

TNO-rapport

**Procesbeheersing door meten en regelen ten
behoefte van reductie van milieubelasting**

Programmeringsstudie

Referentienummer 93-305
Dossiernummer 112322-24497
Datum augustus 1993
NP

Auteurs
TNO:
G.J. Annokkée
Dr.Ir. J. Zeevalkink
3T:
Ir. H. Leeuwis
Drs. D. Sprangers

Bestemd voor
Novem b.v.
Contactpersoon Dr. M. Booi
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

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

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

© TNO

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Milieu en Energie stelt zich ten doel om, gebaseerd op
de noodzaak van een duurzame ontwikkeling van de
maatschappij, door middel van onderzoek en advisering bij te
dragen aan een goed milieubeheer, een verantwoord
energiegebruik en een doelmatig beheer en gebruik van de
ondergrondse natuurlijke hulpbronnen.



Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank
en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Samenvatting

Het ministerie van VROM/DGM, Directie Bestuurszaken overweegt onderzoek te stimuleren gericht op het verminderen van milieubelasting door betere beheersing van productie-processen. Hiertoe is een programmeringsstudie uitgevoerd. Deze programmeringsstudie bevat een verkenning van de noodzaak en de perspectieven van een dergelijk programma. Voorts wordt een aantal mogelijke hoofdlijnen voor het onderzoekprogramma aangegeven.

De studie omvatte een drietal verkenningen:

- *Verkenning van de 'vraagzijde'/probleembezittende bedrijfstakken.*
Deze verkenning geeft zicht op problemen, die er in verschillende bedrijfstakken heersen op het gebied van procesbeheersing, die consequenties hebben voor de milieubelasting van de betreffende bedrijfstakken. Voorts zijn ideeën/wensen geïnventariseerd, die in de bedrijfstak leven ten aanzien van het oplossen van de gesignaleerde problemen.
Er is in eerste instantie een aantal bedrijfstakken voor de studie geselecteerd; zuivel, textiel, papier, metaaloppervlaktebehandeling, chemie en voeding (cacao en conserven). In een later stadium zijn nog - weliswaar minder diepgaand - de productie van suiker, zetmeel, oliën/vetten en de industriële koeling meegenomen. De verkenning heeft geen betrekking op milieubelasting door calamiteiten; ook energiebesparing is geen criterium geweest.
- *Verkenning van de 'aanbodzijde'/probleemoplossende kennisleveranciers.*
Hierbij zijn met name de volgende aspecten in beeld gebracht:
 - Het aanbod aan middelen (met name de sensortechnische mogelijkheden) ten behoeve van procesbeheersing.
 - De stand-der-techniek/ontwikkeling van deze mogelijkheden.Deze aspecten geven een indruk van de beschikbaarheid van meettechnische mogelijkheden van de gesignaleerde problemen en de benodigde onderzoekinspanningen om ze geschikt te maken voor deze problemen.
- *Beknopte literatuurverkenning.*

Belangrijke conclusies van de studie zijn:

- In de verkende bedrijfstakken wordt de beheersing van de processen als onvoldoende ervaren. Het was niet mogelijk de gevolgen voor de milieubelasting hierdoor in enigermate te kwantificeren.
- Er blijkt een aanzienlijk aantal reële met name sensor-technische mogelijkheden voor betere procesbeheersing te zijn.
- De gesignaleerde ideeën en wensen in de verkende bedrijfstakken aangaande verbetering van procesbeheersing rechtvaardigen een onderzoekprogramma op dit gebied.

Belangrijke aanbevelingen van de studie zijn:

- Het onderzoekprogramma dient gericht te zijn op de volgende disciplines, die een rol spelen bij procesbeheersing (in volgorde van belang):
 - Meten: sensoren en andere meetmogelijkheden;
 - Regelen: uitsluitend software, geen hardware (actuatoren);
 - Proces-karakterisering;
 - Proces-modellering.

*Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie*

- Het onderzoek dient toepassingsgericht te zijn en niet fundamenteel.
- Het accent van het programma dient te liggen op het geschikt maken van bewezen sensortechnieken (bewezen in andere toepassingen) voor de betreffende procesbeheersingsproblemen ('tailor made' toepassingen).
- Het is zinvol contacten tussen de (probleembezittende) 'vraag'- en de (probleemoplossende) 'aanbod'-zijde te stimuleren.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	6
1.1	Motivering.....	6
1.2	Begripsbepaling 'procesbeheersing' i.h.k van de studie.....	6
1.3	Doelstellingen; te beantwoorden vragen	7
1.4	Organisatie	8
2	Benadering, afbakening en werkwijze.....	9
2.1	Benadering en afbakening.....	9
2.2	Werkwijze	10
3	Verkenning van de 'vraagzijde'/ probleembezittende bedrijfstakken	12
3.1	Zuivel	12
3.2	Textiel.....	14
3.3	Papier	15
3.4	Metaaloppervlakte-behandeling	17
3.5	Voeding: cacao/conserven/oliën en vetten	18
3.6	Chemie.....	19
3.7	Industriële koeling.....	20
3.8	Samenvattend, algemeen beeld van de verkende bedrijfstakken	21
4	Verkenning van de 'aanbodzijde'/ probleemoplossende kennisleveranciers	23
4.1	Procesbeheersing; algemene benadering en mogelijkheden	23
4.2	Meetmogelijkheden (met name sensortechnische); stand-der-techniek/ontwikkeling.....	25
4.2.1	Meetmogelijkheden; met name sensortechnische	25
4.2.2	Stand-der-techniek/ontwikkeling van de genoemde meettechnieken	27
5	Beknopte literatuurverkenning	30
6	Conclusies en aanbevelingen	31
6.1	Conclusies	31
6.2	Aanbevelingen.....	33
7	Referenties	36
8	Verklaring gebruikte termen en afkortingen	37
9	Verantwoording	39

*Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie*

- Bijlage 1: Geraadpleegde deskundigen*
- Bijlage 2: Verkenning van de 'vraagzijde'/probleembezittende bedrijfstakken*
- Zuivel*
 - Textiel*
 - Papier*
 - Metaaloppervlakte-behandeling*
 - Voeding (cacao+conserven)*
 - Chemie*
 - Industriële koeling*
 - Concept-rapport 'Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken'*
 - Suiker*
 - Zetmeel*
 - Oliën en vetten*
- Bijlage 3: Verkenning van de 'aanbodzijde'/probleemoplossende kennisleveranciers*
- Procesbeheersing/TPD-TNO (Delft)*
 - Proces controle/Universiteit Twente (Enschede)*
 - Sensortechnologie/IMW-TNO (Delft)*
 - Processimulatie en -regeling/IPL-TNO (Eindhoven)*
- Bijlage 4. Verkenning van meetmogelijkheden (met name sensortechnische) bij de gesignaleerde problemen*

1 Inleiding

1.1 Motivering

In het rapport van de Stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland (SON) 'Chemische componenten van duurzame technologie en integraal ketenbeheer' wordt een aantal aandachtsgebieden genoemd voor universitair chemisch onderzoek dat een belangrijke bijdrage kan leveren voor een milieuvriendelijke bedrijvigheid in de industrie. Eén van deze aandachtsgebieden is 'Proces monitoring en Control'. In een daaropvolgende notitie zijn door de SON op verzoek van het Ministerie van VROM contouren uitgewerkt van een mogelijk onderzoekprogramma op dit gebied [1].

Voorts is in de RIVM/LAE-notitie 'Preventie-opties van proces monitoring en controle; advies inzake de mogelijkheden van onderzoek' [2] een aantal opties uitgewerkt voor preventie van milieubelasting door het voorkomen van emissies en van het ontstaan van afvalstoffen. Eén van deze opties is het beter beheersen van (productie-) processen in de industrie; met name wordt hiermee bedoeld het (beter) meten en regelen van processen ('monitor en control').

Bovenstaande notities hebben bij het Ministerie van VROM, Directie Bestuurszaken geleid tot het voornemen onderzoek op dit gebied te stimuleren. Ten behoeve hiervan is het noodzakelijk geacht een programma van onderzoek op te stellen. Hiertoe heeft het Ministerie NOVEM verzocht een programmeringsstudie ter voorbereiding van een dergelijke stimulering te laten uitvoeren.

In welke uiteindelijke vorm dit programma van onderzoek ten uitvoer gebracht zal worden, is nog niet bekend.

1.2 Begripsbepaling 'procesbeheersing' i.h.k van de studie

In de titel van deze studie en in bovenstaande motivering zijn de termen 'procesbeheersing' en 'meten en regelen' gebezigd. In het kader van de studie betekent het beheersen van processen het adequaat meten (monitor) en op basis daarvan het regelen (control) van deze processen.

Naast het meten en regelen spelen bij procesbeheersing nog andere disciplines een rol, zoals proces-modellering en -karakterisering; deze zijn in de studie eveneens meegenomen.

Het accent van de studie ligt op het meten. De verwachting dat zich op dit gebied de meeste knelpunten met betrekking tot procesbeheersing voordoen, heeft hierbij als argument gediend.

In de studie wordt aan de andere, genoemde disciplines aandacht geschonken, voorzover deze gericht zijn op het toepassen van meetsystemen.

In paragraaf 4.1 wordt op het begrip 'procesbeheersing' nader teruggekomen.

1.3 Doelstellingen; te beantwoorden vragen

De doelstellingen van de programmeringsstudie zijn:

- *Het verkennen van de noodzaak en de zin van een programma van onderzoek op het gebied 'Procesbeheersing ten behoeve van reductie van milieubelasting';*
- *Het schetsen van perspectieven voor een dergelijk programma;*
- *Het aangeven van hoofdlijnen van het programma.*

Als afgeleiden van deze doelstellingen gelden de volgende vragen; deze moeten door de studie beantwoord worden:

- Is er milieuhygiënische noodzaak tot stimulering van bedoeld aandachtsgebied?
De noodzaak hiertoe wordt bepaald door de milieuhygiënische relevantie van het aandachtsgebied.
Verkend dient te worden of een substantieel deel van de milieubelasting door bedrijven het gevolg is van onvoldoende beheersing van productieprocessen.
Beantwoording van deze vraag zal met name dienen te komen van de 'probleem-bezittende' bedrijven. Deze ervaren - en zijn op de hoogte van - de milieuproblemen, die optreden als gevolg van niet-adequate procesbeheersing.
- Is stimulering op bedoeld aandachtsgebied zinvol?
Het antwoord op deze vraag is in feite het al dan niet bevestigen van de aan deze vraag onderliggende verwachtingen:
 - Is het te verwachten dat bij een aanzienlijk aantal productieprocessen een betere procesbeheersing mogelijk is? Leidt deze betere beheersing dan een substantiële vermindering van de milieubelasting?
 - Mag verwacht worden dat het met de huidige stand-der-techniek aangaande middelen ten behoeve van procesbeheersing mogelijk moet zijn binnen enkele jaren de gewenste procesbeheersing (en daarmee de reductie van de milieubelasting) te realiseren?
- Is onderzoek (als stimulering) zinvol?
Voor de beantwoording van deze vraag zal aangegeven moeten worden waar zich belemmeringen/knelpunten voordoen, die een betere procesbeheersing in de weg staan. Vragen hierbij zijn:
 - Zijn goede middelen (met name meetsystemen) beschikbaar en kunnen ze min of meer zonder grote problemen toegepast worden? Is het een kwestie van dat de probleem-bezittende bedrijven vaak niet (goed) op de hoogte zijn van het aanbod aan mogelijkheden.
Of is er - wellicht veelal uit financiële overwegingen - sprake van een geringe bereidheid tot aanschaf van deze apparatuur louter uit milieu-overwegingen?
In deze gevallen is stimulering via onderzoek niet zinvol, immers goede middelen zijn er; ze worden echter niet benut.
 - Of is het aanbod (in zowel kwalitatieve als kwantitatieve zin) aan meet-apparatuur onvoldoende om de beheersproblemen het hoofd te bieden? In dat geval is onderzoek zinvol, omdat dit dan gericht kan zijn op het ontwikkelen van nieuwe en/of betere meetmogelijkheden.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

- Hoe dient een programma van onderzoek er uit te zien?
Indien de voorgaande vragen bevestigend zijn beantwoord, dient zich de vraag aan hoe een dergelijk programma er uit moet zien. Aan de orde komen dan aspecten als:
 - Afbakening van het programma; wat wordt wel en wat wordt niet tot het strekkingsgebied van het programma gerekend;
 - Diepgang van het programma;
 - Hoofdpijnen, waarop het programma zich richt;
 - Accenten, die hierbij aan de orde zijn.

1.4 Organisatie

Novem heeft IMET/TNO opdracht gegeven tot het uitvoeren van bedoelde programmeringsstudie (IMET/TNO-aanbieding nr. 92-897, dd. 11-12-1992). Het deel van de studie dat betrekking heeft op de meetmogelijkheden is uitgevoerd door 3T/Twente Technology Transfer BV.

De begeleidingscommissie van de studie bestond uit de volgende personen:

Ministerie VROM/Directie Bestuurszaken:	Ir. J.W. van Lidth de Jeude
RIVM/LAE:	Ir. A.W.H.M. Hoogenkamp
RIZA:	Dr. ir. H. Senhorst
Novem-Milieu:	Dr. M. Booij (voorzitter)
Novem-Energie:	Ir. J. Bosma

2 Benadering, afbakening en werkwijze

2.1 Benadering en afbakening

Teneinde op de in het vorige hoofdstuk gestelde vragen antwoord te geven, zijn in de studie de navolgende activiteiten uitgevoerd. Bij elk van deze activiteiten is aangegeven welke afbakening heeft plaatsgevonden. Dit geeft in feite de reikwijdte van de studie aan.

a. Verkenning van de 'vraagzijde'/probleembezittende bedrijfstakken

Doel: Inzicht krijgen in met name:

- Problemen met betrekking tot procesbeheersing, die milieu-consequenties hebben;
- Ideeën/wensen, die binnen de betreffende bedrijfstakken leven ten aanzien van (mogelijke) oplossingen;
- Peiling van interesse voor onderzoek.

Afbakening: Voor de afbakening van de studie zijn de volgende keuzen toegepast:

- **Interessante bedrijfstakken**

- Uit oogpunt van milieubelasting;
- Waarin naar verwachting reële mogelijkheden liggen voor verbeterde procesbeheersing door meten en regelen.

- **Geen calamiteiten**

Hiervoor geldt de argumentatie dat:

- De milieubelasting als gevolg van calamiteiten relatief onbelangrijk is (op enkele incidentele gevallen na);
- Het voorkomen van en anticiperen op calamiteiten een min of meer op zichzelf staande discipline (veiligheid) is.

- **Geen energiebesparing**

Indien procesbeheersing louter gericht is op energiebesparing, dan wordt dit in de studie niet meebeschoofd. In andere (ook NOVEM-kaders) wordt hieraan ruimschoots aandacht besteed. In het geval dat naast milieu-aspecten ook min of meer onlosmakelijk verbonden energie een rol speelt, is dit laatste - weliswaar terzijde - meegenomen.

Deze criteria hebben ertoe geleid dat in de studie de volgende bedrijfstakken als voorbeelden zijn gekozen:

- Zuivel;
- Textiel;
- Papier;
- Metaaloppervlaktebehandeling;
- Voeding: met name cacao en conserven;
- Chemie.

Voorts zijn lopende de studie nog meegenomen:

- Suiker;
- Zetmeel;
- Oliën en vetten;
- Industriële koeling.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

b. Verkenning van de 'aanbodzijde'/probleemoplossende kennisleveranciers

Doel: Het in grote lijnen in beeld brengen van met name:

- Het aanbod aan middelen, die ingezet kunnen worden ten behoeve van procesbeheersing voor de gesignaleerde problemen (in a), met name sensor/meettechnische oplossingen
- De lopende ontwikkelingen hierin; stand-der-techniek/ontwikkeling;
- De verwachtingen ten aanzien van mogelijkheden op termijn
- Ideeën/wensen, die bij de kennisleveranciers leven.

Afbakening: Voor de studie is dit onderdeel als volgt afgebakend:

- **Accent op meettechnische mogelijkheden; geen onderzoek aan regelapparatuur (actuatoren)**

De redenen voor deze keuze zijn;

- De verwachting dat zich op het meettechnische gebied de meeste knelpunten met betrekking tot procesbeheersing voordoen (zie ook par. 1.2).
- Actuator-onderzoek betreft veelal de ontwikkeling van een apparaat, dat min of meer universeel toegepast moet worden (vanwege de benodigde minimale marktomvang); dergelijk onderzoek is niet specifiek gericht op het betreffende (proces) beheersingsprobleem.

- **Toepassingsgericht onderzoek; geen fundamenteel onderzoek ten behoeve van sensor-ontwikkeling**

De NOVEM onderzoekprogramma's richten zich in het algemeen op toepassingsgericht onderzoek. Er dient hierbij een redelijke kans te bestaan dat het onderzoek binnen enkele jaren leidt tot daadwerkelijke toepassing in de praktijk.

- **Met name nieuwe toepassingen van bestaande sensoren of bewezen ontwikkelingen op dat gebied**

In het bijzonder wordt hierbij gedacht aan fysische, optische en chemische sensoren.

Het ontwikkelen van (volledig) nieuwe sensoren betekent veelal fundamenteel onderzoek over langere termijn. Een dergelijk onderzoek voldoet dan niet aan het voorgaande criterium van toepassingsgericht onderzoek met mogelijke implementatie binnen enkele jaren.

c. Literatuurverkenning via computer-infobestanden

Doel: Verzamelen van relevante informatie, met name projecten in buitenland, waar onder EG; in het bijzonder lopende onderzoekprogramma's op het thema 'Procesbeheersing ten behoeve van milieu'.

Afbakening: De afbakening hierbij wordt bepaald door de gehanteerde trefwoorden; zie hiervoor 2.2. Werkwijze.

2.2 Werkwijze

a. Verkenning van de 'vraagzijde'/probleembezittende bedrijfstakken

Deskundigen binnen of betrokken bij de geselecteerde bedrijfstakken, waarvan verwacht werd dat ze een goed inzicht hebben in de branche en de daarin toege-

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

paste produktieprocessen zijn geraadpleegd. Het betrof veelal deskundigen van branche-instituten/-verenigingen, waaronder die van TNO (zie bijlage 1).

Voorts is gebruik gemaakt van informatie afkomstig van het concept-rapport 'Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken'. Het rapport is de weerslag van een door IMET/TNO in opdracht van het Ministerie VROM uitgevoerde studie. Ten behoeve van deze studie zijn personen geïnterviewd uit een drietal bedrijfstakken. Het accent van deze studie ligt - zoals de titel van het rapport aangeeft - op procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken; terzijde komt soms ook procesbeheersing aan de orde.

De bedrijfstakken zijn:

- Suiker;
- Zetmeel;
- Oliën en vetten.

Ook is eigen kennis en ervaring van IMET/TNO en van de leden van de begeleidingscommissie aangesproken.

b. *Verkenning van de 'aanbodzijde'/probleemoplossende kennisleveranciers*

b.1 Algemeen:

Er is een aantal instellingen geconsulteerd, die op te vatten zijn als kennis-instituten op het gebied van procesbeheersing (en de daarbij betrokken disciplines).

De instellingen/personen (en daarbij hun specifieke vakgebieden) zijn vermeld in bijlage 1.

b.2 Verkenning van meetmogelijkheden (met name sensortechnische) bij de gesignaleerde problemen.

