

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapportnummer 851401001

Opzet van het model galvanisch bedrijf

J. v.d. Plaat, J.P.M. Ros

juli 1986

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-
Generaal voor de Milieuhygiëne, Directie Bodem, Water, Stoffen.

Verzendlijst

- 1 - 5 Directie Bodem, Water, Stoffen
- 6 Secretaris-Generaal van het Ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur
- 7 Plv. Directeur voor de Milieuhygiene
- 8 Ir. J. van Vliet (DGMH/BWS)
- 9 Ir. R.O. Bohmann (DGMH/AST)
- 10 Drs. K.C. Köllen (EZ/DMI)
- 11 Ir. K. Slijkhuis (TD Zeeuwse Waterschappen)
- 12 Drs. E.R. Dingemans (Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland)
- 13 W.B.P. Borghardt (namens VOM)
- 14 B. Vermij (DBW/RIZA)
- 15 Ing. P. Kuijten (Philips Nederland)
- 16 J. Weening (FME)
- 17 Ing. J.J.R. Ruschen (PWS Utrecht)
- 18 Ing. P.J. Meijer (RIVM/LAE)
- 19 Drs. F. van den Akker (DGMH/AST)
- 20 Ir. A.B. van Luin (DBW/RIZA)
- 21 Dr. ir. T. Schneider (RIVM)
- 22 Directie RIVM
- 23-24 Auteurs
- 25-26 Bureau Projecten- en Rapportenregistratie
- 27-35 Reserve exemplaren

Samenvatting

Dit rapport beschrijft het model galvanisch bedrijf, dat is opgezet om de milieuhygiënische resultaten en de kosten van saneringsvarianten voor de in waterig milieu uitgevoerde processen in galvanische modelbedrijven te berekenen. Het model bevat de basisgegevens van allerlei toepasbare technologieën, te weten de rendementen en de jaarlijkse kosten (inclusief kapitaalslasten). Deze zijn verkregen bij een serie bedrijfsbezoeken en uit de literatuur. De afvalwater- en de afvalproblematiek worden geïntegreerd beschouwd. Dit betekent, dat de berekeningsresultaten zowel de uitgaande stromen zware metalen en cyanide met afvalwater als met slib en (half-)concentraten bevatten alsmede de kosten voor het totaal (afvalwaterbehandeling en afvalverwerking).

Een modelbedrijf kan worden samengesteld uit maximaal 24 behandelingsbaden, d.w.z. procesbaden met metaaloplossingen, maar ook voor- en nabehandelingsbaden. Voor elk bad kunnen afzonderlijk de kenmerken worden opgegeven, zoals concentraties, de mate van vervuiling, oversleep, verdampingsverlies en aantal draaiuren. Een saneringsvariant kan bestaan uit procesgeïntegreerde maatregelen per bad (spaarbaden al dan niet met een terugwinnings-technologie), deelstroombehandeling per bad, afvalwaterzuivering en verwerking van (half-)concentraten in elke gewenste combinatie.

Het rekenmodel is ontwikkeld op een VAX750 onder het operating system UNIX. De programma's zijn geschreven in Pascal.

Inhoud

	blz.
1. Inleiding	1
2. Beschrijving van het model galvanisch bedrijf	2
2.1. Algemeen	2
2.2. Het modelbedrijf als totaal	2
2.3. Situatie rond een procesbad	4
3. Toepasbare technologieën	10
3.1. Algemeen	10
3.2. Procesgeïntegreerde maatregelen	10
3.3. Deelstroomzuivering	12
3.4. Afvalwaterzuivering	14
3.5. Verwerking (half-)concentraten	16
3.6. Overige kosten	16
4. Opzet en werking van het computerprogramma	19
4.1. Algemeen	19
4.2. Opzet computerprogramma	19
4.3. In- en uitvoer van gegevens	21
4.4. Het rekenmodel	21

Bijlagen

1. Gebruikte literatuur
2. Toelichting op kostenberekeningen
3. Kosten en rendementen procesgeïntegreerde maatregelen
4. Kosten en rendementen deelstroomzuivering
5. Kosten en rendementen afvalwaterzuivering
6. Kosten en rendementen concentraatverwerking
7. Overige kosten en kostenbepalende factoren
8. Invoergegevens per procesbad voor een modelbedrijf
9. Algemene invoergegevens
10. Het computerprogramma
11. Uitvoergegevens per variant voor een modelbedrijf

1. INLEIDING

Een beperking van de hoeveelheid afval en de verontreiniging met afvalwater vanuit een galvanisch bedrijf is op diverse manieren te realiseren. Ruwweg kan men de mogelijkheden van aanpak onderscheiden in badreiniging, spaar-spoeltechnieken, procesgeïntegreerde technologieën, deelstroombehandeling spoelwater, afvalwaterzuivering en concentraatbehandeling.

In de praktijk zijn talloze varianten in de vorm van combinaties van de bovengenoemde technische mogelijkheden denkbaar voor een bedrijf. Daarnaast kenmerkt de bedrijfstak zich door een grote diversiteit aan bedrijven. Met deze problematiek krijgt men te maken bij het trachten inzicht te verkrijgen in een optimale saneringsaanpak van dergelijke bedrijven.

Het voorgaande is de reden geweest een model op te zetten, waarin voor een tamelijk willekeurig te definiëren modelbedrijf vele varianten voor de aanpak snel kunnen worden doorgerekend op totale kosten en milieuhygiënische resultaten. In dit rapport wordt de opzet van het model toegelicht. Bovendien wordt de werking van het computerprogramma gepresenteerd.

In het model zijn functies voor de kosten en rendementen van technologieën opgenomen. Deze kunnen in de komende jaren zonedig worden aangepast en verbeterd, indien blijkt, dat het functioneren in de praktijk anders is dan hier aangenomen. De daarom in bijlagen vermelde gegevens over kosten en rendementen voor alle mogelijke technologieën zijn gebaseerd op zowel literatuur- als praktijkgegevens (bijlage 1).

Het model is opgezet in het kader van twee opdrachten van het DGMH aan het LAE. In de eerste plaats wordt het gebruikt in het project 'Best uitvoerbare en best bestaande technieken ter beperking van de verontreiniging met industrieel afvalwater'. In dit verband is het RIVM ook vertegenwoordigd in de CUWVO-subwerkgroep 'Oppervlaktebehandeling metaalindustrie'. Deze opdracht wordt door het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies uitgevoerd voor de hoofdafdeling Water van de directie BWS. In de tweede plaats is het model van nut in het project 'Belemmeringen bij de introductie van nieuwe technologie in de galvano' hetgeen door het LAE voor de directie AST wordt uitgevoerd.

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het modelbedrijf alsmede de wiskundige uitwerking. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de in het model opgenomen technologieën met de gekozen benaderingen. Tevens worden hierin de overige kosten (en baten), die voor een bedrijf van belang zijn opgesomd. Hoofdstuk 4 tenslotte geeft een overzicht van de opbouw en het functioneren van het computerprogramma. Berekeningsresultaten zijn niet in dit rapport opgenomen.

2. BESCHRIJVING VAN HET MODEL GALVANISCH BEDRIJF

2.1 Algemeen

Galvanische afdelingen/bedrijven kennen onderling vele verschillen. Deze liggen in de grootte, het type procesbaden, de produkten en de mate van automatisering. Toch zijn de overeenkomsten zodanig, dat er een basismodel kan worden opgezet, waarmee het overgrote deel van deze bedrijven kan worden beschreven. Het model beperkt zich overigens tot die processen in een galvanisch bedrijf, die worden uitgevoerd in waterige milieus. De emissies naar de lucht worden niet meegenomen.

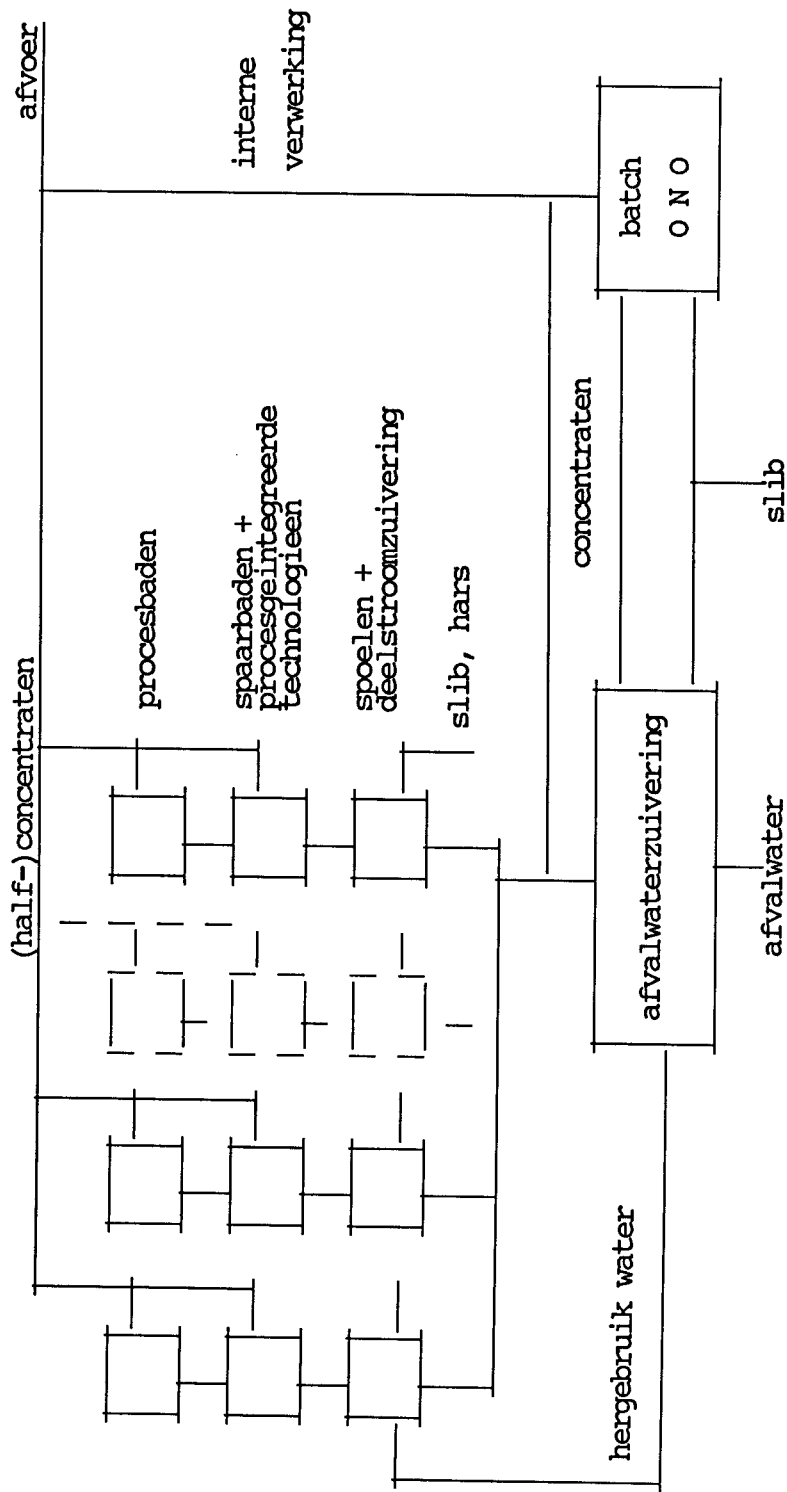
Bij de beschrijving van het modelbedrijf wordt allereerst de opzet als totaal gegeven in 2.2. In 2.3 wordt de situatie rond een procesbad geschetst. Daarbij is aangegeven, hoe de modelmatige opzet van de procesgeïntegreerde maatregelen is uitgewerkt.

2.2 Het modelbedrijf als totaal

Een galvanisch bedrijf is opgebouwd uit één of enkele behandelingsreeksen. Elke reeks bestaat uit diverse procesbaden (ontvetting, beitsen, elektrochemische vorming van een metaallaag en nabehandeling). Vanuit elk procesbad of het daaraan gekoppelde spoelsysteem komen een spoelwaterstroom en een stroom (half-)concentraten. De grootte van deze stromen wordt bepaald door de procesparameters en de procesgeïntegreerde maatregelen (zie 2.3). In figuur 2.1 is dit weergegeven. Hierin zijn tevens de mogelijkheden aangegeven deze stromen aan te pakken. Voor de spoelwaterstromen kan dit in de eerste plaats middels een deelstroomzuivering, die in dit model aan een procesbad is gekoppeld. Vervolgens is er de mogelijkheid van een totale afvalwaterzuivering met een gedeeltelijke terugvoer van water voor hergebruik.

Concentraten en halfconcentraten zijn de oplossingen, die vrijkomen uit procesbaden respectievelijk spaarbaden, wanneer deze te vervuild zijn. Voor de (half-)concentraten zijn er diverse varianten. Per deelstroom kan worden gekozen voor afvoer, interne verwerking in de afvalwaterzuiveringsinstallatie (door langzaam toevoegen) of interne verwerking in de batchgewijs werkende ONO-installatie. De berekende uitgaande vrachten zijn die met afvalwater, met slib en met (half-)concentraten. Op de specifieke veronderstellingen bij bepaalde maatregelen wordt ingegaan in hoofdstuk 3.

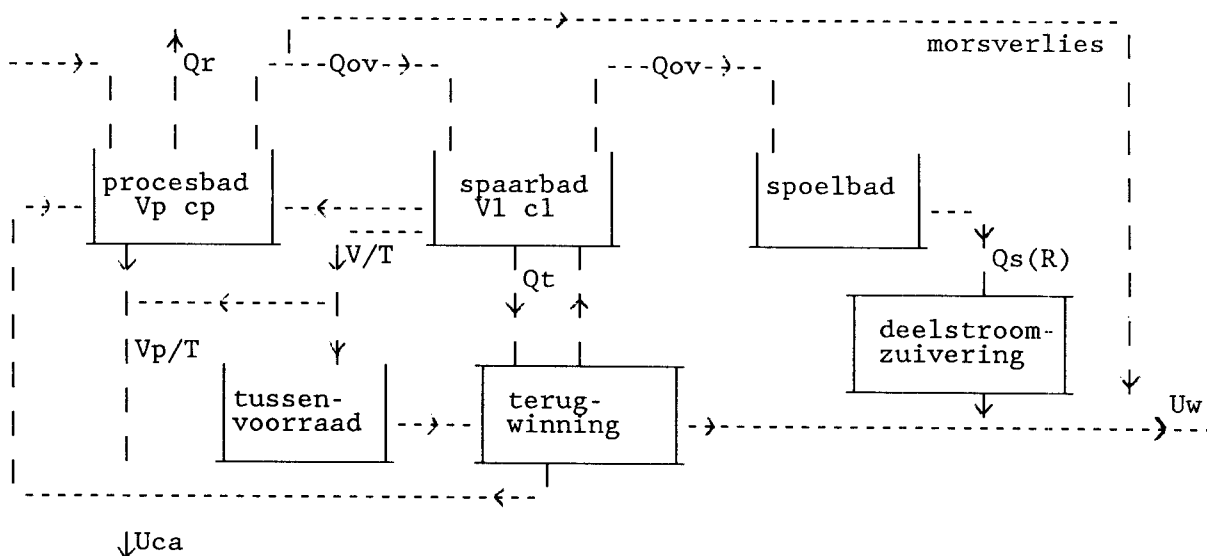
Figuur 2.1: OPZET MODEL GALVANISCH BEDRIJF



In eerste instantie worden per procesbad spoelwaterdebieten, hoeveelheden (half-)concentraten alsmede de vrachten zware metalen en cyanide in die stromen berekend. Dit geldt per uur, maar omdat ook per bad het aantal draaiuren kan worden opgegeven, kunnen eveneens jaarvrachten worden berekend. De gegevens per uur bepalen de benodigde capaciteit van zuiveringstechnische maatregelen. Voor de afvalwaterzuivering is dit de som van de gegevens per procesbad. Dit wordt verhoogd met een reservecapaciteit van 30 % van deze som. Worden (half-)concentraten intern verwerkt samen met het afvalwater, dan is voor het debiet aangenomen 5 keer de gemiddeld per uur vrijkomende hoeveelheid. Dit is klein t.o.v. het spoelwaterdebiet. Overigens kan hiervoor slechts worden gekozen bij een continue ONO-installatie of neutralisatie. Bij ionenwisseling als eindzuivering worden de regeneraten in een separate ONO-batch verwerkt. Hiermee kunnen tevens (half-)concentraten worden behandeld.

