiten beschouwing gelaten, zodat 'kosten' niet als criterium in de hiërarchie voorkomt. Deze zullen worden meegenomen in de volgende fases van het project, waarin de mogelijkheden voor opwerken en/of hergebruik van de (geconcentreerde) afvalstromen worden vastgesteld en na een evaluatie van deze mogelijkheden een plan wordt opgesteld om te komen tot implementatie van deelstroombehandeling.

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie


Figuur 1 Criterium Hiërarchie

Voor alle zeven criteria is een schaal ontworpen met scores van 0 tot 5, waarbij steeds een hogere score overeenkomt met een grotere mate van aantrekkelijkheid. De diverse schalen zien er als volgt uit:

I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

Score	Betekenis
0	Relatief groot volume, alleen storten mogelijk
1	Relatief klein volume, storten
2	Relatief groot volume, centraal opwerken
3	Relatief klein volume, (centraal) opwerken/ groot volume, extern hergebruik
4	Relatief klein volume, direct extern hergebruik mogelijk
5	Volledig intern hergebruik mogelijk

II. Uitvoerbaarheid

II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

Spoelwaterbehandeling		(Half)concentraatbehandeling	
Score	Concentratie	Score	Concentratie
0	> 10 mg/l	0	> 10 g/l
1	3 - 10 mg/l	1	0,1 - 10 g/l
2	1 - 3 mg/l	2	0,01 - 0,1 g/l
3	0,5 - 1 mg/l	3	3 - 10 mg/l
4	0,1 - 0,5 mg/l	4	0,5 - 3 mg/l
5	< 0,1 mg/l	5	< 0,5 mg/l

II.2 Concentratierange deelstroom (influent voor zuiveringstechniek)

Score	Betekenis
0	Geen overlap met toepassingsbereik techniek
1	Overlap met minder gunstig toepassingsbereik
2	Geringe overlap (circa 25%)
3	Gedeeltelijke overlap (circa 50%)
4	Grote overlap (circa 75%)
5	Volledige overlap met toepassingsbereik

II.3 Invloed storende componenten

Score	Betekenis
0	Aanwezigheid maakt toepassing onmogelijk
1	Invloed groot, moeilijk te voorkomen
2	Invloed groot, gedeeltelijk te voorkomen
3	Enige invloed/invloed grotendeels te voorkomen
4	Geringe invloed, eenvoudig te voorkomen
5	Geen invloed/geen storende componenten

*Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie***II.4 Stand der techniek**

Score	Betekenis
0	Nog niet toepasbaar in de praktijk in de galvanische industrie
1	Nog niet toegepast in de praktijk in de galvanische industrie, wel op pilotschaal elders
2	Veel op andere gebieden toegepast, niet in de galvanische industrie
3	Alleen op pilotschaal in de galvanische industrie toegepast
4	Matig ingevoerde techniek in de galvanische industrie
5	Goed ingevoerde techniek in de galvanische industrie/ veel toegepast

II.5 Ruimtebeslag

Score	Betekenis
0	Zeer groot (bijvoorbeeld ONO)
1	Groot
2	Meer dan gemiddeld (precipitatie + MF (+ ontgiftiging))
3	Gemiddeld
4	Klein (omgekeerde osmose, elektrolyse)
5	Gering (elektrolyse)

II.6 Complexiteit

Score	Betekenis
0	Zeer complex, veel ervaring/HBO-opleiding vereist
1	Complex, ervaring/MBO-opleiding vereist
2	Tamelijk complex, enige ervaring /MBO-, eventueel LBO-opleiding
3	Enigszins complex, enige ervaring/LBO-opleiding
4	Eenvoudig te bedrijven, geringe ervaring /LBO-opleiding
5	Zeer eenvoudig te bedrijven, geen ervaring of technische opleiding nodig

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Uit het bovenstaande blijkt dat enkele criteriumschalen zijn samengesteld uit meerdere elementen. Een dergelijke constructie is noodzakelijk, indien een afzonderlijke beoordeling op de diverse elementen niet goed mogelijk is, omdat ze met elkaar samenhangen: er is dan sprake van afhankelijkheid.

Voor de transformatie van de criteriumschalen naar uniforme schalen is voor een zeer eenvoudige (lineaire) overdrachtsfunctie gekozen. De waarden 0 en 5 in de criteriumschalen komen voor elk criterium overeen met 0 en 1 in de uniforme schalen.

Het belang dat aan de afzonderlijke criteria wordt gehecht, kan tot uiting worden gebracht door het toekennen van weegfactoren aan de criteria (som der weegfactoren gelijk aan 1 binnen elk criterianiveau). Er zijn zeven sets weegfactoren gekozen, waarbij gepoogd is per set een andere invalshoek te kiezen.

Onderscheid is gemaakt tussen de grootte van het bedrijf (groot, middel, klein) en tussen bestaande en nieuwe bedrijven. Zo is voor kleine bedrijven aangenomen dat deze minder faciliteiten en ruimte hebben dan grote bedrijven. Derhalve is voor kleine bedrijven een groter gewicht toegekend aan de uitvoerbaarheid en binnen dit criterium een groter gewicht aan de stand der techniek, ruimtebeslag en complexiteit; voor nieuwe bedrijven is ten opzichte van bestaande bedrijven een lager gewicht toegekend aan het ruimtebeslag, omdat uitbreiding van bestaande bedrijven vaak problemen geeft. Bij set nummer 7 is een lager gewicht toegekend aan de kwaliteit van de gezuiverde stroom. Hierbij kan worden gedacht aan de situatie, dat er nog een nazuivering met een andere techniek plaatsvindt. In tabel 1 is schematisch weergegeven welke weegfactorenset bij welk uitgangspunt hoort.

De keuze van de weegfactoren is en blijft een subjectieve aangelegenheid. Het voornaamste doel is een variatie van de weegfactoren om de gevoeligheid van de uitkomsten hiervoor na te gaan. Er moet derhalve niet een te absoluut verband worden gelegd tussen de weegfactoren enerzijds en de grootte en de aard van het bedrijf anderzijds.

De scores op de uniforme schalen worden vervolgens gecombineerd met de weegfactoren. De op deze wijze verkregen gewogen scores worden voor elke beschouwde techniek-deelstroomcombinatie opgeteld tot een totaalscore. Voor elke deelstroom worden nu de verschillende technieken gerangschikt op volgorde van afnemende totaalscore (afnemende aantrekkelijkheid) en op deze wijze onderling vergeleken. Dit gebeurt voor elke set weegfactoren.

In tabel 2 zijn de criteria met de gekozen gewichten gegeven. Deze tabel is een samenvatting van het overzicht in bijlage 5. In deze bijlage is (in de laatste kolom van de tabel) tevens aangegeven hoe groot de relatieve bijdrage van de verschillende criteria in de totaalscore is.

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie
Tabel 1 Nummers weegfactorensets voor verschillende uitgangspunten

	Bestaand bedrijf	Nieuw bedrijf
Groot bedrijf	1	4
Middelgroot bedrijf	2	5 7
Klein bedrijf	3	6

Tabel 2 Overzicht van criteria met gekozen gewichten

Criterium	Gew. set 1	Gew. set 2	Gew. set 3	Gew. set 4	Gew. set 5	Gew. set 6	Gew. set 7
Effectiviteit	0.60	0.50	0.30	0.70	0.50	0.40	0.50
Uitvoerbaarheid	0.40	0.50	0.70	0.30	0.50	0.60	0.50
Kwaliteit rafinaat	0.30	0.25	0.20	0.40	0.30	0.20	0.10
Conc. range deelstroom	0.20	0.15	0.10	0.20	0.20	0.15	0.30
Storende componenten	0.20	0.15	0.10	0.20	0.20	0.10	0.30
Stand der techniek	0.10	0.15	0.20	0.10	0.15	0.20	0.15
Ruimte beslag	0.15	0.20	0.25	0.05	0.05	0.10	0.05
Complexiteit	0.05	0.10	0.15	0.05	0.10	0.20	0.10

3.3 Resultaten

3.3.1 Voorselectie

Het resultaat van de voorselectie is, dat er voor de behandeling van spoelwaterstromen slechts vier technieken in aanmerking komen: precipitatie, ionenwisseling, omgekeerde osmose en ultrafiltratie/microfiltratie.

Voor de behandeling van (half)concentraten komen de meeste technieken wel in aanmerking. Uitzondering hierop is de techniek "Ionenwisseling". Deze techniek is bij (half)concentraatbehandeling alleen geschikt voor het verwijderen van storende metalen uit een chroombad, waardoor de standtijd van het bad kan worden verlengd.

Van de in 2.1.3 genoemde deelstromen zijn de volgende niet in de verdere procedure meegenomen: nr. 1 (spoelwater van alkalische ontvettingsbaden en zuurdips), nr. 2. (spoelwater van zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden), nr. 7. (spoelwater van blauw- en geelpassievebaden), nr. 11 ((half)concentraten van alkalische ontvettingsbaden en zuurdips), nr. 12 ((half)concentraten van zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden), nr. 17 ((half)concentraten van blauw- en geelpassievebaden na verzinken) en nr. 18 ((half)concentraten van cyanidische zilverbaden).

Voor de deelstromen 1, 2, 7, 11, 12 en 17 is een aparte verwerking niet zinvol vanwege de samenstelling van deze deelstromen. Dit wordt hieronder nader toegelicht. Er moet wel worden bedacht, dat de deelstromen 1, 2 en 7 qua volume de grootste stromen zijn (samen circa 40% van het totale spoelwatervolume).

Deelstroom 1 bevat een aantal verschillende metalen in lage concentraties. In veel gevallen is de samenstelling van deze deelstromen zodanig, dat ze, na eventuele cyanide-ontgifting en pH-correctie direct kunnen worden geloosd. De aanwezigheid van complexvormers kan een storende invloed hebben bij de waterzuivering. In de nabije toekomst is te verwachten dat er een fosfaatheffing zal worden ingevoerd, zodat de verwijdering van fosfaat (en complexvormers) van belang zal worden. Deze componenten zijn echter in de workshop niet in de beschouwing betrokken.

Deelstroom 2 bevat ook meerdere metalen; echter in hogere concentraties dan deelstroom 1. In een aantal gevallen is het mogelijk door het invoeren van procesgeïntegreerde maatregelen de metaalconcentratie in het procesbad sterk te verlagen, zodat ook in het spoelwater de concentratie wordt verlaagd.

In deelstroom 7 is naast chroom altijd zink aanwezig. Ook de deelstromen 11, 12 en 17 bevatten meerdere metalen. De concentraties variëren van 1 g/l tot meer dan 10 g/l.

Voor de behandeling van zilverconcentraten (deelstroom nr. 18) geldt, dat elektrolyse hierbij een goed ingevoerde techniek is en dat er geen aanleiding is de toepassingsmogelijkheden van andere technieken te onderzoeken.

3.3.2 Workshop

In bijlage 6 zijn de individuele scores ten aanzien van de in 3.3.1 genoemde criteria weergegeven, die door de workshop-deelnemers aan de verschillende techniek-deelstroomcombinaties zijn toegekend. Ten opzichte van de oorspronkelijk toegekende scores zijn - na onderling overleg met enkele deelnemers - enige wijzigingen aangebracht, met name daar, waar er duidelijk sprake was van interpretatieverschillen. Ook is voor de (half)concentraten de techniek "Ionenwisseling" buiten beschouwing gelaten (zie ook onder 3.3.1).

In tabel 3 (pagina 26) zijn de gemiddelde scores en de standaarddeviaties uit bijlage 6 samengevat. Een hoge score komt overeen met een grote mate van aantrekkelijkheid. De standaarddeviaties variëren tussen 0 en 2,5. Met name bij de deelstromen 15 ((half)concentraten van koperstrike, zuur- en fluoroboraatkoperbaden) en 20 ((half)concentraten van fluoroboraat- en sulfonaattinbaden) komen veel hoge standaarddeviaties voor. Een hoge standaarddeviatie kan wijzen op een verschil in inschatting tussen de verschillende deelnemers. Op zich moet dat niet

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

als abnormaal worden beschouwd: de beoordelingen zijn per definitie subjectief. Een andere oorzaak voor een hoge standaarddeviatie kan gelegen zijn in verschillende uitgangspunten of in een gebrek aan kennis over de betreffende techniek-deelstroomcombinatie. Indien een hoge standaarddeviatie hierdoor wordt veroorzaakt, dient dit uiteraard als ongewenst te worden gezien. Vooral bij deelstroom 15 zijn diverse technieken ten aanzien van meerdere criteria niet beoordeeld. Met name heeft onduidelijkheid geheerst met betrekking tot de invloed en de afscheidingsmogelijkheden van fluoroboraat.

De deelstromen 10 (spoelwater van tinbaden), 19 ((half)concentraten van lood/tinbaden) en 21 ((half)concentraten van hard- en sierchroombaden) zijn gezamenlijk door de groep, respectievelijk door slechts één deelnemer beoordeeld, zodat bij deze deelstromen voor elke techniek een standaarddeviatie gelijk aan nul is vermeld.

Bij deelstroom 21 (hard- en sierchroombaden) is ionenwisseling wel meegenomen in de beoordeling; echter niet voor verwijdering van chroom, maar van andere verontreinigingen (met name koper en ijzer, zie ook hieronder). Bij deze stroom zijn de technieken omgekeerde osmose, elektrolyse en solvent extractie niet beoordeeld, omdat ze voor deze stroom als niet-haalbaar zijn beschouwd.

Tijdens de workshop is gebleken, dat bij deelstroom 14 ((half)concentraten van zinkbaden) onderscheid moet worden gemaakt tussen enerzijds zure en anderzijds alkalische (cyanidische) baden. Dit geldt met name voor de technieken precipitatie, elektrolyse, korrelreactor, solvent extractie en verdamping.

De resultaten van de criteria-analyse met betrekking tot de in de workshop toegewezen scores worden in het volgende hoofdstuk besproken.

4 Bespreking resultaten workshop

In bijlage 7 zijn per set weegfactoren en per deelstroom de technieken naar afnemende totaalscore gerangschikt. In tabel 4 zijn de resultaten uit bijlage 7 samengevat door voor elke deelstroom de rangnummers van de technieken, behorend bij elk van de zeven sets weegfactoren weer te geven. Tevens zijn de totaalscores van de verschillende technieken per deelstroom voor 1 gewichtenset (nr. 2) afgebeeld in figuur 2.

Bij het beschouwen van de rangvolgordes (tabel 4) blijkt dat er in het algemeen weinig verschil in de resultaten is tussen weegfactorensets. Mogelijk wordt dit veroorzaakt doordat tijdens de workshop de neiging heeft bestaan om, als een techniek op één criterium extreem laag wordt beoordeeld, deze lage beoordeling ook door te trekken naar andere criteria.

Met betrekking tot de toepassing van omgekeerde osmose voor zuivering van spoelwaterstromen (deelstroom 3 tot en met 10) dient een voorbehoud te worden gemaakt; hiervoor wordt verwezen naar de conclusies op pagina 25.

De resultaten zullen nu per deelstroom worden besproken.

Deelstroom 3 (spoelwater van elektrolytische nikkelbaden):

Bij deze deelstroom is de techniek precipitatie ten aanzien van criterium I (effectiviteit) zeer wisselend beoordeeld. Een hoge waardering werd gegeven met als uitgangspunt dat Ni(OH)_2 wordt gevormd, dat kan worden teruggevoerd naar een concentraatbad. Een lage waardering werd gegeven op basis van de gedachte dat er veel slib met geringe mogelijkheden voor hergebruik wordt geproduceerd. De techniek ionenwisseling wordt ten aanzien van het criterium II.3 (invloed storende componenten) met name hoog gewaardeerd, indien een koolfilter wordt voorgeschakeld.

Het resultaat van de criteria-analyse is, dat ionenwisseling voor elke gewichtenset op de eerste plaats komt. Ook omgekeerde osmose en ultra-microfiltratie scoren hoog. Deze technieken wisselen soms van plaats, afhankelijk van de gekozen gewichtenset. Gegevens uit de praktijk leren, dat er bij omgekeerde osmose nog wel problemen voorkomen (met name met de membranen). Toch kan worden gesteld, dat in principe zowel ionenwisseling, als omgekeerde osmose en ultra-microfiltratie voor behandeling van deze deelstroom in aanmerking komen.

Deelstroom 4 (spoelwater van zinkbaden):

Ten aanzien van de techniek precipitatie kan een analoge opmerking als bij deelstroom 3 worden geplaatst.

Ook hier komt als resultaat van de criteria-analyse ionenwisseling steeds op de eerste plaats. Met cyanidische zinkbaden kan hier echter een probleem ten gevolge van ongewenste precipitaten optreden (verstopping van de ionenwisselaar). Ook ultra-microfiltratie scoort hoog (steeds op de tweede plaats). In de praktijk zijn hier ook goede ervaringen mee opgedaan. Omgekeerde osmose scoort duidelijk lager (steeds op de derde plaats) en precipitatie komt weer op de laatste plaats. Omgekeerde osmose zou eventueel wel in aanmerking komen om de metalen te concentreren naar spaarbadniveau.

Deelstroom 5 (spoelwater van elektrolytische koperbaden):

De totaalscores voor ionenwisseling, omgekeerde osmose en ultra-microfiltratie liggen dicht bij elkaar. Voor gewichtenset 2, 3, 5, 6 en 7 (middelgrote en kleine bedrijven) komt ionenwisseling op de eerste plaats. Voor set 1 en 4 (grote bedrijven) heeft omgekeerde osmose de voorkeur. Omgekeerde osmose scoort lager voor set 3 en 6 (kleine bedrijven). Precipitatie is de enige techniek die voor deze deelstroom niet in aanmerking komt.

Deelstroom 6 (spoelwater van sierchroombaden):

Voor deze deelstroom komt omgekeerde osmose duidelijk als beste techniek naar voren. De vraag is wel of de membranen bestand zijn tegen hoge chromaatconcentraties. Dit punt zou nader onderzocht dienen te worden. Ionenwisseling komt (op afstand) op de tweede plaats terecht. De andere technieken (ultra-microfiltratie en precipitatie) komen hier duidelijk helemaal niet in aanmerking, voornamelijk vanwege de slechte hergebruiksmogelijkheden (ontstaan van Cr(III)-slib). Opgemerkt kan nog worden dat ionenwisseling in de praktijk reeds wordt gebruikt. Vaak staan er dan twee of drie spaarbaden in cascade. De terug te voeren verdunde spaarbadvloeistof kan hierbij worden ontdaan van metaalionen met behulp van een kationwisselaar. Aansluitend kan de tegenstroomsnelheid nog worden verhoogd door het gereinigde chroomzuur (uit de kationwisselaar) door middel van verdamping te concentreren.

Deelstroom 8 (spoelwater van cyanidische zilverbaden):

Bij deze deelstroom is als alternatieve techniek cementatie (de Actimag-reactor) genoemd. De technieken precipitatie en ultra-/microfiltratie zijn laag beoordeeld ten aanzien van criterium II.3 (invloed storende componenten) vanwege de aanwezigheid van chloride als gevolg van de ontgifting.

De criteria-analyse geeft aan, dat ionenwisseling duidelijk het hoogst scoort, met name op basis van het criterium "uitvoerbaarheid" (hoge belading mogelijk). Eventueel zou de toepasbaarheid van ultra-microfiltratie (komt voor elke gewichtenset op de tweede plaats) nader kunnen worden onderzocht, met name betreffende de vraag hoe goed het materiaal kan worden uitgevlokt in aanwezigheid van chloride.

Deelstroom 9 (spoelwater van lood/tinbaden):

De techniek ionenwisseling wordt bij deze deelstroom ten aanzien van het criterium II.3 (invloed storende componenten) met name hoog gewaardeerd, indien een koelfilter wordt voorgeschakeld.

Hoewel de onderlinge verschillen in totaalscore vrij klein zijn, komt toch omgekeerde osmose steeds op de eerste plaats. Ook ionenwisseling en ultra-microfiltratie zijn in principe mogelijk. Precipitatie komt weer steeds op de laatste plaats (hoewel in de praktijk vaak een ONO wordt toegepast). Voor deze deelstroom is onderzoek naar de mogelijkheid van alternatieve technieken zeer gewenst. Er bestaan weerstanden tegen hergebruik in verband met kwaliteitseisen (verhouding Sn/Pb kritisch). Mogelijke onderzoekspunten zijn:

1. Zijn de membranen bij toepassing van omgekeerde osmose bestand tegen fluor?
2. Zijn er ionenwisselingsharsen die bestand zijn tegen fluorhoudende stoffen?
3. Wat zijn de hergebruiksmogelijkheden bij toepassing van ultra-microfiltratie (neerslaan van Sn(IV)).
4. In hoeverre is het nadeel van de kritische Sn/Pb verhouding te ondervangen door monitoring en bijregeling van deze verhouding?

*Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie**Deelstroom 10 (spoelwater van tinbaden):*

Bij deelstroom 10 (spoelwater van tinbaden) wordt fluoroboraat (BF_4^{3-}) als een mogelijk groter probleem gezien dan tin. Alkalische baden zonder fluoroboraat zijn wellicht minder schadelijk dan zure baden met fluoroboraat.

Omgekeerde osmose komt uit de criteria-analyse duidelijk op de eerste plaats; de onderlinge verschillen zijn groter dan bij deelstroom 9. Voor het overige zijn de problemen vergelijkbaar met die van de vorige deelstroom, met dit verschil dat er geen probleem is met een kritische Sn/Pb-verhouding.

Deelstroom 13 (halfconcentraten van trommel- en sulfamaatnikkelbaden):

Verdampen scoort bij de criteria-analyse voor alle gekozen gewichtensets het hoogst. Ook elektrolyse (steeds op de tweede plaats) komt hier in aanmerking. Voor de technieken omgekeerde osmose, ultra-microfiltratie en elektrodialyse zou nader onderzoek gewenst zijn. Met omgekeerde osmose is wellicht een geïntegreerd spaar- en spoelbadstelsel mogelijk, waarbij deelstroom 3 en 13 worden gekoppeld.

Solvent extractie levert problemen op met de fasescheiding (schuimvorming ten gevolge van de aanwezigheid van complexvormers en glansmiddelen. Voorts wordt hierbij opgemerkt, dat het beter is de techniek te richten op de verwijdering van metalen die in lagere concentratie voorkomen dan op de verwijdering van nikkel.

De korrelreactor scoort waarschijnlijk laag, omdat er een grote installatie nodig is (vergelijkbaar met een ONO) en vanwege het gebrek aan hergebruiksmogelijkheden van de korrels.

Deelstroom 14A (halfconcentraten van zure zinkbaden):

De rangorde van de technieken is hier, mede ten gevolge van de geringe onderlinge verschillen in totaal score, sterk afhankelijk van de gekozen gewichten. Verdampen komt op de eerste plaats bij middelgrote en kleine bedrijven (gewichtensets 2, 3, 5 en 6); solvent extractie bij de grotere bedrijven (gewichtensets 1 en 4). Ook elektrolyse en de korrelreactor scoren relatief hoog.

Deelstroom 14B (halfconcentraten van cyanidische zinkbaden):

Hier komen alleen elektrolyse en ultra-microfiltratie in aanmerking. De onderlinge verschillen tussen deze twee technieken zijn klein. Het score-niveau is absoluut gezien erg laag. In vergelijking tot stroom 14A kan worden opgemerkt, dat verdampen hier laag scoort vanwege de lagere effectiviteit, dat solvent extractie problemen oplevert ten gevolge van complexvorming en dat bij de korrelreactor nu eerst cyanide-ontgifting nodig is.

Deelstroom 15 (halfconc. van koperstrike, zuur- en fluoboraatkoperbaden):

Elektrolyse en verdampen (in deze volgorde) zijn de technieken, die er hier duidelijk uitspringen. Opvallend is voorts het hoge absolute scoreniveau. Zo heeft bijvoorbeeld omgekeerde osmose, welke techniek voor deze deelstroom gemiddeld op de vierde plaats terecht komt, een hogere score dan de hoogste bij deelstroom 14B. Omgekeerde osmose krijgt met name hoge scores ten aanzien van criterium I (effectiviteit), indien deze techniek in combinatie met verdamping wordt toegepast.

*Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie**Deelstroom 16 (halfconcentraten van sierchroombaden):*

Verdamping is hier veruit de beste techniek; ook absoluut gezien zijn hieraan zeer hoge scores toegekend. De overige technieken liggen op een veel lager niveau en wisselen van rangorde onder invloed van de gekozen gewichten.

Deelstroom 19 (halfconcentraten van lood/tinbaden):

Hierbij moet worden opgemerkt, dat de beoordeling slechts door één persoon heeft plaatsgevonden. De scores zijn over het geheel genomen laag en liggen dicht bij elkaar, zodat de rangorde voor de eerste vier technieken vrij sterk wisselt met de gekozen gewichtenset. In aanmerking komen omgekeerde osmose, verdampen (vooral bij kleine, bestaande bedrijven, gewichtenset 3), solvent extractie en elektrolyse. Bij toepassing van elektrolyse kan wel hydrolyse van fluoroboraat in HF en boorzuur optreden. Verder kan worden opgemerkt, dat deze deelstroom een groeigebied in de galvanische industrie vertegenwoordigt.

Deelstroom 20 (halfconcentraten van fluoroboraat- en sulfonaattinbaden):

Elektrolyse en verdampen scoren hoog. De onderlinge verschillen in score tussen deze twee technieken zijn klein. Bij elektrolyse kan hydrolyse van fluoroboraat in HF en boorzuur optreden. Omgekeerde osmose komt steeds op de derde plaats. Wat deze techniek betreft, zou moeten worden nagegaan of de membranen bestand zijn tegen fluorverbindingen. Het volume van deze stroom is relatief klein (circa 50 m³ per jaar in de branche).

Deelstroom 21 (concentraten van hard- en sierchroombaden):

Drie technieken komen in aanmerking (onderling geringe verschillen in score; absoluut scoreniveau zeer hoog): elektrodialyse, verdampen en ionenwisseling. Hard- en sierchroombaden bevatten veel koper- en ijzerverontreinigingen, die met elektrodialyse of ionenwisseling (in combinatie met verdunnen en verdampen) kunnen worden verwijderd. Ook van deze deelstroom is het volume relatief gering (circa 80 m³ per jaar in de branche).

Tijdens een bespreking van de resultaten op 15 augustus 1991 met als deelnemers vertegenwoordigers van het Ministerie van VROM, de VOM en IMET-TNO, is voor elke deelstroom een selectie gemaakt van kansrijke technieken. Deze selectie is in het volgende hoofdstuk in matrixvorm weergegeven. Uit dit overzicht blijkt, dat voor de spoelwaterstromen (nr. 3 tot en met 10) met name ionenwisseling en omgekeerde osmose in aanmerking komen en voor de (half)concentraten (nr. 13 tot en met 21) vooral elektrolyse en verdampen.

Met betrekking tot de toepassing van omgekeerde osmose voor zuivering van spoelwaterstromen (deelstroom 3 tot en met 10) dient een voorbehoud te worden gemaakt; hiervoor wordt verwezen naar de conclusies op pagina 25.

5 Conclusies uit workshop

De belangrijkste conclusies, die volgen uit de resultaten van de workshop, zijn hieronder samengevat:

Voor de spoelwaterstromen (deelstroom nr. 3 tot en met 10) zijn de onderlinge verschillen in rangorde tussen de gekozen gewichtensets vrij klein. Voor de (half)concentraten (deelstroom nr. 13 tot en met 21) is een grotere invloed van de gewichtensets te zien. Voor een belangrijk deel worden de veranderingen in de rangordes hierbij veroorzaakt, doordat de verschillen in totaalscore tussen de technieken bij een gegeven gewichtenset klein zijn. Een kleine verschuiving in de totaalscores kan dan al een wijziging in de rangorde veroorzaken.

Voor de spoelwaterstromen komen met name ionenwisseling en omgekeerde osmose in aanmerking en voor de (half)concentraten vooral elektrolyse en verdampen. Voor wat de behandeling van spoelwaterstromen met omgekeerde osmose moet de aantekening worden gemaakt, dat bij de beoordeling van deze techniek door de deelnemers aan de workshop is verondersteld, dat er zowel een voldoende geconcentreerde retentaatstroom als een voldoende gezuiverde permeaatstroom ontstaat. Dit is echter in de praktijk alleen te bereiken met een meertrapsinstallatie. Het is daarbij de vraag of de kosten van een dergelijke installatie niet prohibitief hoog worden.

Als een techniek wordt gebruikt om een spoelbad te concentreren, tot het niveau van een spaar- of procesbad, verdienen die technieken de voorkeur, die nauwelijks of geen verandering in de samenstelling (onderlinge concentratieverhoudingen) in het spaar- of procesbad veroorzaken. Technieken, die aan deze eis voldoen, zijn bijvoorbeeld omgekeerde osmose en ionenwisseling (mits aselektief). Precipitatie scoort in het algemeen laag vanwege de slibproductie.

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

In de hierna volgende tabel wordt voor elke deelstroom een selectie gegeven van kansrijke technieken. Met een "X" is aangegeven, dat de betreffende combinatie kansrijk is en met een "0", dat de betreffende combinatie mogelijk kansrijk is. Vaak zal er nog wel nader onderzoek nodig zijn. Uit dit overzicht, dat zal dienen als basis voor het volgende onderdeel (fase 3) in het project (zie hoofdstuk 1) blijkt, dat voor de spoelwaterstromen (nr. 3 tot en met 10) met name ionenwisseling en omgekeerde osmose in aanmerking komen en voor de (half)concentraten (nr. 13 tot en met 10) met name ionenwisseling en omgekeerde osmose in aanmerking komen en voor de (half)concentraten (nr. 13 tot en met 21) vooral elektrolyse en verdampen.

Hierbij moet worden aangetekend, dat het binnen de randvoorwaarden van de workshop (tijdsbestek, aantal deelnemers) niet mogelijk was alle aspecten van de beschouwde techniekdeelstroomcombinaties tot in voldoende detail te behandelen. De resultaten van de multicriteria-analyse mogen daarom niet te zeer in absolute zin als selectiemiddel worden gehanteerd.

Tabel 3

Techniek	Deelstroom nr.														
	3	4	5	6	8	9	10	13	14a	14b	15	16	19	20	21
Precip.															
Ionenw.	X	X	X	0	X	X									X
OmgOsm.	X ¹⁾	0 ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾		X ¹⁾	X ¹⁾	0					X		
U/Mfil.	X	X	X		0	X		0		0					
Elktly.								X	X	X	X		X	X	
Elktdi.								0							X
Korrel.									X						
Slvxtr.									X				X		
Verdmp.								X	X		X	X	X	X	X

1) Alleen indien meertrapsinstallatie haalbaar is; zie de tekst op pagina 25

Bij deze conclusies moet voorts de kanttekening worden geplaatst, dat onder bepaalde omstandigheden ook niet vermelde technieken in aanmerking kunnen komen. Vooral de minder bekende technieken scoren in het algemeen slecht. Dit kan onterecht zijn, als de lage score een gevolg is van onbekendheid met de techniek. De vraag, in hoeverre de techniek zichzelf in de praktijk reeds bewezen heeft, is uiteraard wel relevant.

Uit de beschrijving van de multicriteria-analysemethodiek (hoofdstuk 3) moet verder worden geconcludeerd, dat er in de gevolgde procedure een aantal subjectieve keuzes (o.a. toekennen van scores, keuze van gewichten) wordt gemaakt. De procedure kan dus niet objectief worden genoemd; wel zijn de gemaakte subjectieve keuzes met de gevolgde methode expliciet gemaakt.

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

In dit stadium van het onderzoek zijn economische aspecten buiten beschouwing gelaten. In de volgende fases van het project, waarin de mogelijkheden voor opwerken en/of hergebruik van de (geconcentreerde) afvalstromen worden vastgesteld en na een evaluatie van deze mogelijkheden een plan wordt opgesteld om te komen tot implementatie van deelstroombehandeling, zullen de behandelingskosten wel moeten worden meegewogen.

Hierbij dient te worden bedacht, dat de milieukosten voor een bedrijf in de komende jaren zullen toenemen door aanscherping van de eisen en stijging van de kosten voor afvoer van de afvalstoffen. Van vele technieken is bekend, dat deze relatief duur zijn bij toepassing op kleine schaal. De ontwikkeling van kleine apparaten voor een relatief lage prijs zal moeten worden gestimuleerd om de haalbaarheid van deelstroomzuivering te vergroten.

6 Referenties

- [1] R. Gebuys, "Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie", Werkrapport: "Inventarisatie van afvalwaterstromen in de galvanische industrie", januari 1991, VOM Bilthoven

- [2] W.G.J.M. van Tongeren, F. van Voorneburg, "Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie", Werkrapport: "Technieken voor het verwijderen van zware metalen uit galvanisch afvalwater", april 1991, IMET-TNO Apeldoorn

7 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Ministerie van VROM, DGM,
Directie Afvalstoffen

Namen en functies van de medewerkers

J. Joziase	- wetenschappelijkmedewerker
W.G.J.M. van Tongeren	- wetenschappelijkmedewerker
J.F.J. van Steen	- wetenschappelijkmedewerker

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed
Vereniging van Oppervlaktetechnieken van Materialen (VOM)
te Bilthoven

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
februari - oktober 1991

Ondertekening



J. Joziase
onderzoekleider

Goedgekeurd door



H.J. van Veen
werkgroep leider

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Tabel 4 Gemiddelden en standaarddeviaties van de individuele scores

	I. Effectiv.		II.1 Kwalit.		II.2 Conc.		II.3 Stor.		II.4 Techn.		II.5 Ruimte		II.6 Complx.	
	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev
A. Spoelwater														
Deelstroom 3 (nikkel)														
precipitatie	1,50	1,28	1,95	0,54	4,14	0,64	3,91	1,08	5,00	0,00	0,73	0,96	3,18	0,57
ionenwiss.	4,18	0,72	3,64	0,77	4,82	0,57	3,73	0,96	4,55	0,50	2,90	1,22	3,00	0,60
omgek.osmose	4,09	0,90	3,45	0,99	4,00	1,04	1,55	0,66	2,00	0,60	4,00	0,00	1,73	0,62
UF/MF	3,82	0,72	3,68	0,86	4,55	0,50	2,82	1,19	3,41	0,70	2,64	0,98	2,45	0,78
Deelstroom 4 (zink)														
precipitatie	0,75	1,30	1,75	0,43	4,25	0,43	2,50	0,50	5,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
ionenwiss.	4,50	0,87	2,25	0,43	4,50	0,50	2,50	0,50	4,00	0,00	3,50	0,50	3,00	0,00
omgek.osmose	2,75	0,83	2,00	0,00	4,00	0,82	1,25	1,09	1,50	0,87	4,00	0,00	1,75	1,30
UF/MF	3,75	0,43	2,75	0,43	3,75	0,83	2,75	0,43	4,00	0,00	2,50	0,87	2,75	0,43
Deelstroom 5 (koper)														
precipitatie	3,00	0,71	1,75	0,83	2,50	0,50	3,00	0,71	5,00	0,00	1,75	0,83	3,50	0,50
ionenwiss.	4,00	0,71	3,25	0,43	5,00	0,00	3,75	0,83	4,50	0,50	3,00	0,71	2,75	0,43
omgek.osmose	4,50	0,50	3,75	0,83	2,75	0,43	2,50	0,87	2,50	0,50	4,00	0,00	1,75	0,83
UF/MF	4,00	0,71	4,50	0,50	2,75	0,43	2,75	0,83	4,00	0,71	3,25	0,83	2,00	0,00

Tabel 4 Vervolg

	I. Effectiv.		II.1 Kwalit.		II.2 Conc.		II.3 Stor.		II.4 Techn.		II.5 Ruimte		II.6 Complx.	
	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev
Deelstroom 6 (chroom)														
precipitatie	0,00	0,00	2,00	0,00	3,50	0,50	4,00	0,00	5,00	0,00	0,33	0,47	2,00	0,00
ionenwiss.	2,00	0,82	3,33	0,47	4,33	0,94	3,67	0,47	4,33	0,47	2,00	0,82	2,67	0,47
omgek.osmose	4,00	0,00	4,33	0,47	3,67	0,47	1,67	0,47	1,33	0,47	4,00	0,00	2,00	0,82
UF/MF	1,00	0,00	3,67	0,94	3,67	0,47	2,33	0,94	2,33	0,47	1,67	0,47	1,33	0,47
Deelstroom 8 (zilver)														
precipitatie	3,00	0,00	2,67	0,94	4,75	0,43	0,33	0,47	2,50	0,87	0,25	0,43	3,50	0,50
ionenwiss.	3,50	0,87	3,25	0,43	5,00	0,00	3,75	0,83	5,00	0,00	3,75	0,83	3,50	0,50
omgek.osmose	2,75	0,43	2,25	0,83	5,00	0,00	1,75	1,30	1,50	0,87	4,00	0,00	1,75	1,09
UF/MF	3,00	0,00	3,00	0,82	5,00	0,00	1,75	1,30	3,75	0,43	2,50	0,87	2,75	0,43
Deelstroom 9 (lood/tin)														
precipitatie	2,25	1,30	1,75	0,83	4,25	0,43	3,50	0,50	5,00	0,00	1,75	0,83	3,00	0,71
ionenwiss.	3,25	1,09	3,50	1,12	5,00	0,00	3,50	0,50	4,25	0,43	2,50	0,50	2,50	0,50
omgek.osmose	4,00	1,00	3,75	0,83	5,00	0,00	3,00	0,00	2,50	0,50	4,00	0,00	1,75	0,83
UF/MF	3,00	0,00	4,50	0,50	4,50	0,50	3,50	0,50	3,75	0,43	3,25	0,83	1,75	0,43
Deelstroom 10 (tin)														
precipitatie	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
ionenwiss.	2,00	0,00	3,00	0,00	4,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00
omgek.osmose	4,00	0,00	4,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	4,00	0,00	2,00	0,00
UF/MF	1,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00

Tabel 4 Vervolg

	I. Effectiv.		II.1 Kwalit.		II.2 Conc.		II.3 Stor.		II.4 Techn.		II.5 Ruimte		II.6 Complx.	
	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev
B. (HALF)CONCENTRATEN														
Deelstroom 13 (trommel- en sulfamaatnikkelbaden)														
precipitatie	1,67	1,25	3,45	0,66	5,00	0,00	4,09	0,79	4,91	0,29	0,73	0,96	3,36	0,64
omgek.osmose	4,45	0,66	2,45	0,66	4,36	0,88	2,64	0,88	2,55	1,16	3,82	0,39	1,82	0,39
UF/MF	3,82	0,72	3,91	0,67	3,67	0,75	2,91	0,67	2,82	0,72	2,45	0,89	2,09	0,29
elektrolyse	4,64	0,48	1,64	0,48	5,00	0,00	4,73	0,45	4,45	0,50	4,64	0,64	3,64	1,07
elektrodial.	4,00	0,71	1,00	0,00	4,29	0,88	3,13	1,05	1,13	0,78	3,50	0,50	1,88	0,60
korrelreactor	2,55	1,08	2,82	0,83	4,91	0,29	4,09	1,16	2,55	0,66	2,18	0,83	1,82	0,39
solvent extr.	3,45	0,78	2,73	0,62	4,90	0,30	3,27	0,96	1,55	1,16	2,73	0,75	1,36	0,48
verdamping	4,73	0,45	4,73	0,62	5,00	0,00	3,73	1,21	3,82	0,57	3,91	0,29	4,09	0,67
Deelstroom 14A (zure zinkbaden)														
precipitatie	2,00	0,00	3,00	0,00	5,00	0,00	3,67	0,47	5,00	0,00	0,33	0,47	2,00	0,00
omgek.osmose	3,00	0,00	2,00	0,00	3,00	0,00	1,67	0,47	1,00	0,00	3,33	0,47	2,00	0,00
UF/MF	3,00	0,00	4,00	0,00	4,00	0,82	2,33	0,47	3,00	0,00	1,67	0,47	1,67	0,47
elektrolyse	3,67	0,47	3,00	0,00	4,33	0,47	4,00	0,00	4,00	0,00	3,67	0,47	3,67	0,47
elektrodial.	2,00	0,00	2,00	0,00	3,00	0,82	1,67	0,47	0,67	0,47	3,00	0,00	1,67	0,47
korrelreactor	4,00	0,00	3,00	0,00	4,67	0,47	3,33	0,94	2,67	0,94	1,67	0,47	1,33	0,47
solvent extr.	4,00	0,00	3,00	0,00	4,67	0,47	4,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00	1,33	0,47
verdamping	3,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	4,33	0,47	3,67	0,47	4,00	0,00	4,00	0,00