De in a gesignaleerde problemen hebben als basismateriaal gediend voor een deskundige oordeel (door 3T) over de meettechnische mogelijkheden en de stand-der-techniek hierin.

c. *Literatuurverkenning via computer-infobestanden*

Er is verkend in de volgende bestanden:

- RAPRA: Rubber and Plastic Research Association;
- Paperchem: Papierindustrie;
- WTA: World Textile Abstracts;
- FSTA: Food Science Technology Abstracts;
- NTIS: EPA documents;
- ULIT: Umwelt Literatur;
- Enviroline;
- Compendex.

Hierbij zijn de volgende trefwoorden gehanteerd:

process control	textile industry;
monitoring	food industry;
measurement	paper industry;
environment	chemical industry;
emission reduction	waste.

De activiteiten a, b.1 en c zijn grotendeels uitgevoerd door IMET/TNO; activiteit b.2 door 3T.

3 Verkenning van de 'vraagzijde'/probleembezittende bedrijfstakken

Dit hoofdstuk betreft de verkenning van milieuproblemen in de geselecteerde bedrijfstakken, waarvan verwacht wordt dat een betere procesbeheersing kan leiden tot reductie van de met deze problemen samenhangende milieubelasting.

De informatie is per bedrijfstak samengevat. Gedetailleerde informatie is opgenomen in bijlage 2.

Uit het verzamelde materiaal is die informatie geselecteerd, die relevant is voor onderzoekprogrammering; te weten betrekking hebbend op procesbeheersing ten behoeve van vermindering milieubelasting. Met name was deze selectie van belang, omdat in de interviews procesbeheersing nogal vaak aan de orde is geweest zonder dat het daarbij het 'milieu' betrof. Veelal had het uitsluitend betrekking op de kwaliteit van het produkt uit het betreffende proces, op kostenbesparing of op energiebesparing. Dergelijke procesbeheersingsproblemen zijn trouwens - hoewel in feite vallend buiten deze studie - de moeite van het signaleren waard; derhalve zijn ze 'passief' verzameld. Ze zijn opgenomen in de gedetailleerde informatie per bedrijfstak (bijlage 2).

3.1 Zuivel

Algemeen

Belangrijke onderwerpen in de zuivelindustrie met betrekking tot procesbeheersing ten behoeve van milieudoeleinden zijn:

- Reiniging ten behoeve van hygiëne;
- Produktverlies.

Beide onderwerpen hebben uitsluitend gevolgen voor lozingen via afvalwater. De (overmatige) reiniging leidt tot lozing van reinigingsmiddelen als zuur, loog, EDTA; produktverlies draagt bij aan een aanzienlijke CZV-belasting.

In het verleden is veel onderzoek uitgevoerd naar het optimaliseren van het reinigingsproces. Nochtans bestaat de mening dat verdere optimalisatie, met daarbij een reductie van de hoeveelheid reinigingsmiddelen, mogelijk is.

In de branche is veel gedaan aan procesbeheersing. Hierbij waren met name de invalshoeken: produktkwaliteit (in het bijzonder de microbiologische) en energiebesparing. Ten behoeve van dit laatste is een computermodel opgesteld voor energiemanalement; dit wordt via een gebruikersvriendelijke PC-applicatie in de branche gebruikt.

*Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie*

Relevante milieuproblemen

Nr: zuiv-1	Probleem: Vervuiling/Hygiëne/Reiniging
Toelichting:	Vervuiling/hygiëne, met name ten aanzien van de microbiologie is een belangrijk thema in de zuivelindustrie. Vanwege de hoge eisen wordt veelvuldig en overmatig gereinigd, met een navenant hoog gebruik aan reinigingsmiddelen.
Milieubelasting:	De reinigingsmiddelen zorgen voor een milieubelasting via de lozing van afvalwater. Voorts is er sprake van overmatig waterverbruik.
Ideeën/wensen binnen branche:	On-line meting van de microbiologische activiteit als maat voor: - De hygiëne van de procesvoering en daaruitvolgend de noodzaak van reiniging; - Het verloop van de reiniging; het voorkomen dat te lang wordt gereinigd. Gedacht wordt aan meting van stofwisselingsprodukten van micro-organismen of het meten van calcium, dat in melk aanwezig is. - Meting van fysieke verontreiniging bijvoorbeeld aankoe-kingen.
Nr: zuiv-2	Probleem: Produktverlies
Toelichting:	Door niet optimale afstemming van de verschillende processtappen op elkaar gaat produkt verloren via met name de reinigingsstap.
Milieubelasting:	Produktresten (met hoge CZV) in afvalwater.
Ideeën/wensen binnen branche:	- Betere procesregeling via bij voorkeur regelmodel met computer-applicatie. - Het (terug)koppelen van metingen in het afvalwater met gegevens van de procesvoering. Door relaties te leggen tussen metingen in het afvalwater (bijvoorbeeld aanwezigheid van bepaalde stoffen) en procesdata kan nagegaan worden van welke processtap de lozing afkomstig is. Vervolgens kunnen gericht maatregelen bij deze processtap genomen worden.

3.2 Textiel

Algemeen

In de textielindustrie heeft de laatste jaren een aantal onderzoeken gelopen (en lopen nog) op het gebied van het verminderen van de milieubelasting; een aantal hiervan i.h.k van de Stimuleringsregeling Milieutechnologie. Het betreft met name de vermindering van de lozing van actieve stoffen als kleur- en bleekstoffen door middel van recirculatie van badvloeistoffen.

Nog nauwelijks heeft onderzoek plaats gevonden naar procesbeheersing bij de verschillende bewerkingen.

Onderkend wordt dat in het algemeen te weinig inzicht bestaat in de mechanismen tijdens de verschillende processtappen om de processen optimaal te sturen, met name geldt dit:

- Verven;
- Spoelen;
- Drogen;
- Impregneren.

De navolgende relevante milieuproblemen als gevolg van een inadequate procesbeheersing hebben hierop dan ook betrekking.

Relevante milieuproblemen

Nr: text-1	Probleem: Wisselende eigenschappen van het doek
Toelichting:	De eigenschappen van het te behandelen doek variëren sterk. Hierop moeten de procesomstandigheden aangepast worden. In de praktijk betekent dit dat uit oogpunt van zekerheid veelal overmatig gebruik wordt gemaakt van chemicaliën, bijvoorbeeld kleurstoffen.
Milieubelasting:	Chemicaliën in afvalwater, als bleekmiddelen, kleurstoffen, detergenten.
Ideeën/wensen binnen branche:	- Toepassing van optische fibers ten behoeve van kleur(ver-schil)meting. - Toepassing van CCD-camera's ten behoeve van meting geometrie. - Toepassing NIRA ten behoeve van controle van het doek. - Meting aan doekbanen, bijvoorbeeld geleidbaarheid, op-pervlaktetspanning.

Nr: text-2**Probleem: Handhaven badkwaliteit**

- Toelichting:** In de huidige praktijk wordt de kwaliteit van baden (met name concentraties van actieve stoffen) niet goed gemeten. Voor de zekerheid vindt dan veelal overdosering van chemicaliën plaats. Na behandeling worden de baden - al dan niet via een zuivering - geloosd.
- Milieubelasting:** Chemicaliën in afvalwater, als bleekmiddelen, kleurstoffen, detergenten.
- Ideeën/wensen binnen branche:**
- Meting van peroxyde- en loog in bleekbaden;
 - Meting van dithioniet bij kuipvervanging;
 - Meting van kleurstoffen;
 - Meting van oppervlaktespanning in zeepbaden;
 - Kleurmeting in spoelbaden;
 - Meting van ijzer voor juiste dosering van complexvormers
- Opmerking:** zie ook 3.4 Metaaloppervlaktebehandeling (met-1).

3.3 Papier

Algemeen

De milieuproblemen binnen deze bedrijfstak betreffen met name de deelprocessen:

- Ontinkten;
- Afvalwaterbehandeling;
- Behandeling van afvalstoffen (vezelslib) en slib van afvalwaterzuivering.

De bedrijfstak kenmerkt zich door een hoog waterverbruik en het (overmatig) gebruik van hulpstoffen. Met name het laatste aspect heeft aanzienlijke consequenties voor de afvalwaterbehandeling; er is sprake van accumulatie van hulpstoffen - maar ook vezels - in het afvalwater.

Relevante milieuproblemen

Nr: pap-1**Probleem: Produkt-uitval**

- Toelichting:** Door het vroegtijdig meten van kwaliteitparameters van het papier kan het percentage uitval worden beperkt.
- Milieubelasting:** Produktuitval wordt vaak weer verwerkt. Deze herhaalde bewerking leidt tot extra milieubelasting, water- en energiegebruik.
- Ideeën/wensen binnen branche:**
- Meting van bijvoorbeeld gramgewicht, egaliteit, vocht, dikte, en dergelijke;
 - Opstellen van regelschema's.
- Opmerking:** Zie ook 3.4 Metaaloppervlakte-behandeling (met-2).

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Nr. pap-2**Probleem: Chemicaliën-dosering**

- Toelichting:** Om twee redenen is het gewenst de dosering van chemicaliën te optimaliseren; te weten:
- Voorkomen van overdosering;
 - Een betere retentie van vezels, hetgeen een betere benutting van vezels tot gevolg heeft.
- Milieubelasting:** Niet-optimale dosering van chemicaliën heeft tot gevolg:
- Slib (vezels) in het afvalwater;
 - Chemicaliën in afvalwater;
- Ideeën/wensen binnen branche:**
- Meting van onder andere geleidbaarheid, pH, lading, retentie.

Nr. pap-3**Probleem: Retentie van vezels in reststromen**

- Toelichting:** Door het niet-optimaal ingesteld zijn van scheidingsapparatuur - met name als gevolg van wisselingen in input - is er verlies aan bruikbare vezels. Deze komen in het afvalwater terecht (zie pap-2).
- Milieubelasting:** Slib (vezels) in afvalwater
- Ideeën/wensen binnen branche:**
- Meting van (bruikbare) vezels in rest-(water)stromen.

Nr. pap-4**Probleem: Afvalwater**

- Toelichting:** De belangrijkste problematiek bij de afvalwaterzuivering is de wisselingen in het aangeboden afvalwater en het sturen van het proces hierop (CZV, slib, nutriënten, beluchting).
- Milieubelasting:** Een betere sturing van de zuivering zal slechts een gering effect hebben op de gemiddelde effluent-kwaliteit. Het aanpakken van dit probleem moet gezien worden als optimalisering en vergroting van de betrouwbaarheid. Dit laatste leidt tot het verminderen van calamiteiten met de daaraan veelal verbonden piek-lozingen van effluent.
- Ideeën/wensen binnen branche:**
- Betere sturing op de genoemde parameters.

3.4 Metaaloppervlakte-behandeling

Algemeen

Het laatste decennium is veel milieu-onderzoek verricht in deze branche; veelal in de Stimuleringsregeling Milieutechnologie (Novem) in samenwerking met de Vereniging voor Oppervlaktetechnieken van Materialen. Deze onderzoeken betroffen onder andere:

- Eindzuivering via ONO; diepzuivering tot zeer lage restconcentraties aan zware metalen;
 - Verwerking van de bij de ONO vrijkomende metaalhydroxyde-slibben;
 - Vermindering van de ‘uitsleep’ van badvloeistoffen;
 - Alternatieve, milieuvriendelijker badvloeistoffen, als:
 - Al in plaats van Cd;
 - Cr^{3+} in plaats van Cr^{6+} ;
 - Recirculatie van badvloeistoffen (‘gesloten kringloop’);
 - Ontvetten via oplosmiddelen vervangen door ontvetten via waterige vloeistoffen.
- Vanwege een grote verscheidenheid aan processen en badvloeistoffen, alsmede verschillende te bewerken produkten en een groot aantal (relatief) kleine bedrijven, is de praktische toepassing van de met bovengenoemde onderzoeken verkregen kennis niet optimaal.

Op het gebied van feitelijke beheersing van de processen is niet veel onderzoek gepleegd. Met betrekking hiertoe kenmerkt de branche zich nog door vaak handmatige handelingen gebaseerd ervaring.

De belangrijke problemen met betrekking tot procesbeheersing zijn:

- handhaven van badkwaliteit;
- verminderen van produkt-uitval.

Relevante problemen

Nr. met-1	Probleem: Handhaven badkwaliteit
Toelichting:	In de huidige praktijk wordt de kwaliteit van baden niet adequaat gemeten. Met name geldt dit concentraties van actieve stoffen. Dosering van chemicaliën vindt veelal ‘op gevoel’ en uit ervaring plaats en geschiedt handmatig.
Milieubelasting:	Uiteindelijk worden de baden via een zuivering (ONO) geloozd.
Ideeën/wensen binnen branche:	- Meting van actieve componenten in de baden ten behoeve van controle van het proces. In het bijzonder is dit van belang in het licht van de ontwikkeling van ‘gesloten kringloop’ in deze bedrijfstak. Het gevaar bestaat van accumulatie van ongewenste stoffen met als gevolg storingen in het proces.
Opmerking:	Zie ook 3.2 Textiel (text-2).

Nr: met-2	Probleem: Produktuitval
Toelichting:	Produktuitval in bedrijfstak is circa 5%; veelal als gevolg van een niet optimale procesbeheersing. Beoordeling van de kwaliteit van produkten vindt meestal visueel en 'achteraf' plaats.
Milieubelasting:	De afgekeurde produkten worden veelal weer ontdaan van de niet goed aangebrachte deklaag en wederom behandeld. Deze behandeling leidt tot extra milieuvervuiling.
Ideeën/wensen binnen branche:	- Vroegtijdig meten van produktkwaliteit, bijvoorbeeld egaliteit, glans, laagdikte.
Opmerking:	Zie ook 3.3 Papier (pap-1).

3.5 Voeding: cacao/conserven/oliën en vetten

Algemeen

Er is - naast de zuivel - in een beperkt aantal voedingssectoren een korte verkenning uitgevoerd. Hieruit blijkt in het algemeen dat:

- De milieuproblemen van de voedingsbranche - in relatie tot andere branches - minder groot zijn;
- Procesbeheersing uitsluitend een belangrijk onderwerp in de branche is in relatie tot produktkwaliteit.

Relevante problemen

- Uit interviews: cacao en conserven.

Deze bedrijfstakken kennen geen grote milieuproblemen. Bij de cacao-industrie is er sprake van geuremissie; bij de conserven-industrie betreft het lozing van afvalwater.

Beide emissies zijn zowel wat omvang als de betrokken stoffen betreft geen groot milieuprobleem.

In de cacao-industrie loopt een aantal bescheiden activiteiten betreffende procesbeheersing; deze richten zich op de produktkwaliteit.

In beide sub-bedrijfstakken zijn geen noemenswaardige ideeën en wensen geuit ten aanzien van procesbeheersing ten behoeve van milieu.

- Uit IMET-TNO concept-rapport 'Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuk': oliën/vetten:

Nr. voed-1	Probleem: Oliën/vetten: Wisseling in grondstof (zaden)
-------------------	---

Toelichting:	Door wisselingen in de grondstof kunnen gehalten aan componenten in de grondstof sterk variëren. Deze variaties zijn het gevolg van seizoen en variëteit. Op deze variaties moet het proces aangepast worden, met name het extractie-proces.
Milieubelasting:	Emissie van hexaan (extractie-middel)
Ideeën/wensen	- On-line meting van componenten in grondstof.
binnen branche:	Dit betekent meting in veelal niet-waterig milieu.

3.6 Chemie

Algemeen

De chemische industrie is een uitgebreide bedrijfstak met een scala van diverse processen. In het kader van de studie was het ondoenlijk deze bedrijfstak in z'n geheel te verkennen. Daarom is een keus gemaakt; deze betreft de batchgewijze procesvoering in de branche. Uit interviews is gebleken dat zich wellicht hierbij voor wat betreft meet- en regeltechniek vermeldenswaardige problemen voordoen.

In de industrie - en in de chemische in het bijzonder - komen processen, die batchgewijs worden uitgevoerd, veelvuldig voor, zoals:

- Farmacie;
- Enzymen;
- Lijmen en harsen;
- Engineering plastics;
- Fijnchemische produkten;
- Verven.

Een aantal aspecten, die aan procesbeheersing zijn gerelateerd en invloed hebben op het ontstaan van emissies en afvalstoffen, kunnen daarbij vrij algemeen voorkomen, zoals:

- a. Reacties van uitgangsstoffen, die niet leiden tot het gewenste produkt (nevenreacties) verlaten vaak als afvalmateriaal het proces.

Vaak is bij de in deze branches voorkomende processen al sprake van in vergaande mate geoptimaliseerde processen. Het gaat immers om kostbare produkten en uitgangsmaterialen.

In nieuwe bedrijven zijn deze batchprocessen vaak receptgestuurd, waarvoor een goed inzicht nodig is in de uit te voeren reacties om de reactie-omstandigheden. Meet- en regelsystemen kunnen op grond hiervan worden ontworpen en toegepast; daar ligt in het algemeen niet de kern van het probleem.

Vaak zijn nevenreacties niet te voorkomen; ze zijn inherent aan de procesvoering. Betere procesbeheersing is hierbij niet de kritische factor. Derhalve moeten nabewerkingen uitgevoerd worden om het gewenste produkt in een voldoende zuivere vorm te krijgen.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

- b. Veelvuldig omstellen en schoonmaken van produktielijnen en reactoren.
 Hierbij doen zich met betrekking tot procesbeheersing nog wel problemen voor;
 zie hierna.

Relevante milieuproblemen

Nr: chem-1	Probleem: Bepalen van contaminatieniveaus
Toelichting:	Bij batchgewijze procesvoering worden in een reactor per batch vaak steeds andere produkten gevormd. Bij wisseling van produkt dient de reactor gereinigd te worden. Hierbij moet contaminatie van verschillende batches voorkomen worden. Essentieel hierbij is het vastleggen van acceptabele contaminatieniveaus. Dit is een cruciale stap bij het ontwerp van de reactor, maar ook bij het automatiseren van de was- en spoel-procedure.
Milieubelasting:	Emissie van batch-resten en reinigingsmiddel (vaak organisch oplosmiddel).
Ideeën/wensen binnen branche:	- On-line meting van contaminanten

3.7 Industriële koeling

Algemeen

In het kader van het CFK-Actieprogramma zijn eisen gesteld aangaande lektheid van koelinstallaties. In vervolg hierop zijn voorschriften opgesteld ten aanzien van lek-detectie.

Bij deze lekdetectie doet zich nog een aantal problemen voor.

Relevante milieuproblemen

Nr: koel-1	Probleem: Controle op lekverliezen CFK's
Toelichting:	Er bestaan in het kader van het CFK-Actieprogramma voorschriften voor lekdetectie bij industriële koelmachines vanaf een bepaald vermogen. Deze lekdetectie is vaak niet eenvoudig vanwege met name de vele plaatsen, waar lekken kunnen optreden en de detectiegrens.
Milieubelasting:	CFK-emissie.
Ideeën/wensen binnen branche:	- Vergelijkend onderzoek van detectie-apparatuur. - Nieuwe, liefst goedkopere methoden.

3.8 Samenvattend, algemeen beeld van de verkende bedrijfstakken

In het navolgende is gepoogd een algemeen beeld te schetsen van de gesignaleerde milieuproblemen, die met name het gevolg zijn van onvolkomen procesbeheersing, zoals deze in de voorgaande paragrafen zijn gesignaleerd. Het gaat daarbij om min of meer gemeenschappelijke problemen, die in meerdere branches (of delen daarvan) een rol spelen.