2.2 Situatie rond een procesbad

Voor de uitwerking van de situatie rond een procesbad en het effect van procesgeïntegreerde maatregelen is uitgegaan van massabalansen. In figuur 2.2 zijn alle mogelijke processtromen aangegeven. Deze komen in de praktijk niet alle tegelijk bij een procesbad voor. Bij een bepaalde aanpak is meestal slechts een beperkt aantal van deze stromen aan de orde. De belangrijkste benadering zit in het konstant veronderstellen van diverse parameters. In de praktijk zullen deze dikwijls variëren. Dit geldt met name voor het oversleepdebiet. Vooral bij loongalvanische bedrijven (door verschillende produkten) en in iets mindere mate als gevolg van handmatig werken is dit debiet verre van konstant. Er kan niet meer dan een gemiddelde worden opgegeven.



Figuur 2.2: Schematische weergave van alle mogelijke stromen rond een procesbad (bij een bad in de praktijk komen overigens slechts enkele hiervan tegelijk voor; er is in dit schema slechts één spaarbad opgenomen)

De in figuur 2.2 gebruikte symbolen stellen voor:

V_p = volume procesbad

V_i = volume i-de spaarbad

c_p = concentratie in procesbad

c_i = concentratie in i-de spaarbad

Q_{ov} = oversleepdebiet

Q_r = verdampingsverlies (terugvoerdebiet)

T = periode, na welke het betreffende bad wordt ververs

Q_t = debiet naar terugwinnings- of zuiveringssysteem

Q_s = spoelwaterdebiet (R is benodigde verdunningsfactor t.o.v. procesbad)

U_w = uitgaande vracht met afvalwater per tijdseenheid

U_{ca} = uitgaande vracht met (half-)concentraten per tijdseenheid.

Er zijn nu diverse varianten voor een procesgeïntegreerde aanpak mogelijk. Het gaat daarbij veelal om drie keuzes, te weten het aantal spaarbaden, het al dan niet inzetten van terugwinningstechnologieën en continu of batch-gewijs werken.

Variant 0

In dit geval zijn geen maatregelen genomen en geldt:

$$U_w = Q_{ov} * c_p$$

Indien cascadespoeling wordt gekozen (twee compartimenten), verandert slechts het spoelwaterdebiet: $Q_s = R * Q_{ov}$.

Variant Ax

In deze variant worden x spaarbaden geplaatst, vanwaaruit continue terugvoer naar het voorgaande spaar- of procesbad wordt gerealiseerd met debiet Q_r . In het geval er één spaarbad staat, wordt de massabalans:

$$\frac{dcl * V}{dt} = Q_{ov} * c_p - Q_{ov} * cl - Q_r * cl$$

waaruit voor de stabiele situatie ($dcl * V / dt = 0$) volgt:

$$U_w = \frac{Q_{ov}^2 * c_p}{Q_{ov} + Q_r} \quad (A1)$$

In het geval van twee spaarbaden kunnen massabalansen voor beide spaarbaden worden opgesteld, waaruit voor de stabiele situatie kan worden afgeleid:

$$U_w = \frac{Q_{ov}^3 * c_p}{Q_{ov}^2 + Q_{ov} * Q_r + Q_r^2} \quad (A2)$$

In principe kan met nog meer spaarbaden worden gewerkt, maar deze mogelijkheid is vooralsnog niet in het model opgenomen. Uitbreiding hiermee is overigens niet moeilijk te realiseren. Varianten met spaarbaden voor het procesbad zijn evenmin opgenomen.

Variant Bx

In deze variant staan er x spaarbaden achter het procesbad. Na verloop van periode T, waarvoor geldt $V/T = Q_r$, wordt de oplossing uit het eerste spaarbad overgebracht in een tussenvoorraadvat, vanwaaruit gedurende de volgende periode het procesbad wordt aangevuld. In het geval van twee spaarbaden wordt het eerste spaarbad na T gevuld met de inhoud van het tweede spaarbad, in de andere gevallen gebeurt vullen met schoon water. Uit de massabalans kan de uitsleep uit het laatste spaarbad worden afgeleid met:

$$U_w = \frac{Q_{ov}}{T} \int_0^T c_i \cdot dt$$

De uitgaande vracht U_w is in dit geval het gemiddelde over de periode T. In geval van één spaarbad komt dit op:

$$U_w = Q_{ov} \cdot c_p \left\{ 1 - \frac{Q_r}{Q_{ov}} \left(1 - e^{-Q_{ov}/Q_r} \right) \right\} \quad (B1)$$

In het geval van twee spaarbaden gaat men langzaam naar een limietsituatie, waarbij c_1 en c_2 na het einde van een periode dezelfde waarden hebben als na het einde van de voorgaande periode.

In deze limietsituatie kan voor de gemiddelde U_w over T worden berekend:

$$U_w = Q_{ov} \cdot c_p \left\{ 1 - \frac{Q_r}{Q_{ov}} \left[\frac{2 \sinh(Q_{ov}/Q_r) - Q_{ov}/Q_r}{\exp(Q_{ov}/Q_r) - Q_{ov}/Q_r} \right] \right\} \quad (B2)$$

Variant Cx

Deze variant is overeenkomstig B, zij het dat terugvoer naar het procesbad slechts beperkt mogelijk is, omdat Q_r te klein is. Dan kan de na periode T naar de tussenvoorraad overgebrachte spaaroplossing worden behandeld (met rendement η), waarna de behandelde oplossing wordt geloosd. De spaaroplossing kan ook worden afgevoerd of intern in de afval-

waterzuivering of de batch-ONO worden behandeld.

De uitgaande vrachten worden:

Eén spaarbad: (C1)

$$U_w = Q_{ov} * c_p \left(1 - \frac{\eta * V}{Q_{ov} * T} \left(1 - e^{-Q_{ov} * T / V} \right) \right)$$

Twee spaarbaden: (C2)

$$U_w = Q_{ov} * c_p \left\{ 1 - \frac{\eta * V}{Q_{ov} * T} \left[\frac{2 \sinh(Q_{ov} * T / V) - Q_{ov} * T / V}{\exp(Q_{ov} * T / V) - Q_{ov} * T / V} \right] \right\}$$

Variant D

In dit model wordt het (eerste en enige) spaarbad continu gezuiverd door daaruit een stroom met een debiet Q_t naar een zuiverings- of terugwinnings-systeem met rendement η te leiden. Het behandelde water gaat weer terug naar het spaarbad. Er ontstaat na verloop van tijd een stabiele situatie, waarvoor geldt:

$$U_w = \frac{Q_{ov}^2 * c_p}{Q_{ov} + \eta * Q_t} \quad (D)$$

Variant Ex

Deze variant moet worden gekozen voor procesbaden, die verontreinigd raken en na een periode T uit de reeks moeten worden gehaald. Dit geldt in de eerste plaats voor ontvettings-, beits- en passieveerbaden. Als er zonder spaarbad wordt gewerkt, wordt de massabalans bij een inbreng I_x (per tijdseenheid) van verontreiniging x :

$$\frac{dc_{xp} * V_p}{dt} = I_x - Q_{ov} * c_{xp}$$

Bij de uitwerking hiervan komt men met $c_{xp}=0$ op tijdstip $t=0$ tot:

$$U_w = I_x \left\{ 1 - \frac{V_p}{Q_{ov} * T} \left(1 - e^{-Q_{ov} * T / V_p} \right) \right\} \quad (E0)$$

Indien ook rekening moet worden gehouden met een verandering van concentraties van reguliere badcomponenten (zoals bij passiveren), kan variant 0 hierbij worden opgeteld. Hierbij is aangenomen, dat de verliezen als gevolg van alleen oversleep worden aangevuld. I_x kan ook negatieve waarden aannemen in een dergelijk geval.

Men kan ook een spaarbad achter zo'n procesbad plaatsen. Dan geldt:

$$U_w = I_x \left(1 + e^{-Q_{ov} \cdot T / V} - \frac{2V}{Q_{ov} \cdot T} \left(1 - e^{-Q_{ov} \cdot T / V} \right) \right) \quad (E1)$$

waarin is aangenomen dat $V_p = V$.

Voor het geval ook concentraties van reguliere badcomponenten wijzigen (zoals hiervoor beschreven), wordt de waarde van variant C1 hierbij opgeteld. De afvoer van concentraat wordt als V_p/T in het model ingevoerd. Het invoeren van grenswaarden voor de concentratie vervuiling was ook een mogelijkheid, maar leidde tot meer berekeningen. Bovendien waren deze grenswaarden veelal niet bekend.

In het geval van E1 wordt de hoeveelheid (half-)concentraat $2V_p/T$. De uitgaande vracht met (half-)concentraten is:

$$U_{ca} = I_x - U_w \quad (U_w \text{ volgens E0 of E1 voor verontreinigingen})$$

$$U_{ca} = c_p \cdot V_p / T - U_w \quad (U_w \text{ volgens A0 of C1 voor badcomponenten}).$$

Morsverliezen

Bij een bedrijf kunnen morsverliezen optreden. Deze zijn benaderd als zijnde een fractie van de oversleep:

$$U_{mors} = x \cdot Q_{ov} \cdot c_p$$

waarin x kan variëren van minder dan een procent tot vele procenten. Voor handreeksen is te verwachten, dat het morsverlies groter is dan voor automaten. Morsverliezen worden wel in een afvalwaterzuiveringsinstallatie behandeld, maar niet bij een procesgeïntegreerde aanpak of met deelstroombehandeling.

3. TOEPASBARE TECHNOLOGIEËN

3.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt aangegeven, welke technologieën in een sanerings-variant kunnen worden gekozen. Elke technologie brengt kosten met zich mee en heeft een bepaald rendement voor een stof. Dit rendement kan overigens weer afhankelijk zijn van diverse factoren. Voor de kosten en rendementen van de technologieën wordt verwezen naar de betreffende bijlagen. Zij zijn niet specifiek voor de opbouw van het model.

In het model wordt gerekend met jaarlijkse kosten. Dat betekent, dat de vaste en variabele lasten samen zijn genomen. Voor de afschrijving is per technologie vastgesteld, wat de technische levensduur is. In bijlage 2 zijn de uitgangspunten voor deze berekeningen gegeven. De jaarlijkse kosten zijn samengesteld uit:

- afschrijving van de installatie (inclusief voorbereiden en installeren)
- afschrijving op bouwkosten
- onderhoud
- bediening
- energie
- chemicalien
- afvoer van slib of (half-)concentraten.

3.2. Procesgeïntegreerde maatregelen

De kosten en rendementen van de mogelijke procesgeïntegreerde technologieën zijn gegeven in bijlage 3. Naast spaarspoelsystemen zijn ingevoerd:

- elektrolyse
- verdamping
- omgekeerde osmose
- elektrodialyse.

De benodigde invoer is minimaal. Naast de keuze voor een van de varianten A tot en met E, dient in geval van C of D de technologie te worden gekozen. Overigens kan voor C en/of E ook worden aangegeven, dat (half-)concentraten intern worden verwerkt in de afvalwaterzuiveringsinstallatie of in de ONO-batch, dan wel dat ze worden afgevoerd. De kosten voor afvoer zijn gegeven in bijlage 6. Bij variant C dient nog de verversingsfrequentie van de spaarbaden te worden gekozen (in de vorm van V/T).

In geval van E is deze gelijk aan V_p/T . Bij de varianten A, B en D is ervan uitgegaan, dat geen (half-)concentraten vrijkomen.

In geval van model D bepaalt het model automatisch op basis van Q_{ov} , Q_r , c_p en de component, waar het om gaat, wat de capaciteit van de installatie moet zijn. Dit gebeurt op basis van in de praktijk gangbare keuzes. Bij deze uitgangspunten zijn de rendementen bepaald. Dit houdt in, dat niet kan worden gevarieerd met capaciteiten om daarmee wellicht het rendement te verhogen.

In het volgende wordt een korte beschouwing per technologie gegeven, die tevens verklarend kan zijn voor de in bijlage 3 vermeld functies voor kosten. Bij het vaststellen van deze kostenfuncties is gezocht naar eenvoudige relaties. Daarbij zijn benaderingen gebruikt, die voor een nauwgezette beschouwing van een van de genoemde technologieën wellicht niet goed voldoen, maar in het kader van een totaalbeschouwing van een bedrijf voldoende nauwkeurig zijn.

Spaar- en spoelsystemen

De varianten A, B en E zijn geheel op de inzet van spaarbaden gebaseerd. Echter, ook bij C en D komen spaarbaden voor en moeten de kosten hiervoor worden meegenomen.

De investering voor een spaarbad is gering. In het geval van een automaat moet ook rekening worden gehouden met een programmawijziging. Belangrijker voor de kosten is het produktieverlies (bij automaten) of de extra bediening (bij handreeksen). Deze kosten kunnen slechts ruw worden geschat, maar zijn wel bepalend. Met spaarbaden kunnen alle badcomponenten in gelijke mate worden teruggevoerd naar het procesbad. Cascadespoeling is eveneens opgenomen. De kosten zijn als voor een spaarbad.

Elektrolyse

Deze technologie lijkt bij uitstek geschikt voor toepassing in de variant D, maar ook de variant C komt voor. De capaciteit dient te worden afgestemd op de oversleep $Q_{ov} \cdot c_p$, waarbij er nog enige verschillen zijn tussen de mogelijke componenten door verschillende elektrochemische eigenschappen. Bij model C wordt het stroomrendement de beperkende factor voor het rendement. Terugwinning geldt alleen voor de metalen.

Verdamping

Er kan worden gekozen voor verdamping in een of twee stappen, waarbij het laatste minder energie vraagt, maar een hogere investering en dus vooral bij grotere debieten in aanmerking komt. Nog minder energieverbruik, maar met een investering van 1,5 maal die van de eentraps verdamping kenmerkt het 'vapor recompression' systeem. Voor de kostenfunctie zijn deze alle meegewogen. Alle componenten worden in gelijke mate teruggewonnen.

Omgekeerde osmose

Twee factoren, te weten de retentie en de recovery, bepalen het functioneren van een omgekeerde osmose systeem. Indien volledige terugwinning wordt beoogd bepalen Q_{ov} en Q_r samen voor het belangrijkste deel de capaciteit. Daarnaast speelt de component, waar het om gaat, een rol. Het benodigd filteroppervlak is per component verschillend. De levensduur van de membranen is korter dan die van de installatie als geheel. Niet alle componenten worden in gelijke mate teruggewonnen (verschillende retentie), hetgeen in de rendementen tot uitdrukking komt. Toepassing van variant D is het meest geschikt.