Tabel 4 Vervolg

	I. Effectiv.		II.1 Kwalit.		II.2 Conc.		II.3 Stor.		II.4 Techn.		II.5 Ruimte		II.6 Complx.	
	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev
Deelstroom 14B (alkalische/cyanidische zinkbaden)														
precipitatie	2,00	0,00	3,00	0,00	5,00	0,00	3,33	0,47	5,00	0,00	0,33	0,47	2,00	0,00
omgek.osmose	3,00	0,00	2,00	0,00	3,00	0,00	1,67	0,47	1,00	0,00	3,33	0,47	2,00	0,00
UF/MF	3,00	0,00	4,00	0,00	4,00	0,82	2,33	0,47	3,00	0,00	1,67	0,47	1,67	0,47
elektrolyse	3,33	0,47	2,00	0,00	3,33	0,47	3,00	0,82	2,67	0,94	3,33	0,47	3,33	0,94
elektrodial.	2,00	0,00	2,00	0,00	3,00	0,82	1,67	0,47	0,67	0,47	3,00	0,00	1,67	0,47
korrelreactor	1,33	0,47	1,00	0,00	3,33	0,47	2,00	0,00	2,00	0,00	1,33	0,47	1,33	0,47
solvent extr.	1,00	0,00	1,00	0,00	3,67	0,94	1,67	0,47	1,33	0,47	2,00	0,00	1,00	0,00
verdamping	0,67	0,47	1,00	0,00	4,00	0,82	2,33	1,89	2,00	0,82	3,67	0,47	3,00	0,00
Deelstroom 15 (koperstrike, zuur- en fluoroboraatkoperbaden)														
precipitatie	0,00	0,00	3,00	0,00	5,00	0,00	4,25	1,30	5,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
omgek.osmose	3,88	1,14	2,50	0,50	5,00	0,00	0,75	0,83	2,38	0,96	4,00	0,00	1,50	0,87
UF/MF	3,33	2,36	3,67	0,47	4,00	1,00	1,33	0,94	3,67	0,47	3,00	0,82	2,33	0,47
elektrolyse	5,00	0,00	2,75	0,43	5,00	0,00	4,25	0,83	5,00	0,00	5,00	0,00	3,75	1,30
elektrodial.	2,50	2,50	1,00	0,00	5,00	0,00	0,50	0,50	3,00	0,00	4,00	0,00	3,00	0,00
korrelreactor	0,25	0,43	2,50	0,50	5,00	0,00	4,00	1,41	3,25	0,83	2,00	1,22	2,50	0,87
solvent extr.	3,67	0,94	2,67	0,47	5,00	0,00	3,00	0,00	1,33	0,94	4,00	0,82	2,33	0,47
verdamping	4,50	0,87	5,00	0,00	5,00	0,00	4,50	0,87	3,50	0,87	3,25	0,43	3,75	1,09

Tabel 4 Vervolg

	I. Effectiv.		II.1 Kwalit.		II.2 Conc.		II.3 Stor.		II.4 Techn.		II.5 Ruimte		II.6 Complx.	
	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev
Deelstroom 16 (sierchroombaden)														
precipitatie	2,50	0,50	3,75	0,43	5,00	0,00	4,50	0,50	4,50	0,50	1,75	0,83	3,75	0,43
omgek.osmose	4,00	1,00	4,00	0,71	4,75	0,43	2,00	0,71	0,00	0,00	4,00	0,00	1,75	0,43
UF/MF	2,75	0,43	4,50	0,50	0,25	0,43	4,75	0,43	1,00	0,71	3,00	0,71	2,00	0,00
elektrolyse	2,00	0,00	0,75	0,43	5,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	3,50	0,87
elektrodial.	4,50	0,50	1,00	0,00	0,25	0,43	2,00	0,00	0,00	0,00	3,75	0,43	1,50	0,50
korrelreactor	3,00	0,71	2,75	0,83	5,00	0,00	4,75	0,43	1,50	1,66	3,00	0,71	1,50	0,50
solvent extr.	4,17	0,85	2,00	0,71	5,00	0,00	4,25	0,83	0,00	0,00	3,25	0,43	1,25	0,43
verdamping	5,00	0,00	4,00	0,71	5,00	0,00	5,00	0,00	3,75	0,43	3,75	0,43	3,50	0,50
Deelstroom 19 (lood/tinbaden)														
precipitatie	2,00	0,00	2,00	0,00	4,00	0,00	1,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
omgek.osmose	4,00	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00
UF/MF	2,00	0,00	2,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00
elektrolyse	3,00	0,00	1,00	0,00	4,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	4,00	0,00
elektrodial.	1,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00
korrelreactor	3,00	0,00	1,00	0,00	4,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00
solvent extr.	4,00	0,00	1,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00
verdamping	2,00	0,00	4,00	0,00	4,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00	4,00	0,00	4,00	0,00

Tabel 4 Vervolg

	I. Effectiv.		II.1 Kwalit.		II.2 Conc.		II.3 Stor.		II.4 Techn.		II.5 Ruimte		II.6 Complx.	
	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev	gem.	st.dev
Deelstroom 20 (fluoroboraat- en sulfonaattinbaden)														
precipitatie	2,25	0,83	3,50	0,50	5,00	0,00	2,50	0,50	4,75	0,43	1,75	0,83	3,75	0,43
omgek.osmose	3,75	1,64	4,25	0,83	4,75	0,43	2,75	1,09	0,75	0,83	4,00	0,00	1,75	0,43
UF/MF	2,50	1,12	4,50	0,50	3,50	1,50	3,00	1,41	2,00	1,22	3,00	0,71	2,00	0,00
elektrolyse	4,25	1,30	2,75	1,30	5,00	0,00	4,25	0,43	3,00	1,87	5,00	0,00	2,75	1,30
elektrodial.	3,75	1,64	1,00	0,00	3,50	1,50	2,75	1,09	1,00	1,00	3,75	0,43	1,50	0,50
korrelreactor	2,25	1,30	3,25	0,83	5,00	0,00	3,25	1,48	1,75	1,09	3,00	0,71	1,50	0,50
solvent extr.	2,50	0,87	1,50	1,12	5,00	0,00	2,75	0,43	0,00	0,00	3,25	0,43	1,25	0,43
verdamping	4,00	1,73	4,00	0,71	5,00	0,00	4,50	0,50	2,75	1,64	3,75	0,43	3,50	0,50
Deelstroom 21 (hard- en sierchroombaden)														
precipitatie	0,00	0,00	3,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
ionenwiss.	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00
UF/MF	0,00	0,00	3,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	4,00	0,00	4,00	0,00	3,00	0,00
elektrodial.	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00
korrelreactor	0,00	0,00	1,00	0,00	5,00	0,00	4,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
verdamping	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Tabel 5a Spoelwaterstromen: Rangnummers van de technieken voor alle sets weegfactoren (rangnummer 1 betekent "het meest aantrekkelijk")

Gew.set	Precipitatie	Ionen- wisseling	Omgekeerde osmose	Ultra-/ microfiltr.
Deelstroom 3 (nikkel)				
nr. 1	4	1	2	3
nr. 2	4	1	3	2
nr. 3	4	1	3	2
nr. 4	4	1	2	3
nr. 5	4	1	3	2
nr. 6	4	1	3	2
nr. 7	4	1	3	2
Deelstroom 4 (zink)				
nr. 1	4	1	3	2
nr. 2	4	1	3	2
nr. 3	4	1	3	2
nr. 4	4	1	3	2
nr. 5	4	1	3	2
nr. 6	4	1	3	2
nr. 7	4	1	3	2
Deelstroom 5 (koper)				
nr. 1	4	2	1	3
nr. 2	4	1	2	3
nr. 3	4	1	3	2
nr. 4	4	2	1	3
nr. 5	4	1	2	3
nr. 6	4	1	3	2
nr. 7	4	1	2	3

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Tabel 5a Vervolg

Gew.set	Precipitatie	Ionen- wisseling	Omgekeerde osmose	Ultra-/ microfiltr.
Deelstroom 6 (chroom)				
nr. 1	4	2	1	3
nr. 2	4	2	1	3
nr. 3	4	2	1	3
nr. 4	4	2	1	3
nr. 5	4	2	1	3
nr. 6	4	2	1	3
nr. 7	4	2	1	3
Deelstroom 8 (zilver)				
nr. 1	4	1	3	2
nr. 2	4	1	3	2
nr. 3	4	1	3	2
nr. 4	3	1	4	2
nr. 5	3	1	4	2
nr. 6	3	1	4	2
nr. 7	4	1	3	2
Deelstroom 9 (lood/tin)				
nr. 1	4	2	1	3
nr. 2	4	2	1	3
nr. 3	4	3	1	2
nr. 4	4	2	1	3
nr. 5	4	2	1	3
nr. 6	4	2	1	3
nr. 7	4	2	1	3
Deelstroom 10 (tin)				
nr. 1	4	2	1	3
nr. 2	4	2	1	3
nr. 3	4	2	1	3
nr. 4	4	2	1	3
nr. 5	4	2	1	3
nr. 6	4	2	1	3
nr. 7	4	2	1	3

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Tabel 5b (Halfconcentraten) Rangnummers van de technieken voor alle sets weegfactoren (rangnummer 1 betekent "het meest aantrekkelijk")

Gew.set	Pre- ci- pi- ta- tie	Om- gek. os- mo- se	Ul- tra/ mi- cro filtr	Elek- tro- lyse	Elek- tro- dia- lyse	Kor- rel- re- ac- tor	Sol- vent Ex- trac- tie	Ver- dam- ping
Deelstroom 13 (trommel- en sulfamaatnikkelbaden)								
nr. 1	8	3	4	2	5	7	6	1
nr. 2	8	3	4	2	5	7	6	1
nr. 3	7	3	4	2	6	8	5	1
nr. 4	8	3	4	2	5	7	6	1
nr. 5	8	3	4	2	6	7	5	1
nr. 6	7	3	4	2	6	8	5	1
nr. 7	8	3	4	2	5	7	6	1
Deelstroom 14A (zure zinkbaden)								
nr. 1	7	6	5	2	8	3	1	4
nr. 2	7	6	5	2	8	4	3	1
nr. 3	6	7	6	2	8	4	3	1
nr. 4	7	6	5	3	8	2	1	4
nr. 5	6	7	5	2	8	4	3	1
nr. 6	6	7	5	2	8	4	3	1
nr. 7	6	7	5	1	8	4	2	3
Deelstroom 14B (alkalische/cyanidische zinkbaden)								
nr. 1	4	3	2	1	5	6	8	7
nr. 2	4	3	2	1	5	7	8	6
nr. 3	3	4	2	1	6	7	8	5
nr. 4	4	3	2	1	5	6	7	8
nr. 5	3	4	1	2	5	6	8	7
nr. 6	3	4	2	1	5	7	8	6
nr. 7	3	4	2	1	5	6	8	7

Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Tabel 5b Vervolg

Gew.set	Pre- ci- pi- ta- tie	Om- gek. os- mo- se	Ul- tra/ mi- cro filtr	Elek- tro- lyse	Elek- tro- dia- lyse	Kor- rel- re- ac- tor	Sol- vent Ex- trac- tie	Ver- dam- ping
Deelstroom 15 (koperstrike, zuur- en fluoroboraatkoperbaden)								
nr. 1	8	4	5	1	6	7	3	2
nr. 2	8	4	5	1	6	7	3	2
nr. 3	8	5	3	1	6	7	4	2
nr. 4	8	3	5	1	6	7	4	2
nr. 5	7	4	5	1	6	8	3	2
nr. 6	7	5	4	1	6	8	3	2
nr. 7	8	4	5	1	6	7	3	2
Deelstroom 16 (sierchroombaden)								
nr. 1	6	3	7	8	4	5	2	1
nr. 2	4	2	7	8	6	5	3	1
nr. 3	2	3	6	7	8	5	4	1
nr. 4	6	3	7	8	4	5	2	1
nr. 5	4	2	6	8	7	5	3	1
nr. 6	2	3	6	8	7	5	4	1
nr. 7	3	4	8	6	7	5	2	1
Deelstroom 19 (lood/tinbaden)								
nr. 1	6	1	7	3	8	5	2	4
nr. 2	6	1	7	4	8	5	2	3
nr. 3	6	2	7	3	8	5	4	1
nr. 4	6	1	7	3	8	4	2	5
nr. 5	6	1	7	4	8	5	2	3
nr. 6	6	2	7	3	8	5	4	1
nr. 7	6	2	7	3	8	5	1	4

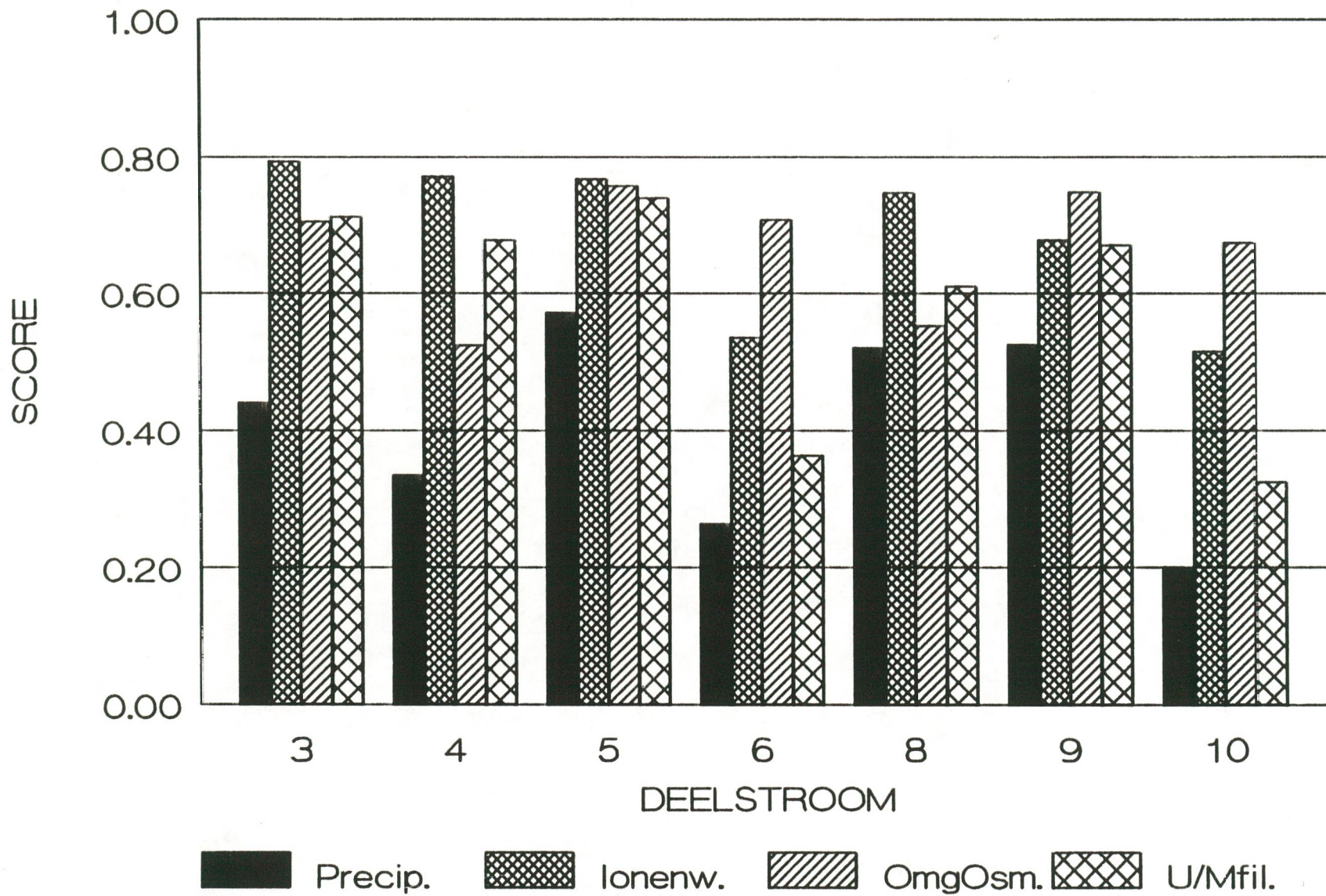
Deelstroomzuivering en (mono)slibverwerking in de galvanische industrie

Tabel 5b Vervolg

Gew.set	Pre- ci- pi- ta- tie	Om- gek. os- mo- se	Ul- tra/ mi- cro filtr	Elek- tro- lyse	Elek- tro- dia- lyse	Kor- rel- re- ac- tor	Sol- vent Ex- trac- tie	Ver- dam- ping
Deelstroom 20 (fluoroboraat- en sulfonaattinbaden)								
nr. 1	6	3	5	1	4	7	8	2
nr. 2	6	3	5	1	4	7	8	2
nr. 3	4	3	5	1	6	7	8	2
nr. 4	6	3	5	1	4	7	8	2
nr. 5	4	3	5	2	6	7	8	1
nr. 6	4	3	5	2	6	7	8	1
nr. 7	5	3	7	1	4	6	8	2

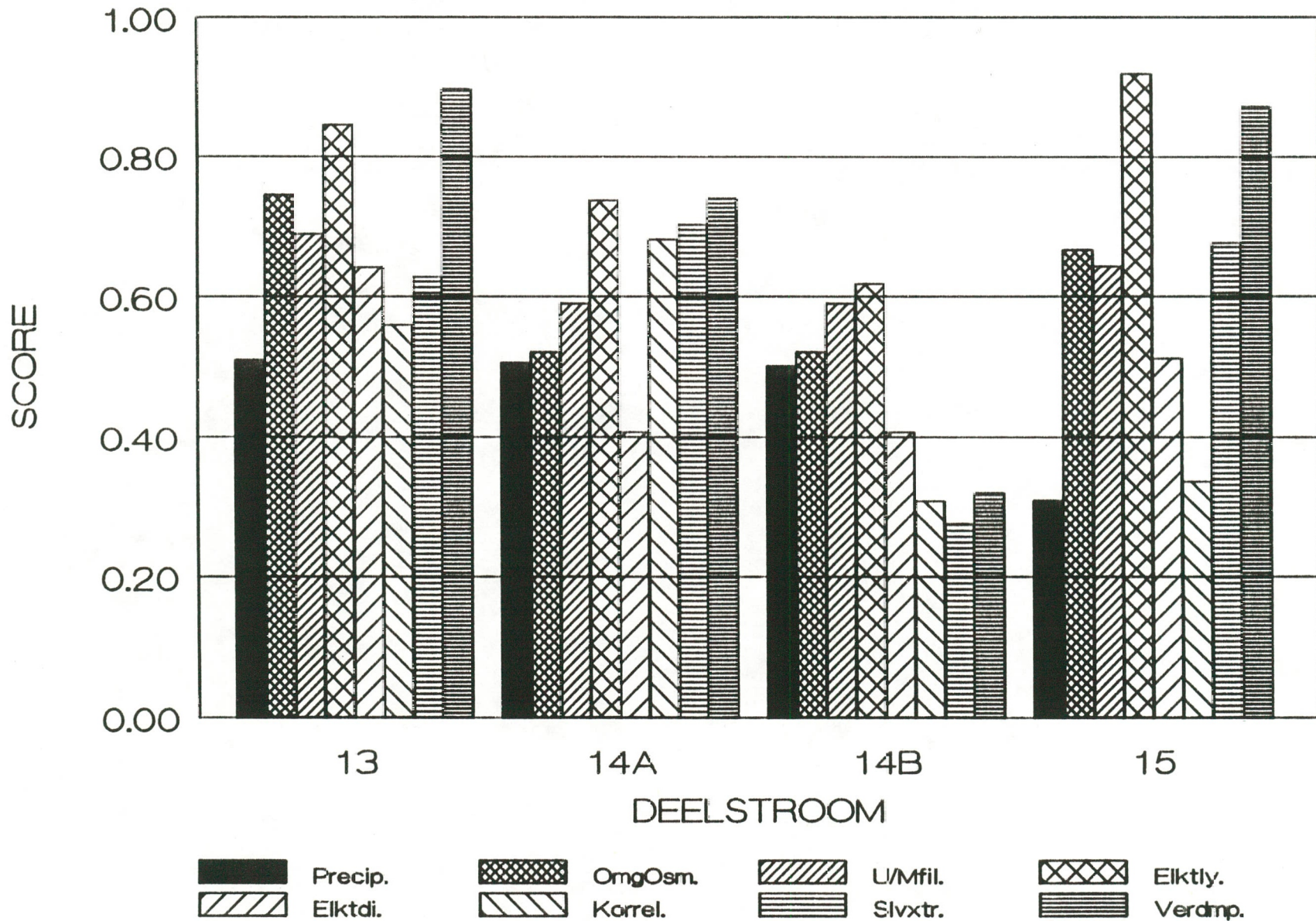
Gew.set	Pre- ci- pi- ta- tie	Io- nen- wis- se- ling	Ul- tra/ mi- cro filtr	Elek- tro- dia- lyse	Kor- rel- re- ac- tor	Ver- dam- ping
Deelstroom 21 (hard- en sierchroombaden)						
nr. 1	5	3	4	1	6	2
nr. 2	5	3	4	1	6	2
nr. 3	5	3	4	1	6	2
nr. 4	5	3	4	1	6	2
nr. 5	5	3	4	1	6	2
nr. 6	5	3	4	1	6	2
nr. 7	5	3	4	1	6	2