Vervuiling/Contaminatie/Hygiëne/Reiniging

Branches: zuivel, chemie:

Onder deze termen zijn samengevat de problemen, die zich voordoen bij batchwijze (of semi-batch, als bij zuivel) procesvoering. Bij deze procesvoering treedt veelvuldig wisseling op van de lading van de procesinstallatie (reactoren en leidingen). Bij zuivel (en ook ander voedingsmiddelen) vanwege reiniging in verband met de hygiëne; bij de chemie als gevolg van het produceren van een ander product.

Belangrijke beheersproblemen zijn:

- Verlies van producten door verdringing door reinigingsmiddel;
- Overmatig gebruik van reinigingsmiddel als gevolg van het niet kunnen bepalen van de reinheid; overmatig reinigen wordt dan uit zekerheid toegepast;
- Contaminatie van 'volgende' met 'voorgaande' batch.

Meettechnische wensen zijn:

- Meten van microbiologische hygiëne en fysieke verontreiniging;
- Meten van contaminanten.

Handhaven kwaliteit waterige behandelingsbaden/overdosering van hulpstoffen

Branches: textiel, metaaloppervlakte-behandeling, papier:

Bij genoemde branches bestaat een belangrijk deel van de gehele bewerking uit behandeling in baden met waterige oplossingen van actieve componenten, zoals:

- Kleur- en bleekstoffen bij textiel;
- Metaaloplossingen bij de oppervlaktebewerkende processen;
- Pulpbaden voor chemicaliën-dosering bij papier.

Bij deze processen is gesignaleerd dat het handhaven van de goede badkwaliteit vaak niet geschiedt op het meten van relevante parameters. Meestal gebeurt dit op basis van ervaring en vaak handmatig. Er is bijna altijd sprake van een zekere mate van overdosering 'uit zekerheid'.

Belangrijke beheersproblemen zijn:

- Handhaven van goede badsamenstelling; afstemming van de dosering van actieve stoffen;
- Afstemmen van proces op wisselingen van invoer (zie hierna).

Meettechnische wensen:

- Meten van relevante parameters/stoffen, waarop proces gestuurd kan worden en bovenal de dosering van actieve stoffen.
- Koppelen van deze parameters met de gewenste produktkwaliteit (voorkomt produktuitval; zie hierna); afstemmen op invoer (vooral wisselingen hierin; zie hierna).

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Wisselende eigenschappen en samenstelling van (grond)stoffen/overdosering van hulpstoffen
Branches: textiel, papier, oliën/vetten.

Deze branches hebben alle gemeen dat hun grondstof van natuurlijke oorsprong is. Daarbij doet zich - meer dan bij processen, die niet uitgaan van natuurlijke grondstoffen - het fenomeen voor van de wisselende eigenschappen/samenstelling van de betreffende grondstoffen. Op deze wisselingen moet in het proces geanticipeerd worden om ervoor te zorgen dat de kwaliteit van het eindproduct voldoende is. Omdat veelal niet adequaat ingespeeld kan worden op deze wisselingen, worden chemicaliën/hulpstoffen vaak overgedoseerd.

Belangrijke beheersproblemen zijn:

- Continue afstemming van proces op wisselingen in grondstof/invoer

Meettechnische wensen:

- Meting van relevante parameters van de grondstoffen, gevolgd door momentane regeling van het proces.
- Minimale dosering van actieve stoffen.

Produktuitval

Branches: textiel, papier, metaalopp. behandeling

Het probleem van de produktuitval is in belangrijke mate het gevolg van hierboven gesignaleerde problemen aangaande het handhaven van badkwaliteit en de wisselingen in eigenschappen van de grondstof. Daarnaast is hierbij van belang dat de kwaliteitsparameters van het eindproduct in veel gevallen slechts via visuele beoordeling bepaald worden.

Belangrijke beheersproblemen:

- Onvoldoende bepaling van de relevante kwaliteitsparameters.

Meettechnische wensen:

- Snelle bepaling van de kwaliteitsparameters.

4 Verkenning van de 'aanbodzijde'/probleemoplossende kennisleveranciers

De verkenning van de 'aanbodzijde' bestaat - zoals reeds in hoofdstuk 2 aangegeven - uit twee onderdelen:

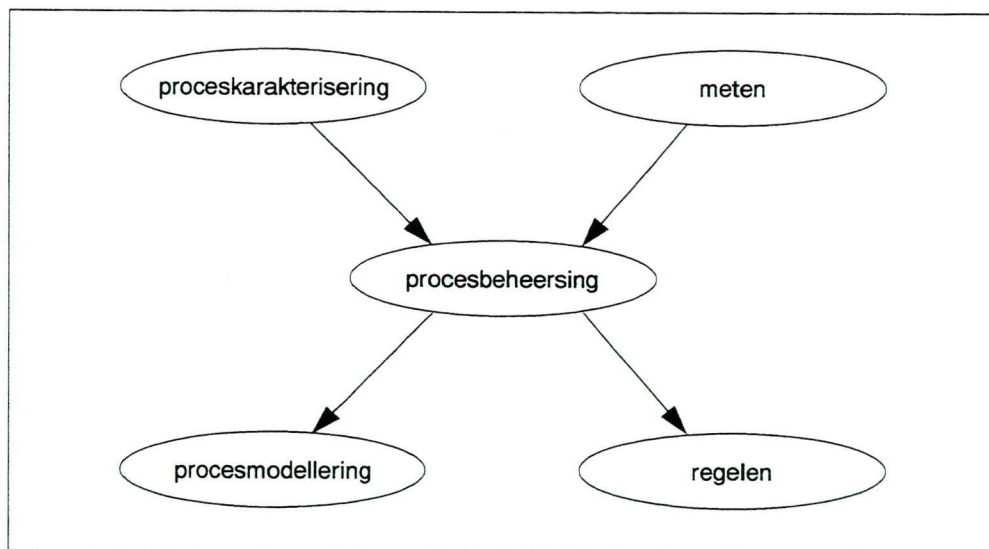
- a. Verkenning vanuit een algemene benadering met betrekking tot procesbeheersing en het aanbod aan kennis.
- b. Verkenning van meetmogelijkheden (met name sensortechnische) voor de in hoofdstuk 3 gesignaleerde problemen en de stand-der-techniek/ontwikkeling van deze meetmogelijkheden.

4.1 Procesbeheersing; algemene benadering en mogelijkheden

Deze paragraaf is een samenvatting van de meest relevante informatie uit de verkenning; uitgebreide informatie is opgenomen in bijlage 3.

Procesbeheersing is niet uitsluitend 'meten en regelen'. Er zijn meerdere disciplines/vakgebieden, die een rol (moeten) spelen bij het adequaat beheersen van processen. Inzet van deze verschillende disciplines - en de daarbij behorende middelen - leidt tot een integrale benadering van beheersingsproblemen van processen; met name wanneer deze complex zijn.

In onderstaande figuur is dit illustratief weergegeven.



Bron: TPD/TNO (zie bijlage 3)

De genoemde disciplines en relevante kenmerken zijn:

— *Proceskarakterisering*

Hierbij worden van processen de karakteristieke, maar bovenal de kritische parameters bepaald. Voorts worden van deze parameters de gewenste waarden, die leiden tot een optimale procesvoering, vastgelegd.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Veelal komt het neer op het op experimentele wijze bepalen van procesgegevens en analyse ervan.

– *Procesmodellering*

Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in twee typen benaderingen:

– ‘Black box’-benadering (zwarte modellering).

Deze benadering is alleen toepasbaar als voldoende procesgegevens voorhanden zijn.

Ten behoeve van deze benadering kan gebruik gemaakt worden van een aantal ‘tools’ via computerapplicatie als statistische analysemethoden, ‘fuzzy logic’-methoden.

– Mechanistische benadering.

Bij deze benadering worden mechanistische verbanden tussen procesgrootheden bepaald. De mechanismen, die in het proces aan de orde zijn, worden zo mogelijk mathematisch vertaald naar procesmodellen (‘witte’ modellen).

Voor deze benadering staan ook verschillende ‘tools’ ter beschikking bijvoorbeeld om invloeden van veranderingen in het proces te bepalen, als processimulatie, flow-sheeting.

– *Metten*

Het eigenlijke meten is het bepalen van procesgegevens/-grootheden via sensoren of andere meetapparatuur. De gemeten waarden worden vergeleken met de gewenste waarden. Is het verschil tussen gemeten en gewenste waarde groter dan voor het goed verlopen van het proces nodig is, dan dient het proces bijgestuurd (‘geregeld’) te worden.

In veel gevallen betreft het meten nog de ‘bekende’ parameters als pH, temperatuur, druk, geleidbaarheid, etc. Enerzijds omdat hiervoor betrouwbare en robuuste sensoren bestaan; anderzijds kunnen vele processen op basis van deze parameters adequaat bestuurd worden.

Een aantal van deze parameters zijn ‘som-’parameters, bijvoorbeeld geleidbaarheid. De grootte ervan is het gevolg van meerdere stoffen/mechanismen. Weer andere zijn ‘afgeleide’ parameters; deze hebben betrekking op het meten van een bepaalde grootheid, waarvan de grootte bepaald wordt door weer ander grootheden. Het is dus in feite een ‘indirecte’ meting.

Genoemde parameters zijn dus niet-specifiek.

Veelal wordt de wens geuit bepaalde parameters specifiek te meten, bijvoorbeeld concentratie van een bepaalde stof (met behulp van een specifieke sensor; indien deze beschikbaar is). Dit kan voordelen opleveren in het geval de beheersing van het proces kritisch is met betrekking tot de concentratie van de betreffende stof. Het is echter niet altijd noodzakelijk zo specifiek te meten. Door proceskarakterisering en -modellering kan ook vaak volstaan worden met de hiervoor genoemde som- of afgeleide parameters.

Het adequaat meten van processen is vaak een knelpunt als gevolg van:

- Er zijn geen geschikte sensoren/meettechnieken om een specifieke stof/grootte te meten (ten behoeve van regeling, maar ook ten behoeve van proceskarakterisering);
- Er is weliswaar sensortechnologie beschikbaar, maar die wordt nog niet toegepast; veelal als gevolg van het onbekend zijn met nieuwe mogelijkheden.

— *Regelen*

Het regelen is het zodanig beïnvloeden van het proces dat het verschil tussen de gemeten waarde van een procesparameter en de gewenste waarde teruggebracht wordt naar wat als wenselijk wordt geacht.

Dit regelen geschiedt met actuatoren; dit zijn alle ten dienste staande fysieke regelsystemen als kleppen, pompen, verwarmingselementen, etc. Voorts is bij het regelen elektronica van belang, voor met name het uitlezen van sensoren, coderen van regelalgoritmen en aansturen van actuatoren.

Overige noemenswaardige zaken, die uit de verkenning naar voren zijn gekomen, zijn:

- Bij problemen met procesbeheersing dienen alle betrokken disciplines - zoals in het voorgaande aangegeven - betrokken te worden. Hierbij dient een keuze gemaakt te worden welke van deze disciplines een oplossing voor het probleem oplevert.
- Het meer gebruik maken van de beschikbare 'tools' voor proceskarakterisering en -modellering.
- Optimaal gebruik maken van bestaande meet- en regelsystemen.

4.2 Meetmogelijkheden (met name sensortechnische); stand-der-techniek/ontwikkeling

4.2.1 Meetmogelijkheden; met name sensortechnische

Van de gesignaleerde voorbeelden van beheersproblemen bij processen (hoofdstuk 3; 'vraagzijde') en de daarbij geopperde oplossingsrichtingen is verkend in hoeverre zich in principe hiervoor meettechnische mogelijkheden aandienen; in het bijzonder sensoren.

Deze verkenning geeft een indruk van deze mogelijkheden op basis van de stand-der-techniek van sensoren. Het geeft een indicatie van de kansen op het vinden van geschikte sensoren voor de voorbeeld-problemen. Hierbij is dan geen fundamenteel onderzoek naar 'nieuwe' sensoren nodig (uitgangspunt van het onderzoeksprogramma); het betreft het benutten van bestaande sensoren voor deze specifieke toepassingen (toepassingsgericht onderzoek).

Voor het gesignaleerde probleem in de chemische industrie zijn geen meetmogelijkheden gegeven. Dit probleem is te algemeen van aard; specifieke mogelijkheden kunnen dan ook niet gegeven worden.

In de navolgende tabellen zijn de resultaten van de verkenning samengevat. In bijlage 4 zijn de resultaten nader uitgewerkt. Hierbij zijn tevens de belangrijke knelpunten aangegeven, die bij de toepassing van deze meettechnieken verwacht kunnen worden.

Tabel 1 Mogelijke meettechnische oplossingen voor een aantal van de gesignaleerde problemen

		Fysische meettechnieken ¹⁾		Chemische meettechnieken ²⁾								
		Sensoren		Niet-sensortechnieken	Gas-omgeving		Wateromgeving					
					Sensoren	Niet-sensortechnieken	Sensoren	Niet-sensortechnieken				
Branche	Probleem	Optische sensoren/sensorsystemen	Niveausensoren	Röntgen, akoestisch	Diverse gassensoren	CFK, KWS	Optische sensoren/sensorsystemen	Geleidbaarheid sensoren	Redoxpotentiaal elektroden	ISFETs	Amperometrische sensoren	HPLC, FTIR, CZV
Zuivel	2. effectiviteit van reiniging						x				x	
Textiel	1. wisselende eigenschappen doek	x					x					
	2. handhaven badkwaliteit	x					x	x	x	x		
Papier	4. stoomgebruik						x					
	1. produktuitval	x					x					
	2. chemicaliëndosering	x						x		x		
	3. retentie van vezels	x										
Metaal- Oppervlakte behandeling	4. afvalwater	x		x			x			x	x	x
	1. handhaven badkwaliteit											
	2. produktuitval	x		x				x		x		
	3. organische dampen op de werkplek				x	x						x
Oliën/vetten	4. cyanide-oxydatie								x			
	1. wisseling grondstofsamenstelling											x
Industriële koeling	1. detectie van CFK-lekken		x		x	x						

¹⁾ Technieken waarmee fysische grootheden gemeten worden, zoals temperatuur, gladheid, dikte concentratie van slijbdeeltjes, vezelconcentratie, enz.

²⁾ Technieken waarmee concentraties van stoffen (= chemische verbindingen) gemeten worden

4.2.2 Stand-der-techniek/ontwikkeling van de genoemde meettechnieken

Van de in de vorige paragraaf als oplossingen voorgestelde meettechnieken wordt in deze paragraaf de stand-der-techniek/ontwikkeling geschetst. De bedoeling hiervan is ondersteuning te geven bij het inschatten van de benodigde ontwikkelingsinspanning.

Een belangrijke bron van de onderstaande informatie is referentie [3]. Voor meer achtergrondinformatie wordt naar deze referentie verwezen.

4.2.2.1 Algemeen

In vrijwel alle in hoofdstuk 3 genoemde problemen aangaande procesbeheersing vormt de meettechniek een belangrijk aspect. Het gaat veelal om processen van een beperkte complexiteit, waarin op dit moment niet of niet effectief geregeld wordt op basis van metingen. Het geschikt maken van een bepaalde meettechniek voor deze processen zal de voornaamste inspanning zijn. De bijbehorende regeltechniek (pompen, kleppen, elektronica en dergelijke) zal in de meeste gevallen niet moeilijk te realiseren zijn: dit zal ook een zekere inspanning vergen, maar hier zullen geen wezenlijke technische problemen optreden. Een uitzondering is misschien het meet- en regelsysteem ter vermindering van produktuitval in de papierindustrie.

Voor de genoemde combinaties van een probleem en een voorgestelde oplossing geldt in het algemeen dat de nadruk zal liggen op de ontwikkeling van een **meetsysteem** rond een bepaalde sensor of meettechniek ('toepassingsgerichte ontwikkeling'), en niet of nauwelijks op de ontwikkeling van de sensor of techniek zelf. De meeste genoemde sensoren en apparaten zijn in één of andere vorm op de markt, maar zijn in die vorm zelden direct inzetbaar in processituaties. Daarnaast verkeert een deel in een bepaald ontwikkelingsstadium, dat marktintroductie voor specifieke toepassingen op korte termijn mogelijk maakt. Vaak (bijvoorbeeld optische fibers, geleidbaarheid- en niveausensoren) kunnen ze min of meer beschouwd worden als componenten, waaruit een meetsysteem samengesteld moet worden.

Voor alle aangeduide technieken geldt dat de technisch-wetenschappelijke kennis in Nederland ruimschoots aanwezig is en zeer goed ingezet kan worden.

4.2.2.2 Individuele meettechnieken

Fysische meettechnieken

Voor de definitie van fysische meettechnieken: zie ¹⁾ bij de tabel in 4.2.1.

Optische sensoren en sensorsystemen

Met optische metingen kunnen fysische grootheden als deeltjes- of vezelconcentratie, maar ook reflectie, transmissie of absorptie van zichtbaar of infrarood licht gemeten worden. De laatste drie grootheden kunnen een maat zijn voor bijvoorbeeld kleur, glans van een oppervlak, dikte of gewichtsverdeling in een vel papier. Daarnaast kunnen beelden van oppervlakken geanalyseerd worden met CCD-camera's om informatie over de oppervlaktestructuur te verkrijgen.

Dergelijke sensoren en sensorsystemen zijn voor een aantal toepassingen op de markt. Een redelijk nieuw aspect hierin is het gebruik van fibers (vezels van glas of kunststof). Voor fibertechnieken geldt dat deze relatief weinig ontwikkeling kosten, omdat allerlei benodigde componenten standaard verkrijgbaar zijn voor relatief lage prijzen (fibers, fotodioden, LEDs, enz.). Fibers kunnen met name ingezet worden als het om individuele problemen gaat, waarvoor geen serieproductie nodig is. Voordelen van optische fibers zijn bovendien de explosieveiligheid en de ongevoeligheid voor elektromagnetische storingen van buitenaf.

Niveausensoren

Sensoren voor het meten van niveaus van vloeistoffen of vaste stoffen in reservoirs zijn in vele uiteenlopende technieken en vormen op de markt verkrijgbaar. Ook voor procestoepassingen worden reeds op grote schaal niveausensoren gebruikt.

Röntgen-meetsystemen voor transmissie en reflectie, akoestische meetsystemen voor deeltjesmeting

Dit zijn twee typen meetsystemen die wat omvangrijker zijn dan echte sensoren. Met behulp van meting van de transmissie of reflectie van Röntgenstraling kan bijvoorbeeld de laagdikte van bekledingen van metaaloppervlakken gemeten worden. Hiervoor zijn reeds lang systemen op de markt (zowel transmissie als reflectie), die juist voor deze procestoepassingen ontwikkeld zijn [4].

Akoestische systemen voor deeltjesmeting (waarmee bijvoorbeeld de slibconcentratie in afvalwater kan worden gemeten) zijn nog niet op de markt. Wel worden de mogelijkheden voor dergelijke systemen in Nederland intensief onderzocht door Rijkswaterstaat (Dienst Getijdewateren, Rijswijk) en de Rijksuniversiteit Utrecht.

Chemische meettechnieken voor gassen

Voor de definitie van chemische meettechnieken: zie ²⁾ bij de tabel in 4.2.1.