Elektrodialyse

Het kan worden gebruikt om oplossingen uit een spaarbad te concentreren, maar ook om componenten hieruit rechtstreeks in het procesbad terug te voeren. De methode richt zich slechts op geladen deeltjes (ionen), waarbij nog een zekere selectiviteit geldt, hetgeen zich in de rendementen weerspiegelt. Bepalend voor de capaciteit en dus de kosten is met name het oversleep-dediet. Als het om concentreren gaat en volledige terugwinning wordt beoogd, speelt ook Q_r ofwel de mogelijkheid tot terugvoer een rol. De levensduur van de membranen is korter dan van de installatie als geheel.

3.3. Deelstroomzuivering

Onder deelstroomzuivering wordt in dit model verstaan de behandeling van een spoelwaterstroom afkomstig van een bad. Daarvan zijn weer uitgezonderd de ontgiftingsstappen, die onderdeel van een ONO-installatie vormen. In bijlage 4 zijn kosten en rendementen gegeven.

In de huidige versie van het model zijn drie technologieën te kiezen, te weten:

- ionenwisseling
- ultrafiltratie
- chemisch spoelbad.

Er wordt niet met terugwinning of hergebruik van water gerekend. M.b.t. de genoemde technologieën kan nog het volgende worden toegelicht:

Ionenwisseling

Hieronder is begrepen het zogenoemde cassettesysteem, waarbij regelmatig de cassettes met hars worden verwisseld en opgehaald. Deze worden centraal geregenereerd. Per cassette dient hiervoor te worden betaald, enigszins afhankelijk van het geadsorbeerde ion. De capaciteit wordt bepaald door het spoelwaterdebiet Q_s , maar de inkomende vrachten zijn voor de kosten van wezenlijker belang.

Ultrafiltratie

In feite gaat het hierbij om een kleine ONO-installatie, waarbij de slib-afscheidingsstap gebeurt in de vorm van ultrafiltratie. Daaraan dient eventueel ontgiftiging en in ieder geval neutralisatie vooraf te gaan. De oplosbaarheden van de diverse metaalhydroxyden geven het mogelijke eindresultaat aan. Ter vereenvoudiging is in het model met rendementen in de vorm van percentages gewerkt. Dit is een goede benadering, aangezien met vaste R-waarden gewerkt kan worden en dus de ingangconcentraties in alle gevallen hetzelfde kunnen worden gehouden. Aangezien het slib in de meeste gevallen voornamelijk een metaal bevat, is er niet met kosten voor slibafvoer gerekend. De levensduur van de membranen is geringer dan die van de installatie. Het inkomende debiet en de inkomende componenten bepalen de capaciteit.

Chemisch spoelbad

De ontgiftiging van CrVI of CN kan in de reeks worden gedaan. In de praktijk is het een tussenvorm tussen aan een spaarbad gekoppelde technologie en spoelwaterzuivering. In de praktijk komt vooral de chroomVI-ontgiftiging in een apart bad na het chroombad voor. De kosten hebben dan ook betrekking

op een extra spaarbad en de kosten voor chemicalien. Het kan besparend werken, doordat een aparte chromontgiftingsinstallatie achterwege kan blijven.

3.4. Afvalwaterzuivering

Elk spaarbad met de daaraan gekoppelde procesgeïntegreerde maatregelen of deelstroomzuivering levert een spoelwaterstroom. Deze kan naar een eindzuivering worden geleid. Gekozen kan worden voor:

- geen zuivering
- ionenwisseling
- ONO-continu met bezinking
- ONO-continu met ultrafiltratie
- neutralisatie.

De gegevens van de diverse spoelwaterstromen worden gesommeerd. Op basis van de gesommeerde gegevens worden de kenmerken en de kosten van de installatie berekend. Voor de hierbij gebruikte functies en de rendementen wordt verwezen naar bijlage 5. Indien wordt gekozen voor geen zuivering, is daarmee de lozing met afvalwater bepaald. In de andere gevallen gebeurt het volgende:

Ionenwisseling

Er is voor de kosten uitgegaan van zowel kationen als anionenwisseling. Na verloop van tijd raken de harsen verzadigd en dienen ze te worden geregenereerd. Er is vanuit gegaan, dat de hoeveelheid regeneraat 2 % bedraagt van de in totaal aangeboden hoeveelheid water. Dit regeneraat moet ook worden behandeld, hetgeen gebeurt in een ONO-batch. De kosten hiervoor zijn niet bij ionenwisseling opgenomen. Bij de invoer van de saneringsaanpak moet de interne concentraatverwerking in een ONO-batch worden aangegeven.

Per component is een verwijderingsrendement aangegeven. Door de mogelijkheid van hergebruik van water ligt het milieurendement nog hoger. Het percentage hergebruik dient per geval te worden opgegeven. De capaciteit van de installatie wordt bepaald door alle uurdebieten van de afzonderlijke spoelwaterstromen samen te nemen plus een reserve van 30 %.

Bij de exploitatie zijn daarnaast de werkelijk behandelde hoeveelheid, alsmede de ingaande totaalvracht van de te verwijderen componenten van

belang. Er wordt geen slib afgevoerd (dit gebeurt bij de ONO-batch).

ONO-continu met bezinking

De grootte van een ONO-installatie wordt slechts gedeeltelijk bepaald door de som van de uurdebieten van de baden. De eerste stap is de ontgifting, maar deze wordt uiteraard alleen uitgevoerd, als er CrVI of CN aanwezig is. Aangezien de criteria, waarbij moet worden ontgift, afhankelijk zijn van grenswaarden (normen), zijn deze niet vast in het programma opgenomen, maar kunnen ze worden gekozen. Deze keuze is mogelijk in de vorm van een toelaatbare concentratie of jaarvracht. In de kostenfunctie zijn factoren opgenomen, die tot een verhoging leiden, wanneer ofwel CrVI ofwel CN moeten worden ontgift.

De verdere opzet van de ONO is die met een neutralisatie (pH-correctie), slibafscheiding d.m.v. sedimentatie en slibontwatering m.b.v. een filterpers. Voor de kosten zijn verder van belang de jaarlijks aangeboden vrachten CrVI, CN en als totaal, het jaarlijks behandelde debiet en de mogelijke toevoeging van (half-)concentraten.

Het resultaat van een ONO-installatie per component kan niet worden uitgedrukt in een vast rendement. De oplosbaarheid is sterk bepalend en daarmee geeft de ingangconcentratie de mogelijke verwijdering aan (overigens spelen in de praktijk zaken als vlokvorming en slibafscheiding een belangrijke rol en verschillen de eindconcentraties daardoor). Het model is daarom gevoed met eindconcentraties voor de diverse metalen (vergelijk de aanbeveling van de Unie van Waterschappen). Daarop is weer een correctie uitgevoerd voor het effect van insluiting en adsorptie. Deze correctie heeft de vorm van de wortel uit het quotient van de ingaande vracht van dat metaal en de som van de ingaande vrachten van alle metalen.

Aangezien per procesbad verschillende draaiuren kunnen worden ingevoerd, wordt de berekening in een aantal stappen uitgevoerd (zie bijlage 10).

ONO-continu met ultrafiltratie

Deze afvalwaterbehandeling is gelijk aan de ONO met bezinking met uitzondering van de stap, waarbij slibvlokken uit het water worden verwijderd. Het rendement wordt daardoor verhoogd. Dit is in het model opgenomen door de berekening van de eindvrachten volgens de ONO met bezinking uit te voeren en de resultaten te corrigeren met een factor 0,2.

Neutralisatie

Dit is in feite een onderdeel van de ONO-installatie. Er gelden geen rendementen voor de diverse componenten. Het is slechts een pH-correctie. De kosten worden bepaald door de som van de uurdebieten van de spoelwaterstromen, het te behandelen jaardebiet en de totaalvracht metalen.

3.5. Verwerking (half-)concentraten

Ook chemisch afval kan ter plaatse worden verwerkt en wel in een batch-gewijs werkende ONO-installatie. De processen zijn gelijk aan die in een continu werkende ONO, maar de volumina zijn kleiner en de concentraties groter. Verwerking van vervuilde procesoplossingen, te hoog in concentratie gestegen spaaroplossingen en regeneraat van ionenwisselaars is hierin mogelijk. De grootte wordt bepaald door het totaal te behandelen volume, alsmede de vrachten CrVI, CN en het totaal aan metalen.

Het resultaat wordt bepaald door eindconcentraties, die over het algemeen (gemiddeld) iets hoger liggen dan bij een continu werkende ONO. De kosten en rendementen zijn gegeven in bijlage 6. Er zijn twee varianten mogelijk, namelijk een automatisch gestuurde ONO en een handmatig bediende en zeer eenvoudig uitgevoerde ONO. De eerste is qua investering duurder, de tweede vraagt meer bediening en is in feite slechts geschikt voor kleine bedrijven. Het resultaat van een automatisch gestuurde ONO is in het algemeen iets beter. In combinatie met ionenwisselaars als eindzuivering kan slechts voor de automatisch gestuurde ONO worden gekozen.

Andere mogelijkheden voor de (half-)concentraten zijn afvoeren naar een extern verwerkingsbedrijf of toevoegen aan de afvalwaterstroom gaande naar een ONO of de neutralisatie.

3.6 Overige kosten

Er zijn nog enkele kostenposten voor een bedrijf, die door de saneringsaanpak worden beïnvloed. Op sommige punten kunnen deze baten opleveren. Het gaat met name om de hoeveelheid spoelwater, de af te voeren hoeveelheid (half-)concentraat, de lozingsheffing en de proceschemicalien.

Spoelwater

De hoeveelheid spoelwater is een belangrijke factor in de kosten/baten analyse van diverse systemen. Per procesbad kan deze als volgt worden berekend:

$$Q_s = \frac{U_w * R}{c_p}$$

De waarde voor R geeft de verdunning aan, die t.o.v. de concentratie in een procesbad moet worden bereikt. Voorzover geen badcomponent van belang is (bv. bij een ontvettingsbad) wordt een fictieve component gebruikt.

R kan sterk variëren door verschillen in bedrijfsvoering of t.b.v. de produktkwaliteit. In bijlage 7 zijn R-waarden gegeven.

In geval van cascadespoelen (twee compartimenten) wordt het spoelwaterdebiet:

$$Q_s = \sqrt{R} * Q_{ov}$$

Ook de hoeveelheid opnieuw te gebruiken water (bv. na een ionenwisselaar) is van invloed op de waterkosten. Op het niveau van een individueel bedrijf speelt verder mee, of het om leidingwater of bronwater gaat. De kosten per m³ water kunnen in het model worden gevarieerd.

Afvoer (half-concentraten)

De kosten voor het afvoer van (half-)concentraten variëren nogal in de praktijk. Zij bestaan uit transport- en verwerkingskosten. In bijlage 7 zijn deze kosten opgenomen, waarbij de soms in de praktijk voorkomende zeer goedkope oplossingen niet zijn meegenomen.

Heffing

Bij de berekening van de heffing is naast de vracht aan zware metalen ook de vervuiling door zuurstofbindende stoffen meegenomen. De volume-correctie wordt in de praktijk (vrijwel) niet meer in de heffing opgenomen.

De volgende uitgangspunten zijn voor de berekening van de heffing gehanteerd:

- Voor zware metalen (Cr, Cu, Pb, Ni, Ag en Zn) geldt 1 kg = 1 v.e.,
alleen voor Cd geldt 0,1 kg = 1 v.e.
- De vervuiling door zuurstofbindende stoffen: 0,14 v.e. per 100 mensdagen.
Het aantal mensdagen is geschat op basis van het aantal en het volume
van procesbaden, de draaiuren en de mate van automatisering. CN is niet
meegenomen, ijzer voor 2,05 v.e. per 1000 kg (eigenlijk alleen FeII).

De heffing varieert momenteel in de praktijk tussen 40 en 80 gulden per
vervuilingseenheid.

Proceschemicalien

Procesgeïntegreerde maatregelen kunnen leiden tot terugwinning van proces-
chemicalien. Dit wordt door het model berekend op basis van rendementen.
Het is afhankelijk van de technologie, of alle componenten dan wel enkele
geheel of gedeeltelijk worden teruggewonnen. Daarom wordt met kosten (of
baten) per component gerekend. Een procesbad is samengesteld uit diverse
componenten, niet alle voor het milieubeheer even belangrijk en daarom niet
alle afzonderlijk benoemd. De niet genoemde componenten kunnen ook worden
teruggewonnen met bepaalde baten. Voor de meerwaarde van een badvloeistof
boven de zware metalen en CN is een component overige ingevoerd.

De prijzen per component zijn gegeven in bijlage 7.

4. OPZET VAN HET COMPUTERPROGRAMMA

4.1. Algemeen

Doel van het rekenmodel is op een snelle manier een groot aantal varianten van saneringsaanpak te kunnen doorrekenen. Het model optimaliseert niet automatisch, mede omdat er geen eenduidig optimum bestaat (milieubelangen en economische belangen).

Het rekenmodel is ontwikkeld op een VAX750 draaiend onder het operating system UNIX. De programma's zijn geschreven in de computertaal Pascal. Er is naar gestreefd om zoveel mogelijk standaard Pascal te gebruiken. Slechts op enkele plaatsen, met name waar het invoer en uitvoer betreft, is gebruik gemaakt van de faciliteiten van het operating system. Er zijn mogelijkheden om het model op andere systemen te draaien, mits een Pascal-compiler aanwezig is.

In eerste opzet is het systeem niet al te gebruikersvriendelijk. Interactieve invoer van gegevens is niet mogelijk. De invoer moet tevoren in een text bestand worden aangemaakt. Kennis van het computersysteem is dus onontbeerlijk. Tevens is het programma niet beveiligd tegen 'verkeerde' invoer. Wanneer bijvoorbeeld een character wordt ingevoerd op de plaats, waar het programma een integer verwacht, zal het programma zonder meer worden afgebroken.

4.2. Opzet computerprogramma

Om tot het computermodel te komen is allereerst een analyse gemaakt van de gegevens, die noodzakelijk zijn om de berekeningen uit te voeren. In deze gegevens is een splitsing aangebracht tussen de permanente en de variabele gegevens.

De permanente gegevens zijn verder opgesplitst in:

A. Algemene bedrijfsgegevens (geldig voor alle bedrijven)

- kosten water
- lozingskosten (per v.e.)
- criteria voor chroomVI- en cyanideontgifting
- namen/kosten proceschemicalien
- namen/rendementen procesgeïntegreerde maatregelen
- namen/rendementen deelstroomzuivering

- namen/rendementen afvalwaterzuivering
- rendementen concentraatverwerking

B. Gegevens behorende bij een modelbedrijf

- procesbadgegegevens (zie bijlage 8)

Deze permanente gegevens worden via twee aparte, los van het rekenmodel staande programma's in twee permanente bestanden opgeslagen. De bestanden dienen altijd beschikbaar te zijn, wanneer gerekend wordt met het model. In deze programma's is de mogelijkheid ingebouwd de bestanden op eenvoudige wijze, van verklarende tekst voorzien, af te drukken (zoals in bijlage 8). Opgemerkt dient te worden, dat maximaal de procesbadgegegevens van vijf modelbedrijven kunnen worden opgeslagen en per modelbedrijf de gegevens van 24 procesbaden. Uiteraard kunnen wel meer dan vijf modelbedrijven worden doorgerekend.