TOTAAL SCORES PER DEELSTROOM (gewichtenset 2)



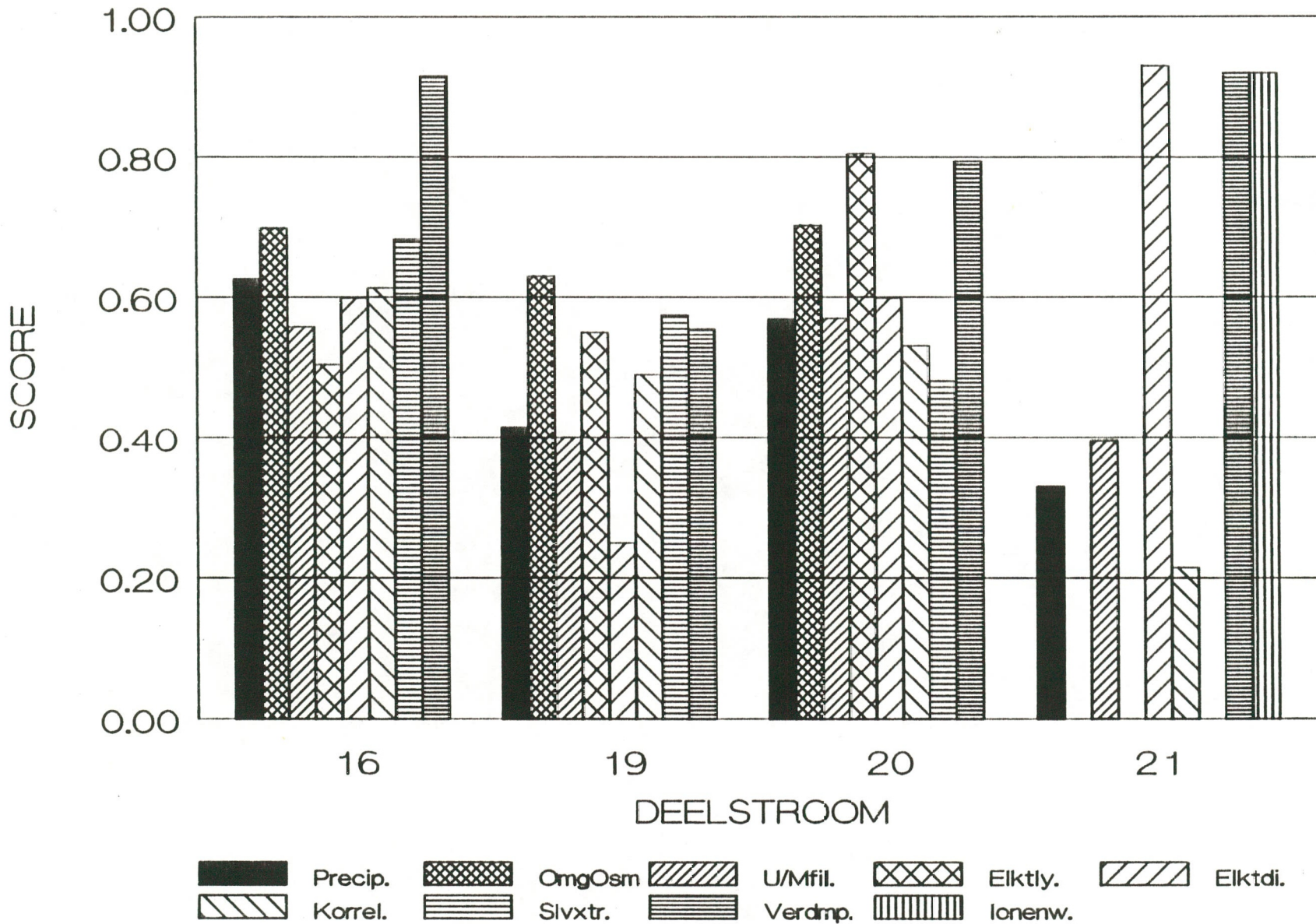
Figuur 2 Totaalscores per deelstroom: speelwaterstromen

TOTAAL SCORES PER DEELSTROOM (gewichtenset 2)



Figuur 2 Totaalscores per deelstroom: (half)concentraten

TOTAAL SCORES PER DEELSTROOM (gewichtenset 2)



Figuur 2 Totaalscores per deelstroom: (half)concentraten (vervolg)

Bijlage 1

OVERZICHT GECLUSTERDE STROMEN

bijlage uit:

Werkrapport: "Inventarisatie van afvalwaterstromen in de galvanische industrie", januari 1991, VOM Bilthoven

N.B.: Nummers van tabellen, waarnaar wordt verwezen, hebben betrekking op bovengenoemd werkrapport.

Inhoud:

1.	Spoelwaterstromen van alkalische ontvettingsbaden en zuurdips, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.	1
2.	Spoelwaterstromen van zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.	2
3.	Spoelwaterstromen van elektrolytische nikkelbaden.	3
4.	Spoelwaterstromen van zinkbaden.	4
5.	Spoelwaterstromen van elektrolytische koperbaden.	5
6.	Spoelwaterstromen van sierchroombaden.	6
7.	Spoelwaterstromen van blauw- en geelpassieveerbaden na verzinken.	7
8.	Spoelwaterstromen van cyanidische zilverbaden.	8
9.	Spoelwaterstromen van lood/tinbaden.	9
10.	Spoelwaterstromen van tinbaden.	10
11.	Afgewerkte procesbadvloeistof van alkalische ontvettingsbaden en zuurdips, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.	11
12.	Afgewerkte procesbaden van zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.	12
13.	Halfconcentraten van trommel- en sulfamaatnikkelbaden.	13
14.	Halfconcentraten van zinkbaden.	14
15.	Halfconcentraten van koperstrike en zuur- en fluoroboraatkoperbaden.	15
16.	Halfconcentraten van sierchroombaden.	16
17.	Afgewerkte procesvloeistof van blauw- en geelpassieveerbaden na verzinken.	17
18.	Halfconcentraten van cyanidische zilverbaden.	18
19.	Halfconcentraten van lood/tinbaden.	19
20.	Halfconcentraten van fluoroboraat- en sulfonaattinbaden.	20
21.	Concentraten van hard- en sierchroombaden.	21

STROOM NR. 1

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van alkalische ontvettingsbaden en zuurdips, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.

Zie tabel: 7.1.1.2, 7.1.2.2 en 7.1.3.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	1.324.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

Zink	:	0,2 - 0,9	mg/l.
Koper	:	0,1 - 0,9	mg/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:	0,3	mg/l.
IJzer	:	0,1 - 0,3	mg/l.
Lood	:		
Tin	:		

In stromen van:

alleen anodische ontvetting in een nikkel/chroomreeks

Overige componenten:

Sulfaten	:	200	mg/l.	zwavelzuur zuurdips
Cyaniden	:	95	mg/l.	cyanidische ontvettingsbaden
Olie	:	1 - 20	mg/l.	afkookontvetting: 20 mg/l, overigen: 1-2 mg/l.

Complexvormers:	ja	ontvettingsbaden.
Glansmiddelen	nee	
Bevochtigers	nee	

Zuurgraad	:	10 - 14	ontvettingsbaden
		2 - 5	zuurdips

STROOM NR. 2

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.
Zie tabel: 7.1.1.2, 7.1.2.2 en 7.1.3.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	426.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	3 - 7	mg/l.	
Koper	:	1 - 10	mg/l.	
Nikkel	:			
Chroom III	:	2	mg/l.	zoutzuurbeitsbaden in nikkel/chroomreeksen
Chroom VI	:			
IJzer	:	36 - 44	mg/l.	
Lood	:			
Tin	:			

Overige componenten:

Sulfaten	:	300	mg/l.	zwavelzuur beitsbaden
Cyaniden	:			
Olie	:			

Complexvormers:	ja	beitsontvetter/rem in alle beitsbaden
Glansmiddelen	nee	
Bevochtigers	nee	

Zuurgraad	:	1 - 3
-----------	---	-------

STROOM NR. 3

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen elektrolytische nikkelbaden.
Zie tabel: 7.2.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	224.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	0 - 0,1	mg/l.
Koper	:	0 - 0,1	mg/l.
Nikkel	:	16 - 50	mg/l.
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:	0 - 0,1	mg/l.
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	33 - 83	mg/l.	glans-, trommel en mat-nikkelbaden
----------	---	---------	-------	------------------------------------

Cyaniden	:	
Olie	:	

Complexvormers:	nee	
Glansmiddelen	ja	glans-, trommel en sulfamaatnikkelbaden
Bevochtigers	ja	alle nikkelbaden

Zuurgraad	:	6 - 7
-----------	---	-------

STROOM NR. 4

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van zinkbaden.
Zie tabel: 7.3.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1,5	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	400.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

Zink	:	13 - 39	mg/l.
Koper	:	0 - 0,1	mg/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:	< 0,1	mg/l.
Lood	:		
Tin	:		

In stromen van:

Overige componenten:

Sulfaten	:	55	mg/l.	sulfaatzinkbad
Cyaniden	:	42	mg/l.	cyanidisch zinkbad
Olie	:			

Complexvormers:	ja	vnl. alkalische zinkba-
		den

Glansmiddelen	: ja	
Bevochtigers	: ja	vnl. zure zinkbaden

Zuurgraad	:	5 - 7	zuur- en sulfaat ver-
			zinken
		8 - 11	alkalisch- en
			cyanidisch verzinken

STROOM NR. 5

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van elektrolytische koperbaden.
Zie tabel: 7.4.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	147.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	0 - 0,1	mg/l.
Koper	:	5 - 16	mg/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:	0 - 0,1	mg/l.
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	29	mg/l.	zuur verkoperen.
Cyaniden	:	8 - 17	mg/l.	cyanidisch verkoperen en koperstrike
Olie	:			

Complexvormers:	nee	
Glansmiddelen	ja	behalve koperstrike
Bevochtigers	ja	behalve koperstrike

Zuurgraad	:	2 - 7	zuur- en fluoroboraat- verkoperen
		7 - 12	pyrofosfaat- en cyani- disch verkoperen en koperstrike

STROOM NR. 6

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van sierchroombaden.
Zie tabel: 7.5.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	150.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:		
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:	0,6	mg/l.
Chroom VI	:	61	mg/l
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	0,6.	mg/l.
Cyaniden	:		
Olie	:		

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	nee
Bevochtigers :	nee

Zuurgraad	:	1 - 3
-----------	---	-------

STROOM NR. 7

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van blauw- en geel passieveerbaden na verzingen.

Zie tabel: 7.6.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	440.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	4	mg/l.
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:	8 - 16	mg/l.
Chroom VI	:	4 - 8	mg/l
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:
Cyaniden	:
Olie	:

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	nee
Bevochtigers :	nee

Zuurgraad	:	5 - 7
-----------	---	-------

STROOM NR. 8

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van cyanidische zilverbaden.
Zie tabel: 7.8.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 0,5	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	26.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:		
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:		
Zilver	:	24	mg/l.

Overige componenten:

Sulfaten	:		
Cyaniden	:	34	mg/l.
Olie	:		

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen	ja
Bevochtigers	ja

Zuurgraad	:	8 - 11
-----------	---	--------

STROOM NR. 9

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van lood/tinbaden.
Zie tabel: 7.9.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu	:	Continu
Totaal in de branche	:	37.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:		
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:		
Lood	:	68	mg/l.
Tin	:	29	mg/l.

Overige componenten:

Sulfaten	:
Cyaniden	:
Olie	:

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	ja
Bevochtigers :	ja

Zuurgraad	:	4 - 7
-----------	---	-------

STROOM NR. 10

1. Omschrijving van de deelstroom.

Spoelwaterstromen van tinbaden.
Zie tabel: 7.10.2.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,1 - 1	m3/h
Batch/Continu :	Continu	
Totaal in de branche :	17.000	m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	0,2 - 1	mg/l.
Koper	:	0,5 - 2	mg/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:	3 - 31	mg/l.

Overige componenten:

Sulfaten	:	66	mg/l.	sulfonaat tinbaden
Cyaniden	:			
Olie	:			

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	ja
Bevochtigers :	ja

Zuurgraad	:	2 - 6	fluoroboraat en sulfo-
			naat tinbaden
		8 - 10	stannaat tinbaden

STROOM NR. 11

1. Omschrijving van de deelstroom.

Afgewerkte procesbadvloeistof van alkalische ontvettingsbaden en zuurdips, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.
Zie tabel: 7.1.1.3, 7.1.2.3 en 7.1.3.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	5 - 12,5	m3/jr
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	14.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

Zink	:	0,2 - 1	g/l.
Koper	:	0,1 - 0,9	g/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:	0,3	g/l.
IJzer	:	0,1 - 0,3	g/l.
Lood	:		
Tin	:		

In stromen van:

alleen anodische ontvetting in een nikkel/chroomreeks

Overige componenten:

Sulfaten	:	125	g/l.	zwavelzuur zuurdips
Cyaniden	:	45	g/l.	cyanidische ontvettingsbaden
Olief	:	1 - 20	g/l.	afkookontvetting: 20 g/l, overigen: 1-2 g/l.

Complexvormers:	ja
Glansmiddelen :	nee
Bevochtigers :	nee

ontvettingsbaden.

Zuurgraad	:	> 14
		< 1

ontvettingsbaden
zuurdips

STROOM NR. 12

1. Omschrijving van de deelstroom.

Afgewerkte procesbaden van zwavelzuur- en zoutzuurbeitsbaden, uit zink-, nikkel/chroom- en overige reeksen.
Zie tabel: 7.1.1.3, 7.1.2.3 en 7.1.3.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	12,5	m3/jr
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	5.000 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

Zink	:	3 - 7	g/l.
Koper	:	1 - 10	g/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:	2	g/l.
Chroom VI	:		
IJzer	:	36 - 44	g/l.
Lood	:		
Tin	:		

In stromen van:

zoutzuurbeitsbaden in
nikkel/chroomreeksen

Overige componenten:

Sulfaten	:	175	g/l.	zwavelzuur beitsbaden
Cyaniden	:			
Olie	:			

Complexvormers:	ja	beitsontvetter/rem in alle beitsbaden
Glansmiddelen	:	nee
Bevochtigers	:	nee

Zuurgraad : << 1

STROOM NR. 13

1. Omschrijving van de deelstroom.

Halfconcentraten van trommel- en sulfamaatnikkelbaden.
Zie tabel: 7.2.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	7,5	m3/h
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	200 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	< 0,1	g/l.
Koper	:	< 0,1	g/l.
Nikkel	:	11 - 15	g/l.
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:	< 0,1	g/l.
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	25	g/l.	trommenikkelbaden
Cyaniden	:			
Olie	:			

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	ja
Bevochtigers :	ja

Zuurgraad	:	4 - 6
-----------	---	-------

STROOM NR. 14

1. Omschrijving van de deelstroom.

Halconcentraten van zinkbaden.

Zie tabel: 7.3.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	8 - 12	m3/jr
Batch/Continu :	Batch	
Totaal in de branche :	2700	m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	6 - 18	g/l.
Koper	:	< 0,1	g/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:	< 0,1	g/l.
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	35	g/l.	sulfaat-zinkbad
Cyaniden	:	16	g/l.	cyanidisch zinkbad
Olie	:			

Complexvormers:	ja	vnl. alkalische zinkba-
Glansmiddelen :	ja	den
Bevochtigers :	ja	vnl. zure zinkbaden

Zuurgraad	:	4 - 5	zuur- en sulfaat ver-
		10 - 13	zinken
			alkalisch- en
			cyanidisch verzinken

STROOM NR. 15

1. Omschrijving van de deelstroom.

Halfconcentraten van koperstrike en zuur- en fluoroboraatko-
perbaden.

Zie tabel: 7.4.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	2 - 5	m3/jr
Batch/Continu :	Batch	
Totaal in de branche :	460	m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	< 0,1	g/l.
Koper	:	7 - 15	g/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:	< 0,1	g/l.
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	38	g/l.	zuur verkoperen.
Cyaniden	:	11	g/l.	koperstrike
Olie	:			

Complexvormers:	nee	
Glansmiddelen :	ja	behalve koperstrike
Bevochtigers :	ja	behalve koperstrike

Zuurgraad	:	1 - 4	zuur- en fluoroboraat-
		12 - 13	verkoperen
			koperstrike

STROOM NR. 16

1. Omschrijving van de deelstroom.

Halfconcentraten van sierchroombaden.
Zie tabel: 7.5.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	5	m3/jr
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	480 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:		
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:	0,5	g/l.
Chroom VI	:	47	g/l
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	0,5.	g/l.
Cyaniden	:		
Olie	:		

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	nee
Bevochtigers :	nee

Zuurgraad	:	<1 - 2
-----------	---	--------

STROOM NR. 17

1. Omschrijving van de deelstroom.

Afgewerkte procesvloeistof van blauw- en geel passieveerbaden na verzinken.

Zie tabel: 7.6.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	12,5	m3/jr
Batch/Continu :	Batch	
Totaal in de branche :	4500	m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	4	g/l.
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:	4 - 8	g/l.
Chroom VI	:	0,5 - 1	g/l
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:
Cyaniden	:
Olie	:

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	nee
Bevochtigers :	nee

Zuurgraad	:	1 - 2
-----------	---	-------

STROOM NR. 18

1. Omschrijving van de deelstroom.

Halfconcentraten van cyanidische zilverbaden.
Zie tabel: 7.8.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	1 - 2	m3/jr
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	130 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:		
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:		
Zilver	:	10	g/l.

Overige componenten:

Sulfaten	:		
Cyaniden	:	14	g/l.
Olie	:		

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	ja
Bevochtigers :	ja

Zuurgraad	:	10 - 13
-----------	---	---------

STROOM NR. 19

1. Omschrijving van de deelstroom.

Halfconcentraten van lood/tinbaden.
Zie tabel: 7.9.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	4	m3/jr
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	150 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:		
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:		
Lood	:	28	g/l.
Tin	:	12	g/l. TM

Overige componenten:

Sulfaten	:
Cyaniden	:
Olie	:

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	ja
Bevochtigers :	ja

Zuurgraad	:	2 - 4
-----------	---	-------

STROOM NR. 20

1. Omschrijving van de deelstroom.

Halfconcentraten van fluoroboraat- en sulfonaattinbaden.
Zie tabel: 7.10.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	2 - 4	m3/jr
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	50 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:	0,2 - 0,3	g/l.
Koper	:	0,4 - 1	g/l.
Nikkel	:		
Chroom III	:		
Chroom VI	:		
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:	14 - 21	g/l.

Overige componenten:

Sulfaten	:	46	g/l.	sulfonaat tinbaden
Cyaniden	:			
Olie	:			

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen	ja
Bevochtigers	ja

Zuurgraad	:	1 - 3
-----------	---	-------

fluoroboraat en sulfo-
naat tinbaden

STROOM NR. 21

1. Omschrijving van de deelstroom.

Concentraten van hard- en sierchroombaden.
Zie tabel: 7.5.3.

2. Hoeveelheid en vrijkomen.

Gemiddeld per bad per tijdseenheid:	0,5 - 0,7	m3/h
Batch/Continu	:	Batch
Totaal in de branche	:	80 m3/jr

3. Samenstelling.

Zware metalen:

In stromen van:

Zink	:		
Koper	:		
Nikkel	:		
Chroom III	:	3	g/l.
Chroom VI	:	250 - 400	g/l
IJzer	:		
Lood	:		
Tin	:		

Overige componenten:

Sulfaten	:	3 - 4	g/l.
Cyaniden	:		
Olie	:		

Complexvormers:	nee
Glansmiddelen :	nee
Bevochtigers :	nee

Zuurgraad	:	< 1
-----------	---	-----

Bijlage 2

KORTE TECHNIEKBESCHRIJVINGEN

bijlage uit:

Werkrapport: "Technieken voor het verwijderen van zware metalen uit galvanisch afvalwater", april 1991, IMET-TNO Apeldoorn

1 Ontgifting

1.1 Korte omschrijving van de techniek

Chemische reductie en oxydatie van respectievelijk Cr(VI) en CN, meestal gevolgd door neerslag van metalen in de vorm van hydroxyde en afscheiden van het neerslag via bezinken of filtratie (ONO). Combinatie met andere technieken is ook mogelijk.

1.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

1.2.1 Type verontreiniging

Verwijderen van cyanide en Cr(VI).

1.2.2 Type deelstroom

- Spaarbaden en andere concentraten (bijvoorbeeld van Ionenwisselaar)
- Zuiveren van spoelbaden
- Eindzuivering

1.2.3 Concentratiegebied

0,01 - 100 g/l.

1.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

pH-bereik : Afhankelijk van toe te passen ontgifting.

Temperatuur : Omgevingstemperatuur.