Gassensoren

Sensoren voor de identificatie en concentratiemeting van gassen kunnen gebaseerd zijn op een aantal verschillende technieken. Een deel hiervan (met name Taguchi-sensoren, amperometrische, calorimetrische en akoestische sensoren) is reeds op de markt, zij het in de meeste gevallen voor bewakings- of alarmeringstoepassingen. Voor procesregeling zal vaak nog systeemontwikkeling nodig zijn. Voortgezette ontwikkeling van deze en andere gassensortypes wordt in Nederland vooral verricht door de Technische Universiteit Delft, TNO en de Universiteit Twente.

Meetsystemen voor CFK's en KWS-en

Dit zijn wat grotere meetsystemen dan echte sensoren (hoewel CFK's ook met sensoren gemeten kunnen worden). Ze zijn bijvoorbeeld gebaseerd op foto-ionisatie detectie (PID's), vlamionisatie detectie (FID's) of gaschromatografie (GC). Ook hier geldt dat er apparatuur op de markt is, maar dat deze hoofdzakelijk voor bewakings- of alarmeringstoepassingen (of laboratorium-analyse) bestemd is. Voor procesregeling zal dus vaak nog systeemontwikkeling nodig zijn.

Chemische meettechnieken voor vloeistoffen, met name waterige omgeving

Voor de definitie van chemische meettechnieken: zie ²⁾ bij de tabel in 4.2.1.

Optische sensoren en sensorsystemen

Voor optische sensor(system)en en voor chemische metingen geldt in grote lijnen hetzelfde als voor die voor fysische metingen (zie hiervoor); zij het dat ze voor chemische metingen nog slechts in geringe mate op de markt zijn.

In Nederland is op dit gebied veel kennis aanwezig bij de UT, TNO en de KUN.

Geleidbaarheidssensoren/Redoxpotentiaal-elektroden

Deze typen sensoren zijn in diverse vormen reeds op grote schaal op de markt. Ze zijn voor procestoepassingen zeer geschikt. Ook nieuwe vormen worden in Nederland ontwikkeld, bijvoorbeeld een geleidbaarheidssensor in silicium (UT).

ISFET's

ISFET's en CHEMFET's zijn potentiometrische microsensoren voor ionmetingen. Voor pH-meting zijn Nederlandse ISFET's op de markt. Bovendien is aantal andere toepassingen (fluoride, chloride, kalium, natrium) in ontwikkeling. Deze producten zijn nieuw en lenen zich bij uitstek voor procestoepassingen.

Amperometrische sensoren

Deze sensoren kunnen in principe zeer veel verschillende stoffen detecteren, maar er zijn er voor watertoepassingen nog weinig op de markt (alleen zuurstof en enzymensensoren voor glucose en melkzuur). Enige sensorontwikkeling is dus nog nodig.

HPLC, FTIR en meetsystemen voor CZV

Deze apparatuur is op de markt, maar wordt alleen in het geval van HPLC ook al voor procestoepassingen gebruikt.

5 **Beknopte literatuurverkenning**

Bij de verkenning zijn de volgende trefwoorden toegepast:

process control	textile industry;
monitoring	food industry;
measurement	paper industry;
environment	chemical industry;
emission reduction	waste.

De literatuurrecherche heeft geen interessante informatie opgeleverd. De belangrijkste bevindingen zijn samengevat:

- De relatie procesbeheersing en milieu (elk met de daarbij behorende trefwoorden) heeft nauwelijks referenties opgeleverd.
De oogst was:
 - 2 artikelen over automatiseringsmogelijkheden in metaaloppervlakte-behandeling (algemene beschouwing over processturing);
 - 6 artikelen over verbeterde regeling van biologische waterzuivering.
- Het uitsluitend gebruiken van het trefwoord process control (dus zonder relatie met milieu) leverde allerlei artikelen over regelingen, besturingen, automatisering, en dergelijke. Hierbij was geen interessante informatie.
- De literatuurrecherche was met name gericht op het zoeken of in andere landen onderzoekprogramma's lopen (of hebben gelopen), zoals in deze studie bedoeld. Deze programma's zouden dan inzicht hebben verschaft over een mogelijke aanpak en wat van een dergelijk programma verwacht mag worden.
Uit de verkenning is niets van zulke programma's gebleken.

6 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van de verkenningen uit hoofdstuk 3 tot en met 5 leiden tot de navolgende conclusies en aanbevelingen. Hierbij wordt teruggekoppeld met de door deze studie te beantwoorden vragen (de vier hoofdvragen en daaraan onderliggende subvragen), zoals deze zijn gegeven in de doelstellingen (zie: 1.3). Voorafgaand hieraan worden enkele kanttekeningen geplaatst.

Kanttekeningen

De kanttekeningen hebben betrekking op met name de reikwijdte en realiteitswaarde van de conclusies en aanbevelingen. Deze aspecten zijn in belangrijke mate bepaald door de gevolgde benadering en werkwijze.

- De studie heeft (slechts) betrekking op een beperkt aantal bedrijfstakken (circa 5) en enige subbedrijfstakken. Deze zijn geselecteerd vanwege hun milieubelasting, voorzover deze bekend is uit diverse studies en inventarisaties.
- Aan de 'vraagzijde'/probleembezittende bedrijven zijn bijna uitsluitend vertegenwoordigers van branche-instituten en -verenigingen geraadpleegd; in beperkte mate de bedrijven zelf. Hiervoor lagen de volgende redenen ten grondslag:
 - De studie had een beperkte omvang;
 - Van de branche-instituten/verenigingen wordt - uit hoofde van hun dienstverlenende functie voor de branche - verwacht dat zij een breder en meer diepgaand inzicht hebben in ontwikkelingen; zo ook die met betrekking tot procesbeheersing;
 - De branche-instituten/verenigingen fungeren vaak als 'trekkers' van nieuwe ontwikkelingen.
- Aan de 'aanbodzijde' zijn uitsluitend actoren uit onderzoek- en ontwikkeling van meet- en regeltechnieken geraadpleegd; er zijn geen leveranciers van apparaten/systemen geconsulteerd.
Deze beperking is ingegeven door dezelfde overwegingen als hiervoor aangegeven voor de 'vraagzijde'.

6.1 Conclusies

Hoofdvraag: **Bestaat er milieuhygiënische noodzaak tot stimulering van bedoeld aandachtsgebied?**

- a. Subvraag: *Is een belangrijk deel van de milieubelasting door (de beschouwde) bedrijven het gevolg van onvoldoende beheersing van het proces?*
- Uit de studie blijkt dat bij het merendeel van de verkende bedrijfstakken de beheersing van processen als onvoldoende wordt ervaren.
 - Er zijn duidelijk beheersproblemen naar voren gekomen, die directe consequenties hebben voor de milieubelasting.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

- Het was niet mogelijk de mate, waarin deze onvolkomen procesbeheersing z'n weerslag heeft op de milieubelasting, veroorzaakt door deze bedrijfstakken, te kwantificeren. Overigens waren de verkende bedrijfstakken gekozen vanwege hun milieubelasting (zie par. 2.1). Geschat wordt dat in deze bedrijfstakken een niet onaanzienlijk deel van de milieubelasting te wijten is aan onvoldoende procesbeheersing.
- Niet altijd heeft niet-adequate beheersing consequenties voor het milieu; vaak heeft de kwalificatie 'onvoldoende' betrekking op de (gewenste) kwaliteit van het produkt.

Hoofdvraag: **Is stimulering van bedoeld aandachtsgebied zinvol?**

a. Subvraag: *Is het te verwachten dat bij een aanzienlijk aantal productieprocessen een betere procesbeheersing mogelijk is? Leidt deze betere beheersing dan tot een substantiële vermindering van de milieubelasting?*

- Bij de onderzochte bedrijfstakken blijkt een aanzienlijk aantal mogelijkheden voor betere procesbeheersing te zijn. Dat deze mogelijkheden reëel zijn, moge blijken uit:
 - de vergaande gedachten-ontwikkeling in de branche over deze mogelijkheden.
 - de kansrijke meetmogelijkheden, zoals blijkt uit de verkenning van deze mogelijkheden.
- Evenals bij de voorgaande sub-vraag, is het niet mogelijk gebleken het antwoord op de mogelijke vermindering van de milieubelasting te kwantificeren.
- De verwachting bestaat dat een substantiële reductie van de milieubelasting door verbeterde procesbeheersing mogelijk zal zijn.

b. Subvraag: *Mag verwacht worden dat het met de huidige stand-der-techniek aangaande middelen ten behoeve van procesbeheersing mogelijk moet zijn binnen enkele jaren de gewenste procesbeheersing (en daarmee de reductie van de milieubelasting) te realiseren?*

- Deze vraag kan - met enige voorzichtigheid - bevestigend beantwoord worden.
 - Uit de verkenning van meetmogelijkheden (met name de sensor-technische) blijkt dat zich voldoende mogelijkheden aandienen; vooral dankzij de sterke ontwikkelingen op het gebied van sensoren in Nederland.
 - Ook zijn er kansen geconstateerd voor de andere disciplines ten behoeve van procesbeheersing; te weten proceskarakterisering en -modellering.
 - De genoemde mogelijkheden/kansen verkeren in het stadium van **na** het fundamentele onderzoek; ze betreffen de **toepassingsgerichte** ontwikkeling.
- Van deze mogelijkheden mag verwacht worden dat ze een relatief beperkte ontwikkelingsinspanning zullen vergen (tot enkele jaren).

Hoofdvraag: **Is stimulering via toepassingsgericht onderzoek zinvol?**

- a. Subvraag: *Zijn goede middelen (met name meetsystemen) reeds beschikbaar en kunnen ze min of meer zonder grote problemen toegepast worden? Is het een kwestie van dat de probleembezittende bedrijven vaak niet (goed) op de hoogte zijn van het aanbod aan mogelijkheden?*
- De in het voorgaande reeds gememoreerde resultaten van de verkenning van de meettechnische mogelijkheden geven aan dat zich in principe mogelijkheden tot het beter meten aandienen. Veruit de meeste van de genoemde sensoren zijn in een of andere vorm op de markt, maar zijn zelden voor de genoemde beheersproblemen direct inzetbaar. Ze dienen aangepast te worden op de betreffende media (matrix) en op de te meten parameter. Het betreft dus het optimaal inpassen van sensoren. Hiertoe is **toepassingsgericht** onderzoek nodig; behoefte aan fundamenteel onderzoek is niet gebleken.
 - Hoewel niet aangegeven in de resultaten, bestaat de indruk dat het ontbreekt aan het samenbrengen van 'vraag'- en 'aanbod'-zijde. Er is sprake van een gebrekkige uitwisseling tussen de beide partijen.
- b. Subvraag: *Is het aanbod (in zowel kwalitatieve als kwantitatieve zin) aan meet-apparatuur onvoldoende om de beheersproblemen het hoofd te bieden? In dat geval is onderzoek zinvol, omdat dit dan gericht kan zijn op het ontwikkelen van nieuwe en/of betere meetmogelijkheden.*
- Zoals reeds eerder aangegeven, zijn voldoende middelen ter beheersing van processen, met name meetsensoren, beschikbaar. Onderzoek en ontwikkeling is noodzakelijk ten behoeve van specifieke applicatie van de sensoren in processen. Deze conclusie betekent dus toepassingsgericht onderzoek.

6.2 Aanbevelingen

Hoofdvraag: **Hoe dient het programma van onderzoek er op hoofdlijnen uit te zien?**

- a. Subvraag: *Welke **afbakening/begrenzing** dient aangebracht te worden? Wat wordt wel en wat wordt niet onder het programma begrepen?*
- Het onderzoekprogramma dient gericht te zijn op alle vier disciplines, die betrokken zijn bij procesbeheersing (zie figuur, par. 4.1); te weten in volgorde van belang:
 - meten: sensoren en andere meetapparatuur;
 - regelen: uitsluitend software, geen hardware (geen actuatoren);
 - proceskarakterisering;
 - procesmodellering;
- Hierbij moeten proceskarakterisering en -modellering direct gericht zijn op de realisatie/toepassing van meet- en regelsystemen. Met het beschikbaar komen van nieuwe sensortechnieken zullen proceskarakterisering en -modellering van steeds groter belang worden. Derhalve zal in het op te stellen onderzoekprogramma hieraan ook aandacht besteed moeten worden.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

- Geen fundamenteel onderzoek, maar toepassingsgericht. bijvoorbeeld geen fundamentele sensorontwikkeling, geen methodiekontwikkeling voor modellering en/of mathematische/statistische verwerking van gegevens.
 - Accent van programma op het geschikt maken van bewezen sensortechnieken (bewezen in andere toepassingsgebieden, uitontwikkelde concepten) voor de gesignaleerde beheersproblemen, vanwege:
 - Meten is belangrijk knelpunt bij verbetering van procesbeheersing;
 - Voldoende mogelijkheden zijn of komen - naar verwachting - in de nabije toekomst beschikbaar;
 - De problemen met betrekking tot procesbeheersing zijn (zeer) processpecifiek (specifieke stoffen, specifieke omstandigheden);
Dit vergt op de processen toegesneden ('tailor made') meetmogelijkheden.
 - Geen onderzoek aan actuatoren (regelapparatuur). Dit is veelal apparaatontwikkeling, niet specifiek gericht op het betreffende probleem van (proces-)beheersing.
Bovendien zijn in deze discipline in het algemeen geen knelpunten te verwachten.
- b. Subvraag: *Aan welke **verdere voorwaarden** dient onderzoek voor het programma te voldoen?*
- In de onderzoeken dient met name aangegeven te worden welk resultaat met betrekking tot reductie van milieubelasting met het onderzoek wordt nagestreefd. Enige kwantificering hiervan is noodzakelijk.
De noodzaak van deze voorwaarde is uit de studie gebleken, vanwege de volgende redenen:
 - Het was met de studie niet mogelijk de milieuverdienste van betere procesbeheersing in de beschouwde bedrijfstakken te kwantificeren. Om toch enig zicht hierin te hebben, dient men in de projectvoorstellen hieraan aandacht te besteden.
 - Uit de verkenning bij de 'vraag'-zijde is gebleken dat een belangrijke drijfveer voor een betere procesbeheersing de produktkwaliteit is. Om te voorkomen dat het programma voor dit doeleinde wordt gebruikt, dient de milieuverdienste expliciet gemaakt worden.
 - De overige beperkingen/afbakening, zoals deze voor de studie hebben gegolden, lijken ook zinvol voor het uiteindelijke programma, zoals:
 - * **Geen calamiteiten**
Hiervoor geldt de argumentatie dat:
 - de milieubelasting als gevolg van calamiteiten relatief onbelangrijk is (op enkele incidentele gevallen na);
 - het voorkomen van en anticiperen op calamiteiten een min of meer op zichzelf staande discipline (veiligheid) is.

★ **Geen energiebesparing (als zodanig)**

In andere (ook NOVEM-kaders) wordt hieraan ruimschoots aandacht besteed.

In het geval dat naast milieu-aspecten ook min of meer onlosmakelijk verbonden energie een rol speelt, kan dit laatste - weliswaar terzijde - meegenomen worden.

Overige aanbevelingen:

- Het lijkt zinvol de oproep tot projectvoorstellen voor het onderzoekprogramma via een bedrijfstakgerichte aanpak te doen. Bij voorkeur dienen dan bedrijfstakken benaderd te worden
 - die uit oogpunt van milieubelasting interessant zijn en
 - waarin naar verwachting reële mogelijkheden liggen voor verbeterde procesbeheersing door meten en regelen.

- Het wordt nuttig geacht contacten tussen 'vraag'- en 'aanbod'-zijde te stimuleren (zie sub-vraag 3.a).

Een dergelijke stimulering heeft als doelen:

- Het op de hoogte stellen van de 'vraag'-zijde van de mogelijkheden van de 'aanbod'-zijde;
- Het aan de 'aanbod'-zijde kenbaar maken van de praktische knelpunten van toepassing van betere procesbeheersing bij de 'vraag'-zijde (probleembezittende bedrijven).

Ter bevordering van deze contacten staan de volgende mogelijkheden open:

- Organiseren van een symposium/conferentie/studiedag met actieve participatie van relevante actoren (bijvoorbeeld het Platform Sensortechnologie).
- Doelgerichte informatie-overdracht via intermediaire instellingen als Innovatiecentra, Milieudiensten, Centrum voor Micro-electronica, etc.
- Stimuleren van aanschaf van meet- en regelapparatuur via de regeling 'Vervroegde Afschrijving van Milieubedrijfsmiddelen' (VAMIL) van het Ministerie van VROM.

7 **Referenties**

- [1] 'Process Monitoring and Control'
Stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland, F. Th. Hesselink
september 1991.
- [2] Preventie-opties van proces monitoring en controle;
advies inzake de mogelijkheden van onderzoek
RIVM/LAE, A. Hoogenkamp
1992.
- [3] 'Milieusensoren'
Inventarisatie van technologische, markttechnische
en infrastructurele aspecten
D. J. Sprangers, H. Leeuwis, A. A. van Dijk, 3T en CME, 1992.
- [4] 'Handbuch der Sensortechnik', bew. D. Juckenack,
Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 1990.

