

CALCULATIETECHNIEKEN
KOSTENSCHATTINGEN

door

Ir. W.F.J.M. Engelhard



postbus 342
7300 AH Apeldoorn

bezoekadres
laan van westenenk 501

telex 36395 tnoap
telefoon 055 - 77 33 44

Ref. nr. : 85-013210

Dossiernr.: 8722-13752

Datum : oktober 1985

NP

„Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, 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- en Ontwikkelingsopdrachten aan TNO, 1979” dan wel de desbetreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.

INHOUDSOPGAVE

pag.

SAMENVATTING	4
1. INLEIDING	7
2. TERMINOLOGIE IN DE KOSTENCALCULATIE	8
3. METHODEN OM INVESTERINGSKOSTEN TE BEPALEN	11
3.1 Algemeen	11
3.2 Overzicht van berekeningsmethoden ter bepaling van investeringskosten	12
3.2.1 Methode van Lang	12
3.2.2 Methode van Chilton	13
3.2.3 Methode van Hand	15
3.2.4 Methode van Guthrie	17
3.2.5 Methode van Billitewski	19
3.2.6 Icarus methode	20
4. NAUWKEURIGHEID VAN SCHATTINGSMETHODEN VOOR INVESTERINGSKOSTEN	21
4.1 Algemeen	21
4.2 Orde van grootte-schatting	21
4.3 Studie	22
4.4 Voorlopig ontwerp	22
4.5 Projectbeheer	23
4.6 Gedetailleerde uitwerking	25
4.7 Factoren die eveneens de nauwkeurigheid van investeringskostenschatting kunnen beïnvloeden	26
5. VARIABELE KOSTEN	31
5.1 Algemeen	31
5.2 Grondstoffen	31
5.3 Hulpstoffen	32
5.4 Bijprodukten	32

INHOUDSOPGAVE (vervolg)

pag.

6.	JAARLIJKSE PRODUKTIEKOSTEN	34
7.	GEGEVENS VOOR KOSTENBEREKENING	38
8.	KOSTENBEREKENING MET COMPUTER	3
8.1	Algemeen	39
8.2	Gebruik van computerprogramma	40
8.3	Opzet van computerprogramma	40
8.4	Voorwaarden voor het gebruik van een computerprogramma	42
9.	CONCLUSIES	45
10.	LITERATUURREFERENTIES	48

BIJLAGEN

SAMENVATTING

Dit rapport is geschreven met de volgende doelstellingen:

- 1) Inventarisatie en selectie van calculatietechnieken om investeringskosten en jaarlijkse kosten te berekenen van grootschalige projecten met behulp van procesgegevens van kleinschalige en in ontwikkeling zijnde processen. De fase van ontwikkeling van een proces kan bijvoorbeeld laboratorium- of pilotplantschaal zijn.
- 2) Operationeel maken van een of meerdere calculatietechnieken ten behoeve van proces- en milieutechniek met behulp van een computerprogramma waarmee allerlei variabelen, zoals rente, afschrijvingspercentage etc. eenvoudig kunnen worden ingevoerd.
- 3) Toetsing van de resultaten van het ontwikkelde computerprogramma met gegevens die verkregen zijn uit publikaties van recentelijk gerealiseerde processen, eventueel vertaald naar de Nederlandse situatie.

In de aanvang van dit rapport wordt eerst aandacht besteed aan de verklaring van zowel Amerikaans/Engelse- als Nederlandse termen in de kosten-calcuatie en er wordt eventueel verwezen naar literatuur. Gespecialiseerde zaken zijn niet in dit rapport opgenomen.

De kostencalcuatie begint allereerst met het bepalen van de investeringskosten van elk apparaat afzonderlijk. Er worden diverse berekeningsmethoden behandeld om tot de totale investeringskosten te komen, beginnend met de methode van Lang en eindigend met een professionele methode die bij ingenieursbureaus wordt toegepast. Daarna wordt aangegeven hoe uitgebreid de werkzaamheden van ingenieursbureaus zullen moeten zijn om tot een bepaalde graad van nauwkeurigheid te komen in het bepalen van de investeringskosten. Door vergelijking hiermee kan worden ingeschat hoe nauwkeurig het bepalen van investeringskosten bij TNO-MT kan gebeuren.