Overige : Hoge concentraties complexeren de stoffen verstoren de neerslagreactie. Deze derhalve vooraf verwijderen (zie hiervoor ook 2. Precipitatie).

Hulpstoffen : Natrium(waterstof)sulfiet voor reductie, chloorbleekloog voor oxydatie, zuur of base voor pH-correctie.

1.2.5 Capaciteit

In principe ongelimiteerd.

1.3 Prestaties

1.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom: Concentraties lager dan 1 ppm haalbaar.

1.3.2 Reststromen

Er ontstaat een stroom die in de meeste gevallen verder gezuiverd moet worden om de metalen te verwijderen. Dit kan met een van de hierna beschreven technieken.

1.3.3 Knelpunten

- Aanwezigheid complexvormers
- Gevoelig voor concentratieschommelingen

1.3.4 Specifieke voordelen

- Eenvoudig
- Lage energiekosten

1.4 Praktijkervaring

Meest toegepaste techniek in de galvano bij eindzuivering in combinatie met neutralisatie en ontwatering (ONO).

In een aantal gevallen problemen met halen van de eis door aanwezigheid van complexvormers of door problemen met de slibafscheiding.

2 Precipitatie

2.1 Korte omschrijving van de techniek

Neerslag van metalen (meestal in de vorm van hydroxyde of sulfide) door toevoeging van chemicaliën en vorming van een slecht oplosbare metaalverbinding. Afscheiden van het neerslag via bezinken of filtratie.

2.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

2.2.1 Type verontreiniging

Verwijderen van metaalionen. Door co-precipitatie worden soms ook andere verbindingen ook mee verwijderd.

2.2.2 Type deelstroom

- Spaarbaden en andere concentraten (bijvoorbeeld van Ionenwisselaar)
- Zuiveren van spoelbaden
- Eindzuivering

2.2.3 Concentratiegebied

0,01 - 100 g/l. Bij voorkeur > 1 g/l.

2.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

pH-bereik : Elk metaal heeft optimale pH voor neerslag.

Temperatuur : Omgevingstemperatuur.

Overige : Hoge concentraties complexeren de stoffen verstoren de neerslagreactie en dienen derhalve te worden verwijderd, dan wel te worden afgebroken.

Hulpstoffen : Kalk of natronloog voor hydroxydevorming, Na_2S voor sulfidevorming. In een aantal gevallen vlokmiddelen (bijvoorbeeld poly-electrolyten).

2.2.5 Capaciteit

In principe ongelimiteerd.

2.3 Prestaties

2.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom : Bij hydroxydevorming ppm-niveau, met sulfidevorming zijn lagere waarden mogelijk. In alle gevallen mede afhankelijk van de vlokafschieding cq. toepassing nazuivering.

2.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. De gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater is mogelijk.
2. Metaalslib: Moet in de meeste gevallen worden afgevoerd. In geval van mono-stroombehandeling is hergebruik, na oplossen in zuur (niet voor sulfideslib) mogelijk.

2.3.3 Knelpunten

- Aanwezigheid complexvormers
- Soms slechte vlokvorming en moeilijk af te scheiden slib
- Vorming moeilijk afzetbaar slib
- Geen selectiviteit
- Veel ruimte nodig

2.3.4 Specifieke voordelen

- Eenvoudig
- Lage energiekosten

2.4 Praktijkervaring

Meest toegepaste techniek in de galvano bij eindzuivering (onderdeel van de ONO).

Meestal wordt hydroxydeprecipitatie toegepast.

In een aantal gevallen problemen met halen van de eis door aanwezigheid van complexvormers of door problemen met de slibafschieding.

Toepassing van zandfilters na de bezinking is vaak nodig voor halen van de eis.

Bij toepassing van MF voor de slibafschieding zijn hierna minder problemen.

3 Ionenwisseling

3.1 Korte omschrijving van de techniek

Adsorptie van ionen aan een hars. Bij volledige belading van het hars vindt regeneratie met zuur of loog plaats, waarbij de ionen in geconcentreerde vorm vrijkomen.

3.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

3.2.1 Type verontreiniging

Verwijderen van ionen (metalen, zuurrest).

3.2.2 Type deelstroom

- Zuiveren van spoelbaden
- Nazuivering van effluent van ONO
- Reiniging van beitszuren
- Zuiveren chromaatbaden

3.2.3 Concentratiegebied

Lage concentraties, 0,001 - 5 g/l. Bij voorkeur < 0,2 g/l.

3.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

- pH-bereik : Afhankelijk van harstype, pH 1-10.
- Temperatuur : Omgevingstemperatuur.
- Overige : Gesuspendeerde deeltjes kunnen de IW verstopen. Irreversibele adsorptie van bepaalde oppervlakte-actieve stoffen is mogelijk. Oxydatiemiddelen kunnen de IW aantasten.
- Hulpstoffen : Verdunde zuren en basen voor regeneratie van de IW. In een aantal gevallen wordt methanol toegepast voor het verwijderen van organische bestanddelen.

3.2.5 Capaciteit

< 1 m³/h tot > 1000 m³/h. Kleine capaciteiten (< 1 m³/h) minder aantrekkelijk.

3.3 Prestaties

3.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom : Laag, < 1 ppm.

3.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. De gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater is mogelijk.
2. Geconcentreerde stroom in de vorm van regeneraat, met ca. 50 g/l metaal.

3.3.3 Knelpunten

- Gevoelig voor vervuiling en verstopping door oppervlakte actieve stoffen en/of gesuspendeerde deeltjes
- Beperkte selectiviteit
- Verdere behandeling regeneraat noodzakelijk

3.3.4 Specifieke voordelen

- Grote bedrijfszekerheid
- Lage eindconcentraties in gezuiverde stroom
- Lage energiekosten

3.4 Praktijkervaring

Meestal toegepast bij de zuivering van spoelwater of als nazuivering voor de ONO.

Meeste toepassingen zijn kringloopsystemen van relatief grotere schaal (> 10 m³/h), waarbij de kosten relatief laag zijn, mede door de besparingen op het waterverbruik. In aantal gevallen in combinatie met andere technieken zoals ONO of elektrolyse.

4 Omgekeerde osmose

4.1 Korte omschrijving van de techniek

Afscheiding deeltjes op ion/molecuulschaal via filtratie over een membraan onder hoge druk (20-80 bar). Scheiding van de afvalwaterstroom in een concentraat en een (loosbare) gezuiverde waterstroom.

4.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

4.2.1 Type verontreiniging

Verwijderen opgeloste verbindingen zoals metaal-ionen, zouten en organische verbindingen. Grotere deeltjes worden vanzelfsprekend ook mee verwijderd.

4.2.2 Type deelstroom

- Concentreren van spaarbaden
- Zuiveren van spoelbaden

4.2.3 Concentratiegebied

0,01 - 100 g/l. Begrensd door osmotische druk van de vloeistof.

4.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

pH-bereik : 2-13

Temperatuur : max. 50 °C

Overige : Afhankelijk van membraantype: beperkte aanwezigheid van Cl, weekmiddelen, oxydatiemiddelen (chemische aantasting), deeltjes (mechanisch aantasting), gesuspendeerde en colloïdale deeltjes (vervuiling, verstopping).

Hulpstoffen : Niet of zeer beperkt nodig. Zuur, polyfosfaten, detergenten, complexvormers.

4.2.5 Capaciteit

10 l/h tot > > 1000 m³/h.

4.3 Prestaties

4.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom : ppm-niveau, echter waarden < < 1 ppm mogelijk.

Geconcentreerde stroom: max. 50 - 100 g/l ds, begrensd door de osm. druk van de vloeistof.

4.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. De gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater is mogelijk.
2. De geconcentreerde stroom. Deze kan onder bepaalde omstandigheden (gedeeltelijk) worden teruggevoerd in het procesbad.

4.3.3 Knelpunten

- Vervuiling van de membranen
- Chemische resistentie van de membranen
- Beperkte concentrering waardoor (volledig) hergebruik niet mogelijk is
- Verandering in badsamenstelling bij hergebruik
- Ophoping van vervuilende componenten
- Hoge kosten kleinschalige apparatuur

4.3.4 Specifieke voordelen

- Gering ruimtebeslag
- Lage energiekosten
- Lage metalenconcentraties in het effluent
- Direct toepasbaar op afvalwaterstromen
- Directe hergebruiksmogelijkheden van concentraat

4.4 Praktijkervaring

Beperkt. In Nederland geen ervaring.

Belangrijkste toepassing volgens literatuur: Concentrering van Nikkel(spaar)spoelbaden.

Kosten: onbekend, schatting f 5,- tot f 10,- per m³ afvalwater, exclusief baten.

DEELSTROOM # 21

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
6_Elktdi	0,964	6_Elktdi	0,930	6_Elktdi	0,867	6_Elktdi	0,985
9_Verdmp	0,960	9_Verdmp	0,920	9_Verdmp	0,846	9_Verdmp	0,982
2_Ionenw	0,960	2_Ionenw	0,920	2_Ionenw	0,846	2_Ionenw	0,982
4_U/Mfil	0,324	4_U/Mfil	0,395	4_U/Mfil	0,539	4_U/Mfil	0,237
1_Precip	0,284	1_Precip	0,330	1_Precip	0,427	1_Precip	0,231
7_Korrel	0,196	7_Korrel	0,215	7_Korrel	0,259	7_Korrel	0,153

Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
6_Elktdi	0,960	6_Elktdi	0,904	6_Elktdi	0,960
9_Verdmp	0,950	9_Verdmp	0,880	9_Verdmp	0,950
2_Ionenw	0,950	2_Ionenw	0,880	2_Ionenw	0,950
4_U/Mfil	0,400	4_U/Mfil	0,468	4_U/Mfil	0,440
1_Precip	0,395	1_Precip	0,444	1_Precip	0,435
7_Korrel	0,265	7_Korrel	0,282	7_Korrel	0,335

5 Ultrafiltratie/microfiltratie

5.1 Korte omschrijving van de techniek

Afscheiding deeltjes (0,005-10 µm) via filtratie over een membraan onder druk (0,1-10 bar). Scheiding van de afvalstroom in een concentraat (of slib) en een gezuiverde stroom.

5.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvanen)

5.2.1 Type verontreiniging

Verwijderen van grote moleculen (m.w. > 500) en deeltjes van 0,005 tot 10 µm zoals:

- oliën en vetten
- metaalhydroxyden, -sulfiden en -complexen

5.2.2 Type deelstroom

- Ontvettingsbaden (verlenging standtijd)
- Spaar- en spoelbaden
- Eindzuivering (laatste stap ONO)

5.2.3 Concentratiegebied

0,01 - 10 g/l. Afhankelijk van type membraan en toepassing.

5.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

- pH-bereik : 0-14, afhankelijk van het type membraan
- Temperatuur : max. 50 °C, voor anorganische membranen 100 °C
- Overige : Afhankelijk van membraantype: beperkte aanwezigheid van Cl, weekmiddelen, oxydatiemiddelen (chemische aantasting), deeltjes (mechanisch aantasting), gesuspendeerde en colloïdale deeltjes (vervuiling, verstopping).
- Hulpstoffen : Niet of zeer beperkt nodig. Voor metaalafscheiding kalk of loog voor hydroxydevorming. Reinigingsmiddelen voor membranen zoals zuur, detergenten.

5.2.5 Capaciteit

10 l/h tot > 100 m³/h.

5.3 Prestaties

5.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom: Olie en metaalhydroxyden: ppm-niveau, metaalsulfides < 0,1 ppm.

Geconcentreerde stroom: olie tot 50% ds mogelijk. Metaalslibben: 10-20% ds.

5.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. Gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater of procesvloeistof (bij ontvettingsbaden).
2. Geconcentreerde stroom: Hergebruik in procesbad vaak mogelijk.

5.3.3 Knelpunten

- Vervuiling van de membranen
- Chemische resistentie van de membranen
- Vorming moeilijk afzetbaar slib
- Ophoping van vervuilende componenten
- Hoge kosten kleinschalige apparatuur

5.3.4 Specifieke voordelen

- Gering ruimtebeslag
- Lage energiekosten
- Lage metalenconcentraties in het effluent
- Ongevoelig voor problemen met vlokvorming en bezinking
- Verlenging standtijd ontvettingsbaden

5.4 Praktijkervaring

Zuivering van ontvettingsbaden wordt veel toegepast.

Na aantal slechte ervaringen met UF voor toepassing metaalverwijdering na precipitatie zijn er een aantal (ca. 10) goed werkende installaties voor deze toepassing.

Kosten: onbekend, schatting f 1,- tot f 10,- per m³ afvalwater, exclusief baten.

6 Elektrolyse

6.1 Korte omschrijving van de techniek

Elektrochemische proces, waarbij een elektrische stroom door de oplossing wordt geleid en de metaalionen als metaal neerslaan op de kathode en eventueel cyanide aan de anode wordt geoxideerd.

6.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

6.2.1 Type verontreiniging

- Opgeloste metalen met uitzondering van K, Na, Li, Ba, Mg, Al
- Cyaniden

6.2.2 Type deelstroom

- Galvanische procesbaden en beitsbaden
- Zuiveren van spaar- en spoelbaden
- Hydroxydeslibben na oplossen

6.2.3 Concentratiegebied

In principe 0,01 - 100 g/l. Hogere concentraties (> 10 g/l) aantrekkelijker.

6.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

- pH-bereik : afhankelijk van toepassing
Temperatuur : kamertemperatuur tot ca. 80 °C mogelijk
Overige : De aanwezigheid van zouten zorgen voor een goede stroomgeleiding. Vaste deeltjes kunnen tot verstopping leiden.
Hulpstoffen : Niet of zeer beperkt nodig voor eventueel pH-correctie.

6.2.5 Capaciteit

1 tot 10 m³/h.

6.3 Prestaties

6.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom : < 0,1 ppm mogelijk, hier-voor speciale reactoren nodig.

6.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. De gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater of procesvloeistof (bij ontvettingsbaden).
2. Het neergeslagen metaal. Hergebruik in aantal gevallen mogelijk.

6.3.3 Knelpunten

- Relatief hoog energieverbruik bij lage eindconcentraties
- Hoge investeringen bij kleinschalige apparatuur en bij lage eindconcentraties
- Hergebruik metaal niet altijd mogelijk door onzuiverheden
- Ontwikkeling Cl₂ en H₂-gas aan de elektroden

6.3.4 Specifieke voordelen

- Bedrijfstuk-eigen techniek
- Selectieve verwijdering mogelijk
- Hoge zuiverheid metaal bij deelstroomzuivering mogelijk

6.4 Praktijkervaring

Ervaring met het zuiveren van procesbaden (doorwerken) ter verlenging van de standtijd. Beperkte ervaring met de zuivering van spaar- en spoelbaden. In enkele gevallen in combinatie met concentreringstechnieken zoals IW.

7 Elektrodialyse

7.1 Korte omschrijving van de techniek

Afscheiding ionen met behulp van ionselectieve membranen. Het iontransport vindt plaats onder invloed van een aangelegd elektrisch veld. Scheiding van de afvalwaterstroom in een ionarme en een ionrijke stroom.

7.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

7.2.1 Type verontreiniging

- Metaalionen
- Zuren, basen, zouten

7.2.2 Type deelstroom

- Spaarbaden (concentreren)
- Spoelbaden

7.2.3 Concentratiegebied

1 - 5 g/l. Lagere en hogere concentraties technisch mogelijk, maar economisch meestal niet aantrekkelijk.

7.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

pH-bereik : 1-13, afhankelijk van het type membraan
Temperatuur : max. 50 °C
Overige : Afhankelijk van membraantype: beperkte aanwezigheid van Cl, weekmiddelen, oxydatiemiddelen (chemische aantasting), deeltjes (mechanisch aantasting), gesuspendeerde en colloïdale deeltjes (vervuiling, verstopping).
Hulpstoffen : Niet of zeer beperkt nodig. Zuur, detergenten, vlokmiddelen voor voorbehandeling.

7.2.5 Capaciteit

10 l/h tot > 100 m³/h.

7.3 Prestaties

7.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom: Lage concentraties tot enkele tientallen ppm mogelijk. In de praktijk meestal 0,2 tot 0,5 g/l.

Geconcentreerde stroom: Concentraties > 100 g/l mogelijk

7.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. De gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater.
2. De geconcentreerde stroom: Hergebruik in procesbad vaak mogelijk.

7.3.3 Knelpunten

- Vervuiling van de membranen
- Chemische resistentie van de membranen
- Verandering badsamenstelling bij hergebruik
- Ophoping van vervuilende componenten maakt spuien noodzakelijk
- Hoge kosten kleinschalige apparatuur
- Watertransport door membranen

7.3.4 Specifieke voordelen

- Hoge concentraties in concentraat maakt volledig hergebruik mogelijk
- Selectieve verwijdering van ionogene verbindingen

7.4 Praktijkervaring

Beperkte toepassing in de natte oppervlaktebewerkende industrie. In Nederland geen ervaring.

Belangrijkste toepassing volgens literatuur: Concentrering van Nikkel(spaar)spoelbaden.

Het spaarbad wordt hierbij op een constant niveau van bijvoorbeeld 0,5 g/l gehouden, het concentraat wordt volledig teruggevoerd.

8 Korrelreactor

8.1 Korte omschrijving van de techniek

Precipitatie van metalen, meestal in de vorm van een kristallijn carbonaat, op zanddeeltjes in een gefluidiseerd bed. Afscheiden van de korrels met metaalcarbonaat.

8.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

8.2.1 Type verontreiniging

Verwijderen van opgeloste metalen die kristallijn neerslag vormen. Chroom laat zich als chroomhydroxyde verwijderen.

8.2.2 Type deelstroom

- Concentraatbaden
- Spaar- en spoelbaden
- Passievebaden
- Beitsbaden

8.2.3 Concentratiegebied

0,01 - 100 g/l.

8.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

pH-bereik : Afhankelijk van het metaal vooraf instellen.

Temperatuur : Omgevingstemperatuur.

Overige : Voorbehandeling is noodzakelijk als de te behandelen vloeistof veel ijzer en/of zwevende deeltjes bevat.

Hulpstoffen : Carbonaatoplossing voor neerslagvorming. In een aantal gevallen extra loog voor instellen juiste pH. Zandkorrels.

8.2.5 Capaciteit

0, tot > 500 m³/h.

8.3 Prestaties

8.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom : ppm-niveau haalbaar, echter alleen bij toepassing van nafiltratie.

8.3.2 Reststromen

Er ontstaan drie stromen:

1. Gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater
2. Metaalcarbonaatkorrels op zand
3. Spoelwaterstroom van nafiltratie (zandfilter)

8.3.3 Knelpunten

- Geringe selectiviteit
- Storing van ijzer en zwevende stof
- Nafiltratie nodig, mede door vorming van amorfe verbindingen
- Hergebruik korrels vaak niet mogelijk

8.3.4 Specifieke voordelen

- Compact en eenvoudig
- Laag energieverbruik
- Vorming klein volume droge korrels

8.4 Praktijkervaring

Veel ervaring met drinkwaterontharding. Ervaring met defosfateren. Eén installatie werkzaam in de praktijk bij een galvanisch bedrijf voor de verwijdering van Ni uit spaarbaden (4 - 8 g/l).

9 Solvent-extractie

9.1 Korte omschrijving van de techniek

Mengen van de afvalwaterstroom met een (meestal organische) vloeistof waarin de metalen erg goed oplossen. Scheiden van de extractievloeistof van de gezuiverde stroom. Strippen van het extractant voor hergebruik.

9.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

9.2.1 Type verontreiniging

- Metaalionen en -complexen
- Andere kationen (Na, K, Ca) en anionen (Cl, CN)

9.2.2 Type deelstroom

- Galvanische procesbaden en beitsbaden
- Zuiveren van spaar- en spoelbaden

9.2.3 Concentratiegebied

Bij voorkeur concentraties > 1 g/l.

9.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

pH-bereik : Afhankelijk van toepassing cq. toegepaste extractant.

Temperatuur : 20 - 60 °C mogelijk.

Overige : Gesuspenderde deeltjes hopen vaak op aan het scheidingsvlak en werken daardoor storend. Oppervlakte-actieve stoffen kunnen ontmenging sterk nadelig beïnvloeden.

Hulpstoffen : Extractievloeistof (vaak organische stoffen in oplosmiddel) en stripvloeistof (verdund zuur of base).

9.2.5 Capaciteit

0,1 tot 1000 m³/h.

9.3 Prestaties

9.3.1 Concentraties

Gezuiverde stroom: ppm-niveau mogelijk, afhankelijk van het aantal stappen en de mate waarin wordt gestript.

9.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. De gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater of procesvloeistof (bij beitsbaden).
2. De stripvloeistof waarin de verontreiniging is geconcentreerd. Verdere behandeling bijvoorbeeld in ONO of via elektrolyse is noodzakelijk.