8 Verklaring gebruikte termen en afkortingen

Woorden:

biosensor	chemische sensor waarvan de selector bestaat uit biologisch materiaal
chemische sensor	geminiaturiseerde meetopnemer of geminiaturiseerd instrument dat selectief gevoelig is voor een bepaalde stof(groep), een elektrisch signaal afgeeft dat afhankelijk is van de concentratie van die stof(groep) en aanzienlijk goedkoper is dan grotere, conventionele meetsystemen.
	N.B. Soms, maar niet altijd, bestaat een duidelijke scheiding tussen het selectief gevoelige deel (selector) en het signaal-omzettende deel (detector)
reeks van sensoren, sensorreeks, combinatie van sensoren (Eng. sensor array)	een aantal sensoren die elk een andere, maar onvolkomen selectiviteit bezitten ten opzichte van een aantal stoffen. Door gebruik van geschikte software kunnen uit de verzamelde signalen van alle sensoren soms toch de concentraties van de gezochte stoffen afgeleid worden, als deze uit de signalen van de afzonderlijke sensoren niet bekend zijn.
remote sensing (hier alleen betrokken op stofmeting)	benaming voor technieken die ofwel een groter gebied bemeeten ('open-pad meting'), ofwel op afstand uitgelezen kunnen worden (optische sensoren)
selectiviteit	de eigenschap dat een sensor gevoelig is voor slechts één stof of één groep van stoffen en niet reageert op andere

Afkortingen:

BZV	biochemisch zuurstofverbruik; hoeveelheid zuurstof die nodig is om het in het water aanwezige organische materiaal biologisch af te breken; (Eng. biochemical oxygen demand, BOD).
CCD	charge-coupled device
CFK	chloor-fluor koolwaterstof
CZV	chemisch zuurstofverbruik; hoeveelheid zuurstof die nodig is om het in het water aanwezige organische materiaal chemisch af te breken; (Eng. chemical oxygen demand, COD).
FID	flame-ionisation detector
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy
GC	gas chromatografie
HPLC	high-performance liquid chromatograph(y)
IR	infrarood (licht)
ISE	ionselectieve elektrode
ISFET	ion sensitive field effect transistor
KWS	koolwaterstof
LED	light-emitting diode

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

NIRA
ONO
PID

nabij infrarood reflectie analyse
ontgiften-neutraliseren-ontwateren
photo-ionisation detector

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

9 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Novem b.v.
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de medewerkers
Dr.Ir. J.A. Zeevalkink, onderzoeker
G.J. Annokkée, wetenschappelijk medewerker

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

Ondertekening



Dr. Ir. J.A. Zeevalkink
onderzoeker

Goedgekeurd door



Dr. Ir. J.A. Don
afdelingshoofd

Bijlage 1 Geraadpleegde deskundigen

De volgende deskundigen zijn in het kader van de studie geraadpleegd:

a. Inventarisatie aan de 'vraagzijde'/probleembezittende bedrijfstakken

- | | |
|-------------------------|---|
| — Zuivel | Dr.Ir. H.J.L.J. van der Linden/NIZO-Ede
Dr.Ir. J. Hiddink/IMd-Barneveld. |
| — Textiel | Drs. J.A. Luiken + ir. D.W. Ravensbergen
Centrum Textiel TNO-Delft. |
| — Papier | Drs. R. Versluijs/Centrum Papier en Karton
TNO-Delft. |
| — Metaalopp.behandeling | Ing. G. de Vlieger/VOM-Bilthoven
Ing. W. van Tongeren/IMET-TNO
Apeldoorn. |
| — Chemie | Ir. H.W. Weterings, P.H. David en
Drs. R.J.W. van Bijlert/Solvay Duphar-
Weesp. |
| — Voeding: Cacao | Ir. M. Fontijn/TNO Voeding-Zeist. |
| Conserven | Hr. H.C. Hak/HAK Conserven-Giessen. |
| — Koeling | Hr. H. Koffyberg/IMET-TNO Apeldoorn. |

b. Inventarisatie aan de 'aanbodzijde'/probleemoplossende kennisleveranciers

De volgende instellingen/personen (en daarbij hun specifieke vakgebieden) zijn geraadpleegd:

- | | |
|----------------------|---|
| — Proces controle | Prof. J. Rijnsdorp/
Universiteit Twente-Enschede. |
| — Sensortechnologie | Drs. J. van Veen/IMW-TNO-Delft
Drs. D. Sprangers, ir. H. Leewis/3T |
| — Meten en regelen | Ing. K. van Woerden/TPD-TNO-Delft. |
| — Processimulatie en | Ir. J. Dijkstra + ir. G. Ragas/
Eindhoven. |
| — IPL-TNO-regeling | |

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

**Bijlage 2 Inventarisatie aan de 'vraagzijde':
probleembezittende bedrijfstakken**

- Zuivel
- Textiel
- Papier
- Metaaloppervlaktebehandeling
- Chemie
- Voeding
- Industriële koeling

Zuivel-industrie

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. Afvalwater; produktverlies en reinigingsmiddelen

De milieuproblematiek van de voedings- en genotmiddelenindustrie en met name de zuivelindustrie betreft in hoofdzaak het afvalwater en het produktverlies hierin. Vermindering van lozing betaalt zich min of meer (direct) terug via het verminderen van het produktverlies (waardevol produkt). Het produktverlies (verlies aan waardevol produkt en ook milieubelasting) in de zuivelindustrie is reeds in Nederland (in vergelijking met ons omringende landen) zeer laag (<1%). Verdere reductie is nog steeds een actueel onderwerp in de zuivelindustrie.

Naast produktresten bevat het afvalwater resten van reinigingsmiddelen, met name natronloog, salpeterzuur, EDTA en NTA.

2. Reinigen is belangrijk

Reinigen is een belangrijke activiteit binnen de branche, vanwege de hoge eisen ten aanzien van hygiënische kwaliteit. Het reinigen geschiedt veelal uit voorzorg 'overdadig'. Men heeft het idee dat na korte tijd de reiniging reeds voldoende is, doch - uit genoemde voorzorg - reinigt men meestal veel langer. Het komt voor dat bepaalde apparaten gedurende enkele uren aan reiniging worden onderworpen. Dit geschiedt veelal met warmte (stoom) en reinigingsmiddelen (zie punt 1). Het reinigen is in feite het 'verdringen' van produkt uit de apparatuur/leidingen door het spoelwater en daarna het spoelwater door het reinigingsmiddel en vervolgens het reinigingsmiddel weer door water.

3. Meten en regelen met betrekking tot reinigen

Het meten (en regelen) met betrekking tot detectie van produktresten en reinigingsmiddelen in (afval)water geschiedt door middel van afgeleide/somparameters als pH en geleidbaarheid. Er zijn systemen op de markt om bijvoorbeeld specifiek melk(resten) of BZV in afvalwater te meten, zoals auto-analysers en BZV-meters. Deze zijn echter nogal kostbaar en behoeven ook continu aandacht.

In het verleden is (door onder andere het NIZO) reeds veel onderzoek uitgevoerd naar het optimaliseren van het reinigingsproces. Nochtans bestaat de mening dat nog verdere optimalisatie, met daarbij een reductie van de te gebruiken reinigingsmiddelen, mogelijk is.

In het bijzonder wordt hierbij gedacht aan het opstellen van een relatief eenvoudig 'regelmodel', waarmee de verschillende reinigingsstappen/-handelingen optimaal gestuurd kunnen worden. Een dergelijk model is voor energiemanagement in de branche ontwikkeld en in gebruik (via gebruikersvriendelijke software-applicatie).

4. Ontwikkelingen/onderzoek met betrekking tot reinigen

Noemenswaardige lopende ontwikkelingen/onderzoek met betrekking tot reinigen zijn:

- Vervanging van EDTA

- Vaststellen van noodzaak van reinigen en effectiviteit.

In het verleden is onderzoek uitgevoerd naar het verbeteren van de reiniging, met name gericht op energiebesparing (NIZO).

Voorts loopt onderzoek (TUD/van Rosmalen) naar het bepalen van vervuiling (door middel van drukvalmetingen, impedantie van/aan wand).

Er bestaan ideeën voor onderzoek naar verbeterde beheersing van de microbiologische hygiëne van de procesvoering. Het betreft een beter inzicht in de verblijftijdsspreiding van de produkten in de installaties via het ontwikkelen van eenvoudige (fysische) regelmodellen en flow sheeting.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

5. *Bij voorkeur uitgaan van bewezen (fysische) sensoren*
Bij verbeterde regelsystemen wordt vooralsnog de voorkeur gegeven aan het toepassen van bewezen (fysische) sensoren als pH, geleidbaarheid, densiteit, viscosimeter, etc.
6. *Meting van de microbiologische activiteit als indicator voor hygiënische procesvoering*
Een wens is het meten van de microbiologische activiteit als indicator voor de hygiëne van het proces. Hierbij wordt gedacht aan het meten van stofwisselingsprodukten; dan wel op ppb niveau.
Het goed beheersen van de microbiologie kan betekenen dat minder reinigingsstappen noodzakelijk zijn.
Trouwens; er is opgemerkt dat een dergelijke meting wellicht valt onder het thema 'de wens is de vader van de gedachte'.
7. *Toepassing van IR-reflectie bij het sproeidrogen van melk (productie van melkpoeder)*
Voor het regelen van het droogproces bij het sproeidrogen van melk wordt gebruik gemaakt van de on-line meting van het vochtgehalte in de melkpoeder voor beheersing van het droogproces.
Mogelijkerwijs is deze methode ook van toepassing op andere (dan deze) droogprocessen.

Ideeën/wensen ten aanzien van procesbeheersing, die leven in de branche

De volgende interessante ideeën/wensen voor procesbeheersing in de branche zijn naar voren gekomen:

- a. *Het koppelen van metingen in het afvalwater met gegevens uit het proces*
Door verbanden te leggen tussen de metingen en de procesdata kan extra informatie verkregen worden, waarop processen gestuurd kunnen worden. (door middel van de bewezen technieken met 'afgeleide'/sompparameters als geleidbaarheid, pH)
- b. *Het meten van vervuiling*
Hierop loopt al onderzoek (zie punt 4). Het ontwikkelen van sensoren wordt interessant geacht.
- c. *Het on-line meten in de zuivelindustrie van Ca in was-/reinigingsvloeistof als maat voor het reinigingseffect (Ca is afkomstig van melk).*
- d. *Eenvoudig regelmodel met computerapplicatie voor het verder reduceren van produktverlies*
Procesregeling, waarmee de verschillende processtappen beter geregeld en op elkaar afgestemd kunnen worden.
- e. *Meting van de microbiologische activiteit als indicator voor hygiënische procesvoering*
De behoefte bestaat zeer kleine aantallen micro-organismen on-line te meten als maat voor de hygiëne.
- f. *Toepassen van IR-reflectie voor het beheersen van droogprocessen.*

Textiel-industrie

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. *Algemene procesvoering*

Verven en veredelen van textiel houdt in het algemeen de volgende bewerkingen in:

- a. Impregneren;
- b. Reageren;
- c. Uitspoelen;
- d. Drogen.

De bewerkingen zijn facultatief, dat wil zeggen dat soms bewerkingen kunnen worden overgeslagen of gecombineerd. Vaak worden deze bewerkingen een aantal keren herhaald; steeds voor een andere op het doek aan te brengen stof.

2. *Baden 'op sterkte' houden*

Een probleem is het 'op sterkte houden' van de baden. De te bewerken doeken verschillen vaak van 'gedrag' jegens de aan te brengen stof en derhalve wordt minder of meer stof uit de baden genomen.

Voor instelling van de badsterktes zijn on-line meetmethoden noodzakelijk. Slechts in een aantal gevallen zijn deze voorhanden. Voor een deel worden nieuwe meetmethoden ontwikkeld. Toepassingen van on-line meetmethoden aan doeken en/of baden zijn echter nog maar ten dele in de praktijk ingevoerd.

3. *Lozing van kleurstoffen via afvalwater*

Geschat wordt dat circa 15% van de hoeveelheid toegepaste kleurstoffen in de branche uiteindelijk via het afvalwater geloosd wordt.

4. *Uitgevoerde projecten*

In het verleden is een aantal projecten uitgevoerd (voor Novem) aangaande het kuipverven. Deze onderzoeken waren gericht op het beperken van het gebruik van met name reductie- en oxydatiemiddelen.

5. *Lopend onderzoek/ontwikkelingen*

Er vindt momenteel (collectief) onderzoek plaats (via Novem en/of 'de Voorzorg', d.i. vereniging, die voor de textielbranche onderzoek laat uitvoeren) betreffende milieu, zoals:

- UV-hardende coatings;
- Minimaal-applicatietechnieken (d.i. het aanbrengen van minimale, in feite juist voldoende hoeveelheden van een stof op het doek), zoals: aanbrengen via schuim, likwals, sproeien, etc. Deze technieken leveren - naast een verminderd gebruik van grondstoffen - een besparing op energie tijdens het droogproces op.

6. *Weinig produktuitval*

Er is bij de textielbewerking weinig echte 'produktuitval'. Circa 5-10% leidt niet tot het gewenste resultaat; dan wordt het doek:

- Als 'tweede keus' verkocht of;
- Aan een correctiebehandeling onderworpen (bijvoorbeeld ontkleuren en op-nieuw verven).

7. *Opeenvolgende handelingen vaak bij verschillende bedrijven*

Per bedrijf worden meestal een beperkt aantal behandelingen uitgevoerd. Andere behandelingen worden uitbesteed bij loonveredelaars.

8. *Frequent wisselende baden*

De behandelingen in deze branche zijn soms van (zeer) korte duur, soms wordt een bad maar één tot enkele uren gebruikt. Daarna moet een ander bewerking of kleur toegepast worden en wordt het bad geloosd.

9. *Aandacht voor betere procesbeheersing*

Aandacht voor het (beter) beheersen, waar onder meten en regelen van processen sluit aan bij heersende ideeën en lopende ontwikkelingen in de textielbranche. Hierbij is behoefte aan snelle, on-line metingen om direct te kunnen anticiperen op veranderende omstandigheden.

Ideeën/wensen ten aanzien van procesbeheersing, die leven in de branche

De volgende interessante ideeën/wensen voor procesbeheersing in de textielindustrie zijn naar voren gekomen:

a. *Het meten van karakteristieke (vaak wisselende) eigenschappen van het doek (=substraat)*

De eigenschappen van het doek kunnen sterk wisselen. Dit heeft tot gevolg dat voor het bereiken van een bepaalde, constante kwaliteit de procesomstandigheden steeds aan de veranderende eigenschappen aangepast dienen te worden.

Mogelijk interessante opties hierbij zijn:

- toepassing van optische fibers bij kleur(verschil)meting van doek;
- toepassen van CCD-camera's bij vaststellen geometrie van het doek (recht van draad, aantal draden per cm);
- toepassen van CCD-camera's in weverijen en breierijen om fouten tijdig te detecteren;
- toepassen van NIRA (Nabij Infrarood Reflectie Analyse) voor controle van het doek.

b. *Het op sterkte houden van badvloeistof in continu uitgevoerde processen*

Naast motieven aangaande de produktkwaliteit spelen hierbij ook milieu-overwegingen een rol. In de huidige praktijk worden de sterktes van badvloeistoffen niet goed gemeten; voor 'de zekerheid' vindt dan overdosering van chemicaliën plaats. Door de badsterktes beter te meten worden overdoseringen voorkomen en derhalve wordt het verbruik aan chemicaliën gereduceerd.

Voorbeelden:

- Peroxyde- en loogconcentratie in bleekbaden (meet- en regelsystemen commercieel beschikbaar);
- Peroxyde-dosering bij oxydatie kuipvervingen (demonstratie door middel van duurproef in praktijk);
- Dosering dithioniet bij kuipvervingen door middel van Flow Injection Analyses;
- Kleurmeting in verfbaden voor juiste dosering van kleurstoffen (toepassing van optische fibers in ontwikkeling; nog niet in praktijk toegepast);
- Meting van oppervlaktespanning in zeepbaden om zeep-dosering te regelen (methode is ontwikkeld; demonstratie op praktijkschaal gewenst).

c. *Bepalen van badconcentraties*

Het is uit oogpunt van procesvoering en ten behoeve van produktkwaliteit van belang dat:

- De concentratie aan actieve component in de badvloeistof gelijkmatig afneemt, bijvoorbeeld bij discontinue verfprocessen of dat;
- De concentratie onder een bepaald niveau blijft, bijvoorbeeld bij spoelprocessen.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Als beide aspecten goed geregeld kunnen worden, zullen overdosering van actieve componenten en produktuitval gereduceerd worden. Het laatste betekent vaak een correctie-behandeling (bijvoorbeeld ontkleuren en opnieuw verven); dit leidt tot extra emissies.

Voorbeelden van mogelijke toepassingen zijn:

- On-line kleurmetingen bij discontinue verfprocessen ten behoeve van temperatuurregeling en zoutdosering;
 - Kleurmetingen aan spoelbaden om na te gaan of niet gefixeerde kleurstoffen volledig zijn verwijderd;
 - Meten van geleidendheid op doekbanen om spoelproces te sturen (temperatuur en waterstromen);
 - Meten van oppervlaktespanning aan doekbanen om na te gaan of alle oppervlakte-actieve stoffen zijn uitgespoeld.
- d. *Toepasbaar maken van bewezen sensoren (in andere bedrijfstakken) in de textielbranche*
Ten dele is dit al genoemd in voorgaande punten; nog met name genoemd worden:
- Zuurstofdetectoren in stomers (reductie stoomgebruik);
 - Ion-selectieve elektroden (bijvoorbeeld detectie van ijzer in water voor juiste dosering van complexvormers).
- e. *Modellering en simulatie van processen*
Met name:
- Verven;
 - Spoelen;
 - Drogen;
 - Impregneren.

Papier-industrie

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. *Deelprocessen bij papierfabricage relevant uit oogpunt van milieu*

De belangrijkste deelprocessen bij de papierfabricage - min of meer in chronologie - zijn:

1. Energieopwekking;
2. Verswaterbehandeling;
3. Vervezelen;
4. Reinigen;
5. Ontinkten*;
6. Ontwateren;
7. Persen;
8. Drogen*;
9. Lijmen;
10. Nabewerking;
11. Afvalwaterbehandeling*;
12. Afvalstoffen/reststroombehandeling*;

De met * gemerkte processen zijn uit oogpunt van milieubelasting belangrijk. Met uitzondering van afvalwaterlozing vinden bij deze processen vrijwel geen metingen plaats.

2. *Ontinkten*

Het ontinkten leidt tot het vrijkomen van het ontinkingsslib. Kortweg gesteld, bestaat dit slib uit inktresten, vezels met inktresten en vezels zonder inktresten. Het vrijkomen van de twee eerstgenoemde is de bedoeling van het ontinkten (namelijk het verwijderen van inkt); vezels zonder inktresten zijn het gevolg van het feit dat de scheiding niet optimaal is. Door verbeterde instelling van de scheidingsapparatuur (onder andere hydrocyclonen en zeefbochten), in het bijzonder een instelling, die min of meer continu wordt aangepast aan de wisselende omstandigheden, kan een betere scheiding verkregen worden. Onderzoek hiernaar loopt.

Het vezelmateriaal zonder inkt is van waarde; het kan teruggevoerd worden in het proces.

3. *Drogen*

Bij het drogen van het papier komen emissies vrij in de vorm van waterdamp en vluchtige bestanddelen uit grond- en hulpstoffen.

4. *Afvalwaterbehandeling*

Het totale jaarlijkse waterverbruik van de papierindustrie in Nederland is circa 70 miljoen m³; hiervan wordt 40 miljoen m³ als koelwater benut.

Het aandeel van de papierindustrie in het totale jaarlijkse waterverbruik door de Nederlandse industrie is circa 2%.

Het proceswater wordt, meestal na een biologische zuivering geloosd.

De BZV bedraagt gemiddeld 20 mg/l en CZV 150 mg/l.

5. *Afvalstoffenbehandeling*

De belangrijkste stroom (vast) afval is vezelmateriaal (vezelslib en ontinkingsslib) en het slib van de afvalwaterzuivering (ook voor een groot deel vezels).

Er wordt naar gestreefd de hoeveelheid bruikbare vezels in deze reststromen zo klein mogelijk te houden.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

6. *Hulpstoffen-verbruik*

Het verbruik aan hulpstoffen is betrekkelijk hoog; het betreft onder andere zetmeel, chemicaliën. Er is sprake van een zekere overdosering als gevolg van de verdeling van de hulpstoffen over het papier/de vezels en het water.

7. *Waterverbruik*

Opmerking RIZA:

Het waterverbruik bij papierfabricage is hoog. Er heeft onderzoek gelopen (RIZA) naar de relatie papierkringloop-waterkringloop. Het doel ervan was na te gaan op welke plaatsen in het proces het waterverbruik geminimaliseerd kan worden.

Ideeën/wensen ten aanzien van procesbeheersing, die leven in de branche

De volgende interessante ideeën/wensen voor procesbeheersing in de papierindustrie zijn naar voren gekomen:

a. *Algemeen/totale procesvoering*

Door het vroegtijdig meten van de kwaliteitsparameters van het papier, bijvoorbeeld gramgewichtverdeling, egaliteit, vochtgehalte, gladheid, dikte, en dergelijke kan het percentage afkeur/produktuitval worden verkleind.

Nagegaan zal moeten worden of geschikte sensoren en actuators op de markt aanwezig zijn of dat deze ontwikkeld moeten worden.

Naast het meten en regelen dienen regelschema's opgesteld, geïmplementeerd en gevalideerd te worden.

b. *Drogen*

Meten van vochtgehalte ('direct' in papier óf 'indirect' via dauwpunt in de uitgaande luchtstroom) met het doel een efficiëntere droging en terugwinning van energie uit de warme, vochtige luchtstroom.

c. *Afvalwater*

Betere beheersing en sturing van de biologische afvalwaterzuivering (meten en sturen van onder andere CZV, slibbelasting, nutriënten-dosering, pH en beluchting).