De werking van het rekenmodel ziet eruit zoals in figuur 4.1 is weergegeven.

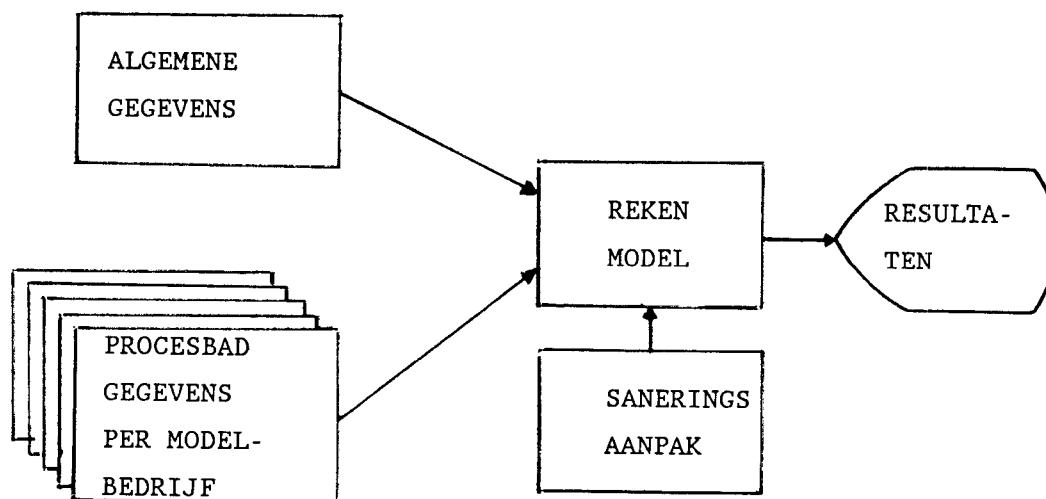


Fig. 4.1 : Schematisch overzicht van de werking van het rekenmodel.

De vraag naar gegevens voor wat de permanente bestanden betreft is vrij groot. Daartegenover staat, dat wanneer men eenmaal over deze gegevens beschikt m.b.v. betrekkelijk weinig variabelen berekeningen kunnen worden gemaakt.

De variabelen, die per procesbad ingevoerd dienen te worden zijn:

- keuze procesgeïntegreerde maatregel (inclusief de variant)
- verwerkingsmethode (half-)concentraat (variant C en E)
- V/T (variant C)
- keuze deelstroomzuivering.

Voorafgaande aan de genoemde keuzen, zal het nummer van het modelbedrijf moeten worden ingevoerd. Ten slotte dienen te worden ingevoerd:

- al dan niet concentraatverwerking in ONO-batch.
- keuze afvalwaterzuivering
- hergebruikspercentages water

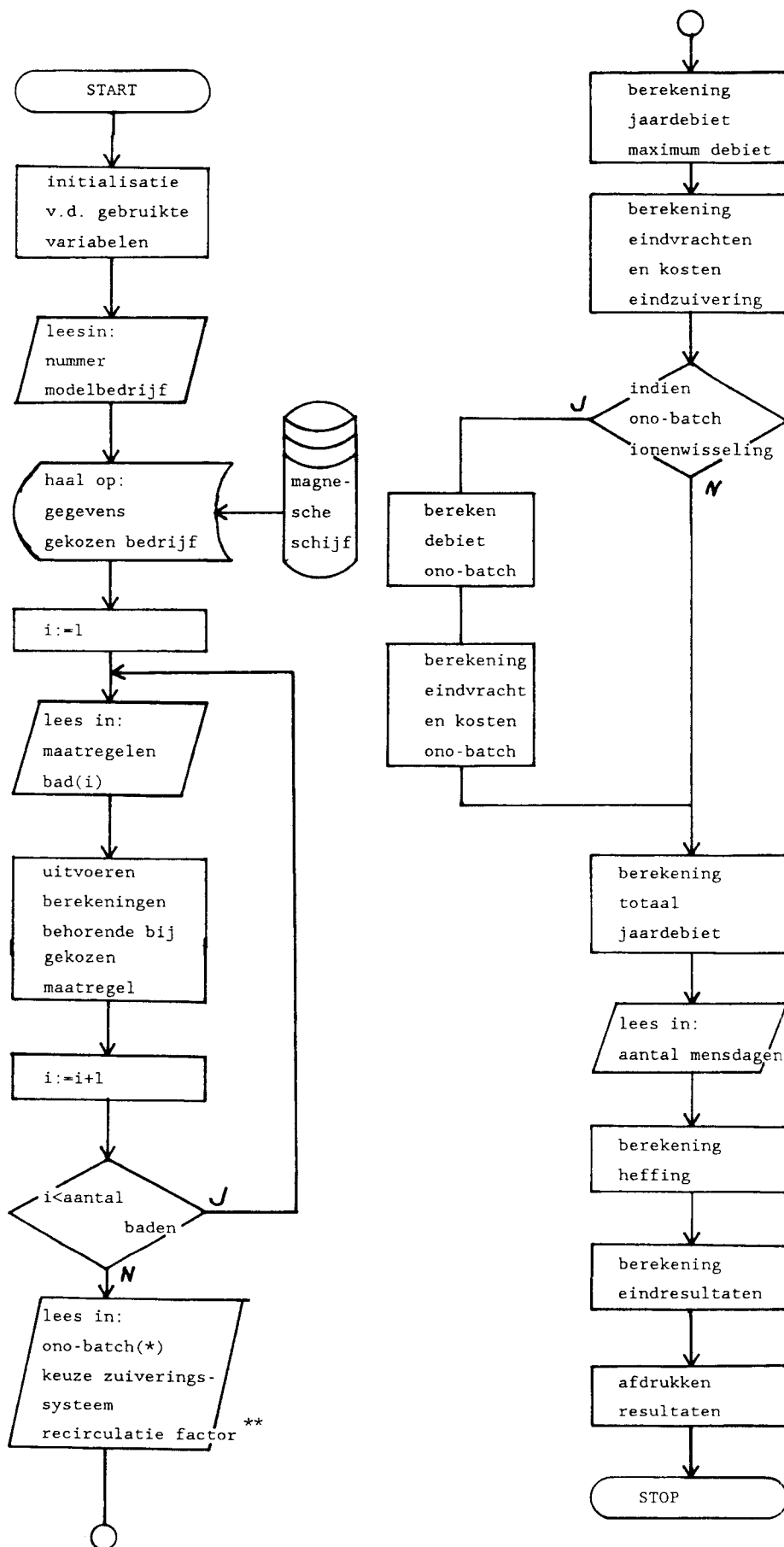
4.3 In- en uitvoer van gegevens

Voor het opslaan van algemene gegevens zijn, zoals eerder vermeld, twee aparte programma's geschreven. De invoer vindt niet interactief plaats. De in te voeren gegevens worden m.b.v. een edit-programma in bestanden geplaatst en vervolgens als geheel aan het desbetreffende programma aangeboden en verwerkt tot een voor het rekenmodel bruikbaar bestand. Met dezelfde programma's, waarmee de gegevens worden ingelezen, kan een afdruk van de ingevoerde gegevens worden verkregen met verklarende tekst (zie bijlagen 8 en 9).

De invoer van de gekozen maatregelen vindt op dezelfde wijze plaats als de invoer van de algemene gegevens en de procesbadgegevens.

4.4. Het rekenmodel

Het rekenmodel is modulair opgezet. Voor elke functie is, voorzover mogelijk en zinvol, een aparte procedure of functie geschreven. Resultaat hiervan is, dat het hoofdprogramma voor het grootste deel uit het aanroepen van modules bestaat, hetgeen de leesbaarheid van het programma ten goede komt (zie bijlage 10). In figuur 4.2 is het hoofdprogramma schematisch weergegeven.



* Behandeling van de interne verwerkingsstroom in ono-batchinstallatie (0/1)

** Wanneer voor ionenwisseling gekozen wordt als eindzuiveringsstap dient ook de recirculatiefactor opgegeven te worden.

Fig. 4.2 : Stroomschema van het hoofdprogramma van het rekenmodel.

Het belangrijkste gedeelte van het programma zijn de modules waarin de effecten van de procesgeïntegreerde maatregelen berekend worden. De uitkomsten van deze berekeningen worden opgeslagen in een grote matrix waaruit geput wordt bij verdere berekeningen en uitvoer. In deze modules kan een driedeling aangebracht worden:

- De modules, waarin slechts extra spaarbaden worden gekozen als maatregel (O, A, B)
- De modules, waarin complexere procesgeïntegreerde maatregelen worden toegepast zoals bijvoorbeeld de zuivering van de spaarbadvloeistof via omgekeerde osmose, elektrolyse enz. (C, D)
- De modules, waarin de effecten van de vervuiling van procesbaden wordt meegenomen (E).

In grote lijnen komen de berekeningen binnen de modules overeen. Allereerst worden een aantal variabelen vastgelegd waarmee in het belangrijkste deel van de programmamodule, de uitsleep van chemicalien, wordt berekend. Om de procesgeïntegreerde module compact en leesbaar te houden is getracht om voor de berekening van de uitsleep, een aparte module te maken. Daarvoor is gezocht naar een voor alle procesgeïntegreerde maatregelen geldende formule ter bepaling van de uitsleep per component i:

$$U(i) = Q_{ov} * c_p[i] * \{ (a - \eta[i] * C) + 0,01 * m_{ors} \}$$

In de tabel 4.1 is voor alle varianten weergegeven welke waarden de variabelen a, C en $\eta[i]$ kunnen aannemen.

In het programma zijn de onderscheiden varianten, behoudens de E-varianten ondergebracht in een procesgeïntegreerde module, zodat te onderscheiden zijn: O, A, B, C, D, E0, E1.

Tabel 4.1: Gebruikte variabelen bij procesgeïntegreerde varianten

VARIANT			VARIABLEN		
nr	aantal spaarbaden	behandel-methode	a	$\eta [i]$	C
0	0	geen of cascade	0	-1	1
A1	1	cont: sb ret pb	0	-1	$Q_{ov}/(Q_{ov}+Q_r)$
A2	2	cont: sb ret pb	0	-1	$(Q_{ov} \cdot Q_{ov}) / (Q_{ov} \cdot Q_{ov} + Q_{ov} \cdot Q_r + Q_r \cdot Q_r)$
B1	1	disc: sb ret pb	1	1	$Q_r / Q_{ov} \cdot (1 - \exp(-Q_{ov}/Q_r))$
B2	2	disc: sb ret pb	1	1	$Q_r / Q_{ov} \cdot (2 \sinh(Q_{ov}/Q_r) - (Q_{ov}/Q_r)) / (\exp(Q_{ov}/Q_r) - (Q_{ov}/Q_r))$
C1a	1	topsl+afv sb	1	1	$V / (Q_{ov} \cdot T) \cdot (1 - \exp(-Q_{ov} \cdot T/V))$
C1b	1	topsl+int sb	1	1	idem
C1c	1	topsl+zuiv+retpb	1	$\eta [i]$	idem
C2a	2	topsl+afv sb	1	1	$V / (Q_{ov} \cdot T) \cdot (2 \sinh(Q_{ov} \cdot T/V) - (Q_{ov} \cdot T/V)) / (\exp(Q_{ov} \cdot T/V) - (Q_{ov} \cdot T/V))$
C2b	2	topsl+int sb	1	1	idem
C2c	2	topsl+zuiv+retpb	1	$\eta [i]$	idem
D	1	cont:zuiv+retpb	0	$-1/(1+b[i])$	1
E0	0	afv/int pb	1	1	$V_p / Q_{ov} (1 - \exp(-Q_{ov} \cdot T/V))$
E1	1	afv/int pb/sb	1	-1	$\exp(-Q_{ov} \cdot T/V) \cdot (-1 - 2 \cdot V_p \cdot T / Q_{ov}) + 2 \cdot V_p \cdot T / V$

cont = continue

disc = discontinue

sb = spaarbad

pb = procesbad

ret = retour

int = interne verwerking concentraten/halfconcentraten

afv = afvoer concentraten/halfconcentraten

topsl= tussenopslag spaarbadvloeistof

zuiv = zuivering

nvt = niet van toepassing

Nadat aan de hand van tabel 4.1. de variabelen a , C , $\eta[i]$ zijn vastgelegd dan wel berekend, worden vervolgens vanuit de procesgeïntegreerde module een aantal modules aangeroepen ter bepaling van:

- functie ter bepaling van de jaarlijkse kosten
- uitsleep
- baten chemicalien
- intern verwerkte vrachten met (half-)concentraten
- overige gegevens zoals:
 - + spoelwaterdebieten
 - + volumina (half-)concentraten

Tenslotte kan nog de keuze gemaakt worden of deelstroombehandeling wordt toegepast. In figuur 4.3 wordt de structuur van de procesgeïntegreerde module schematisch weergegeven.

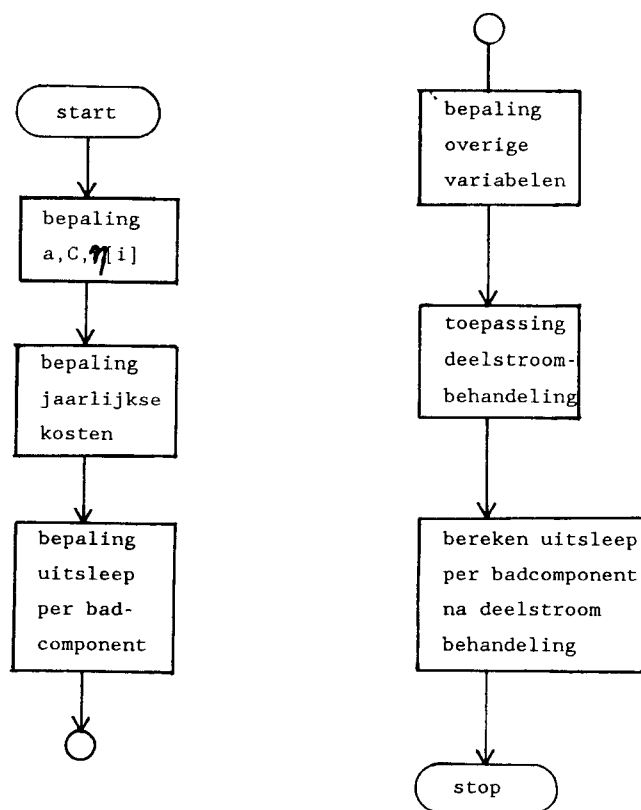


Fig. 4.3 : Stroomschema van de module ter bepaling van o.a. de uitsleep.

De modules O, A, en B zijn vrij eenvoudig van structuur. Het vastleggen van $\eta[i]$ is niet meer dan gelijkstelling aan 1 of -1, waarna aangezien bij deze maatregelen geen sprake is van afvoer of interne verwerking van (half-)concentraten de uitsleep en de baten van chemicalien alsmede de kosten berekend kunnen worden.

Voor de modules C en D ligt de zaak iets minder eenvoudig. Voor de berekening van $\eta[i]$ moet het permanente bestand met algemene gegevens geraadpleegd worden. Daarnaast zijn een aantal verschillende behandelmethodes te onderscheiden:

- afvoer van halfconcentraten uit spaarbad
- interne verwerking van halfconcentraten uit spaarbad
- zuivering van spaarbadvloeistof met:
 - +elektrolyse
 - +verdamping
 - +omgekeerde osmose
 - +elektrodialyse

waarbij de eerste twee methoden alleen op C van toepassing zijn. Aan de hand van de gekozen behandelmethodes worden de diverse debieten vastgelegd danwel kosten bepaald. Vervolgens worden uitsleep, baten, kosten en indien van toepassing hoeveelheden chemisch afval of intern te verwerken halfconcentraten berekend.