9.3.3 Knelpunten

- Gevoeligheid voor opp. actieve stoffen en gesuspenderde deeltjes
- Verlies organische stof naar de waterfase

9.3.4 Specifieke voordelen

- Laag energieverbruik
- Selectieve verwijdering mogelijk

9.4 Praktijkervaring

Veel ervaring met het proces bij de metaalwinning. Geen ervaring met zuivering van afvalwater in de metaaloppervlaktebewerkende industrie.

10 Verdampen

10.1 Korte omschrijving van de techniek

Concentrerend van de afvalstroom door verdampen van water onder invloed van verhoogde temperatuur of verlaagde druk.

10.2 Toepassingsgebied (met betrekking tot de galvano)

10.2.1 Type verontreiniging

In principe worden alle aanwezige verbindingen voor zover ze niet vluchtig of thermisch instabiel zijn geconcentreerd.

10.2.2 Type deelstroom

- Concentreren van spaarbaden
- Zuiveren van spoelbaden

10.2.3 Concentratiegebied

1 - 100 g/l. Lagere concentraties mogelijk maar meestal minder aantrekkelijk.

10.2.4 Randvoorwaarden voor toepassing

pH-bereik : 0-14, afhankelijk van het toegepast verdampermateriaal
Temperatuur : 20 - 100 °C
Overige : Slecht oplosbare stoffen kunnen bij verdampen neerslaan op het warmteoverdragend oppervlak. Bij atmosferische verdamping in een gepakt bed kunnen deeltjes verstopping veroorzaken.
Hulpstoffen : Niet of zeer beperkt nodig. Reiniging van het warmteoverdragend oppervlak met zuur.

10.2.5 Capaciteit

20 l/h tot > 1000 m³/h.

10.3 Prestaties

10.3.1 Concentraties

De concentraties in de gezuiverde stroom zijn bij toepassing van klassieke verdampers zeer laag. Bij atmosferische verdamping kunnen druppels worden meegesleurd, waardoor metaalionen worden meegevoerd.

10.3.2 Reststromen

Er ontstaan twee stromen:

1. De gezuiverde stroom: Lozen of hergebruik als spoelwater is mogelijk.
2. De geconcentreerde stroom. Deze kan worden teruggevoerd in het procesbad. Hoge concentraties zijn mogelijk.

10.3.3 Knelpunten

- Vervuiling van het verdamperoppervlak
- Hoog energieverbruik
- Niet selectief

10.3.4 Specifieke voordelen

- Hoge concentrering mogelijk
- Eenvoudig (atmosferische verdampers)
- Lage metalenconcentraties in het effluent

10.4 Praktijkervaring

Beperkt.

Belangrijkste toepassing volgens literatuur: Concentrerend van Nikkel- en chroom(spaar)spoelbaden.

Opm.: Verdampen is vooral interessant als er afvalwarmte beschikbaar is.

Bijlage 3

RESULTATEN VOORSELECTIE

Voorselectie van techniek-deelstroomcombinaties:

Bijlage 3.1: Spoelwaterstromen

Bijlage 3.2: (Half)concentraten

Bijlage 3.1: Deelstroombehandeling spoelwater (resultaat voorselectie)

DEEL-STROOM	ontgif-ting (ON)	preci-pitatie (PREC)	ionen-wisse-ling (I.W.)*	omge-keerde osmose (O-O)*	ultra-/micro- filtratie (UF/MF)	elektro-lyse (EL)	elektro-dialyse (ED)	korrel-reactor (KOR)	solvent-extrac-tie (SE)	verdampen (VERD)	niet	opmer-kingen
1. Ontvetten	=CN=											a
2. Beitsen												b
3. Ni			13	13								
4. Zn	=CN=		14	14								
5. Cu	=CN=		15	15								
6. Cr	=Cr=		16	16								
7. Pass.	=Cr=											c
8. Ag	=CN=		18									d
9. Sn/Pb			19	19								d
10. Sn			20	20								d

- a = concentratie laag niveau, meerdere metalen
b = oplossing zoeken in procesgeïntegreerde technieken
(inerte rekken + deelbehandeling)
c = oplossingen zoeken in alternatieve technieken
d = relatief kleine stroom

* De in de tabel genoemde getallen verwijzen naar de (half)concentraatstromen van Bijlage 3.2

Opmerking: De met —|— aangegeven combinaties komen wel in aanmerking.

Bijlage 3.2: Deelstroombehandeling (half)concentraten (resultaat voorselectie)

DEEL-STROOM	ontgif-ting (ON)	preci-pitatie (PREC)	ionen-wisse-ling (I.W.)	omge-keerde osmose (O-O)	ultra-/micro-filtratie (UF/MF)	elektro-lyse (EL)	elektro-dialyse (ED)	korrel-reactor (KOR)	solvent-extrac-tie (SE)	verdampen (VERD)	niet	opmerk-ingen
11. Ontvetten												a
12. Beitsen												b
13. Ni-sp.												
14. Zn-sp.												
15. Cu-sp.												
16. Cr-sp./conc.												
17. Cr-pass./conc.												c
18. Ag-sp.												
19. Pb/Sn-sp.												
20. Sn-sp.												

a = standtijd verlengen via UF

b = procesgeïntegreerd oplossen --> Zn-beitszuur oplossing --> 14

c = oplossing zoeken in alternatieve technieken

Opmerking: De met aangegeven combinaties komen wel in aanmerking.

Bijlage 4

DEELNEMERS WORKSHOP "DEELSTROOMZUIVERING IN DE GALVANISCHE INDUSTRIE"

Groep 1 (o.l.v. H.J. van Veen, IMET-TNO):

H.J. Luggenhorst	(IMET-TNO)
H.B. Pols	(RIZA)
J.H. Lith	(Min. VROM, Dir. Afvalstoffen)
J.W. du Mortier	(VOM)

Groep 2 (o.l.v. W.G.J.M. van Tongeren, IMET-TNO):

P.J. Meijer	(RIVM)
R.A. Bohmann	(Min. VROM, Dir. Afvalstoffen)
R. Gebuys	(Galvamé, VOM)
W.G.J.M. van Tongeren	(IMET-TNO)

Groep 3: (o.l.v. Mw. C. van den Broek, VROM, Dir. Afvalst.)

F.J. Hoffman	(VOM)
G. de Vlieger	(VOM)
Ir. C.L. van Deelen	(IMET-TNO)

Bijlage 5

OVERZICHT WEEGFACTORENSETS

Gewichtenset nr.: 1

Attribuut	Gekozen gewicht	Bijdrage in totaal
Totaal	1.00	100.00%
Effectiv	0.60	60.00%
Uitvoerb	0.40	40.00%
Kwal_raf	0.30	12.00%
Conc_rng	0.20	8.00%
Interfer	0.20	8.00%
Stnd_tch	0.10	4.00%
Ruimtebs	0.15	6.00%
Complext	0.05	2.00%

Gewichtenset nr.: 2

Attribuut	Gekozen gewicht	Bijdrage in totaal
Totaal	1.00	100.00%
Effectiv	0.50	50.00%
Uitvoerb	0.50	50.00%
Kwal_raf	0.25	12.50%
Conc_rng	0.15	7.50%
Interfer	0.15	7.50%
Stnd_tch	0.15	7.50%
Ruimtebs	0.20	10.00%
Complext	0.10	5.00%

Gewichtenset nr.: 3

Attribuut	Gekozen gewicht	Bijdrage in totaal
Totaal	1.00	100.00%
Effectiv	0.30	30.00%
Uitvoerb	0.70	70.00%
Kwal_raf	0.20	14.00%
Conc_rng	0.10	7.00%
Interfer	0.10	7.00%
Stnd_tch	0.20	14.00%
Ruimtebs	0.25	17.50%
Complext	0.15	10.50%

Gewichtenset nr.: 4

Attribuut	Gekozen gewicht	Bijdrage in totaal
Totaal	1.00	100.00%
Effectiv	0.70	70.00%
Uitvoerb	0.30	30.00%
Kwal_raf	0.40	12.00%
Conc_rng	0.20	6.00%
Interfer	0.20	6.00%
Stnd_tch	0.10	3.00%
Ruimtebs	0.05	1.50%
Complext	0.05	1.50%

Gewichtenset nr.: 5

Attribuut	Gekozen gewicht		Bijdrage in totaal
Totaal	1.00		100.00%
Effectiv	0.50		50.00%
Uitvoerb	0.50		50.00%
Kwal_raf	0.30		15.00%
Conc_rng	0.20		10.00%
Interfer	0.20		10.00%
Stnd_tch	0.15		7.50%
Ruimtebs	0.05		2.50%
Complext	0.10		5.00%

Gewichtenset nr.: 6

Attribuut	Gekozen gewicht		Bijdrage in totaal
Totaal	1.00		100.00%
Effectiv	0.40		40.00%
Uitvoerb	0.60		60.00%
Kwal_raf	0.20		12.00%
Conc_rng	0.15		9.00%
Interfer	0.15		9.00%
Stnd_tch	0.20		12.00%
Ruimtebs	0.10		6.00%
Complext	0.20		12.00%

Gewichtenset nr.: 7

Attribuut	Gekozen gewicht		Bijdrage in totaal
Totaal	1.00		100.00%
Effectiv	0.50		50.00%
Uitvoerb	0.50		50.00%
Kwal_raf	0.10		5.00%
Conc_rng	0.30		15.00%
Interfer	0.30		15.00%
Stnd_tch	0.15		7.50%
Ruimtebs	0.05		2.50%
Complext	0.10		5.00%

Bijlage 6

INDIVIDUELE SCORES WORKSHOP

"Deelstroomzuivering in de galvanische industrie"

Apeldoorn, 7 februari 1991

A. SPOELWATER

Deelstroom 3 (nikkel)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 3	groep 3	groep 3	groep 2	groep 2	groep 2	groep 2	groep 1	groep 1	groep 1	groep 1
precipitatie	1.50	1.28	0	2	2			3	3	2	3	0	0
ionenwisseling	4.18	0.72	4	5	4	5	4	5	3	5	3	4	4
omgekeerde osmose	4.09	0.90	5	4	4	5	5	5	5	3	3	3	3
ultra/microfiltr.	3.82	0.72	4	3	4	5	3	3	4	3	5	4	4

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	1.95	0.54	2	2.5	2	1	2	3	1	2	2	2	2
ionenwisseling	3.64	0.77	4	3	5	3	4	5	3	4	3	3	3
omgekeerde osmose	3.45	0.99	5	4	4	5	4	3	3	3	2	2	3
ultra/microfiltr.	3.68	0.86	5	3.5	2	4	4	5	4	3	4	3	3

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	4.14	0.64	3		5		4			5	4	4	4
ionenwisseling	4.82	0.57	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5
omgekeerde osmose	4.00	1.04	4	3	3	5	5	5	5	5	3	4	2
ultra/microfiltr.	4.55	0.50	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	3.91	1.08	3	2	4	4	4	4	2	5	5	5	5
ionenwisseling	3.73	0.96	2	3	3	5	3	5	3	5	4	4	4
omgekeerde osmose	1.55	0.66	2	1	1	2	3	1	2	1	2	1	1
ultra/microfiltr.	2.82	1.19	1	2	1	3	4	3	4	3	3	5	2

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ionenwisseling	4.55	0.50	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5
omgekeerde osmose	2.00	0.60	1	1	3	2	3	2	2	2	2	2	2
ultra/microfiltr.	3.41	0.70	3	2.5	2	4	3	4	4	3	4	4	4

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.73	0.96	0	0	1	2	1	3	1	0	0	0	0
ionenwisseling	2.90	1.22	3	2	1		3	3	1	4	3	4	5
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	2.64	0.98	2	2	1	4	2	4	3	2	3	4	2

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.18	0.57	3	2	3	4	3	3	3	4	4	3	3
ionenwisseling	3.00	0.60	3	3	3	4	3	2	2	3	4	3	3
omgekeerde osmose	1.73	0.62	2	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2
ultra/microfiltr.	2.45	0.78	2	3	2	4	1	2	3	2	3	3	2

Deelstroom 4 (zink)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 1	groep 1	groep 1	groep 1
precipitatie	0.75	1.30	0	3	0	0
ionenwisseling	4.50	0.87	5	3	5	5
omgekeerde osmose	2.75	0.83	3	2	2	4
ultra/microfiltr.	3.75	0.43	4	3	4	4

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	1.75	0.43	2	1	2	2
ionenwisseling	2.25	0.43	2	2	2	3
omgekeerde osmose	2.00	0.00	2	2	2	2
ultra/microfiltr.	2.75	0.43	3	2	3	3

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	4.25	0.43	4	5	4	4
ionenwisseling	4.50	0.50	4	5	4	5
omgekeerde osmose	4.00	0.82	3	5		4
ultra/microfiltr.	3.75	0.83	3	5	3	4

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	2.50	0.50	3	2	2	3
ionenwisseling	2.50	0.50	3	2	2	3
omgekeerde osmose	1.25	1.09	1	3	0	1
ultra/microfiltr.	2.75	0.43	3	2	3	3

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5
ionenwisseling	4.00	0.00	4	4	4	4
omgekeerde osmose	1.50	0.87	2	2	2	0
ultra/microfiltr.	4.00	0.00	4	4	4	4

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.00	0.00	0	0	0	0
ionenwisseling	3.50	0.50	4	3	4	3
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	2.50	0.87	2	2	4	2

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	4.00	0.00	4	4	4	4
ionenwisseling	3.00	0.00	3	3	3	3
omgekeerde osmose	1.75	1.30	3	3	0	1
ultra/microfiltr.	2.75	0.43	3	3	2	3

Deelstroom 5 (koper)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 2	groep 2	groep 2	groep 2
precipitatie	3.00	0.71	2	3	3	4
ionenwisseling	4.00	0.71	3	5	4	4
omgekeerde osmose	4.50	0.50	4	5	4	5
ultra/microfiltr.	4.00	0.71	4	5	3	4

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	1.75	0.83	1	1	2	3
ionenwisseling	3.25	0.43	3	3	4	3
omgekeerde osmose	3.75	0.83	4	5	3	3
ultra/microfiltr.	4.50	0.50	4	5	4	5

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	2.50	0.50	2	2	3	3
ionenwisseling	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	2.75	0.43	3	2	3	3
ultra/microfiltr.	2.75	0.43	3	2	3	3

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	3.00	0.71	3	4	2	3
ionenwisseling	3.75	0.83	3	5	3	4
omgekeerde osmose	2.50	0.87	4	2	2	2
ultra/microfiltr.	2.75	0.83	4	3	2	2

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5
ionenwisseling	4.50	0.50	4	5	4	5
omgekeerde osmose	2.50	0.50	3	2	3	2
ultra/microfiltr.	4.00	0.71	5	4	3	4

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	1.75	0.83	1	2	1	3
ionenwisseling	3.00	0.71	2	3	4	3
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	3.25	0.83	3	4	2	4

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.50	0.50	4	3	4	3
ionenwisseling	2.75	0.43	3	3	3	2
omgekeerde osmose	1.75	0.83	3	1	2	1
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2	2	2	2

Deelstroom 6 (chroom)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 3	groep 3	groep 3
precipitatie	0.00	0.00	0	0	0
ionenwisseling	2.00	0.82	2	1	3
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4
ultra/microfiltr.	1.00	0.00	1	1	1

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	2.00	0.00	2	2	2
ionenwisseling	3.33	0.47	3	4	3
omgekeerde osmose	4.33	0.47	5	4	4
ultra/microfiltr.	3.67	0.94	5	3	3

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	3.50	0.50	3	4	
ionenwisseling	4.33	0.94	5	3	5
omgekeerde osmose	3.67	0.47	4	4	3
ultra/microfiltr.	3.67	0.47	4	4	3

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	4.00	0.00	4	4	4
ionenwisseling	3.67	0.47	4	3	4
omgekeerde osmose	1.67	0.47	2	1	2
ultra/microfiltr.	2.33	0.94	3	1	3

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5
ionenwisseling	4.33	0.47	4	5	4
omgekeerde osmose	1.33	0.47	1	2	1
ultra/microfiltr.	2.33	0.47	3	2	2

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.33	0.47	0	1	0
ionenwisseling	2.00	0.82	3	1	2
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4
ultra/microfiltr.	1.67	0.47	2	1	2

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	2.00	0.00	2	2	2
ionenwisseling	2.67	0.47	3	2	3
omgekeerde osmose	2.00	0.82	2	1	3
ultra/microfiltr.	1.33	0.47	1	1	2

Deelstroom 8 (zilver)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 1	groep 1	groep 1	groep 1
precipitatie	3.00	0.00	3	3	3	3
ionenwisseling	3.50	0.87	5	3	3	3
omgekeerde osmose	2.75	0.43	3	3	3	2
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3	3	3	3

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	2.67	0.94		4	2	2
ionenwisseling	3.25	0.43	4	3	3	3
omgekeerde osmose	2.25	0.83	3	1	3	2
ultra/microfiltr.	3.00	0.82		3	2	4

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	4.75	0.43	5	5	5	4
ionenwisseling	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	5.00	0.00	5	5	5	5
ultra/microfiltr.	5.00	0.00	5	5	5	5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	0.33	0.47	0	1	0	
ionenwisseling	3.75	0.83	5	3	4	3
omgekeerde osmose	1.75	1.30	3	0	3	1
ultra/microfiltr.	1.75	1.30	0	3	3	1

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	2.50	0.87	2	4	2	2
ionenwisseling	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	1.50	0.87	2	0	2	2
ultra/microfiltr.	3.75	0.43	4	3	4	4

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.25	0.43	0	0	1	0
ionenwisseling	3.75	0.83	3	4	5	3
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	2.50	0.87	2	4	2	2

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.50	0.50	4	3	3	4
ionenwisseling	3.50	0.50	3	4	3	4
omgekeerde osmose	1.75	1.09	3	0	2	2
ultra/microfiltr.	2.75	0.43	3	3	2	3

Deelstroom 9 (lood/tin)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 2	groep 2	groep 2	groep 2
precipitatie	2.25	1.30	3	3	0	3
ionenwisseling	3.25	1.09	5	2	3	3
omgekeerde osmose	4.00	1.00	5	5	3	3
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3	3	3	3

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	1.75	0.83	1	3	1	2
ionenwisseling	3.50	1.12	3	5	2	4
omgekeerde osmose	3.75	0.83	5	3	3	4
ultra/microfiltr.	4.50	0.50	5	5	4	4

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	4.25	0.43	5	4	4	4
ionenwisseling	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	5.00	0.00	5	5	5	5
ultra/microfiltr.	4.50	0.50	5	4	5	4

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	3.50	0.50	4	3	3	4
ionenwisseling	3.50	0.50	4	4	3	3
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3	3	3	3
ultra/microfiltr.	3.50	0.50	3	3	4	4

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5
ionenwisseling	4.25	0.43	5	4	4	4
omgekeerde osmose	2.50	0.50	2	2	3	3
ultra/microfiltr.	3.75	0.43	4	4	4	3

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	1.75	0.83	2	3	1	1
ionenwisseling	2.50	0.50	2	3	2	3
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	3.25	0.83	4	4	3	2

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.00	0.71	2	3	4	3
ionenwisseling	2.50	0.50	2	2	3	3
omgekeerde osmose	1.75	0.83	2	1	3	1
ultra/microfiltr.	1.75	0.43	2	2	2	1

Deelstroom 10 (tin)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek gemidd. stand.dev. groep 3

precipitatie	0.00	0.00	0
ionenwisseling	2.00	0.00	2
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4
ultra/microfiltr.	1.00	0.00	1

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	2.00	0.00	2
ionenwisseling	3.00	0.00	3
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	2.00	0.00	2
ionenwisseling	4.00	0.00	4
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	2.00	0.00	2
ionenwisseling	3.00	0.00	3
omgekeerde osmose	1.00	0.00	1
ultra/microfiltr.	1.00	0.00	1

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	4.00	0.00	4
ionenwisseling	3.00	0.00	3
omgekeerde osmose	1.00	0.00	1
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.00	0.00	0
ionenwisseling	3.00	0.00	3
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.00	0.00	3
ionenwisseling	3.00	0.00	3
omgekeerde osmose	2.00	0.00	2
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2