Deze maatregelen zullen niet leiden tot drastische afname van emissies via het (gezuiverde) afvalwater; ze moeten meer gezien worden als optimalisering en vergroting van de betrouwbaarheid van de zuivering.

d. *Afvalstoffen/reststroombehandeling*

Door meting van (bruikbare) vezels in de reststromen kan de scheidingsapparatuur beter afgesteld worden m.a.g. minder (bruikbare) vezels in de reststromen.

e. *Chemicalie-dosering in wet-end*

Door een meer optimale dosering van chemicaliën kan een betere retentie van vezels worden gerealiseerd hetgeen leidt tot een betere benutting van bruikbare vezels en minder slib in de afvalwaterzuivering.

Parameters, die hier gemeten kunnen worden zijn onder andere geleidbaarheid, pH, lading en retentie.

N.B. Mogelijkheden a en b hebben analogie met de textielindustrie.

Metaal-oppervlaktebehandeling

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. *Beheersing van samenstelling van procesbaden*

Een belangrijk onderwerp bij 'natte' processen voor metaaloppervlaktebewerking is het constant houden van de samenstelling van de badvloeistoffen. De recepturen van badvloeistoffen zijn veelal complex; belangrijke componenten zijn onder andere metaal-zout, bevochtigers, complexerende stoffen, stabilisatoren, glansmiddelen.

Eenzijds worden componenten aan het bad onttrokken (dié componenten, waarvan het de bedoeling is dat ze op het te behandelen object terechtkomen); anderzijds accumuleren componenten (als bevochtigers, complexerende stoffen, sulfaat). In de praktijk wordt het bad vaak handmatig op sterkte gehouden (toevoegen van chemicaliën); dit is mogelijk, omdat ook vaak batch-gewijs wordt geproduceerd.

Veel hangt hierbij af van de discipline van het personeel. Dit laatste in een belangrijk aspect, waaraan met name de VOM (branche-vereniging) al jaren aandacht besteedt.

2. *Vaak nog eindzuivering van afvalwater via ONO (Ontgiften-Neutraliseren-Ontwateren); problematiek van wisselende samenstelling van te behandelen afvalwater*

Er zijn in de bedrijfstak het laatste decennium aanzienlijke investeringen gedaan met betrekking tot het verminderen van de lozingsvrachten. Dit betreft niet alleen de (eind)-zuivering, maar ook procesgeïntegreerde maatregelen, als vermindering uitsleep van badvloeistof, milieuvriendelijker badsamenstellingen, recirculatie badvloeistof, verbetering spoelprocessen.

Nochtans is de eindzuivering een belangrijke stap in het verminderen van de lozingsvracht. Deze eindzuivering bestaat veelal uit:

- ontgiften via (chemische) oxydatie van cyanide en precipitatie (als hydroxyden) van zware metalen;
- neutraliseren van de vloeistof (na de precipitatie);
- ontwateren van het slib (precipitaat, neerslag).

Bij de eindzuivering doet zich de problematiek voor van de (frequent) wisselende samenstelling van de influentstroom (steeds andere baden, die behandeld moeten worden). In het zuiveringsproces moet hierop direct/on-line gereageerd worden; dit levert problemen op.

3. *Mogelijkheid van ontgiften met H_2O_2 in plaats van met hypochloriet*

De oxydatie van cyaniden vindt veelal plaats met behulp van hypochloriet. Dit betekent een lozing van chloride. Er zijn initiatieven om hypochloriet te vervangen door waterstofperoxyde. Deze oxydatie-reactie dient echter goed via meting van de redox-potentiaal geregeld te worden; dit is nog een punt van onderzoek.

4. *Lozingsnormen zijn laag; worden in de toekomst nog lager*

De lozingsnormen voor de bedrijfstak zijn de laatste jaren aangescherpt en zullen in de toekomst nog lager worden. Dit geldt met name de verwijdering van cyaniden (ontgiften) en zware metalen en het toegestane debiet. Dit betekent dat nog inspanningen geleverd moeten worden om aan deze eisen te voldoen.

5. *Veel afkeur van produkten*

In de bedrijfstak is er regelmatig sprake van produktuitval (afkeur). Er geldt een gemiddelde van 5%. De belangrijkste oorzaak hiervan is de reeds eerder genoemde handmatige, traditioneel ambachtelijke en vaak batch-gewijze werkwijze.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

In het algemeen is de dagelijkse praktijk dat de produkten visueel worden beoordeeld; op basis van deze beoordeling (dikte laag, het uitzien van de deklaag) worden maatregelen genomen, bijvoorbeeld aansterken van bad of vernieuwen. Vaak wordt ook uit voorzorg - op basis van ervaring - een bad aangevuld of ververs. Deze 'besturing' betekent een 'regeling achteraf'.

De afgekeurde produkten worden veelal weer ontdaan van de (niet goed aangebrachte deklaag) en wederom behandeld. Deze behandeling is veelal milieu-onvriendelijk (verwijderen van deklaag met zuur).

6. *Ontwikkeling naar 'gesloten kringloop'*

De laatste jaren loopt er in de bedrijfstak een aantal ontwikkelingen, die gericht zijn op het realiseren van een 'gesloten waterkringloop' met als uiteindelijk doel 'nullozing'. Een dergelijke kringloop leidt tot accumulatie van stoffen in het proceswater, hetgeen storend kan werken op de procesvoering, met name ten aanzien van de produktkwaliteit.

Ideeën/wensen ten aanzien van procesbeheersing, die leven in de branche

De volgende interessante ideeën/wensen voor procesbeheersing in deze bedrijfstak zijn naar voren gekomen:

a. *Betere beheersing van badsamenstelling*

Dit betekent het volgen van de voor het proces en de produktkwaliteit relevante componenten.

Met name is dit van belang in het licht van de ontwikkeling naar 'gesloten waterkringloop' en de daarbij optredende accumulatie van stoffen in het proceswater.

Gezien de 'draagkracht' van de bedrijven in deze branche geldt hier ten eerste dat de eventuele systemen/apparatuur niet kostbaar moet zijn.

b. *Voorkomen/produktuitval door (vroegtijdig) meten van de kwaliteit van de produkten*

Door vroegtijdig afwijkingen in de produktkwaliteit te bepalen (nog voordat ze visueel zichtbaar zijn) kan produktuitval voorkomen worden.

N.B. Er zijn al enige aanzetten hiertoe; dit geldt röntgen-technieken. Deze zijn echter kostbaar.

Cacao-/chocolade-industrie

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. *Traditionele bedrijfstak*

De bedrijfstak is te splitsen in:

- Cacao-industrie;

Deze industrie werkt de cacaobonen op tot cacao-poeder en -boter. In Nederland zijn 2 grote bedrijven, die 11% van de wereldmarkt vertegenwoordigen.

- Chocolade-industrie.

Deze bedrijfstak werkt de cacao-poeder op tot consumentenartikelen (repen, bonbons, broodbeleg, etc.).

De bedrijfstak is niet erg actief op het gebied van procesbeheersing. Eerlijkheidshalve wordt hierbij opgemerkt dat de processen weinig complex zijn en er derhalve ook niet 'veel te beheersen valt'. Uit oogpunt van milieu geldt dit laatste in versterkte mate; het is niet te verwachten dat een betere procesbeheersing zal leiden tot een aanzienlijke reductie van de milieubelasting (zie punt 2).

2. *Belangrijke milieuproblemen: geur en cacao-doppen*

Er zijn in deze bedrijfstak twee belangrijke milieuproblemen, te weten:

- Geuremissie

Deze emissie is inherent aan het proces; het is juist de bedoeling dat de geurcomponenten (veelal aromatische componenten, amineverbindingen en ammoniak) uit de cacao(-massa) verwijderd wordt.

De emissie ontstaat bij name bij:

- Prepareren

Bij deze processtap worden de (gebroken) bonen bij verhoogde temperatuur gemengd met alkalische reagentia (potas + ammoniak), waarna de geurcomponenten (maar ook de ammoniak) met lucht uitgestript worden.

Deze stap vertegenwoordigt circa 50% van de totale geuremissie van deze industrie.

- Branden

In deze stap wordt de geprepareerde natte cacao-massa gedroogd en gebrand. Dit laatste voor de vorming van smaak en kleur. De vrijkomende gassen bevatten geurcomponenten.

- Malen

De gebrande massa wordt tot cacaopoeder gemalen. Ook hierbij treedt geuremissie op.

Gedurende een aantal jaren lopen er activiteiten gericht op het bestrijden van de geuremissies. Deze activiteiten betreffen met name het (end-of-pipe) behandelen van de afgassen via wassers en biofilters.

Er is in geringe mate ook gekeken naar proces-aanpassingen.

- Doppen

Deze komen vrij bij het breken van de bonen. Het is een afvalstof, die (nog) gestort wordt.

In het verleden is een aantal onderzoeken uitgevoerd naar de nuttige toepassing van deze doppen, zoals brandstof en vulmateriaal.

3. *Lopende activiteiten op het gebied van procesbeheersing*

Vanuit TNO-Voeding loopt een aantal (bescheiden) activiteiten op het gebied van procesbeheersing; deze richten zich op de (constante) kwaliteit van de produkten. Het betreft hier het beter meten van (de bekende) parameters als temperatuur, pH, viscositeit (via bestaande sensoren).

Ideeën/wensen ten aanzien van procesbeheersing, die leven in de branche

Geen

Chemie

Onderwerp

Toepassingsmogelijkheden voor meet- en regelapparatuur bij batch-processen.

In de industrie komen processen, die batchgewijs worden uitgevoerd, veelvuldig voor. In de chemische sector kunnen onder andere worden genoemd:

- Farmacie;
- Enzymen;
- Lijmen en harsen;
- Engineering plastics;
- Fijnchemische produkten;
- Verven.

Een aantal aspecten, die aan projectbeheersing gerelateerd zijn en invloed hebben op het ontstaan van emissies en afvalstoffen, komen daarbij vrij algemeen voor:

- a. uitgangsstoffen, die reageren maar niet tot het gewenste produkt, verlaten vaak als afvalmateriaal het proces;
- b. veelvuldig omstellen en schoonmaken van produktielijnen en reactoren.

Over deze aspecten is contact geweest met vertegenwoordigers van twee farmaceutische bedrijven, waarbij de volgende kanttekeningen zijn geplaatst.

ad.a. Vaak is bij de in deze branches voorkomende processen al sprake van in vergaande mate geoptimaliseerde processen. Het gaat immers om kostbare produkten en uitgangsmaterialen.

In nieuwe bedrijven kunnen deze batchprocessen receptgestuurd zijn, waarvoor een goed inzicht nodig is in de uit te voeren reacties om de reactie-omstandigheden. Meet- en regelsystemen kunnen op grond hiervan worden ontworpen en toegepast; daar ligt in het algemeen niet de kern van het probleem.

ad.b. Het belang van emissies door schoonmaakprocedures is afhankelijk van de aard van de bedrijven. Het kan gaan om campagnebedrijven, waar gedurende langere tijd, bijvoorbeeld 3 tot 5 weken achtereen, in een reactor hetzelfde produkt wordt gemaakt. In dat geval zijn de emissies relatief gering.

In andere bedrijven wordt echter veel vaker omgeschakeld, zodat de emissies hierdoor zeer groot kunnen zijn.

In verband met de hoge kwaliteitseisen, die aan de produkten worden gesteld, dient de contaminatie tussen batches beperkt te worden.

Essentieel hierbij is het vastleggen van het acceptabele contaminatieniveau. Om dit te bereiken, moeten acceptabele contaminatieniveaus worden vastgesteld. Dit is een cruciale stap naast het ontwerp van de reactor, waarin dode hoeken en dergelijke vermeden dienen te worden. Het aansluitend automatiseren van de was- en spoelprocedures is daarna in het algemeen eenvoudig te realiseren met bestaande apparatuur.

Een complicerende factor hierbij is dat procedures worden voorgelegd aan de FDA en dienen te worden gehandhaafd.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Naast bovengenoemde systemen kan nog gedacht worden aan het ontwikkelen van een monitoringsysteem voor het complete bedrijf, waardoor afwijkingen, mislukte reacties en dergelijke in het afvalwatersysteem snel kunnen worden gedetecteerd.

Industriële koeltechniek (CFK-lekken)

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. *CFK-Actieprogramma; eisen ten aanzien van lekdichtheid van koelmachines*

In het CFK-Actieprogramma van 1990 is tussen overheid en bedrijfsleven een route afgesproken, waarlangs de uitbanning van het gebruik van CFK's in Nederland gerealiseerd gaat worden. Medio 1991 is hierover een concept-AMvB verschenen ('Besluit inzake stoffen, die de ozonlaag aantasten').

In dit Besluit wordt gesteld dat koelinstallaties vanaf een bepaald vermogen dienen te voldoen aan eisen ten aanzien van lekdichtheid. TNO heeft in opdracht van VROM technische voorschriften ontwikkeld voor het meten van de lekdichtheid.

2. *Voorschriften ten aanzien van lekdetectie*

De voorschriften komen in het kort op het volgende neer:

- Periodieke meting;
- Geschikte lekdetectie-apparatuur, waarvan detectiegrens voldoende laag is;
- Periodieke controle van apparatuur.

3. *Problemen ten aanzien van lekdetectie en controle van apparatuur*

Er doet zich een aantal problemen voor bij de (verplichte) lekdetectie; te weten:

- Een lek kan zich op diverse plaatsen in de installatie voordoen. Als deze plek niet in de nabijheid is van een sensor, dan verdunt de vrijgekomen CFK zich tot een (zeer) lage concentratie, die vaak onder de detectiegrens ligt van de detectie-apparatuur. Met een sensor, die zich elders aan de koelmachine bevindt, wordt het lek niet gedetecteerd.

Meerdere (vele) sensoren aanbrengen is kostbaar; zeker in relatie tot de kans op lekken.

- Er zijn verschillende merken detectie-apparatuur op de markt. Het is voor een bedrijf moeilijk kiezen welk merk voor het bedrijf het beste is.

Ideeën/wensen ten aanzien van procesbeheersing, die leven in de branche

De volgende interessante ideeën/wensen voor het reduceren van CFK-lekverliezen zijn naar voren gekomen:

- a. Vergelijkend onderzoek van detectie-apparatuur;
- b. Verlagen van de detectiegrens;
- c. Mogelijkheden tot het detecteren van CFK op een andere (lees: goedkopere) wijze.

*Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie*

Relevante punten uit IMET/TNO-studie
'Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde
maatregelen en trendbreuken'
(in opdracht van Ministerie VROM; rapport in concept-fase)
J.W. Assink
J.A. Zeevalkink
C.E. Krist-Spit

De studie richt zich op het identificeren van procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken, waarmee reductie van milieubelasting kan worden verkregen.

In de studie is een drietal bedrijfstakken verkend; te weten:

- Suikerindustrie;
- Zetmeelindustrie;
- Productie van plantaardige oliën.

Noemenswaardige zaken, die in deze studie naar voren komen met betrekking tot procesbeheersing zijn:

A. Zetmeelindustrie

In verschillende processtappen worden meertrapswassers en multi-effectverdampers ingezet. Door het aantal wasstappen of -effecten te vergroten, kan het watergebruik en het energieverbruik worden verminderd. Bij dergelijk maatregelen zal het noodzakelijk zijn het totale (vernieuwde) proces door te rekenen met betrekking tot stofstromen (water, produkt) en energie.

Deze maatregel valt niet onder de strekking van de programmeringsstudie.

B. Suikerindustrie

Optimalisatie van de sapwinning door verbetering van toevoegingspunt van het pulperswater in de diffusietoren om de effectiviteit van de diffusie zo hoog mogelijk te houden. Dit is een maatregel, die het procesrendement beïnvloedt en daarmee indirect een milieu- en energie-effect heeft.

Deze maatregel valt - evenals de voorgaande in de suikerindustrie - niet onder de strekking van de programmeringsstudie.

C. Plantaardige oliën

Een belangrijke factor met betrekking tot procesvoering in de oliën/vetten-industrie is het feit dat wisselingen optreden in de grondstof; bijvoorbeeld als gevolg van seizoensinvloeden of verschillende variëteiten. Door deze wisselingen kunnen gehalten aan componenten in de zaden sterk verschillen, als olie, eiwitten, bepaalde vetzuren (bijvoorbeeld het 'ontoelaatbare' erucazuur).

Deze wisselingen hebben grote consequenties voor de procesvoering. Op deze wisselingen moeten de procescondities aangepast worden, bijvoorbeeld aantal keren extraheren, temperatuur bij het extraheren, etc.

De gehalten in de grondstoffen worden niet on-line gemeten, maar via (niet-snelle, chemische) analyse. Ook komt het voor dat op lab-schaal proef-extracties uitgevoerd worden om de juiste condities te bepalen.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Verdere optimalisatie en het volledig continu maken van processen is denkbaar. Daarvoor zijn onder andere sensoren gewenst, met name selectieve sensoren voor de te verwijderen stoffen in niet-waterig milieu.

Het betreft hier het on-line meten van wisselingen in de grondstof (zaden), met name componenten, die uit de olie/vet verwijderd moeten worden en waarop het extractie-proces gestuurd wordt, bijvoorbeeld bepaalde vetzuren, eiwitten.

*Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie*

**Bijlage 3 Inventarisatie aan de ‘aanbodzijde’:
probleemoplossende kennisleveranciers**

- sensortechnologie
- algemene procesbeheersing
- procesbeheersing
- procescontrole

Sensor-technologie (IMW-TNO)

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. *Ontwikkeling van specifieke (chemische) sensoren*

Ontwikkeling van specifieke sensoren (chemische parameters: voor iedere stof/stofgroep een specifieke sensor) is een (zeer) lange weg met fundamenteel onderzoek; dus nogal kostbaar. In het bijzonder geldt dit voor biosensoren; deze lijken 'eeuwige belofte' te zijn.

Er is trouwens wel een sterke vraag naar specifieke sensoren. Echter genoemde lange ontwikkelingstijd (en de daaraan verbonden kosten) schrikken vraagstellers nogal af.

2. *Fysische parameters; bewezen en robuuste meetmogelijkheden*

Fysische parameters (als druk, temperatuur, pH, geleidbaarheid, etc.) zijn (en blijven) voorlopig nog de belangrijkste parameters om industriële processen te meten en daarop te regelen. De redenen hiervoor zijn:

- De sensoren om deze grootheden te meten zijn robuust, weinig storingsgevoelig.
- Er is een ruime ervaring met deze metingen en de daarbij behorende sensoren en apparatuur.

Ook optische sensoren (bijvoorbeeld op basis van spectroscopie, foto-ionisatie) hebben bovengenoemde positieve aspecten.

Anderzijds zijn de genoemde grootheden vaak som- of groepsparameters dat wil zeggen dat verschillende parameters van verschillende mechanismen/processen bijdragen aan de grootte van deze somparameter. Dit betekent een verlies aan specificiteit.

Ook worden deze parameters vaak 'afgeleide' parameters genoemd; ze bepalen niet de specifieke grootheid, maar de gevolgen ervan.

3. *Meetstrategieën*

Vooralsnog lijken interessante mogelijkheden te liggen in het opzetten van (betere) meetstrategieën van processen (waarbij dan gemeten wordt met bestaande sensoren, zoals genoemd onder 2).

Meer inzicht in de samenhang van verschillende mechanismen in processen en de daaraan verbonden parameters vormt hierbij de basis voor het opstellen van meetstrategieën.