De structuur van module E0 is vrij eenvoudig, nadat afhankelijk van de keuze het af te voeren of intern te verwerken concentraatdebiet bepaald is, wordt eerst de uitsleep ten gevolge van de badvervuilingscomponenten berekend. Vervolgens wordt via een aanroep van module O de uitsleep van de badcomponenten berekend. Tenslotte worden de intern dan wel af te voeren hoeveelheden concentraten berekend.

De werking van E1 is vergelijkbaar met E0 behoudens het feit dat er nu tengevolge van de toepassing van een spaarbad wel kosten berekend dienen te worden. Voor de bepaling van de uitsleep van badchemicalien wordt module C aangeroepen. Het aanroepen van de modules O en C geschiedt zodanig dat slechts die stappen van de modules doorlopen worden waarmee de uitsleep bepaald wordt. De diverse stroomdiagrammen van de procesgeïntegreerde modules worden weergegeven in bijlage 10.

Al deze berekende gegevens worden opgeslagen in een grote matrix, waaruit het programma bij verdere berekeningen kan putten, met name bij berekeningen van de afvalwatereindzuivering en de concentraatverwerking. In bijlage 10 wordt een toelichting gegeven op de uitwerking in het programma van de berekeningen van de eindvrachten uit de ONO-installatie.

Nadat de resterende berekeningen zijn uitgevoerd, zullen de resultaten worden afgedrukt (zie bijlage 11). Deze resultaten worden niet automatisch weggeschreven naar een permanent bestand. Met behulp van een faciliteit van het operating system (redirection) is het echter mogelijk om deze resultaten weg te schrijven naar een zelf benoemd bestand.

OVERZICHT VAN DE GEBRUIKTE LITERATUUR

(met name voor kosten en rendementen van technologieën en kenmerken bedrijven)

Algemeen

1. OECD (1983)
Emission control costs in the metal plating industry
2. DHV Raadgevend Ingenieursbureau (1980)
Bedrijfstakstudie Galvano-branche, Deel I: Milieuverontreiniging en de kosten ter bestrijding daarvan
3. VOM (1982)
De keuze van een zuiveringsinstallatie bij oppervlaktebehandelingen van metalen (uitgave Commissie Milieu en Energie)
4. K. Boger, E. Kubler
Wasser- und Wetrstoffeinsparung im galvanischen Betrieb
Galvanotechnik 76 (1985) 6, 680-690
5. VROM (TNO) 1983
Handbook of emissionfactors, Part 2: Industrial sources
6. J.P.M. Ros
Procesgeïntegreerde maatregelen in de galvano-industrie
PT-Procestechniek 39 (1984) 12, 48-51
7. W. Gotzelmann, L. Hartinger
Spulsysteme und Ionenaustausch-Kreislaufanlagen
Galvanotechnik 73 (1982) 8, 832-842
8. SVA (1976)
Ontgiften, Neutraliseren en Ontwateren van afgewerkte concentraten
9. EPA Industrial Environmental Research Laboratory Cincinnati (1982)
Control and Treatment Technolgy for the Metal Finishing Industry:
In-Plant Changes
10. W. Eveleens
Verwijdering van zware metalen uit afvalwater
PT-Procestechniek 34 (1979) 4, 213-217
11. R. Huss
Verfahren zur automatischen Regeneration von Chromatierungen
Galvantechnik 75 (1984) 5, 550-557

12. F.C. Eversteijn, A.W. van Deursen
Het tegengaan van waterverontreiniging door zware metalen bij de bron
PT-Procestechniek 34 (1979) 3, 134-145
13. Colloquiumverslag Bunnik (oktober 1983)
Bestrijding waterverontreiniging door zware metalen
14. EPA (1982)
Development document for proposed effluent limitations guidelines new source
performance standards for the metal finishing point source category.
15. Persoonlijke informatie van leveranciers
16. Persoonlijke informatie van galvanische bedrijven.

Elektrolyse

1. F.C. Walsh, D.R. Gabe
Electrochemical cell designs for metal removal and recovery
2. C.J. Roelse
Metaalterugwinning uit verdunde oplossingen
PT-Procestechniek 37 (1982) 5, 42-43
3. H.A. Docter
Het terugwinnen van zware metalen uit spaar-spoelbaden door middel
van elektrolyse
Oppervlaktetechnieken 26 (1982) 10, 273-274
4. A.G. Tyson
An electrochemical cell for Cadmium Recovery and Recycling
Plating and Surface Finishing (1984) dec, 44-47
5. M.R. Hillis
Treatment of cyanide wastes by electrolysis
Transactions of the institute of Metal Finishing 53 (1975) 65-73

Omgekeerde Osmose

1. P.S. Cartwright
An update on reverse osmosis for metal finishing
Plating and Surface Finishing (1984) april, 62-66
2. P.S. Cartwright
Total effluent treatment and rinse water reclamation in a semiconductor
device manufacturing facility
Water Science Tech. 17 (1985) 325-336

Verdamping

1. EPA, Industrial Environmental Research Laboratory Cincinnati (1979)
Control Technology for the metal finishing industry: Evaporators
2. K. Chacey, L. Mellichamp, B. Williamson
Chrome electroplating waste BAT
Pollution Engineering (1983) april, 20-23
3. H.S. Hartley
The evolution of evaporative recovery
Plating and Surface Finishing (1982) jan, 40-43
4. Abwasser- und Recyclingtechnik in der Metallindustrie
Metalloberfläche 37 (1983) 2, 41-47

Elektrodialyse

1. A. Gastronomie
Eldia-plus elektro/elektrodialyse
Oppervlaktetechnieken 27 (1983) 6, 152-154
2. A. Deuschle, E. Kubler
Elektrodialyse: Wertstoffrückgewinnung aus galvanischen Spulwassern
Galvanotechnik 75 (1984) 8, 968-971
3. Ion Transfer recovers chrome
Industrial Finishing (1981) maart, 34-36
4. Anwendung der Elektrodialyse zur Elektrolytrückgewinnung
Galvanotechnik 72 (1981) 10, 1076-1079

Ionenwisseling

1. K. Wahl
Kostensenkung durch Recycling
Galvanotechnik 76 (1985) 6, 727-728
2. K. Wahl
Ökologische und ökonomische Vorteile des Dornier-RMA-Systems
Galvanotechnik 75 (1984) 8, 972-976
3. Verminderung von Schwermetallemissionen aus der Galvanikindustrie
Umwelt 3 (1982) 178-180

Ultrafiltratie

1. E.R. Christensen, J.T. Delwiche
Removal of heavy metals from electroplating rinsewaters by precipitation,
flocculation and ultrafiltration
Water Research 16 (1982) 729-737

KOSTENBEREKENINGEN

Voor de diverse technologieën zijn de kosten in het model opgenomen op jaarbasis. Daartoe zijn de vaste en variabele lasten gesommeerd. Voor de afschrijving op de investering zijn de volgende uitgangspunten gekozen:

- Er is gerekend met een rentepercentage van 6 %.
- Installatie (inclusief het voorbereiden en het installeren en inregelen)
Een schatting van de technische levensduur is gemaakt op basis van gegevens uit de praktijk. Uiteindelijk zijn drie mogelijkheden gekozen, te weten 7, 10 of 15 jaar, hetgeen neerkomt op een jaarlijkse afschrijving van resp. 18, 13, of 10 %.
- Voor onderhoud van een installatie is gerekend met jaarlijks 5 % van de investering.
- Bouwkundige voorzieningen (inclusief voorbereiden en bouwen)
Gebouwen worden afgeschreven in 20 jaar, hetgeen neerkomt op een afschrijving van 8,7 % van de investering. Daarnaast is er onderhoud. Voor afschrijving plus onderhoud is 10 % van de investering aangehouden als jaarlijkse kosten.
- In het algemeen is bij procesgeïntegreerde maatregelen en deelstroomzuivering niet of nauwelijks gerekend met bouwkundige voorzieningen.
- Bij sommige installaties zijn er onderdelen, die een kortere levensduur hebben dan de rest van de installatie, maar wel relevante kosten met zich meebrengen. In de meeste gevallen is dit apart opgevoerd (bv. afschrijving in twee jaar met 55 % van de investering als jaarlijkse kosten). Voorbeelden zijn:
 - * membranen
 - * harsen of kool.
- Gezien de modelmatige benadering zijn exploitatiekosten, die op het totaal nauwelijks van belang bleken en moeilijk exact waren vast te stellen, in de meeste gevallen verwaarloosd.

Voor alle technologieën brengt ook de bediening kosten met zich mee. In de praktijk leidt dit niet in alle gevallen tot extra kosten voor het bedrijf. Het hangt ermee samen hoe druk bezet de werknemers van de galvanische afdeling al zijn. Bij de modelberekeningen is het uitgangspunt, dat bedieningstijd wel extra kosten met zich meebrengt.

In de kostenfuncties zijn gebruikt: C = capaciteit in m³/h

Q_j = jaardebiet

$U_j(i)$ = jaarvracht van component i in kg

KOSTEN EN RENDEMENTEN PROCESGEINTEGREERDE MAATREGELEN

Technologie: spaarbaden

Variant	Jaarlijkse kosten	
	Automaat	Handreeks
A1	$2000 + 3,5*d$	$300 + 2*d$
A2	$4000 + 7*d$	$600 + 4*d$
B1	$2600 + (3,5 + 80/T)*d$	$900 + (2 + 80/T)*d$
B2	$4600 + (7 + 80/T)*d$	$1200 + (4 + 80/T)*d$

De volgende uitgangspunten zijn bij het hierboven vermelde gehanteerd:

- Geringe investering spaarbaden en pompjes (zie eerste term handreeks voor de kapitaalslasten hiervan).
- Een reeks met elf baden vraagt 0,75 mensjaar voor bediening. Een extra spaarbad levert evenredig veel extra bedieningstijd voor de handreeks (f 30,- per uur).
- In geval van een automaat zijn er kosten voor wijziging van het programma, het bijplaatsen van een bad kost ook meer.
- In een automaat is rekening gehouden met produktieverlies. Er is uitgegaan een winstmarge van f 350,- per uur per reeks en produktieverlies t.g.v. een spaarbad van 1 % van de verblijftijd in de reeks.

KOSTEN EN RENDEMENTEN PROCESGEINTEGREERDE MAATREGELEN (vervolg)

Technologie: Omgekeerde Osmose (in variant D)

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (guldens)
Installatie + onderhoud	$0,23 \cdot (Q_{ov} / 5 \cdot Q_r)^{0,4} \cdot 150.000$
Specifieke onderdelen	$0,55 \cdot (Q_{ov} / 5 \cdot Q_r)^2 \cdot 20.000$
Bouw + onderhoud	(verwaarloosd)
Bediening	d
Chemicalien	(verwaarloosd)
Energie	$(Q_{ov} / 5 \cdot Q_r)^2 \cdot d \cdot 1,5$

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: $*Q_t / Q_{ov}$	80	80	80	100	90				50	10

Technologie: Elektrodialyse (in variant D)

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (guldens)
Installatie + onderhoud	$0,23 \cdot (Q_{ov} / 5)^{0,6} \cdot 150.000$
Specifieke onderdelen	$0,55 \cdot (Q_{ov} / 5) \cdot 2500$
Bouw + onderhoud	(verwaarloosd)
Bediening	d
Chemicalien	(verwaarloosd)
Energie	$Q_{ov} \cdot d / 2$

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: $*Q_t / Q_{ov}$	0,2	100	100	100	50				50	0,2
Opmerkingen	met elektrolyse									

KOSTEN EN RENDEMENTEN DEELSTROOMZUIVERING

Technologie: Ionenwisseling (cassettesysteem)

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (guldens)									
Installatie + onderhoud	$0,18 * C * 15.000$									
Specifieke onderdelen	$U_j * 250$									
Bouw + onderhoud	(verwaarloosd)									
Bediening	$0,2 * d$									
Chemicalien	(verwaarloosd)									
Energie	$C * 200$									

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: rendement (%)	90	99	99	99	99	99	90	99	99	

Technologie: Ultrafiltratie

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (guldens)									
Installatie + onderhoud	$0,23 * C^{0,4} * 130.000 + 0,15 * C^{0,5} * (f_1 + f_2) * 60.000$									
Specifieke onderdelen	$0,55 * C * K * 5000$									
Bouw + onderhoud										
Bediening	$2 * d * C^{0,3} * (1 + 0,5 * f_1 + 0,5 * f_2)$									
Chemicalien	$3 * U_j + 10 * U_j (CrVI) + 50 * U_j (CN)$									
Energie	U_j									
Slibafvoer	(afvoer zonder kosten)									

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: rendement (%)	99,6	100	99	99,6	96				98	
K-waarden	2		3	1	4					
Opmerkingen			cyan.		cyan.					

KOSTEN EN RENDEMENTEN AFVALWATERZUIVERING

Technologie: ONO-continu met bezinking

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (gulden)
Installatie + onderhoud	$0,15 * C^{0,5} * (1 + 0,3 * f1 + 0,3 * f2 + f3) * 70.000$
Specifieke onderdelen	
Bouw + onderhoud	$0,1 * C^{0,6} * (1 + 0,5 * f1 + 0,5 * f2 + 5 * f3) * 20.000$
Bediening	$C^{0,3} * (Qj/C) * (1 + 0,5 * f1 + 0,5 * f2 + f3) * 4$
Chemicalien	$0,3 * Qj + 3 * Uj + 10 * f1 * Uj(CrVI) + 50 * f2 * Uj(CN)$
Energie	$C^{0,5} * (Qj/C) * (1 + f1 + f2) * 0,3$
Slibafvoer	Som $[Uj(in) - Uj(uit)] * 4$

$f1 = 1$ als $1000 * Uj(CrVI) / Qj > 0,25$ (mg/l), anders $f1 = 0$

$f2 = 1$ als $1000 * Uj(CN) / Qj > 0,5$ (mg/l), anders $f2 = 0$

$f3 = 0,1$ bij verwerking (half-)concentraten in de continu-ONO, anders $f3 = 0$

Component	Cr111	CrVi	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: eindconcentratie (mg/l)	2,0	0	1,0	3,0	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0	

De eindconcentraties, herleid tot vrachten (U) zijn gecorrigeerd tot de werkelijk verwachte eindvracht U_{eind} m.b.v.:

$$U_{eind}(i) = \sqrt{\frac{U(i)}{U(tot)}} * U(i)$$

KOSTEN EN RENDEMENTEN AFVALWATERZUIVERING (vervolg)

Technologie: ONO-continu met ultrafiltratie

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (guldens)
Installatie + onderhoud	$0,15 * C^{0,5} * (0,5 + 0,3 * f_1 + 0,3 * f_2 + f_3) * 70.000 + 0,23 * C^{0,5} * 60.000$
Specifieke onderdelen	
Bouw + onderhoud	$0,1 * C^{0,6} * (1 + 0,5 * f_1 + 0,5 * f_2 + 10 * f_3) * 10.000$
Bediening	$C^{0,3} * (Q_j / C) * (1 + 0,5 * f_1 + 0,5 * f_2 + f_3) * 4$
Chemicalien	$0,3 * Q_j + 3 * U_j + 10 * f_1 * U_j(\text{CrVI}) + 50 * f_2 * U_j(\text{CN})$
Energie	$C^{0,5} * (Q_j / C) * (1 + f_1 + f_2) * 0,3$
Slibafvoer	Som $[U_j(\text{in}) - U_j(\text{uit})] * 4$