B. (HALF)CONCENTRATEN

Deelstroom 13 (trommel- en sulfamaatnikkelbaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 2	groep 2	groep 2	groep 2	groep 1	groep 1	groep 1	groep 1	groep 3	groep 3	groep 3
precipitatie	1.67	1.25	3		3	3	0		0	0	2	2	2
omgekeerde osmose	4.45	0.66	5	5	4	5	5	3	5	5	4	4	4
ultra/microfiltr.	3.82	0.72	3	5	4	3	4	4	4	5	3	4	3
elektrolyse	4.64	0.48	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4
elektrodialyse	4.00	0.71	4	5	3	5		4			4	3	4
korrelreactor	2.55	1.08	3	4	3	3	2	1	1	1	3	3	4
solvent extractie	3.45	0.78	4	4	3	2	3	3	3	3	5	4	4
verdampen	4.73	0.45	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	3.45	0.66	4	4	3	4	4	2	4	4	3	3	3
omgekeerde osmose	2.45	0.66	2	2	2	2	3	1	3	3	3	3	3
ultra/microfiltr.	3.91	0.67	4	4	5	5	4	3	4	4	3	4	3
elektrolyse	1.64	0.48	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
elektrodialyse	1.00	0.00	1	1	1	1		1			1	1	1
korrelreactor	2.82	0.83	4	4	4	2	2	3	3	3	2	2	2
solvent extractie	2.73	0.62	2	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3
verdampen	4.73	0.62	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	5

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
omgekeerde osmose	4.36	0.88	4	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3
ultra/microfiltr.	3.67	0.75	3	5	3						4	4	3
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
elektrodialyse	4.29	0.88	5	5	5	5					3	4	3
korrelreactor	4.91	0.29	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
solvent extractie	4.90	0.30	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
verdampen	5.00	0.00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	4.09	0.79	3	4	4	4	5	5	5	5	3	4	3
omgekeerde osmose	2.64	0.88	3	4	3	3	2	2	4	3	2	1	2
ultra/microfiltr.	2.91	0.67	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2
elektrolyse	4.73	0.45	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5
elektrodialyse	3.13	1.05	4	3	4	3		5			2	2	2
korrelreactor	4.09	1.16	4	4	5	5	5	5	5	5	2	2	3
solvent extractie	3.27	0.96	4	3	4	2	4	1	3	3	4	4	4
verdampen	3.73	1.21	5	4	4	4	2	3	2	2	5	5	5

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	4.91	0.29	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
omgekeerde osmose	2.55	1.16	3	3	2	2	3	4	4	4	1	1	1
ultra/microfiltr.	2.82	0.72	3	4	2	2	4	3	2	2	3	3	3
elektrolyse	4.45	0.50	4	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4
elektrodialyse	1.13	0.78	3	1	0	1		1			1	1	1
korrelreactor	2.55	0.66	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	1
solvent extractie	1.55	1.16	1	0	0	0	4	2	2	2	2	2	2
verdampen	3.82	0.57	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.73	0.96	1	1	2	3	0	0	0	0	0	1	0
omgekeerde osmose	3.82	0.39	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3
ultra/microfiltr.	2.45	0.89	2	3	4	3	4	2	2	2	2	2	1
elektrolyse	4.64	0.64	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4
elektrodialyse	3.50	0.50	4	3	4	4		4			3	3	3
korrelreactor	2.18	0.83	3	4	3	2	2	2	1	2	2	1	2
solvent extractie	2.73	0.75	3	3	4	3	3	3	3	3	2	2	1
verdampen	3.91	0.29	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.36	0.64	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3	2
omgekeerde osmose	1.82	0.39	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
ultra/microfiltr.	2.09	0.29	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
elektrolyse	3.64	1.07	4	2	2	2	5	4	4	4	4	5	4
elektrodialyse	1.88	0.60	2	1	2	1		3			2	2	2
korrelreactor	1.82	0.39	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
solvent extractie	1.36	0.48	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1
verdampen	4.09	0.67	3	4	4	3	5	5	4	5	4	4	4

Deelstroom 14A (zure zinkbaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 3	groep 3	groep 3
precipitatie	2.00	0.00	2	2	2
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3	3	3
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3	3	3
elektrolyse	3.67	0.47	4	3	4
elektrodialyse	2.00	0.00	2	2	2
korrelreactor	4.00	0.00	4	4	4
solvent extractie	4.00	0.00	4	4	4
verdampen	3.00	0.00	3	3	3

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	3.00	0.00	3	3	3
omgekeerde osmose	2.00	0.00	2	2	2
ultra/microfiltr.	4.00	0.00	4	4	4
elektrolyse	3.00	0.00	3	3	3
elektrodialyse	2.00	0.00	2	2	2
korrelreactor	3.00	0.00	3	3	3
solvent extractie	3.00	0.00	3	3	3
verdampen	5.00	0.00	5	5	5

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3	3	3
ultra/microfiltr.	4.00	0.82	5	4	3
elektrolyse	4.33	0.47	4	4	5
elektrodialyse	3.00	0.82	2	4	3
korrelreactor	4.67	0.47	5	4	5
solvent extractie	4.67	0.47	4	5	5
verdampen	5.00	0.00	5	5	5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	3.67	0.47	4	4	3
omgekeerde osmose	1.67	0.47	2	1	2
ultra/microfiltr.	2.33	0.47	3	2	2
elektrolyse	4.00	0.00	4	4	4
elektrodialyse	1.67	0.47	2	2	1
korrelreactor	3.33	0.94	4	2	4
solvent extractie	4.00	0.00	4	4	4
verdampen	4.33	0.47	4	5	4

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5
omgekeerde osmose	1.00	0.00	1	1	1
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3	3	3
elektrolyse	4.00	0.00	4	4	4
elektrodialyse	0.67	0.47	0	1	1
korrelreactor	2.67	0.94	2	2	4
solvent extractie	3.00	0.00	3	3	3
verdampen	3.67	0.47	3	4	4

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.33	0.47	0	1	0
omgekeerde osmose	3.33	0.47	3	4	3
ultra/microfiltr.	1.67	0.47	2	2	1
elektrolyse	3.67	0.47	4	3	4
elektrodialyse	3.00	0.00	3	3	3
korrelreactor	1.67	0.47	2	1	2
solvent extractie	2.00	0.00	2	2	2
verdampen	4.00	0.00	4	4	4

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	2.00	0.00	2	2	2
omgekeerde osmose	2.00	0.00	2	2	2
ultra/microfiltr.	1.67	0.47	1	2	2
elektrolyse	3.67	0.47	3	4	4
elektrodialyse	1.67	0.47	1	2	2
korrelreactor	1.33	0.47	1	1	2
solvent extractie	1.33	0.47	2	1	1
verdampen	4.00	0.00	4	4	4

Deelstroom 14B (alkalische/cyanidische zinkbaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 3	groep 3	groep 3
precipitatie	2.00	0.00	2	2	2
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3	3	3
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3	3	3
elektrolyse	3.33	0.47	4	3	3
elektrodialyse	2.00	0.00	2	2	2
korrelreactor	1.33	0.47	1	2	1
solvent extractie	1.00	0.00	1	1	1
verdampen	0.67	0.47	1	1	0

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	3.00	0.00	3	3	3
omgekeerde osmose	2.00	0.00	2	2	2
ultra/microfiltr.	4.00	0.00	4	4	4
elektrolyse	2.00	0.00	2	2	2
elektrodialyse	2.00	0.00	2	2	2
korrelreactor	1.00	0.00	1	1	1
solvent extractie	1.00	0.00	1	1	1
verdampen	1.00	0.00	1	1	1

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3	3	3
ultra/microfiltr.	4.00	0.82	5	4	3
elektrolyse	3.33	0.47	3	4	3
elektrodialyse	3.00	0.82	2	4	3
korrelreactor	3.33	0.47	3	4	3
solvent extractie	3.67	0.94	3	5	3
verdampen	4.00	0.82	4	5	3

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	3.33	0.47	3	4	3
omgekeerde osmose	1.67	0.47	2	1	2
ultra/microfiltr.	2.33	0.47	3	2	2
elektrolyse	3.00	0.82	3	4	2
elektrodialyse	1.67	0.47	2	2	1
korrelreactor	2.00	0.00	2	2	2
solvent extractie	1.67	0.47	2	1	2
verdampen	2.33	1.89	1	5	1

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5
omgekeerde osmose	1.00	0.00	1	1	1
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3	3	3
elektrolyse	2.67	0.94	2	4	2
elektrodialyse	0.67	0.47	0	1	1
korrelreactor	2.00	0.00	2	2	2
solvent extractie	1.33	0.47	1	1	2
verdampen	2.00	0.82	3	1	2

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.33	0.47	0	1	0
omgekeerde osmose	3.33	0.47	3	4	3
ultra/microfiltr.	1.67	0.47	2	2	1
elektrolyse	3.33	0.47	3	3	4
elektrodialyse	3.00	0.00	3	3	3
korrelreactor	1.33	0.47	1	1	2
solvent extractie	2.00	0.00	2	2	2
verdampen	3.67	0.47	3	4	4

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	2.00	0.00	2	2	2
omgekeerde osmose	2.00	0.00	2	2	2
ultra/microfiltr.	1.67	0.47	1	2	2
elektrolyse	3.33	0.94	2	4	4
elektrodialyse	1.67	0.47	1	2	2
korrelreactor	1.33	0.47	1	1	2
solvent extractie	1.00	0.00	1	1	1
verdampen	3.00	0.00	3	3	3

Deelstroom 15 (koperstrike, zuur- en fluoroboraatkoperbaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 1	groep 1	groep 1	groep 1
precipitatie	0.00	0.00	0	0	0	0
omgekeerde osmose	3.88	1.14	5	2.5	5	3
ultra/microfiltr.	3.33	2.36		5	5	0
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	2.50	2.50			0	5
korrelreactor	0.25	0.43	0	0	0	1
solvent extractie	3.67	0.94	5		3	3
verdampen	4.50	0.87	5	5	5	3

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	3.00	0.00	3	3	3	3
omgekeerde osmose	2.50	0.50	3	2	3	2
ultra/microfiltr.	3.67	0.47		3	4	4
elektrolyse	2.75	0.43	3	3	3	2
elektrodialyse	1.00	0.00			1	1
korrelreactor	2.50	0.50	3	2	2	3
solvent extractie	2.67	0.47	3		3	2
verdampen	5.00	0.00	5	5	5	5

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	5.00	0.00	5		5	
ultra/microfiltr.	4.00	1.00			3	5
elektrolyse	5.00	0.00	5		5	5
elektrodialyse	5.00	0.00				5
korrelreactor	5.00	0.00	5		5	5
solvent extractie	5.00	0.00	5		5	5
verdampen	5.00	0.00	5			5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	4.25	1.30	5	5	5	2
omgekeerde osmose	0.75	0.83	0	2	0	1
ultra/microfiltr.	1.33	0.94		2	0	2
elektrolyse	4.25	0.83	5	3	4	5
elektrodialyse	0.50	0.50			0	1
korrelreactor	4.00	1.41	5		5	2
solvent extractie	3.00	0.00	3		3	3
verdampen	4.50	0.87	5	5	5	3

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	2.38	0.96	4	1.5	2	2
ultra/microfiltr.	3.67	0.47		4	4	3
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	3.00	0.00				3
korrelreactor	3.25	0.83	4	2	4	3
solvent extractie	1.33	0.94	0		2	2
verdampen	3.50	0.87	4	4	4	2

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.00	0.00	0	0	0	0
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	3.00	0.82		4	3	2
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	4.00	0.00			4	4
korrelreactor	2.00	1.22	1	1	2	4
solvent extractie	4.00	0.82	5		3	4
verdampen	3.25	0.43	4	3	3	3

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	2.00	0.00	2	2	2	2
omgekeerde osmose	1.50	0.87	2	0	2	2
ultra/microfiltr.	2.33	0.47		2	3	2
elektrolyse	3.75	1.30	2	5	3	5
elektrodialyse	3.00	0.00			3	3
korrelreactor	2.50	0.87	2	2	2	4
solvent extractie	2.33	0.47	2		2	3
verdampen	3.75	1.09	4	2	5	4

Deelstroom 16 (sierchroombaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 2	groep 2	groep 2	groep 2
precipitatie	2.50	0.50	3	2	2	3
omgekeerde osmose	4.00	1.00	3	3	5	5
ultra/microfiltr.	2.75	0.43	3	3	2	3
elektrolyse	2.00	0.00	2	2	2	2
elektrodialyse	4.50	0.50	4	4	5	5
korrelreactor	3.00	0.71	3	3	2	4
solvent extractie	4.17	0.85	5		3	4.5
verdampen	5.00	0.00	5	5	5	5

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	3.75	0.43	3	4	4	4
omgekeerde osmose	4.00	0.71	4	5	4	3
ultra/microfiltr.	4.50	0.50	4	5	5	4
elektrolyse	0.75	0.43	1	0	1	1
elektrodialyse	1.00	0.00	1	1	1	1
korrelreactor	2.75	0.83	2	3	2	4
solvent extractie	2.00	0.71	2	3	2	1
verdampen	4.00	0.71	4	4	3	5

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	4.75	0.43	5	5	5	4
ultra/microfiltr.	0.25	0.43	0	0	0	1
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	0.25	0.43	0	1	0	0
korrelreactor	5.00	0.00	5	5	5	5
solvent extractie	5.00	0.00	5	5	5	5
verdampen	5.00	0.00	5	5	5	5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	4.50	0.50	5	4	5	4
omgekeerde osmose	2.00	0.71	2	3	2	1
ultra/microfiltr.	4.75	0.43	5	5	5	4
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	2.00	0.00	2	2	2	2
korrelreactor	4.75	0.43	5	5	4	5
solvent extractie	4.25	0.83	5	5	4	3
verdampen	5.00	0.00	5	5	5	5

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	4.50	0.50	5	4	4	5
omgekeerde osmose	0.00	0.00	0	0	0	0
ultra/microfiltr.	1.00	0.71	1	2	0	1
elektrolyse	0.00	0.00	0	0	0	0
elektrodialyse	0.00	0.00	0	0	0	0
korrelreactor	1.50	1.66	0	2	0	4
solvent extractie	0.00	0.00	0	0	0	0
verdampen	3.75	0.43	4	4	4	3

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	1.75	0.83	1	2	3	1
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	3.00	0.71	3	4	3	2
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	3.75	0.43	3	4	4	4
korrelreactor	3.00	0.71	4	3	2	3
solvent extractie	3.25	0.43	3	4	3	3
verdampen	3.75	0.43	3	4	4	4

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.75	0.43	4	4	3	4
omgekeerde osmose	1.75	0.43	2	2	1	2
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2	2	2	2
elektrolyse	3.50	0.87	4	4	2	4
elektrodialyse	1.50	0.50	1	2	1	2
korrelreactor	1.50	0.50	1	2	1	2
solvent extractie	1.25	0.43	1	1	1	2
verdampen	3.50	0.50	4	4	3	3

Deelstroom 19 (lood/tinbaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek gemidd. stand.dev. groep 3

precipitatie	2.00	0.00	2
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2
elektrolyse	3.00	0.00	3
elektrodialyse	1.00	0.00	1
korrelreactor	3.00	0.00	3
solvent extractie	4.00	0.00	4
verdampen	2.00	0.00	2

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	2.00	0.00	2
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2
elektrolyse	1.00	0.00	1
elektrodialyse	1.00	0.00	1
korrelreactor	1.00	0.00	1
solvent extractie	1.00	0.00	1
verdampen	4.00	0.00	4

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	4.00	0.00	4
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3
elektrolyse	4.00	0.00	4
elektrodialyse	2.00	0.00	2
korrelreactor	4.00	0.00	4
solvent extractie	3.00	0.00	3
verdampen	4.00	0.00	4

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	1.00	0.00	1
omgekeerde osmose	1.00	0.00	1
ultra/microfiltr.	1.00	0.00	1
elektrolyse	3.00	0.00	3
elektrodialyse	1.00	0.00	1
korrelreactor	2.00	0.00	2
solvent extractie	2.00	0.00	2
verdampen	3.00	0.00	3

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	4.00	0.00	4
omgekeerde osmose	1.00	0.00	1
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2
elektrolyse	0.00	0.00	0
elektrodialyse	0.00	0.00	0
korrelreactor	1.00	0.00	1
solvent extractie	1.00	0.00	1

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.00	0.00	0
omgekeerde osmose	3.00	0.00	3
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2
elektrolyse	4.00	0.00	4
elektrodialyse	3.00	0.00	3
korrelreactor	2.00	0.00	2
solvent extractie	2.00	0.00	2
verdampen	4.00	0.00	4

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.00	0.00	3
omgekeerde osmose	2.00	0.00	2
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2
elektrolyse	4.00	0.00	4
elektrodialyse	2.00	0.00	2
korrelreactor	2.00	0.00	2
solvent extractie	2.00	0.00	2
verdampen	4.00	0.00	4

Deelstroom 20 (fluoroboraat- en sulfonaattinbaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek	gemidd.	stand.dev.	groep 2	groep 2	groep 2	groep 2
precipitatie	2.25	0.83	3	3	2	1
omgekeerde osmose	3.75	1.64	4	5	5	1
ultra/microfiltr.	2.50	1.12	4	3	2	1
elektrolyse	4.25	1.30	5	5	5	2
elektrodialyse	3.75	1.64	5	5	4	1
korrelreactor	2.25	1.30	1	3	4	1
solvent extractie	2.50	0.87	3	3	3	1
verdampen	4.00	1.73	5	5	5	1

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	3.50	0.50	3	4	4	3
omgekeerde osmose	4.25	0.83	4	5	3	5
ultra/microfiltr.	4.50	0.50	4	5	4	5
elektrolyse	2.75	1.30	2	5	2	2
elektrodialyse	1.00	0.00	1	1	1	1
korrelreactor	3.25	0.83	4	2	4	3
solvent extractie	1.50	1.12	3	2	1	0
verdampen	4.00	0.71	4	3	5	4

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	5.00	0.00	5	5	5	5
omgekeerde osmose	4.75	0.43	5	5	4	5
ultra/microfiltr.	3.50	1.50			5	2
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	3.50	1.50	2		5	
korrelreactor	5.00	0.00	5	5	5	5
solvent extractie	5.00	0.00	5	5	5	5
verdampen	5.00	0.00	5	5	5	5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	2.50	0.50	3	2	3	2
omgekeerde osmose	2.75	1.09	3	4	1	3
ultra/microfiltr.	3.00	1.41	3	5	1	3
elektrolyse	4.25	0.43	4	5	4	4
elektrodialyse	2.75	1.09	3	4	1	3
korrelreactor	3.25	1.48	4	5	3	1
solvent extractie	2.75	0.43	3	3	3	2
verdampen	4.50	0.50	4	5	5	4

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	4.75	0.43	5	5	5	4
omgekeerde osmose	0.75	0.83	1	0	2	0
ultra/microfiltr.	2.00	1.22	3	0	3	2
elektrolyse	3.00	1.87	4	0	3	5
elektrodialyse	1.00	1.00	2	0	2	0
korrelreactor	1.75	1.09	3	0	2	2
solvent extractie	0.00	0.00	0	0	0	0
verdampen	2.75	1.64	4	0	3	4

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	1.75	0.83	1	3	1	2
omgekeerde osmose	4.00	0.00	4	4	4	4
ultra/microfiltr.	3.00	0.71	3	3	2	4
elektrolyse	5.00	0.00	5	5	5	5
elektrodialyse	3.75	0.43	3	4	4	4
korrelreactor	3.00	0.71	4	2	3	3
solvent extractie	3.25	0.43	3	3	3	4
verdampen	3.75	0.43	3	4	4	4

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.75	0.43	4	3	4	4
omgekeerde osmose	1.75	0.43	2	1	2	2
ultra/microfiltr.	2.00	0.00	2	2	2	2
elektrolyse	2.75	1.30	1	2	4	4
elektrodialyse	1.50	0.50	1	1	2	2
korrelreactor	1.50	0.50	1	1	2	2
solvent extractie	1.25	0.43	1	1	2	1
verdampen	3.50	0.50	4	3	3	4

Deelstroom 21 (hard- en sierchroombaden)

Attribuut: I. Effectiviteit (kwaliteit geconcentreerde stroom)

techniek gemidd. stand.dev. groep 1 groep 1 groep 1 groep 1

precipitatie	0.00	0.00	0
ionenwisseling	5.00	0.00	5
ultra/microfiltr.	0.00	0.00	0
elektrodialyse	5.00	0.00	5
korrelreactor	0.00	0.00	0
verdampen	5.00	0.00	5

Attribuut: II.1 Kwaliteit gezuiverde stroom

precipitatie	3.00	0.00	3
ionenwisseling	5.00	0.00	5
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3
elektrodialyse	5.00	0.00	5
korrelreactor	1.00	0.00	1
verdampen	5.00	0.00	5

Attribuut: II.2 Concentratie range deelstroom

precipitatie	5.00	0.00	5
ionenwisseling	5.00	0.00	5
ultra/microfiltr.	5.00	0.00	5
elektrodialyse	5.00	0.00	5
korrelreactor	5.00	0.00	5
verdampen	5.00	0.00	5