In het bijzonder wordt hierbij gedacht aan het koppelen van verschillende signalen (uit het betreffende proces), waarbij meer informatie wordt verkregen over het verloop van het proces ('de som van de signalen is meer dan de signalen afzonderlijk').

4. *Lopende ontwikkelingen/trends*

De volgende ontwikkelingen/trends, die op het gebied van proces-meting en regeling lopen, zijn naar voren gebracht:

- Biosensoren (zie echter punt 1);
- Detectie van gechloreerde kws-en in (drink)water tot op ppb-niveau;
- Miniaturisering van de sensoren (met name IC-toepassingen).

Interessante mogelijkheden/opties voor 'meten en regelen'

De volgende interessante mogelijkheden en opties voor het (beter) meten en regelen zijn naar voren gekomen:

- a. *Opstellen van meetstrategieën, waarbij optimaal gebruik gemaakt wordt van bewezen meet- en regelsystemen (zie punt 3)*

Algemene procesbeheersing (IPL-TNO)

Relevante onderwerpen uit de verkenning:

1. Expertise van de afdeling

De afdeling houdt zich met name bezig met:

- Evalueren of verbeteren van procesontwerp en -regelbaarheid;
- Vaststellen van de optimale regelstructuur;
- Het (vooraf) bepalen of voldaan kan worden aan eisen ten aanzien van productkwaliteit of milieu.

Hiertoe heeft men de beschikking over een aantal (veelal zelf ontwikkelde) computertools op het gebied van processimulatie, optimalisatie en regeling (als PRIMAL, EPIC)

2. Ervaringen met betrekking tot betere procesregelingen

De ervaringen met reeds uitgevoerde projecten heeft het volgende geleerd:

- 5-10% verbetering door een betere procesregeling wordt in het algemeen bevestigd haalbaar geacht;
- Achterhalen van oorzaken van inadequate procesbeheersing via ‘storings-top-tien’ is een eerste stap, die al vaak leidt tot een beter inzicht in de knelpunten met betrekking tot beheersing;
- Het stap-voor-stap doorlopen van het proces leidt vaak tot verrassende ontdekkingen van belangrijke invloedsfactoren.

3. Beschrijving van de verschillende stappen bij gebruik van PRIMAL

Bij inzet van PRIMAL worden veelal de volgende stappen doorlopen:

- a. Procesanalyse: Analyse van de beschikbare data geeft inzicht in procesgedrag, alsmede de relevante procesvariabelen.
- b. Procesmodel: Via confrontatie van input en output data wordt een dynamisch procesmodel opgesteld; niet alleen het gedrag van procesvariabelen maar ook de tijdsschaal, waarop deze actief zijn.
- c. Optimalisatie: Via simulatie met procesmodel wordt nagegaan op welke wijze de doelen.
doelfuncties: het best bereikt worden.
- d. Procesregeling: Opstellen van een functionele specificatie van de ideale procesregeling.

4. Uitgevoerde projecten met PRIMAL

Een overzicht van toepassingen van PRIMAL is gegeven in de bijlage.

Interessante mogelijkheden/opties voor ‘meten en regelen’

De volgende interessante mogelijkheden en opties voor het (beter) meten en regelen zijn naar voren gekomen:

- a. *Het (meer) toepassen van PRIMAL ten behoeve van procesverbetering*

Toegepast bij	Doel	Resultaat	Data
Glasproductie	Procesmodellering en analyse	Predictiemodel voor procesregeling	1987 (opdracht TUE)
Kristallisatieproces chem. Industrie	Procesregeling	Verbeterde procesregeling	1988 (opdracht TUE)
Tolueen/Xyleen destillatie	Procesregeling	Kwaliteitsregeling	1989 (opdracht TUE)
Textielindustrie, Industrie droger	Koppeling van droger en smeller	Procesregeling voor droger, aanpassingen in het ontwerp	1992 - 1993 (IPL) 120 KI
DSM	Ondersteuning Process-control groep	Licentie PRIMAL	1990-... (IPL) 140 KI
DOW	Ondersteuning Procesmodellering en control	Licentie PRIMAL	1992-... (IPL) 92 KI
Rijkswaterstaat	Real-Time Fledetectie op basis van meetlusdata	On-line algoritmen voor het verkeersmonitoring systeem	1990-1991 (IPL) 130 KI
Voedingsmiddelenindustrie	Procesregeling geschaapte warmtewisselaar	Procesregelingsconcept + parameters	1992 (IPL) 12 KI
Papierindustrie	Belere besturing droogsectie papiermachines	Model van droogsectie van papiermachine + validatie in praktijk	1992-1993 (IPL) 200 KI
Papierindustrie	Regeling van de wet-end van een papiermachine	Regelsysteem voor de wet-end van een papiermachine	1993-1994 (IPL) 250 KI
Chemische Industrie	Modelvalidatie van complexe destillatiemodellen aan de hand van praktijkdata	Gevalideerde modellen die geschikt zijn voor procesbesturing	1993-1994 (Opdracht TUE)
Chemische Industrie	Regelsysteemontwerp voor batch-destillatie	Regelsysteem	1993 (Opdracht TUE)

Toegepast bij	Doel	Resultaat	Data
Mengvoederindustrie	Regeling van korrelersproces	Regelsysteem	1993-1994 (IPL) 400 KI
Keramische Industrie	Analyse energiebesparingspotentieel	analyse	1992 (IPL) 55 KI
Keramische Industrie	Regeling koelsectie tunneloven	regelsysteem + energiebesparing	1993 (IPL) 130 KI
Voedingsmiddelenindustrie	Modelvorming sproel- en banddroger	Procesmodel geschikt voor optimalisatie procesoperatie	1988-87, 1991-92
Kunststofverwerking	Identificatie spuitgietproces	Procesmodel voor regeling	1992-... (IPL) 20 KI
ESPRIT	Procesoperatie en optimalisatie systeem	Software-systeem, applicatiemodules supervisory control en operations management	1991-1992 (IPL) 2000 KI
Voedingsmiddelenindustrie	Software voor besturing filtratieprocessen	Softwaresysteem voor optimale procesbesturing	1992-1993 (IPL) 150 KI

Versie: 1 Februari 1993

EPIC ALS HULPMIDDEL BIJ PROCESONTWERP

Toegepast bij	Doel	Resultaat	Wanneer
ESPRIT	Regelbaarheidsanalyse binaire destillatiekolom	Regelstructuur voor set-point tracking en wegregelen van verstoringen	1991
MOTOR OIL	Herontwerp Wet Gas Compression Section	Reductie aantal shut-downs	1991-1992
Textielveredeling	Haalbaarheidsstudie recycling proceswater	Verbetering van oorspronkelijke procesontwerp.	1992

PROCESBEHEERSING

Trends in procesbeheersing

Intelligente procesverbetering

1. Inleiding

Economische eisen als efficiency verbetering en flexibiliteit, striktere wetgeving voor milieu-verontreiniging en energieverbruik, hogere produktkwaliteit en de tendens om steeds meer samenhangende delen van een proces geïntegreerd te besturen (complexiteit) stellen steeds hogere eisen aan het regelen en bewaken van industriële processen en technische systemen.

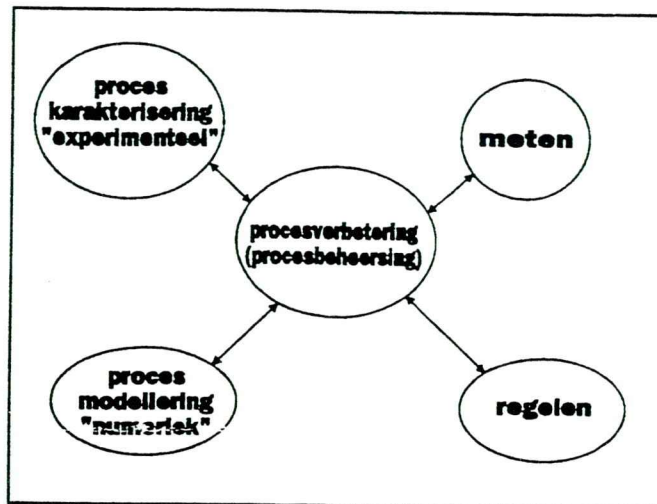
In belangrijke mate laten de met deze eisen samenhangende complexe regelproblemen zich oplossen met conventionele regeltechniek. Namelijk voor dat deel waarbij het proces goed gedefinieerd en in de tijd stabiel is. Niet, echter, voor processen die sterk niet lineair zijn en bovendien slechts gedeeltelijk fysisch/mathematisch zijn te beschrijven. Voorbeelden hiervan zijn diffusie en polymerisatieprocessen, robots, etc. Tijdsafhankelijke dynamica compliceert de procesregeling dan nog eens.

Er zijn analytische concepten beschikbaar voor het regelen van dergelijke moeilijke systemen, zoals adaptive control, predictive control en model reference adaptive methoden. Hieraan kleven echter wel bezwaren: er zijn veel en adequate meetgegevens nodig voor een betrouwbaar regelgedrag. Tenslotte blijken veel processen in de praktijk slecht beïnstroomd te zijn.

Soms omdat er geen sensoren voor te meten grootheden bestaan, maar vaker omdat er onvoldoende kennis is van de werking van het proces, geen 'model' van de werking, waarmee het nagenoeg onmogelijk is om goede meetpunten te definiëren.

2. Methode

Door verschillende disciplines gekoppeld toe te passen ontstaat een methode voor het ontwerpen en realiseren van procesverbetering (of procesbeheersing in zijn algemeenheid). Onderstaand is dat in een kwalitatief model geschetst.



In (bestaande) processen is karakterisering mogelijk door op geavanceerde wijze (gemeten) procesgegevens te analyseren. Dit wordt de 'black-box methode', zwarte modellering genoemd. Deze karakterisering kan als resultaat richtlijnen voor het besturen van processen opleveren.

Deze aanpak is niet universeel toepasbaar. Door het ontwikkelen van z.g. witte modellen waarin b.v. fysische en fysisch-chemische mechanismen in het proces worden uitgewerkt, kunnen via een andere invalshoek richtlijnen voor het besturen of optimaliseren van een proces verkregen worden. Fysisch-mathematische kennis en processpecifieke kennis (domeinkennis) is hierbij een vereiste. Beide wijzen van aanpak hebben hun voor- en nadelen en met een combinatie van beide is vaak het beste resultaat te behalen. Processimulatie, op deze wijze uitgevoerd, is een bij uitstek geschikte methode om kwantitatief inzicht te verkrijgen in mogelijke procesverbetering zonder onderbreking van de processen.

Het bemeten van het proces kan moeilijk zijn door extreme bedrijfsomstandigheden (zeer hoge of lage temperaturen, sterke vervuiling, hoge druk,) of omdat een grootheid uitsluitend indirect te meten is.

Als dit een primaire grootheid betreft (d.w.z. maatgevend voor het regelen) is, voorzover optimaal regelen gebaseerd op een z.g. imperfect model uitgesloten is, kennis van fysische meetmethoden vereist om adequate sensoren in te zetten, te bedenken of te 'simuleren'.

Tenslotte staan er moderne regelmethode ter beschikking om een scala van regelconcepten te realiseren voor procesverbetering. En niet alleen klassieke methoden, maar ook kennisgestuurde. Opvallend is bijvoorbeeld dat moeilijke langzame processen weliswaar door mensen zijn te regelen en te beheersen maar dat er effecten (problemen) optreden die van mens tot mens verschillen. Dit kan het toepassen van 'fuzzy control' rechtvaardigen.

De geschetste ontwerpmethode met karakteriseren, modelleren, meten en regelen is zowel 'iteratief' als 'interactief' toepasbaar, waarbij niet altijd alle bollen noodzakelijk zijn.

3. Toepassingsgebieden

Om de gedachten te bepalen zijn er drie concrete velden te noemen waar de ontwerp methode toepasbaar is:

- procesautomatisering dit zijn processen in de chemie, de voedingsbereiding, etc.

- discrete productie-automatisering

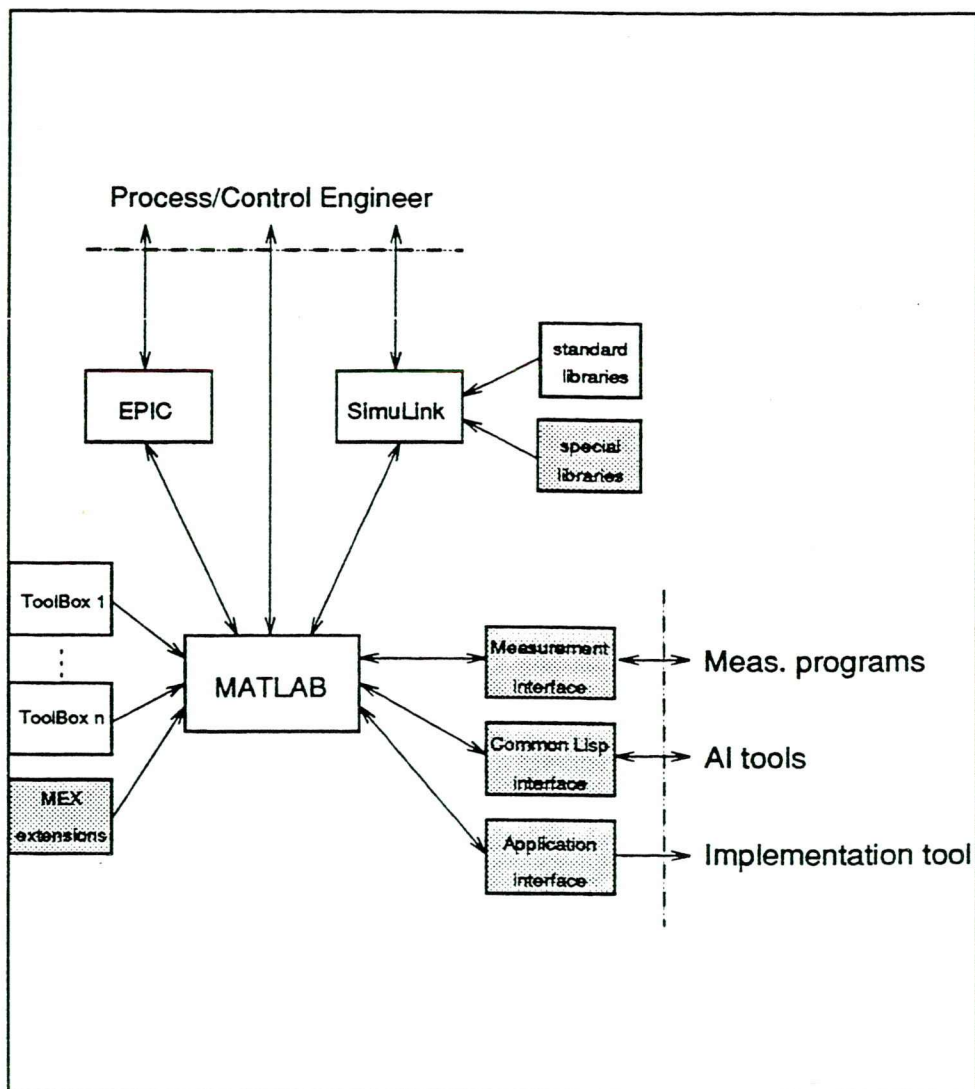
of industriële automatisering

zoals verpakkingsmachines, gereedschapsmachines, land- en tuinbouw
werktuigen

- produktontwikkeling hier speelt de mechatronica een belangrijke rol

4. Ondersteunende gereedschappen

De verschillende delen van de methode worden ondersteund door computer hulpmiddelen. In onderstaande figuur wordt de onderlinge samenhang aangegeven.



Basis is een kennissysteem (expert systeem) dat grafische ondersteuning geeft voor modelbouw, IPCS (Intelligent Proces Control System), PRIMAL als proceskarakteriseringsgereedschap en directe invoer voor mathematische en heuristische modellen. Regelconcepten kunnen ontwikkeld en gesimuleerd worden met behulp van MATHLAB/SIMULINK en EPIC. Flowsheeters als ASPEN zijn met een interface verbonden. IPCS geeft modelverificatie, simulatie en real-time operatie ondersteuning.

PROCES CONTROLE (UT)

* In het algemeen is er synergie tussen

- model
- besturingssysteem
- monitoringsysteem

Resultaat heet: "model-based control". Voorwaarde goede modellering is aanwezig en hanteerbaar.

* Fuzzy monitoring

- "poor man's solution"
- gebaseerd op ervaring en gezond verstand: "fuzzy logic"

* EPIC-project

- loopt bij TUE + IPL-TNO
- complexe ontwerpen/procesintegratie
- onderzoekt stabiliteit en regelbaarheid processen door middel van modellen en het leggen van verbanden
- veel data (gemeten of gesimuleerd) nodig
- levert ontwerpbijdrage aan regelsysteem

* Primal

- gereedschap voor model
 - complex; voor kritische toepassingen.
- Fundamenteel onderzoek naar "fault diagnosis":
- fout diagnose
 - multimodel-aanpak; normaal model klopt niet meer
 - ieder mogelijke fout wordt geanalyseerd

* Sturing en regeling

- optimale werkpunten zoeken met behulp van model van het proces en economische doelfunctie
- meestal niet op de top van de berg; er staan aantal hekken die oplossing begrenzen
- hek: kan zijn begrenzing aan uitstoot
- het gaat daarbij om kleine concentraties: moeilijk modelleren



* Olieraffinaderij

- flaregas-leiding. Hierop zijn tal van belangrijke emissiepunten aangesloten, b.v. veiligheidskleppen van drukvaten
- monitoren lekkage van belang voor vroegtijdige detectie emissiemogelijkheid
- eenvoudige sensor òf één opnemer/wisselende inzet
- qua kosten optimaal systeem:
 - * complexe sensoren
 - * monsternamen
 - * model
- schept mogelijkheid waardevolle componenten terug te winnen

Idem watersystemen:

- olie in water moeilijk meetbaar: afgeleide meten
- wat kan misgaan/wat zijn waarschijnlijk fouten
- op basis analyse: simpele sensor kiezen die aansluit op probleemstelling

* Lekkage in fabriek/diffuse bronnen

- diffuse bronnen
- sommige wat groter: hier kan je aan beperkt systeem + model denken
- monitoren fabrieksterrein aan de rand

* CIP-systemen

mogelijk:

- geen vaste cyclus, maar kijken naar kwaliteit in- en uitgaande stroom
- kwaliteit afvalstro(o)m(en) volgen; vergelijkbaar met produktstroom

Apeldoorn, 930331
ZEV/mae



Bijlage 4 **Beknopte verkenning van meetmogelijkheden (met name sensortechnische) bij de gesignaleerde problemen**

Voor het merendeel van de hoofdstuk 3 gesignaleerde problemen met betrekking tot procesbeheersing met milieugevolgen is verkend of zich hiervoor meetmogelijkheden (met name sensortechnische) aandienen.

De gehanteerde nummering komt overeen met die van hoofdstuk 3 en de tabel in paragraaf 4.2.1.

1 **Zuivel**

Nr. zuiv-1	Probleem: Vervuiling/Hygiëne/Reiniging
------------	--

Parameter:	Reinigingsmiddelen, met name natronloog, salpeterzuur, EDTA, NTA; of calcium uit melk.
Mogelijke oplossing:	pH-ISFET (loog/zuur); calcium-ISFET.
Toelichting:	De feitelijke reiniging van de apparatuur (verwijdering van produktresten door reinigingsmiddel) verloopt in enkele minuten, terwijl het reinigingsproces (loog, water, zuur, water) 4 uur duurt. Dit betekent verspilling en overbodige lozing van reinigingsmiddel. Het proces moet met pH- en calciummetingen aanzienlijk in te korten zijn. Calciummeting kan meteen een reductie van produktverlies (kostenbesparing) opleveren.