$f_1 = 1$ als $1000 * U_j(\text{CrVI}) / Q_j > 0,25$ (mg/l), anders $f_1 = 0$

$f_2 = 1$ als $1000 * U_j(\text{CN}) / Q_j > 0,5$ (mg/l), anders $f_2 = 0$

$f_3 = 0,1$ bij verwerking (half-)concentraten in de continu-ONO, anders $f_3 = 0$

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: eindconcentratie (mg/l)	0,4	0	0,2	0,6	0,6	0,2	0,4	0,2	0,2	

De eindconcentraties, herleid tot vrachten (U) zijn gecorrigeerd tot de werkelijk verwachte eindvracht U_{eind} m.b.v.:

$$U_{\text{eind}}(i) = \sqrt{\frac{U(i)}{U(\text{tot})}} * U(i)$$

KOSTEN EN RENDEMENTEN AFVALWATERZUIVERING (vervolg)

Technologie: Ionenwisseling (kationen + anionen)

 Onderdeel Jaarlijkse kosten (gulden)

Installatie + onderhoud	$0,18 * C^{0,7} * 50.000$
Specifieke onderdelen	$0,55 * C^{0,6} * 10.000$
Bouw + onderhoud	$0,1 * C^{0,5} * 10.000$
Bediening	$0,2 * Q_j$
Chemicalien	$0,35 * Q_j$
Energie	$0,2 * Q_j$
Slibafvoer	(alleen regeneraat)

 De hoeveelheid regeneraat is benaderd met $0,02 * Q_j$

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: rendement (%)	98	98	98	96	98	96	98	94	90	

KOSTEN EN RENDEMENTEN CONCENTRAATVERWERKING

Technologie: ONO-batch (automatisch gestuurd)

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (gulden)
Installatie + onderhoud	$0,15 * (0,02 * Q_j)^{0,25} * (1 + f_1 + f_2) * 60.000$
Specifieke onderdelen	
Bouw + onderhoud	$0,1 * (0,01 * Q_j)^{0,4} * (1 + f_1 + f_2) * 10.000$
Bediening	$(0,01 * Q_j)^{0,8} * (1 + 0,25 * f_1 + 0,5 * f_2) * 4000$
Chemicalien	$3 * U_j + 10 * f_1 * U_j(\text{CrVI}) + 50 * f_2 * U_j(\text{CN})$
Energie	$Q_j * (1 + 0,25 * f_1 + 0,5 * f_2) * 4$
Slibafvoer	$\text{Som } [U_j(\text{in}) - U_j(\text{uit})] * 4$

$f_1 = 1$ als $U_j(\text{CrVI}) > 0$, anders $f_1 = 0$

$f_2 = 1$ als $U_j(\text{CN}) > 0$, anders $f_2 = 0$

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: eindcon- centratie (mg/l)	4,0	0	2,0	6,0	6,0	2,0	4,0	2,0	2,0	
Opmerkingen	Betrokken op het totale aangeboden volume									

KOSTEN EN RENDEMENTEN CONCENTRAATVERWERKING (vervolg)

Technologie: ONO-batch (handbediend)

Onderdeel	Jaarlijkse kosten (gulden)
Installatie + onderhoud	$0,15 \cdot (0,02 \cdot Q_j)^{0,5} \cdot (1+f_1+f_2) \cdot 20.000$
Specifieke onderdelen	
Bouw + onderhoud	$0,1 \cdot (0,01 \cdot Q_j)^{0,4} \cdot (1+f_1+f_2) \cdot 10.000$
Bediening	$(0,01 \cdot Q_j)^{0,8} \cdot (1+0,25 \cdot f_1+0,5 \cdot f_2) \cdot 6000$
Chemicalien	$3 \cdot U_j + 10 \cdot f_1 \cdot U_j(\text{CrVI}) + 50 \cdot f_2 \cdot U_j(\text{CN})$
Energie	$Q_j \cdot (1+0,25 \cdot f_1+0,5 \cdot f_2) \cdot 4$
Slibafvoer	$\text{Som } [U_j(\text{in}) - U_j(\text{uit})] \cdot 4$

$f_1 = 1$ als $U_j(\text{CrVI}) > 0$, anders $f_1 = 0$

$f_2 = 1$ als $U_j(\text{CN}) > 0$, anders $f_2 = 0$

Component	CrIII	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ov.
Effect uitgedrukt in: eindconcentratie (mg/l)	4,0	0	2,0	6,0	6,0	2,0	4,0	2,0	2,0	
Opmerkingen	Betrokken op het totale aangeboden volume									

OVERIGE KOSTEN EN KOSTENBEPALLENDE FACTOREN

Spoelwatercriteria

Procesbad	R-waarde (cp/cs)
Voorontvetting (afkook)	0
Alkalische ontvetting	200
Cyanidische ontvetting	500
Zuurdip/beitsen	500
Kopercyanide	3000
Nikkel	3000
Chroom	5000
Zinkcyanide	500
Cadmiumcyanide	2000
Koper (zuur)	500
Zink (zuur)	500
Passiveren	500

Afvoer (half-)concentraten

Procesbad	Kosten afvoer (gulden per m3)	
	Concentraat	Halfconcentraat
Alkalische ontvetting	600	400
Cyanidische ontvetting	2500	2000
Zuurdips/beits	1000	700
Zinkcyanide		3000
Kopercyanide		3000
Cadmiumcyanide		3000
Nikkel		700
Zink/koper (zuur)		700
Chroom		1500
Passiveren	1500	1000

OVERIGE KOSTEN (vervolg)

Proceschemicalien

Component	CrVI	Cu	Ni	Zn	Cd	Ag	CN	ov.
Kosten (baten) in guldens per kg	6	4	15	2	12	1000	6	10

De meerwaarde van alle badcomponenten samen (uitgaande boven de waarde van de zware metalen en cyanide) kan worden verrekend met 'overige' door een geschikte cp-waarde te kiezen.

HEFFING

In het algemeen is uitgegaan van f 60,- per vervuilingseenheid.

WATERKOSTEN

Voorzover niet apart vermeld wordt in het model uitgegaan van f 0,50 per m³. Voor diverse bedrijven is water aanzienlijk goedkoper (bron). Dit betekent, dat deze bedrijven toch al in het voordeel t.o.v. bedrijven, die het met leidingwater moeten doen. In enkele gevallen is het water duurder.

Invoergegevens

MODELBEDRIJF :

procesbadnaam , volgnummer	:	:
Vp	:	1
hand / automaat bedrijf	:	
Qov	:	1 / h
Qr	:	1 / h
R	:	
CpR	:	
d	:	h / jaar
VpT	:	1 / h
afvoerkosten concentraten	: f	/ 1
afvoerkosten half concentraten	: f	/ 1
mors percentage	:	%

Cp	: Cr3	:	g / l
Cp	: Cr6	:	g / l
Cp	: Cu	:	g / l
Cp	: Ni	:	g / l
Cp	: Sn	:	g / l
Cp	: Zn	:	g / l
Cp	: Cd	:	g / l
Cp	: Fe	:	g / l
Cp	: Ag	:	g / l
Cp	: CN	:	g / l
Cp	: overige	:	g / l
Cp	: fictief	:	g / l

Ix	: Cr3	:	g / h
Ix	: Cr6	:	g / h
Ix	: Cu	:	g / h
Ix	: Ni	:	g / h
Ix	: Sn	:	g / h
Ix	: Zn	:	g / h
Ix	: Cd	:	g / h
Ix	: Fe	:	g / h
Ix	: Ag	:	g / h
Ix	: CN	:	g / h
Ix	: overige	:	g / h
Ix	: fictief	:	g / h

De b-waarden ten behoeve van module D

$$b = \text{etha} * Q_t / Q_{ov}$$

	Cr3	Cr6	Cu	Ni	Sn	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	ove	fic
afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
int. verwerk.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
elektrolyse	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	25.0	100.0	0.0	50.0	10.0	0.0	0.0
verdamping	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
omgek. osmose	80.0	80.0	80.0	100.0	0.0	90.0	0.0	0.0	0.0	50.0	10.0	0.0
elek. dialyse	0.2	100.0	100.0	100.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	50.0	0.2	0.0
behandel. 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
behandel. 8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
behandel. 9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
behandel. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

De etha-waarden van de diverse deelstroomzuiveringen

	Cr3	Cr6	Cu	Ni	Sn	Zn	Cd	Fe	Ag	CN	over	fi
ionenwisseling	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.9
ultrafiltratie	0.996	0.996	0.990	0.996	0.000	0.950	0.000	0.000	0.000	0.980	0.000	0.0
chem.spoelbad	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.950	0.000	0.0

Eindconcentratie per stof na ONO-continu :

- Cr3	:	2.00
- Cr6	:	0.00
- Cu	:	1.00
- Ni	:	3.00
- Sn	:	3.00
- Zn	:	3.00
- Cd	:	1.00
- Fe	:	2.00
- Ag	:	1.00
- CN	:	1.00
- overig	:	0.00
- fictie	:	0.00

Grenswaarden voor ontgifting in ONO-continu

	vracht	concentratie
	kg/jaar	mg/l
Chroom6	5.00	0.25
Cyanide	10.00	0.50

Rendement per stof v/d ION installatie :

- Cr3	:	0.98
- Cr6	:	0.98
- Cu	:	0.98
- Ni	:	0.96
- Sn	:	0.96
- Zn	:	0.98
- Cd	:	0.96
- Fe	:	0.98
- Ag	:	0.94
- CN	:	0.90
- overig	:	0.00
- fictie	:	0.00

Eindconcentratie per stof na ONO-batch installatie :

-	Cr3	:	4.000
-	Cr6	:	0.000
-	Cu	:	2.000
-	Ni	:	6.000
-	Sn	:	6.000
-	Zn	:	6.000
-	Cd	:	2.000
-	Fe	:	4.000
-	Ag	:	2.000
-	CN	:	2.000
-	overig	:	0.000
-	fictie	:	0.000

eindzuiveringsinstallaties :

0	:	geen behandeling
1	:	ionenwisseling
2	:	ono met bezinking
3	:	ono met ultrafil.
4	:	neutralisatie

Inhoud :

A - Hoofdprogramma

B - Stroonschema's

C - Ontgifting Neutralisatie Ontwatering

D - Programma (ONO)

```
{ HOOFDPROGRAMMA
***** }
```

```
begin
```

```
(*****}
{*      INITIALISATIE VAN DE DIVERSE VARIABELEN      *}
(*****}
```

```
debietbo:=0;kostbo:=0;kosteztot:=0;
reset(bestandlg);
alggeg := bestandlg^;
nulstel(tabel);
nulstelaarw(aarw);
nulstelhulp(eindvrbo);
nulstelhulp(eindvrtot);
nulstelhulp(verwyderd);
nulstelhulp(afvoer);
nulstelhulp(rendement);
nulstelhulp(vrachtbo);
nulstelhulp(slibono);
nulstelhulp(slibbo);
```

```
(*****}
{*      INLEZEN VAN DE BEDRIJFSGEGEVENS      *}
(*****}
```

```
readln(bedryfkeus);
if bedryfkeus in [1, 2, 3, 4] then
begin
  case bedryfkeus of
    1 : begin reset(bestand1); leesrecinarray(aa, bestand1, badtel) end;
    2 : begin reset(bestand2); leesrecinarray(aa, bestand2, badtel) end;
    3 : begin reset(bestand3); leesrecinarray(aa, bestand3, badtel) end;
    4 : begin reset(bestand4); leesrecinarray(aa, bestand4, badtel) end;
  end;
  hbedryfkeus:=bedryfkeus
end
      else
begin
  reset(bestand5); leesrecinarray(aa, bestand5, badtel);
  hbedryfkeus:=5
end;
```

```

(*****)
{*      INLEZEN VAN DE MAATREGELEN PER BAD      *}
(*****)

i := 1;
repeat
  nulstelhulp(h);
  procbad := aa[i];
  readln(keus[1], keus[2], behandelmeth, VI,deelstr);
  if keus = 'o ' then begin oe := 1 ; verwerko (tabel,behandelmeth, VI,UIT,deelstr,hulpmors) end
  else
  if keus = 'a1' then begin oe := 2 ; verwerka(tabel,behandelmeth, VI,deelstr) end
  else
  if keus = 'a2' then begin oe := 3 ; verwerka(tabel,behandelmeth, VI,deelstr) end
  else
  if keus = 'b1' then begin oe := 4 ; verwerkb(tabel,behandelmeth, VI,deelstr) end
  else
  if keus = 'b2' then begin oe := 5 ; verwerkb(tabel,behandelmeth, VI,deelstr) end
  else
  if keus = 'c1' then begin oe := 6 ; verwerkc(tabel,behandelmeth, VI,UIT,deelstr,hulpmors) end
  else
  if keus = 'c2' then begin oe := 7 ; verwerkc(tabel,behandelmeth, VI,UIT,deelstr,hulpmors) end
  else
  if keus = 'd ' then begin oe := 8 ; verwerkd (tabel,behandelmeth, VI,deelstr) end
  else
  if keus = 'e0' then begin oe := 9 ; verwerke0(tabel,behandelmeth, VI,deelstr) end
  else
  if keus = 'e1' then begin oe := 10 ; verwerkel(tabel,behandelmeth, VI,deelstr) end;

  tabel[i, 1] := oe;
  tabel[i, 2] := behandelmeth;
  tabel[i, 3] := VI;
  tabel[i,36] := deelstr;

  i := i + 1
until ( i = badtel + 1);
(*****)
{*      CREEREN VAN EEN TABEL DIE VIA 0/1 AANGEEFT OF EEN CHEMICALIE      *}
{*      IN EEN BAD VOORKOMT (T.B.V. ONO )      *}
(*****)

  tabaarw(tabel, aarw);

(*****)
{*      SOMMEREN VAN DE TABEL MET BEREKENINGSUITKOMSTEN      *}
(*****)

  verwerktabel(tabel);

(*****)
{*      BEREKENING DEBIETEN T.B.V. DE EINDZUIVERING      *}
(*****)

  readln(batchono);
  readln(eindzuiverkeus);
  readln(recirculatie);

  debiet(jaardebiet,maxdebiet,intw,batchono,eindzuiverkeus);

```



```
{*****}
{*      BEPALING EINDVRACHTEN UIT DE DIVERSE ZUIVERINGSINSTALLATIES      *}
{*****}
```

```
case eindzuiverkeus of
  0 :GEEN(eindvracht, kosteindz,intvw);
  1 :ION(eindvracht,vrachtbo,kosteindz,jaardebiet,maxdebiet,recirculatie,debietbo);
  2 :ONO(eindvracht,slibono, kosteindz, jaardebiet, maxdebiet,intvw,0);
  3 :ONO(eindvracht,slibono, kosteindz, jaardebiet, maxdebiet,intvw,3);
  4 :NEUT(eindvracht, kosteindz, jaardebiet, maxdebiet,intvw);
end;
```

```
{*****}
{*      BEPALING EINDVRACHT UIT DE BATCHONAINSTALLATIE      *}
{*****}
```

```
if (batchono<>0) or (eindzuiverkeus=1) then
  begin
    verschuif;          { kolom 9 ---> kolom 10
                        kolom 8 en kolom 9 :=0 }
    debietbo:=debietbo+tabel[25,10];
    BATCH(eindvrbo,slibbo,vrachtbo,kostbo,debietbo,batchono,eindzuiverkeus)
  end;
```

```
{*****}
{*      BEREKENING VAN DE HEFFING      *}
{*****}
```

```
jaardebiet:=jaardebiet+debietbo;
readln(mandagen);

heffing(fheffing, eindvracht, jaardebiet,mandagen);
```

```
{*****}
{*      BEREKENING VAN DE DIVERSE EINDUITKOMSTEN      *}
{*****}
```