Attribuut: II.3 Invloed storende componenten

precipitatie	5.00	0.00	5
ionenwisseling	5.00	0.00	5
ultra/microfiltr.	5.00	0.00	5
elektrodialyse	5.00	0.00	5
korrelreactor	4.00	0.00	4
verdampen	5.00	0.00	5

Attribuut: II.4 Stand der techniek

precipitatie	5.00	0.00	5
ionenwisseling	5.00	0.00	5
ultra/microfiltr.	4.00	0.00	4
elektrodialyse	5.00	0.00	5
korrelreactor	3.00	0.00	3
verdampen	5.00	0.00	5

Attribuut: II.5 Ruimtebeslag

precipitatie	0.00	0.00	0
ionenwisseling	3.00	0.00	3
ultra/microfiltr.	4.00	0.00	4
elektrodialyse	3.00	0.00	3
korrelreactor	0.00	0.00	0
verdampen	3.00	0.00	3

Attribuut: II.6 Complexiteit

precipitatie	3.00	0.00	3
ionenwisseling	1.00	0.00	1
ultra/microfiltr.	3.00	0.00	3
elektrodialyse	2.00	0.00	2
korrelreactor	1.00	0.00	1
verdampen	1.00	0.00	1

Bijlage 7

RANGSCHIKKING TECHNIEK-DEELSTROOM COMBINATIES OP TOTAALSCORES

DEELSTROOM # 6									
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
2_Ionenw	0,789	2_Ionenw	0,768	2_Ionenw	0,742	2_Ionenw	0,815	2_Ionenw	0,736
4_U/Mf11	0,781	3_Omgasm	0,758	4_U/Mf11	0,711	3_Omgasm	0,787	2_Ionenw	0,517
1_Precip	0,565	1_Precip	0,571	1_Precip	0,581	1_Precip	0,574	4_U/Mf11	0,348
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
3_Omgasm	0,697	3_Omgasm	0,708	3_Omgasm	0,655	3_Omgasm	0,754	3_Omgasm	0,562
2_Ionenw	0,562	2_Ionenw	0,535	2_Ionenw	0,573	2_Ionenw	0,496	2_Ionenw	0,387
4_U/Mf11	0,387	4_U/Mf11	0,363	4_U/Mf11	0,398	4_U/Mf11	0,323	4_U/Mf11	0,307
1_Precip	0,307	1_Precip	0,264	1_Precip	0,355	1_Precip	0,175	1_Precip	0,342
Gewichtenset 6		Gewichtenset 7		Gewichtenset 8		Gewichtenset 9		Gewichtenset 10	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
3_Omgasm	0,648	3_Omgasm	0,576	3_Omgasm	0,575	3_Omgasm	0,663	3_Omgasm	0,697
2_Ionenw	0,576	2_Ionenw	0,384	2_Ionenw	0,373	2_Ionenw	0,575	2_Ionenw	0,562
4_U/Mf11	0,384	4_U/Mf11	0,355	4_U/Mf11	0,342	4_U/Mf11	0,575	4_U/Mf11	0,387
1_Precip	0,355	1_Precip	0,342	1_Precip	0,342	1_Precip	0,342	1_Precip	0,307

DEELSTROOM # 5									
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
2_Ionenw	0,783	2_Ionenw	0,766	2_Ionenw	0,742	2_Ionenw	0,815	2_Ionenw	0,736
4_U/Mf11	0,743	3_Omgasm	0,710	4_U/Mf11	0,711	3_Omgasm	0,787	2_Ionenw	0,517
1_Precip	0,581	1_Precip	0,606	1_Precip	0,581	1_Precip	0,574	4_U/Mf11	0,348
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
3_Omgasm	0,697	3_Omgasm	0,708	3_Omgasm	0,655	3_Omgasm	0,754	3_Omgasm	0,562
2_Ionenw	0,562	2_Ionenw	0,535	2_Ionenw	0,573	2_Ionenw	0,496	2_Ionenw	0,387
4_U/Mf11	0,387	4_U/Mf11	0,363	4_U/Mf11	0,398	4_U/Mf11	0,323	4_U/Mf11	0,307
1_Precip	0,307	1_Precip	0,264	1_Precip	0,355	1_Precip	0,175	1_Precip	0,342

DEELSTROOM # 4									
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
2_Ionenw	0,765	2_Ionenw	0,750	2_Ionenw	0,790	2_Ionenw	0,815	2_Ionenw	0,736
4_U/Mf11	0,688	3_Omgasm	0,675	4_U/Mf11	0,698	3_Omgasm	0,787	2_Ionenw	0,517
1_Precip	0,378	1_Precip	0,440	1_Precip	0,410	1_Precip	0,574	4_U/Mf11	0,348
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
3_Omgasm	0,500	3_Omgasm	0,489	3_Omgasm	0,513	3_Omgasm	0,754	3_Omgasm	0,562
2_Ionenw	0,489	2_Ionenw	0,335	2_Ionenw	0,329	2_Ionenw	0,496	2_Ionenw	0,387
4_U/Mf11	0,335	4_U/Mf11	0,329	4_U/Mf11	0,329	4_U/Mf11	0,323	4_U/Mf11	0,307
1_Precip	0,296	1_Precip	0,264	1_Precip	0,270	1_Precip	0,175	1_Precip	0,342

DEELSTROOM # 3									
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
2_Ionenw	0,811	2_Ionenw	0,792	2_Ionenw	0,824	2_Ionenw	0,815	2_Ionenw	0,736
4_U/Mf11	0,728	3_Omgasm	0,699	4_U/Mf11	0,728	3_Omgasm	0,787	2_Ionenw	0,517
1_Precip	0,480	1_Precip	0,517	1_Precip	0,480	1_Precip	0,574	4_U/Mf11	0,348
Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4		Gewichtenset 5	
Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal	Techiek	Totaal
3_Omgasm	0,691	3_Omgasm	0,647	3_Omgasm	0,677	3_Omgasm	0,754	3_Omgasm	0,562
2_Ionenw	0,691	2_Ionenw	0,335	2_Ionenw	0,329	2_Ionenw	0,496	2_Ionenw	0,387
4_U/Mf11	0,335	4_U/Mf11	0,329	4_U/Mf11	0,329	4_U/Mf11	0,323	4_U/Mf11	0,307
1_Precip	0,296	1_Precip	0,264	1_Precip	0,270	1_Precip	0,175	1_Precip	0,342

DEELSTROOM # 8

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
2_Ionenw	0,737	2_Ionenw	0,748	2_Ionenw	0,768	2_Ionenw	0,725
4_U/Mfil	0,611	4_U/Mfil	0,610	4_U/Mfil	0,609	4_U/Mfil	0,611
3_OmgOsm	0,559	3_OmgOsm	0,553	3_OmgOsm	0,541	1_Precip	0,571
1_Precip	0,542	1_Precip	0,520	1_Precip	0,478	3_OmgOsm	0,546
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
2_Ionenw	0,751	2_Ionenw	0,765	2_Ionenw	0,774		
4_U/Mfil	0,621	4_U/Mfil	0,620	4_U/Mfil	0,629		
1_Precip	0,555	1_Precip	0,543	3_OmgOsm	0,560		
3_OmgOsm	0,538	3_OmgOsm	0,522	1_Precip	0,553		

DEELSTROOM # 9

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
3_OmgOsm	0,773	3_OmgOsm	0,749	3_OmgOsm	0,704	3_OmgOsm	0,778
2_Ionenw	0,684	2_Ionenw	0,679	4_U/Mfil	0,674	2_Ionenw	0,682
4_U/Mfil	0,672	4_U/Mfil	0,671	2_Ionenw	0,671	4_U/Mfil	0,662
1_Precip	0,509	1_Precip	0,525	1_Precip	0,557	1_Precip	0,494
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
3_OmgOsm	0,748	3_OmgOsm	0,704	3_OmgOsm	0,753		
2_Ionenw	0,701	2_Ionenw	0,689	2_Ionenw	0,716		
4_U/Mfil	0,685	4_U/Mfil	0,663	4_U/Mfil	0,675		
1_Precip	0,546	1_Precip	0,575	1_Precip	0,589		

DEELSTROOM # 10

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
3_OmgOsm	0,704	3_OmgOsm	0,675	3_OmgOsm	0,618	3_OmgOsm	0,728
2_Ionenw	0,496	2_Ionenw	0,515	2_Ionenw	0,554	2_Ionenw	0,472
4_U/Mfil	0,304	4_U/Mfil	0,325	4_U/Mfil	0,368	4_U/Mfil	0,284
1_Precip	0,156	1_Precip	0,200	1_Precip	0,287	1_Precip	0,129
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
3_OmgOsm	0,655	3_OmgOsm	0,608	3_OmgOsm	0,615		
2_Ionenw	0,520	2_Ionenw	0,538	2_Ionenw	0,530		
4_U/Mfil	0,330	4_U/Mfil	0,344	4_U/Mfil	0,310		
1_Precip	0,230	1_Precip	0,288	1_Precip	0,230		

DEELSTROOM # 13

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
9_Verdmp	0,914	9_Verdmp	0,898	9_Verdmp	0,868	9_Verdmp	0,927
5_Elktly	0,857	5_Elktly	0,846	5_Elktly	0,824	5_Elktly	0,857
3_OmgOsm	0,779	3_OmgOsm	0,745	3_OmgOsm	0,677	3_OmgOsm	0,799
4_U/Mfil	0,718	4_U/Mfil	0,690	4_U/Mfil	0,639	4_U/Mfil	0,738
6_Elktldi	0,681	6_Elktldi	0,642	8_Slvxtr	0,565	6_Elktldi	0,696
8_Slvxtr	0,661	8_Slvxtr	0,628	6_Elktldi	0,565	8_Slvxtr	0,669
7_Korrel	0,571	7_Korrel	0,560	1_Precip	0,558	7_Korrel	0,559
1_Precip	0,490	1_Precip	0,511	7_Korrel	0,543	1_Precip	0,467
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
9_Verdmp	0,907	9_Verdmp	0,885	9_Verdmp	0,900		
5_Elktly	0,834	5_Elktly	0,835	5_Elktly	0,898		
3_OmgOsm	0,735	3_OmgOsm	0,692	3_OmgOsm	0,755		
4_U/Mfil	0,706	4_U/Mfil	0,665	4_U/Mfil	0,694		
8_Slvxtr	0,641	8_Slvxtr	0,591	6_Elktldi	0,685		
6_Elktldi	0,631	6_Elktldi	0,591	8_Slvxtr	0,668		
7_Korrel	0,586	1_Precip	0,587	7_Korrel	0,620		
1_Precip	0,563	7_Korrel	0,564	1_Precip	0,585		

DEELSTROOM # 14A

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
8_Slvxtr	0,744	9_Verdmp	0,740	9_Verdmp	0,777	8_Slvxtr	0,764
5_Elktly	0,736	5_Elktly	0,737	5_Elktly	0,738	7_Korrel	0,753
7_Korrel	0,727	8_Slvxtr	0,703	8_Slvxtr	0,627	5_Elktly	0,731
9_Verdmp	0,723	7_Korrel	0,682	7_Korrel	0,597	9_Verdmp	0,698
4_U/Mfil	0,608	4_U/Mfil	0,590	4_U/Mfil	0,558	4_U/Mfil	0,620
3_OmgOsm	0,539	3_OmgOsm	0,522	1_Precip	0,519	3_OmgOsm	0,546
1_Precip	0,503	1_Precip	0,507	3_OmgOsm	0,488	1_Precip	0,493
6_Elktldi	0,411	6_Elktldi	0,407	6_Elktldi	0,400	6_Elktldi	0,402
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
9_Verdmp	0,752	9_Verdmp	0,760	5_Elktly	0,762		
5_Elktly	0,738	5_Elktly	0,743	8_Slvxtr	0,758		
8_Slvxtr	0,732	8_Slvxtr	0,676	9_Verdmp	0,745		
7_Korrel	0,712	7_Korrel	0,652	7_Korrel	0,732		
4_U/Mfil	0,617	4_U/Mfil	0,582	4_U/Mfil	0,600		
1_Precip	0,560	1_Precip	0,560	1_Precip	0,587		
3_OmgOsm	0,505	3_OmgOsm	0,484	3_OmgOsm	0,512		
6_Elktldi	0,395	6_Elktldi	0,384	6_Elktldi	0,402		

DEELSTROOM # 14B

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
5_Elktly	0,624	5_Elktly	0,618	5_Elktly	0,606	5_Elktly	0,627
4_U/Mfil	0,608	4_U/Mfil	0,590	4_U/Mfil	0,558	4_U/Mfil	0,620
3_OmgOsm	0,539	3_OmgOsm	0,522	1_Precip	0,514	3_OmgOsm	0,546
1_Precip	0,497	1_Precip	0,502	3_OmgOsm	0,488	1_Precip	0,489
6_Elktldi	0,411	6_Elktldi	0,407	9_Verdmp	0,404	6_Elktldi	0,402
7_Korrel	0,307	9_Verdmp	0,320	6_Elktldi	0,400	7_Korrel	0,295
9_Verdmp	0,277	7_Korrel	0,308	7_Korrel	0,313	8_Slvxtr	0,245
8_Slvxtr	0,268	8_Slvxtr	0,275	8_Slvxtr	0,291	9_Verdmp	0,225
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
4_U/Mfil	0,617	5_Elktly	0,613	5_Elktly	0,633		
5_Elktly	0,610	4_U/Mfil	0,582	4_U/Mfil	0,600		
1_Precip	0,553	1_Precip	0,554	1_Precip	0,577		
3_OmgOsm	0,505	3_OmgOsm	0,484	3_OmgOsm	0,512		
6_Elktldi	0,395	6_Elktldi	0,384	6_Elktldi	0,402		
7_Korrel	0,320	9_Verdmp	0,355	7_Korrel	0,353		
9_Verdmp	0,302	7_Korrel	0,323	9_Verdmp	0,345		
8_Slvxtr	0,277	8_Slvxtr	0,280	8_Slvxtr	0,310		

DEELSTROOM # 15

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
5_Elktly	0,929	5_Elktly	0,920	5_Elktly	0,900	5_Elktly	0,933
9_Verdmp	0,894	9_Verdmp	0,873	9_Verdmp	0,834	9_Verdmp	0,906
8_Slvxtr	0,700	8_Slvxtr	0,677	4_U/Mfil	0,634	3_OmgOsm	0,702
3_OmgOsm	0,690	3_OmgOsm	0,667	8_Slvxtr	0,633	8_Slvxtr	0,700
4_U/Mfil	0,648	4_U/Mfil	0,643	3_OmgOsm	0,621	4_U/Mfil	0,657
6_Elktldi	0,496	6_Elktldi	0,513	6_Elktldi	0,542	6_Elktldi	0,479
7_Korrel	0,294	7_Korrel	0,336	7_Korrel	0,425	7_Korrel	0,236
1_Precip	0,268	1_Precip	0,309	1_Precip	0,396	1_Precip	0,219
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
5_Elktly	0,905	5_Elktly	0,903	5_Elktly	0,943		
9_Verdmp	0,896	9_Verdmp	0,864	9_Verdmp	0,891		
8_Slvxtr	0,670	8_Slvxtr	0,637	8_Slvxtr	0,697		
3_OmgOsm	0,648	4_U/Mfil	0,631	3_OmgOsm	0,656		
4_U/Mfil	0,643	3_OmgOsm	0,615	4_U/Mfil	0,623		
6_Elktldi	0,485	6_Elktldi	0,515	6_Elktldi	0,520		
1_Precip	0,370	1_Precip	0,407	7_Korrel	0,404		
7_Korrel	0,364	7_Korrel	0,404	1_Precip	0,403		

DEELSTROOM # 16

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
9 Verdmp	0,945	9 Verdmp	0,916	9 Verdmp	0,862	9 Verdmp	0,960
8 Slvxtr	0,740	3 OmgOsm	0,699	1 Precip	0,654	8 Slvxtr	0,756
3 OmgOsm	0,739	8 Slvxtr	0,683	3 OmgOsm	0,623	3 OmgOsm	0,754
6 Elktdi	0,651	1 Precip	0,626	8 Slvxtr	0,576	6 Elktdi	0,697
7 Korrel	0,636	7 Korrel	0,613	7 Korrel	0,572	7 Korrel	0,626
1 Precip	0,614	6 Elktdi	0,599	4 U/Mfil	0,536	1 Precip	0,598
4 U/Mfil	0,570	4 U/Mfil	0,558	5 Elktly	0,530	4 U/Mfil	0,574
5 Elktly	0,492	5 Elktly	0,504	6 Elktdi	0,492	5 Elktly	0,444
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
9 Verdmp	0,930	9 Verdmp	0,895	9 Verdmp	0,950		
3 OmgOsm	0,693	1 Precip	0,680	8 Slvxtr	0,743		
8 Slvxtr	0,690	3 OmgOsm	0,628	1 Precip	0,686		
1 Precip	0,666	8 Slvxtr	0,617	3 OmgOsm	0,680		
7 Korrel	0,630	7 Korrel	0,590	7 Korrel	0,673		
4 U/Mfil	0,560	4 U/Mfil	0,526	5 Elktly	0,568		
6 Elktdi	0,559	6 Elktdi	0,506	6 Elktdi	0,561		
5 Elktly	0,483	5 Elktly	0,502	4 U/Mfil	0,520		

DEELSTROOM # 19

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
3 OmgOsm	0,668	3 OmgOsm	0,630	9 Verdmp	0,610	3 OmgOsm	0,701
8 Slvxtr	0,624	8 Slvxtr	0,575	3 OmgOsm	0,555	8 Slvxtr	0,662
5 Elktly	0,560	9 Verdmp	0,555	5 Elktly	0,530	5 Elktly	0,552
9 Verdmp	0,528	5 Elktly	0,550	8 Slvxtr	0,478	7 Korrel	0,534
7 Korrel	0,520	7 Korrel	0,490	7 Korrel	0,432	9 Verdmp	0,496
1 Precip	0,412	1 Precip	0,415	1 Precip	0,421	1 Precip	0,421
4 U/Mfil	0,400	4 U/Mfil	0,400	4 U/Mfil	0,400	4 U/Mfil	0,400
6 Elktdi	0,236	6 Elktdi	0,250	6 Elktdi	0,277	6 Elktdi	0,215
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
3 OmgOsm	0,620	9 Verdmp	0,574	8 Slvxtr	0,605		
8 Slvxtr	0,575	3 OmgOsm	0,572	3 OmgOsm	0,600		
9 Verdmp	0,550	5 Elktly	0,534	5 Elktly	0,580		
5 Elktly	0,530	8 Slvxtr	0,530	9 Verdmp	0,540		
7 Korrel	0,495	7 Korrel	0,468	7 Korrel	0,535		
1 Precip	0,450	1 Precip	0,466	1 Precip	0,460		
4 U/Mfil	0,400	4 U/Mfil	0,400	4 U/Mfil	0,400		
6 Elktdi	0,225	6 Elktdi	0,242	6 Elktdi	0,235		

DEELSTROOM # 20

Gewichtenset 1		Gewichtenset 2		Gewichtenset 3		Gewichtenset 4	
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal
5 Elktly	0,819	5 Elktly	0,805	5 Elktly	0,778	5 Elktly	0,813
9 Verdmp	0,809	9 Verdmp	0,794	9 Verdmp	0,767	9 Verdmp	0,808
3 OmgOsm	0,733	3 OmgOsm	0,703	3 OmgOsm	0,647	3 OmgOsm	0,739
6 Elktdi	0,633	6 Elktdi	0,599	1 Precip	0,611	6 Elktdi	0,646
4 U/Mfil	0,572	4 U/Mfil	0,570	4 U/Mfil	0,570	4 U/Mfil	0,563
1 Precip	0,548	1 Precip	0,569	6 Elktdi	0,531	1 Precip	0,534
7 Korrel	0,536	7 Korrel	0,531	7 Korrel	0,527	7 Korrel	0,516
8 Slvxtr	0,504	8 Slvxtr	0,481	8 Slvxtr	0,441	8 Slvxtr	0,493
Gewichtenset 5		Gewichtenset 6		Gewichtenset 7			
Techniek	Totaal	Techniek	Totaal	Techniek	Totaal		
9 Verdmp	0,805	9 Verdmp	0,782	5 Elktly	0,828		
5 Elktly	0,790	5 Elktly	0,771	9 Verdmp	0,820		
3 OmgOsm	0,701	3 OmgOsm	0,645	3 OmgOsm	0,691		
1 Precip	0,598	1 Precip	0,624	6 Elktdi	0,621		
4 U/Mfil	0,580	4 U/Mfil	0,557	1 Precip	0,603		
6 Elktdi	0,579	6 Elktdi	0,542	7 Korrel	0,561		
7 Korrel	0,544	7 Korrel	0,521	4 U/Mfil	0,555		
8 Slvxtr	0,479	8 Slvxtr	0,445	8 Slvxtr	0,526		