Naast bovenstaand milieurelevant probleem zijn in de zuivelindustrie nog de volgende procesbeheersingsproblemen gesignaleerd, die geen relatie hebben met milieubelasting.

- In de zuivelbereiding is ook zonder milieumotieven zeer veel ruimte voor nieuwe en verbeterde meet- en regeltechniek en procesbeheersing. Veel processen worden nog empirisch of met off-line labmetingen gestuurd en moeten gewoon uit oogpunt van kostenbesparing on-line gestuurd worden. Ook uit het oogpunt van energiebesparing en veiligheid is ruimte voor verbeterde meet- en regeltechniek en procesbeheersing. Voorbeelden:
 - Viscositeit van vla meten met in-line viscositeitsmeters (nu empirisch);
 - Gelering van kaas: wegvallen van vrije convectie meten via weerstand of met optische vezels (nu empirisch);
 - Eiwit-denaturatie (nu off-line met HPLC);
 - Drogen van melk volgen met infrarood-meting van vochtgehalte (energiebesparing) (Hiervoor hoeft alleen een voldoende nauwkeurige standaard (voor calibratie) ontwikkeld te worden; de meetmethode op zich voldoet reeds.);
 - Broei in melkpoeder meten met infrarood-meting van koolmonoxyde in afgas (veiligheid);

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

- Produktverlies reduceren door:
 - Verbetering van huidige pH- of geleidbaarheidsmeting (water / melk omschakeling);
 - Meting van drukval of impedantie van wand (produktaanslag);
 - Meting van produktresten in spoelwater (dit valt samen met de suggestie ‘effectiviteit van reiniging’, die wel een milieu-motief heeft).
- Een thema in de zuivelbereiding dat uit het oogpunt van produktkwaliteit een belangrijke rol speelt, is de microbiële besmetting van de apparatuur. Meting van het door de micro-organismen geproduceerde lactaat met bestaande sensoren is niet gevoelig genoeg: zodra lactaat detecteerbaar is, is de besmetting al te ver gevorderd. Er moeten dus zeer kleine aantallen micro-organismen on-line gemeten worden, direct (als levende cellen) of indirect (via bijvoorbeeld lactaat). In beide gevallen is echter een fundamentele sensorontwikkeling nodig.

2 Textiel

Nr: text-1

Probleem: Wisselende eigenschappen van het doek

Parameter:	Kleur(verschil), 'geometrie', weef-/breifouten, wateropnamecapaciteit?, bindingscapaciteit voor kleurstoffen?
Mogelijke oplossing:	Kleurmeting en nabij-infrarood-reflectie meting met optische vezels en/of planaire optische sensoren; CCD-camera's.
Toelichting:	Een probleem bij de regeling van de badsterkte (zie suggesties 'text-2') is dat de benodigde badsterkte afhangt van bepaalde eigenschappen van het doek, die sterk kunnen wisselen. Vaak moet daarom een ruime marge in de badsterkte genomen worden. Belangrijke eigenschappen zijn kennelijk kleur(verschil), 'geometrie' en weef-/breifouten. Deze zijn optisch goed te detecteren. Terugkoppeling naar de dosering van de chemicaliën kan daarbij ontwikkeld worden. Het is mogelijk dat de relatie tussen deze doekeigenschappen en de benodigde badsterkte te weinig bekend is om een terugkoppeling te ontwikkelen. Bovendien zijn er misschien nog andere doekeigenschappen die een belangrijke invloed op de benodigde badsterkte hebben, zoals de wateropnamecapaciteit of de bindingscapaciteit voor de kleurstoffen. In deze gevallen is eerst enig achtergrondonderzoek hiernaar nodig.

Nr: text-2

Probleem: Handhaven badkwaliteit

Parameter:	Kleurstoffen, peroxyde, loog, dithioniet, zeep, diverse ionen.
Mogelijke oplossing:	Optische absorptiemeting met fibers en/of planaire sensoren (kleurstoffen); pH-ISFET (loog); redoxpotentiaalelektrode (peroxyde); optische (?) meting van oppervlaktespanning (zeep); geleidbaarheidsensor (ionsterkte); ionselectieve ISFETs (ionen).
Toelichting:	Het probleem is overdosering van kleurstoffen en bijbehorende chemicaliën. In de huidige praktijk worden badsterktes niet goed gemeten. De overdosering kan vrij eenvoudig verminderd worden door meting van de betreffende kleurstoffen en andere chemicaliën in de baden. Meet- en regelenheden kunnen ontwikkeld worden voor verschillende processen waarin overdosering optreedt, met name: 1. Meting van de concentraties van de stoffen in de baden zelf of in de afvoer, met terugkoppeling naar de dosering van die stoffen.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

2. Meting van de concentraties van deze stoffen in het spoelwater voor of na het spoelen, om het spoelproces te sturen.
3. Meting van de concentraties van deze stoffen in het afvalwater voor of na zuivering, om het zuiveringsproces te sturen.

In sommige gevallen kan waarschijnlijk volstaan worden met het meten van een afgeleide parameter, bijvoorbeeld de redoxpotentiaal voor peroxyde of de geleidbaarheid voor diverse ionen. De genoemde meettechnieken zijn alle tamelijk robuust en lenen zich goed voor processituaties. Met name van kleursensoren komen de laatste 5 jaar veel nieuwe produkten op de markt.

In geval 1 hierboven zal de snelheid van de regeling het belangrijkste punt zijn waarop gelet moet worden bij een ontwikkeling: bij een te langzame regeling zullen namelijk grote doeklengtes verkeerd behandeld worden. De snelheid van de regeling is zowel voor de meettechniek als voor de regeltechniek een ontwikkelingseis.

Er wordt al veel onderzoek gedaan aan terugwinning van processtoffen en verwijdering van afvalstoffen uit het afvalwater, hergebruik van afvalwater en reductie van lozingen¹⁾. De ontwikkeling van meeteenheden zal hier naadloos op aansluiten.

Nr. text-3**Probleem: Stoomgebruik****Parameter:**

Zuurstof.

Mogelijke oplossing:

Amperometrische of optische zuurstofsensoren.

Toelichting:

Er bestaan veel verschillende zuurstofsensoren. De voornaamste inspanning zal het geschikt maken ervan voor gebruik in stoom (100 °C, hoge vochtigheid) zijn.

¹⁾ 'Projecten overzicht milieutechnologie', Novem, Utrecht, 1992

3 Papier

Nr: pap-1**Probleem: Produktuifval**

- Parameter:** Kwaliteitsparameters, te weten: gewichtsverdeling, gladheid, dikte, vochtgehalte.
- Mogelijke oplossing:** Optische sensorsystemen (absorptie-, reflectie- en transmissie).
- Toelichting:** Het percentage produktafkeur kan door metingen in het proces verkleind worden. Op basis van meting van de kwaliteitsparameters kunnen met name de pers- en droogmachines beter geregeld worden.
- Het vochtgehalte kan vermoedelijk met een infrarood-absorptiemeting vastgesteld worden. De gladheid kan bepaald worden met een gewone optische reflectiemeting of, indien een hoge nauwkeurigheid vereist is, met een triangulatiemeting. Hierbij zal een calibratie per papiersoort nodig zijn, omdat verschillende soorten papier verschillen in reflectie zullen geven. Een optische transmissiemeting biedt vermoedelijk mogelijkheden om zowel de dikte als de gewichtsverdeling van het papier te bepalen. Er moet echter ook onderscheid tussen deze twee grootheden gemaakt worden; misschien kan dit bereikt worden door een combinatie van transmissie- en reflectiemeting en/of door gebruikmaking van verschillende golflengten.
- Veel van deze optische meetsystemen kunnen met fibers uitgevoerd worden. Elke afzonderlijke meting hoeft niet zoveel ontwikkeling te vereisen, maar alle tezamen kosten ze natuurlijk een behoorlijke inspanning. Daarnaast vereist de regeltechniek hier ook enig nieuw werk, aangezien er nog helemaal geen regelschema's voor dit soort metingen zijn. Deze regelschema's dienen ook ontworpen, geïmplementeerd en gevalideerd te worden.

Nr: pap-2**Probleem: Chemicaliën-dosering**

- Parameter:** Geleidbaarheid, pH, lading (?), retentie.
- Mogelijke oplossing:** Geleidbaarheidssensor, ISFET (pH), optische vezelmeetsystemen.
- Toelichting:** Bij de papierproductie worden chemicaliën gebruikt om de vezels beter vast te houden (retentie). Door on-line regeling van de dosering van deze chemicaliën kan de hoeveelheid vezel- en slibafval gereduceerd worden. Vermoedelijk is een geleidbaarheid- of pH-meting het eenvoudigste, maar eventueel kan ook de in het water achterblijvende vezelconcentratie gemeten worden.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Nr. pap-3**Probleem: Retentie van vezels in reststromen**

- Parameter:** Bruikbare vezels.
- Mogelijke oplossing:** Optische sensorsystemen voor bepaling van brekingsindex of dispersie-patroon (?).
- Toelichting:** In de reststromen van de papierproductie worden bruikbare vezels afgescheiden. Hierbij vindt echter nog geen meting van de hoeveelheid vezels plaats. Mogelijk is dit te realiseren met meetmethoden die ook voor asbestvezels bruikbaar zijn. Het doel is betere afstelling van de scheidingsapparatuur.

Nr. pap-4**Probleem: Afvalwater**

- Parameter:** CZV, slib (deeltjes), nutriënten, pH, zuurstof.
- Mogelijke oplossing:** CZV-meetsysteem, optische of akoestische deeltjesmeting (slib), amperometrische enzymsensoren (nutriënten zoals glucose), ISFET (pH), amperometrische of optische zuurstofsensor.
- Toelichting:** Het gaat hier om biologische zuivering van het afvalwater van de papierproductie. Deze zuivering wordt al geregeld op basis van dergelijke metingen, maar er zijn nog verbeteringen mogelijk.

Naast bovenstaande milieurelevante problemen in de papierindustrie is nog het volgende procesbeheersingsprobleem gesignaleerd, die geen relatie heeft met milieubelasting.

- In de papierindustrie kan de droging van het gefabriceerde papier verbeterd worden door het vochtgehalte in het papier of in de uitgaande luchtstroom te meten. (Doel: energiebesparing.)

4 Metaaloppervlakte-behandeling

Nr: met-1	Probleem: Handhaven badkwaliteit
Parameter:	Diverse metalen en zout-ionen, bevochtigers, complexeren- de stoffen (bijvoorbeeld cyanide), stabilisatoren, glansmid- delen.
Mogelijke oplossing:	Geleidbaarheidsensor (ionsterkte = som van metalen en zout-ionen), cyanide-ISFET
Toelichting:	Net als in de textielindustrie worden veel chemicaliën voor badbehandelingen met de hand gedoseerd op ambachtelijke basis, waardoor nogal wat overdosering plaatsvindt. De praktijksituaties zijn wat minder overzichtelijk dan in de tex- tielindustrie. De geleidbaarheid van spoelwater is een goed voorbeeld van een verbetering; aan de ontwikkeling hiervan schijnt al gewerkt te worden. Daarnaast zouden meer speci- fieke gevallen (stoffen en omstandigheden) bekeken moeten worden om te kunnen vaststellen waar en met welke technie- ken sensoren ingezet kunnen worden. Er zijn echter onge- twijfeld meer mogelijkheden hiervoor. Op de lange termijn kan het inzetten van meer sensoren bij de regeling van de badsterkte er belangrijk toe bijdragen, dat de wens om te komen tot een gesloten waterkringloop en een nullozing van afvalwater realiseerbaar wordt.

Nr: met-2	Probleem: Produktuital
Parameter:	Kwaliteitsparameters, bijvoorbeeld laagdikte, glans.
Mogelijke oplossing:	Optische fibersensoren (reflectie), Röntgenmeettechnieken (transmissie en reflectie).
Toelichting:	Afkeuring van produkten vindt vaak te laat plaats, bijvoor- beeld na beëindiging van de produktie. Als onzichtbare af- wijkingen eerder gedetecteerd kunnen worden, kan teruggekoppeld worden naar de badsamenstelling en kun- nen milieu-onvriendelijke herstelbehandelingen vermeden worden. De kwaliteitsparameters moeten nauwkeuriger gedefinieerd worden om goed te kunnen zeggen wat voor meettechnieken ingezet kunnen worden. Als het om glans gaat, biedt net als bij de gladheid van papier een optische reflectie- of triangu- latiemeting (met fibers) uitkomst. Meting van laagdikte is, in tegenstelling tot wat bij papier het geval is, niet met optische maar wel met Röntgenmeettechnieken mogelijk. Hiervan zijn systemen op de markt (transmissie en reflectie).

Nr. met-3**Probleem: Dampen van organische oplosmiddelen op werkplek****Parameter:**

Dampen van organische oplosmiddelen.

Mogelijke oplossing:

Totaal-KWS meetsystemen (PID, FID); calorimetrische, Taguchi- of amperometrische gassensoren; FTIR.

Toelichting:

Bij de metaaloppervlakte-behandeling worden veel organische oplosmiddelen gebruikt. Hieruit komen dampen vrij in tamelijk hoge concentraties, die zowel een gezondheidsrisico als een milieurisico (luchtvervuiling) vormen. Installaties voor afzuiging of terugwinning kunnen gebouwd worden.

Het grootste probleem zal hierbij niet in de meting van de dampconcentratie liggen, want een bijzonder hoge selectiviteit is waarschijnlijk niet vereist. Bestaande apparatuur die niet op sensoren gebaseerd is maar mogelijk bruikbaar is, zijn totaal-koolwaterstof meters die meestal op basis van FIDs of PIDs werken, zoals die van Thermo Instrument Systems. Voldoen deze niet, dan zijn er ook verschillende typen meer of minder selectieve gassensoren op de markt. Ook 'remote sensing' is denkbaar: in Zweden is op het dak van een Volvo fabriek een FTIR-installatie getest. Deze optische techniek meet daar over een afstand van 175 meter de uitstoot van verfoplosmiddelen uit de schoorstenen van de verfwerkplaats.

De voornaamste inspanning zal liggen in het ontwerp en de bouw van een installatie waarmee de dampen:

- a. afgezogen worden; en
- b. verbrand, anderszins verwerkt of als oplosmiddel teruggewonnen worden.

Natuurlijk speelt de integratie van een meetsysteem hierin wel een essentiële rol.

Procesbeheersing door meten en regelen ten behoeve van reductie van milieubelasting
Programmeringsstudie

Nr: met-4**Probleem: Cyanide-oxydatie****Parameter:**

Cyanide.

Mogelijke oplossing:

Cyanide-ISFET.

Toelichting:

Cyanide wordt gebruikt voor het spreiden en doen glanzen van metaalbekledingen. Verwijdering van overmaat cyanide gebeurt door oxydatie. De cyanidenorm voor afvalwater wordt binnenkort met een factor 10 verlaagd. De suggestie om voor de regeling hiervan een cyanide-ISFET te gebruiken (in plaats van de bestaande redoxpotentiaal-meting), komt niet voort uit de probleemstelling, maar uit de sensor-technologie: het idee om een cyanide-ISFET te ontwikkelen is ontstaan in het project 'Kennisbenutting Milieusensoren' van het CME. Het is niet zeker of deze zal kunnen bijdragen aan een verdergaande cyanide-verwijdering: de centrale vraag zal zijn hoe laag de onderste detectiegrens van de sensor is.

5 Voeding

Nr. voed-1**Probleem: Oliën/vetten: Wisseling in grondstof (zaden)****Parameter:**

Vetten, vetzuren, eiwitten.

Mogelijke oplossing:

On-line HPLC.

Toelichting:

In de samenstelling van de grondstof (zaden) kunnen wisselingen optreden door seizoensinvloeden of doordat verschillende variëteiten gebruikt worden. Met name de gehalten aan vetten (oliën), vetzuren en eiwitten kunnen sterk variëren. Op deze variaties moeten de procescondities (aantal keren extraheren, extractie-temperatuur, enz.) geregeld worden. Op dit moment gebeurt dat nog met lab-analyses en proef-extracties. Dit probleem heeft slechts een klein milieu-aspect (de afvalstroom zal wat groter dan noodzakelijk zijn, maar is vermoedelijk niet moeilijk te verwerken) en is hoofdzakelijk een kwestie van produktiekosten (energiegebruik, extractiemiddelen, enz.)

Sensoren voor on-line meting van deze componenten zijn er nog niet, noch op de markt, noch in het onderzoek. Hierbij bestaan namelijk twee problemen:

- De vele verschillende van nature voorkomende vetten (of vetzuren, of eiwitten) lijken veel op elkaar en zijn moeilijk met sensoren te onderscheiden. Dit lukt tot nu toe slechts in enkele gevallen met biosensoren in de wetenschappelijke wereld.
- Er moet gemeten worden in een olie-achtige (niet-waterige) oplossing. Ook dit lukt tot nu toe slechts in enkele gevallen met biosensoren in de wetenschappelijke wereld. Voor de ontwikkeling van sensoren die èn selectief genoeg voor deze stoffen zijn èn in olie-achtig milieu kunnen meten, is dus nog fundamenteel onderzoek nodig. Dichterbij lijkt de realisatie van een on-line HPLC hiervoor; dit is een apparaat dat stoffen van elkaar scheidt alvorens ze te meten (vloeistofchromatograaf). Er zijn tegenwoordig HPLCs voor on-line procesgebruik; mogelijk kunnen deze ook voor deze toepassing ontwikkeld worden.

6 Industriële koeling

Nr: koel-1

Probleem: Controle op lekverliezen CFK's

- Parameter:** CFK's, in het bijzonder de positie van CFK-lekken.
- Mogelijke oplossing:** Bestaande of nieuwe CFK-meetapparatuur (bijvoorbeeld Taguchi-sensoren), zodanig aan te passen dat plaatsbepaling mogelijk is; ofwel niveaumeting van koelmiddel.
- Toelichting:** Het meten van CFK-concentraties op zich is al mogelijk. Het probleem is echter dit tegen verantwoorde kosten op voldoende plaatsen aan de buitenzijde van de installaties te doen. Mogelijk zijn hiervoor oplossingen te bedenken analoog aan de sensorkabels die bestaan voor lekdetectie van brandstoffen uit ondergrondse tanks en leidingen. Dergelijke kabels (er zijn twee verschillende principes) zijn in staat om behalve het feitelijke lek ook de plaats van het lek aan te geven. (De kabels worden recht of meanderend gelegd.) De vraag is dus of de bestaande CFK-meettechnieken op gelijksoortige manier aan te passen zijn, zodat plaatsbepaling van het lek mogelijk is. Indien de commercieel beschikbare CFK-meetapparatuur niet in aanmerking komt, zijn er zeker nog ontwikkelingsmogelijkheden met dezelfde of andere meettechnieken.
- Een alternatief is misschien het meten van verlies van koelmiddel in de reservoirs met een volumemeting. Dit kan geschieden met een niveaumeting, waarvoor vele verschillende sensoren op de markt zijn. Het nadeel hiervan is dat na vaststelling van een lek nog een handmatige zoektocht naar de plaats van het lek moet volgen.