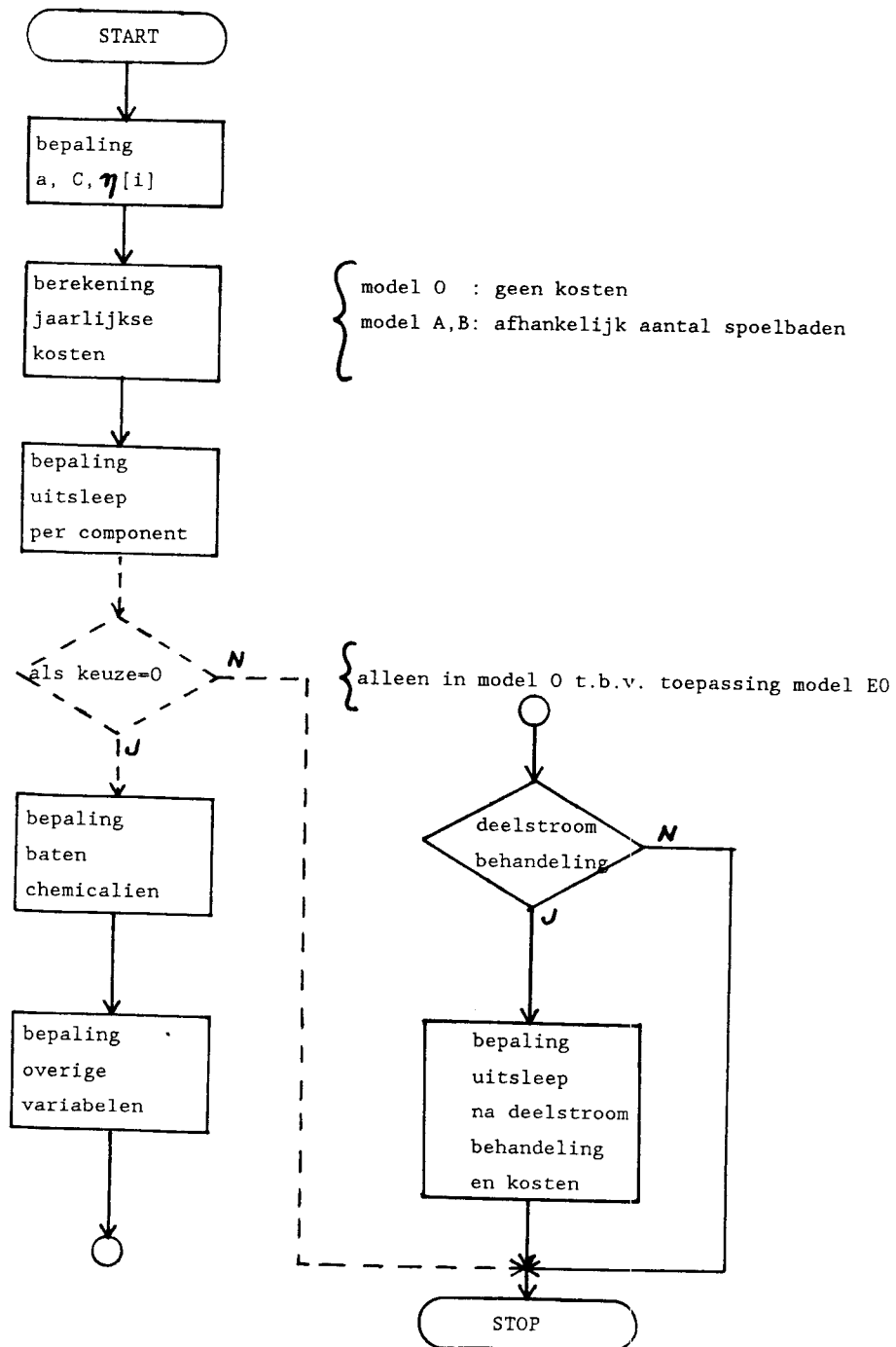
```
tabchemver(verwyderd,eindvrtot,afvoer,rendement,fjwater,kostbattot);
```

```
{*****}
{*      AFDRIJKEN VAN DE BEREKENDE GEGEVENS      *}
{*****}
```

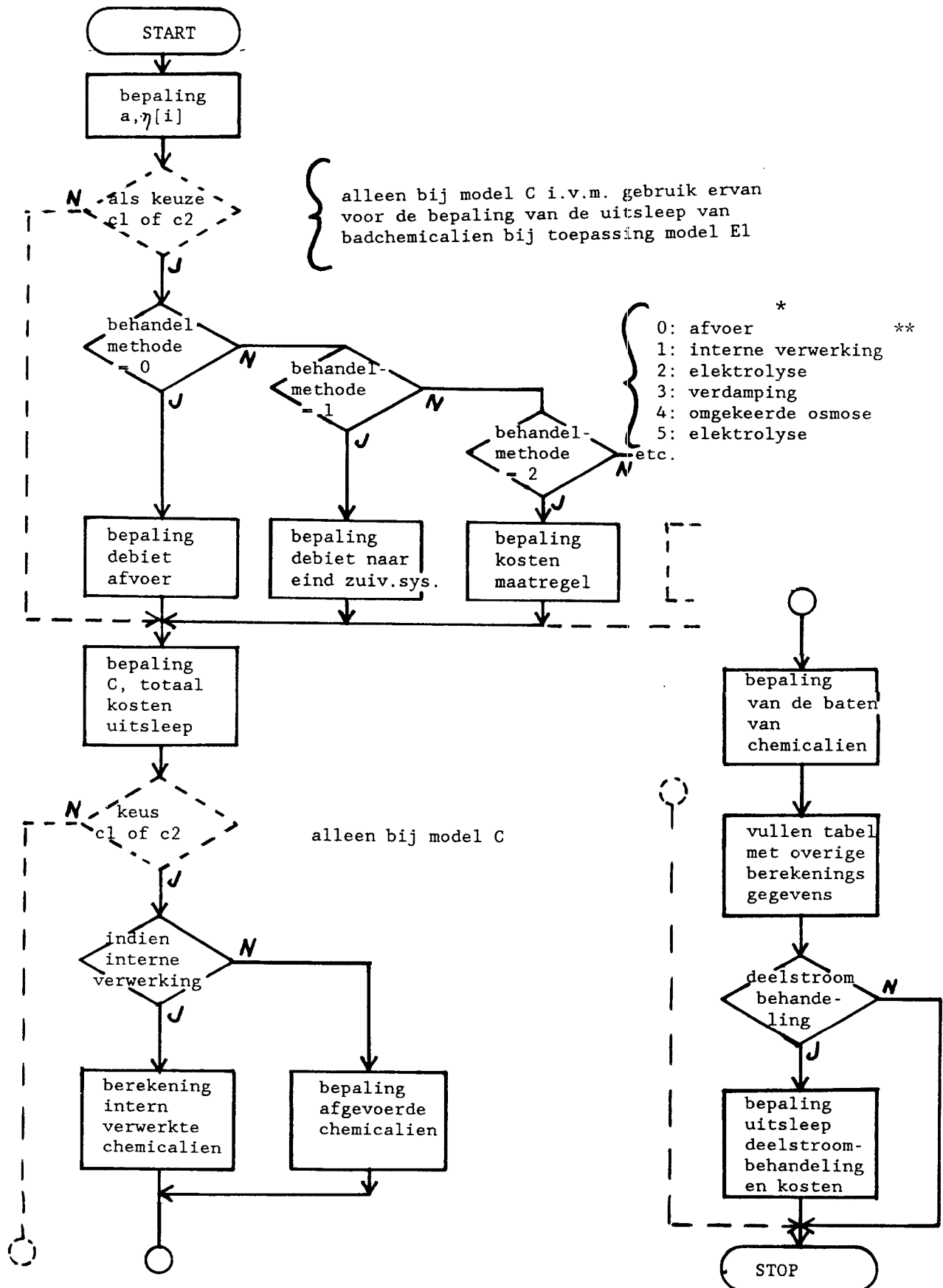
```
repeat
  readln(grenso, grensb);
  if grenso = 1 then begin printkopmodel; printkop16 end
  else
    if grenso = 7 then begin printkopmodel; printkopdeelstr end
    else begin printkopmodel; printkop1134 end;
  print(tabel, grenso, grensb);
  readln(cc)
until ( cc = 'n');

printlyst3;
page(output)
```

```
end.
```

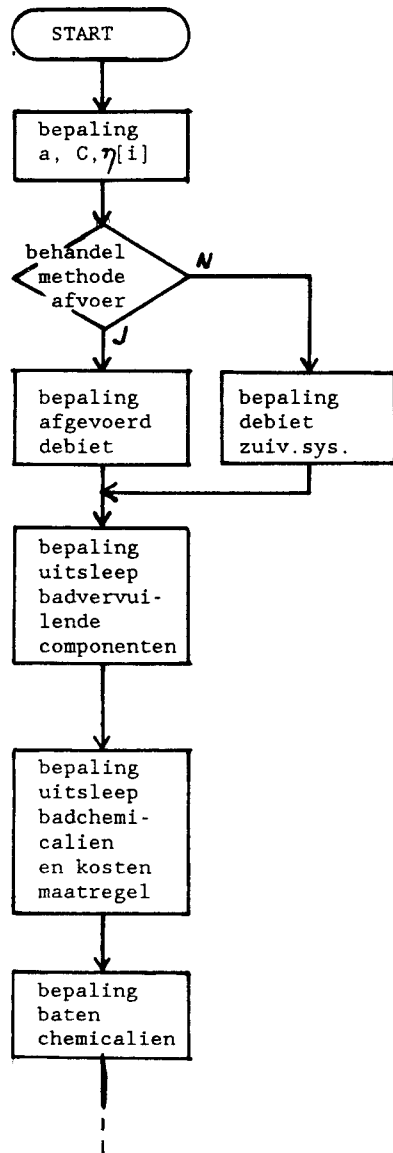


Stroomschema van de procesmodules 0,A en B.



*/** Alleen bij model C; bij model D vindt geen afvoer plaats van proces- of spaarbaden plaats dus ook geen interne verwerking ervan.

Stroomschema van de procesmodules C en D.



{ Als behandelmethode kunnen slechts afvoer of interne verwerking worden toegepast.

{ Voor E0 wordt procesmodel 0 aangeroepen en voor model E1 procesmodel C1

(zie model C,D
vullen tabel
deelstroom-
behandeling etc.)

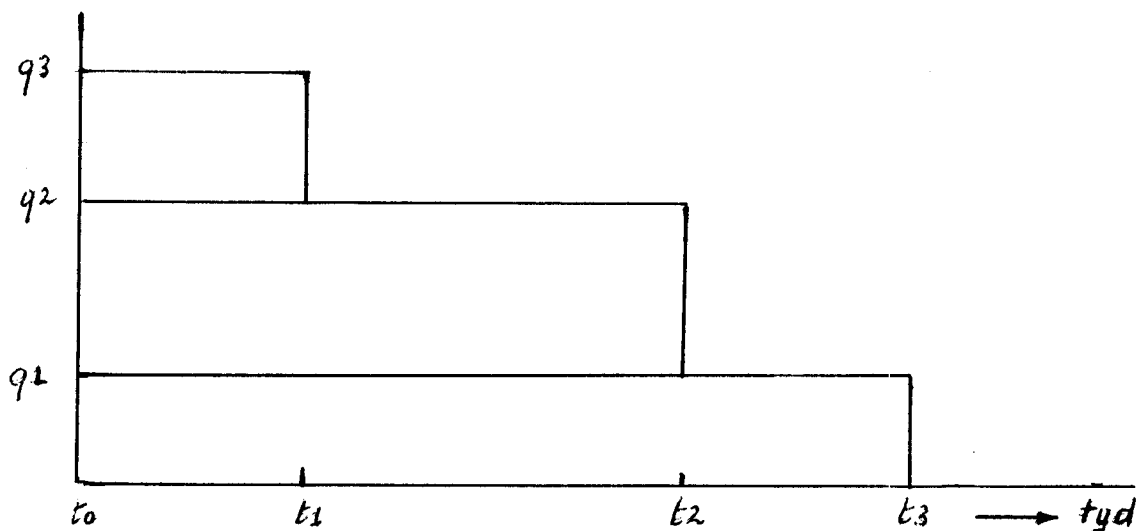
Stroomschema van de procesmodules E0 en E1.

De continue vorm van het zuiveringsproces ontgiftig-neutralisatie-ontwatering (ONO) is in globale termen te beschrijven als:

- bepaal het debiet-verloop van de installatie over de gehele werkingsperiode.
- knip dit (meestal) variërende verloop in stukken met een continue debiet.
- bepaal per debiet de uitsleep van de hierin aanwezige chemicaliën.
- bepaal de jaarsom van de chemicaliënuitsleep.
- controle of de grootte van de uitsleep de belasting van de installatie niet overtreft en of ontgiftig noodzakelijk is.
- berekening van de kosten van de zuiveringsinstallatie.

Er is gekozen voor een debietverloop in plaats van een gemiddeld debiet over de totale bedrijfstijd omdat aan deze laatste methode een aantal nadelen kleven. Zo is het vrij gecompliceerd om uit te zoeken wanneer chemicaliën uit het spoelwater van een bad in de te zuiveren stroom aanwezig zijn. Daarnaast worden op deze wijze de pieken in belasting van het systeem kunstmatig weggewerkt, waardoor te lage emissies worden berekend.

In ons systeem wordt er van uitgegaan dat op tijdstip t_0 alle baden hun bijdrage aan de te zuiveren stroom leveren. Vervolgens zal op tijdstip t_1 het debiet van het bad met het kortste aantal draaiuren (t_1) in mindering gebracht worden op het totaaldebiet. Evenzo zal op het tijdstip t_2 het debiet van het volgende bad met het opvolgende kortste aantal draaiuren in mindering gebracht worden enzovoorts zodat het debietverloop er uitziet zoals in figuur 1 is aangeven.



Voordeel van deze benadering is dat op vrij eenvoudige wijze bepaald kan worden welke chemicalien op een bepaald tijdstip in de te zuiveren stroom aanwezig zijn.

De uitsleep uit de ONO-installatie is niet afhankelijk van de belasting met chemicalien. Het proces geeft een constante uitsleep per debieteenheid, wanneer een chemicalie in de te zuiveren stroom voorkomt.

Baden met een gering aantal draaiuren zullen bij deze benadering in de piekbelasting van de ONO-installatie een bijdrage leveren. Zodat voor chemicalien die slechts in een bad voorkomen een hogere uitsleep gevonden zal worden dan wanneer de baden met korte draaiuren meer gespreid in de tijd hun bijdrage aan de belasting van de ONO zouden geven.

In de praktijk komt de situatie veelal voor dat er een badreeks vrijwel continu draait terwijl een aantal badreeksen met een korter aantal draaiuren gelijktijdig draaien. Bovenstaande benadering zal dus in de meeste gevallen de praktijksituatie niet al te veel geweld aandoen.

Het op bovenstaande wijze verkregen debietverloop kan nu in stukken geknipt worden met een constant debiet, waarna per debiet de uitsleep bepaald kan worden. Na sommatie vinden we de totale vracht van chemicalien in het effluent.

Om bij een volgend tijdsinterval het aanwezige debiet te kunnen bepalen zullen de baden gesorteerd moeten worden naar oplopende volgorde van het aantal draaiuren.

Om de volgorde van de records met badgegevens niet aan te tasten wordt de sortering vast gelegd in een array waarbij de index de

volgorde aangeeft en de waarde de plaats van het record in het bestand.

Het algoritme van dit proces kan op de volgende manier worden weergegeven:

bepaal eerste tijdsinterval;

herhaal

bepaal welke chemicalien in de stroom aanwezig zijn
en vul present(j) met 1 of 0;

bepaal van de baden die nog een aandeel leveren aan
de stroom het debiet;

doe voor het aantal chemicalien(j)

vracht(j) wordt vracht(j) + debiet * "rendement"
* tijdsinterval * present(j)

verwijder in de tabel die de aanwezigheid aangeeft van
chemicalien in de stroom de rij die betrekking heeft
op het bad of de baden waarvan het aantal draaiuren
gelijk is aan het tijdsinterval;

bepaal volgende tijdsinterval;

totdat alle baden gepasseerd zijn;

De via dit algoritme gevonden eindvrachten zijn onafhankelijk van de hoeveelheden chemicalien die in de spoelwaterdebieten aanwezig zijn. Daarnaast heeft ook nog geen controle plaats gevonden of ontgiftiging (chroom en cyanide) noodzakelijk is. Ontgiftiging van chroom houdt in dat het aanwezige zeswaardige chroom omgezet wordt in driewaardig chroom, waarna dit laatste verwijderd wordt.

De grenswaarden waarbij nog ontgiftiging plaatsvindt bedragen voor zeswaardig chroom 0.25 mg/l en voor cyanide 0.5 mg/l.

De vracht in de te zuiveren stroom wordt betrokken op het jaardebiet.

Het algoritme voor dit gedeelte van het programma kan er als het volgt uitzien:

```
als vrachtin(Cr6) < 0.25 mg/l
```

```
  dan
```

```
    vrachtuit(Cr6) wordt vrachtin(Cr6);
```

```
    als vrachtuit(Cr3) > vrachtin(Cr3)
```

```
      dan
```

```
        vrachtuit(Cr3) wordt vrachtin(Cr3)
```

```
    anders
```

```
      als vrachtuit(Cr3) > vrachtin(Cr3 + Cr6)
```

```
        dan
```

```
          vrachtuit(Cr3) wordt vrachtin(Cr3 + Cr6);
```

```
als vrachtin(CN) < 0.5 mg/l
```

```
  dan
```

```
    vrachtuit(CN) wordt vrachtin(CN);
```

```
als vrachtuit(overige chemicalien) > vrachtin(overige chemicalien)
```

```
  dan
```

```
    vrachtuit(overige chemivalien) wordt vrachtin(overige chemicalien);
```

De bepaling van de kosten van de ONO-continu installatie is vrij eenvoudig. Variabelen die hierbij een rol spelen zijn:

-maximum debiet

-jaardebiet

-coefficienten die aangeven dat ontgifting plaatsvindt

-coefficient die aangeeft dat verwerking van vervuilde
baden plaatsvindt

-de hoeveelheid zware metalen die verwijderd wordt

De kosten worden met de in bijlage 4 beschreven kostenfunctie
bepaald.

De hierboven beschreven algorithmes zijn vervolgens verder
uit gewerkt en het hieruit ontstane programma gedeelte is
weergegeven in bijlage 10.

```
{ ONTGIFTING NEUTRALISATIE ONIWATERING ( ONO )
***** }
```

Bijlage 10D

```
procedure ONO(var e,sono:tlyst;var k:real;jd,md:real;u:integer);
```

```
{*****
  e = eindvracht
  sono = slib uit ono-installatie
  k = kosten ono-installatie
  jd = jaardebiet
  md = maxdebiet
  u = variabele die aangeeft of de intern te verwerken stroom
      al dan niet in de ono-installatie behandeld wordt
*****}
```

```
type tdraai=array[1..24] of integer;
```

```
var i,j,l,m,n :integer;
  dorig,Q,zmetver,f1,f2,f3,jaarvr:real;
  draaiuren,lijst :tdraai;
  present :tetha;
```

```
{ PROCEDURE OM DRAAIUREN NAAR OPLOPENDE GROOTTE TE SORTEREN
*****
WAARBLJ EEN INDEXARRAY DE VOLGORDE AANGEeft
***** }
```

```
procedure sortdraai(var dr:tdraai;d:tdraai;p,q:integer);
var hulp,r,s:integer;
```

```
  procedure wisseldraai(var w1,w2,v1,v2:integer);
  var hulp1,hulp2:integer;
  begin
    hulp1:=v1;v1:=v2;v2:=hulp1;
    hulp2:=w1;w1:=w2;w2:=hulp2;
  end;(einde procedure wisseldraai )
```

```
begin
  if p<q then
  begin
    hulp:=d[(p+q) div 2];
    r:=p;
    s:=q;
    while r<=s do
    begin
      while d[r]<hulp do r:=r+1;
      while d[s]>hulp do s:=s-1;
      if r<=s then
      begin
        wisseldraai(dr[r],dr[s],d[r],d[s]);
        r:=r+1;
        s:=s-1
      end
    end;
    sortdraai(dr,d,p,s);
    sortdraai(dr,d,r,q)
  end
end;(einde procedure sortdraai )
```

```

{ PROCEDURE OM DE TABEL AANWEZIG TE SOMMEREN EN AFHANKELIJK VAN
*****
DE UITKOMST =0 OF >0 DE SOM GELIJK TE STELLEN AAN RESP. 0 OF 1
*****
DEZE TABEL IS GEPRODUCEERD IN DE PROCEDURE VULTABEL
***** }
procedure somaarw(var ta:tabel;var b:tetha);

var j,k,a:integer;

begin
  for j:=1 to 12 do
    begin
      a:=0;k:=1;
      while (k<=badtel) and (a=0) do
        begin
          a:=ta[k,j];
          k:=k+1
        end;
        if a>0 then b[j]:=1 else b[j]:=0
      end;
      writeln
    end;{einde procedure somaarw}

begin
  for j:=1 to 12 do
    e[j]:=0;
  for j:=1 to badtel do
    begin
      draaiuren[j]:=aa[j].d;
      lijst[j]:=j
    end;
  sortdraai(lijst,draaiuren,1,badtel);
  i:=1;dvorig:=0;n:=1;
  repeat
    somaarw(aarw,present);
    Q:=0;
    while n<=badtel do
      begin
        Q:=Q+tabel[lijst[n],4]+tabel[lijst[n],8]/5;
        n:=n+1
      end;
    for j:=1 to 12 do
      e[j]:=e[j]+Q*alggeg.ONOetha[j]*1e-3*
        (aa[lijst[i]].d-dvorig)*present[j];
    dvorig:=aa[lijst[i]].d;
    if i=badtel then i:=i+1
      else
        repeat
          for j:=1 to 12 do
            aarw[lijst[i],j]:=0;
          i:=i+1
          until (aa[lijst[i-1]].d>aa[lijst[i]].d)
            or (i=badtel);
        if (i=badtel) and (aa[lijst[i-1]].d=aa[lijst[i]].d) then
          i:=i+1;
        n:=i
    until i>badtel;

```

```

if (tabel[u,13]/jd*1e+3<alggeg.ontgCr6)or
  (tabel[u,13]<alggeg.vrachtCr6)
then
begin
  e[2]:=tabel[u,13];
  if e[1]>tabel[u,11] then e[1]:=tabel[u,11]
end
                                else
begin
  if e[1] > tabel[u,11]+tabel[u,13]
  then
    e[1]:=tabel[u,11]+tabel[u,13]
end;
if (tabel[u,29]/jd*1e+3<alggeg.ontgCN)or
  (tabel[u,29]<alggeg.vrachtCN)
then e[10]:=tabel[u,29];
l:=11;zwmetver:=0;jaarvr:=0;
for j:=1 to 12 do
begin
  if j>2 then
    if e[j]>tabel[u,1] then
      e[j]:=tabel[u,1];
  if j<=9 then zwmetver:=zwmetver+(tabel[u,1]-e[j]);
  if j<=10 then jaarvr:=jaarvr +tabel[u,1];
  sono[j]:=tabel[u,1]-e[j];
  l:=l+2
end;
f1:=1;f2:=1;f3:=0;

if (tabel[u,13]/jd*1e+3<alggeg.ontgCr6) or
  (tabel[u,13]<alggeg.vrachtCr6)
then f1:=0;
if (tabel[u,29]/jd*1e+3<alggeg.ontgCN) or
  (tabel[u,29]<alggeg.vrachtCN)
then f2:=0;
if u=50 then
  if tabel[u,9] <0 then f3:=0.1;

k:=0.15*exp(0.35*ln(md))*(1+f1+f2)*80000   {installatie + onderhoud}
+0.1*exp(0.6*ln(md))*(1+0.5*f1+0.5*f2)*20000 {bouw +onderhoud}
+exp(0.3*ln(md))*jd/md*(1+0.5*f1+0.5*f2+f3)*4 {bediening}
+0.3*jd+3*jaarvr+10*f1*tabel[u,13]+
      50*f2*tabel[u,29]           {chemicalien }
+exp(0.5*ln(md))*jd/md*(1+f1+f2)*0.3   {energie   }
+zwmetver*4;                          {slibafvoer  }

if f1=1 then begin
  sono[1]:=sono[1]+sono[2];
  sono[2]:=0
end
                                {Cr6 omgezet in Cr3}
end;

{ EINDE ONO

```

M O D E L G A L V A N O B E D R Y F N R : 1

proces-bad naam	maatregel		behandeling		V / T	spoelwater		spoelwater debiet Qs m3/j	kost.proces geïntegreer maatregel		deelstroom behandeling volgens	deelstroom kosten
	volgens model		methode volgens			debiet Qs m3/h						
ontvet	E0				-	0.32	473	-	-	-	-	-
zuurdip	E1				-	0.21	313	4020	-	-	-	-
zinkCN	D		elektrolyse		-	0.07	100	7887	-	-	-	-
messingCN	O				-	0.79	394	-	-	-	-	-
passiveer	E1				-	0.16	240	4080	-	-	-	-
ontvet	E0				-	0.32	473	-	-	-	-	-
zuurdip	E0				-	0.52	787	-	-	ionenwiss.	-	15756
nikkel	Cl		afvoer		5.00	0.43	646	4500	-	-	-	-
t o t a a l					-	2.81	3426	20487	-	-	-	15756

Voorbeeld uitvoer

M O D E L G A L V A N O B E D R Y F N R : 1

proces-bad naam	concentraat afgevoerd m3/j	kosten concentraat afgevoerd	concentraat met afvalw m3/h	concentraat met afvalw. m3/j	hoeveelheid int. batcho m3/j
ontvet	-	-	-	-	2
zuurdip	-	-	-	-	3
passiveer	-	-	-	-	5
ontvet	-	-	-	-	7
zuurdip	-	-	-	-	2
nikkel	6	4200	-	-	-
t o t a a l	6	4200	-	-	18

MODEL GALVANO BEDRYF NR: 1

proces-bad naam	Cr3		Cr6		Cu		Ni	
	uitsleep / tyd eenheid U	U kg/j	uitsleep / tyd eenheid U	U kg/j	uitsleep / tyd eenheid U	U kg/j	uitsleep / tyd eenheid U	U kg/j
zuurdip messingCN	-	-	-	-	0	-	-	-
passiveer	-	-	-	-	5	-	-	-
zuurdip	-	0	-	2	-	-	-	-
nikkel	-	-	-	-	0	-	-	0
subt uitsleep	-	0	-	2	5	-	17	17
zuurdip int	-	-	-	-	3	-	-	-
passiveer int	-	3	-	6	-	-	-	-
zuurdip int	-	-	-	-	95	-	1	1
subt uit+int	-	3	-	8	103	-	18	18
nikkel afv	-	-	-	-	-	-	87	87
t o t a a l	-	3	-	8	103	-	105	105

326
326
326

MODEL GALVANO BEDRYF NR: 1

proces-bad naam	Sn		Zn		Cd		Fe	
	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j
zuurdip	-	-	1	-	-	-	8	-
zinkCN	-	-	3	65	-	-	-	-
messingCN	-	-	5	-	-	-	-	-
passiveer	-	-	0	-	-	-	-	-
subt uitsleep	-	-	9	65	-	-	8	-
zuurdip int	-	-	5	-	-	-	67	-
passiveer int	-	-	7	-	-	-	-	-
subt uit+int	-	-	21	65	-	-	75	-
t o t a l	-	-	21	65	-	-	75	-

MODEL GALVANO BEDRYF NR: 1

proces-bad naam	Ag			CN			overige			fictief		
	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j	uitsleep / tyd eenheid U	baten chemicalien f, _ /j
ontvet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
zuurdip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
zinkCN	-	-	3	-	-	-	24	-	-	-	-	-
messingCN	-	-	6	-	-	-	8	-	-	-	-	-
ontvet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
zuurdip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0	-
nikkel	-	-	-	-	-	-	17	-	218	-	-	-
subt uitsleep	-	-	8	-	-	-	49	-	218	-	-	-
ontvet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
zuurdip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
ontvet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8	-
zuurdip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
subt uit+int	-	-	8	-	-	-	49	-	218	-	-	-
nikkel	-	-	-	-	-	-	87	-	-	17	-	-
t o t a a l	-	-	8	-	-	-	136	-	218	-	-	-

capaciteit van de eind zuivering = 4 m³ / h
 methode van de eind zuivering = ionerwisseling
 capaciteit van batchonoinst. (automaat) = 87 m³ / jaar
 te lozen debiet = 429 m³ / jaar

*** VERWIJDERDE CHEMICALIEN PER JAAR AL OF NIET NA EINDZUIVERING ***

chemicalie	uitsleep	slib eind- zuivering	rendement eindzuive- ring	afvoer als halfconc. en conc.
Cr3	0.3 kg	10.9 kg	88.5 %	0.0 kg
Cr6	0.0 kg	0.0 kg	99.9 %	0.0 kg
Cu	0.2 kg	102.6 kg	99.8 %	0.0 kg
Ni	0.6 kg	17.6 kg	96.8 %	87.0 kg
Sn	0.0 kg	0.0 kg	0.0 %	0.0 kg
Zn	0.5 kg	20.7 kg	97.5 %	0.0 kg
Cd	0.0 kg	0.0 kg	0.0 %	0.0 kg
Fe	0.4 kg	74.6 kg	99.5 %	0.0 kg
Ag	0.0 kg	0.0 kg	0.0 %	0.0 kg
CN	0.3 kg	0.0 kg	96.9 %	0.0 kg
som zw.met.	1.7 kg	151.8 kg		87.0 kg

kosten van verwerking van de afvalwaterstroom = f 37976 / jaar
 kosten van verwerking van concentraten :
 batchono = f 42733 / jaar
 afvoer = f 4200 / jaar
 water kosten v / h te lozen jaar debiet = f 215 / jaar
 kosten heffing = f 35 / jaar
 baten chemicalien = f 609 / jaar
 kosten proces-geïntegreerde maatregelen = f 20487 / jaar
 kosten deelstroombehandeling = f 15756 / jaar
 *** ----> kosten / baten totaal = f 120793 / jaar <---- ***