In de meeste gevallen zijn de literatuurgegegevens gebaseerd op relatief ingewikkelde processen in de chemische industrie; bij TNO-MT wordt in het algemeen aan relatief eenvoudige processen gewerkt. De onnauwkeurigheid

van de investeringskostenschatting zal hierdoor voor TNO-MT minder groot kunnen zijn dan in de literatuur wordt aangegeven, maar zal nooit beneden de 25% liggen. Men kan bij TNO wel met minder inspanning een beter beeld van het ontwerp verkrijgen.

Er wordt in dit rapport veel verwezen naar artikelen in de literatuur waarin investeringskosten van de diverse procesapparatuur worden geschat.

De jaarlijkse produktiekosten worden onder andere bepaald door de omvang van de investeringskosten, de wijze van afschrijving, en variabele kosten. De variabele kosten worden afgeleid uit de gegevens van het onderzochte proces. In geen enkele literatuurbron wordt iets gezegd over onnauwkeurigheden in de berekening van de jaarlijkse kosten, hetgeen te verklaren is door de vele vrijheidsgraden die er bestaan bij de invulling. In de literatuur worden wel richtlijnen gegeven hoe een goede schatting kan worden gemaakt indien men niet over voldoende gegevens beschikt zoals overhead, onderhoud etc.

In dit rapport is verder aandacht besteed aan kostenberekening met de computer. Er is onderzocht hoe een mogelijke opzet van kostenberekening eruit zal moeten komen te zien en op welke schaal en met welk soort computer, bijvoorbeeld PC (personal computer) of grote computers (main frame), een kostenberekening kan worden uitgevoerd. Met een testprogramma is uitgezocht aan welke voorwaarden moet worden voldaan om het rekenen met een computer bij TNO-MT zinvol te laten zijn.

Een computerprogramma voor kostenberekening zal uit een hoeveelheid modules moeten bestaan. Iedere module bevat specifieke gegevens over de berekening van investeringskosten van één apparaat op basis van een aantal procesparameters.

In een hoofdprogramma worden de berekende resultaten uit de verschillende modules samengevoegd en gebruikt voor de berekening van de totale investeringskosten, de jaarlijkse bedrijfskosten en de kosten per eenheid produkt.

Een grote database van programmamodules zal TNO-MT mogelijk te star van opzet zijn en zal regelmatig moeten worden bijgesteld. Dit impliceert een groot computerprogramma, opgebouwd uit veel modules waarvan relatief weinig modules worden gebruikt. Dit betekent ook dat er een grote computer

voor kostenberekening zal moeten worden gebruikt.

Omdat kostenberekeningen relatief weinig worden uitgevoerd bij TNO-MT, en er met sterk verschillende processen wordt gewerkt, kan beter kleinschalig worden gewerkt met spreadsheets op een PC.

Er is een computerprogramma gemaakt met een Lotus 123 spreadsheet programma. Geconcludeerd kan worden dat op grond van de opgedane ervaring kostenberekening met spreadsheet voor een niet te groot proces wel mogelijk is. Echter, het zal moeilijk worden om uniformiteit te krijgen in de programmering, hetgeen de overdraagbaarheid naar anderen niet eenvoudiger maakt. Het werken met spreadsheets op een PC zal slechts dan worden geadviseerd indien één berekeningsprogramma, door één gebruiker opgesteld, regelmatig moet worden bijgesteld en indien gevoeligheidsanalyses moeten worden uitgevoerd. Men zal de kostenberekening anders beter op papier kunnen doen aangezien niet uit het oog mag worden verloren dat het programmeren van een spreadsheet op de PC tijdrovend kan zijn.

1. INLEIDING

Tijdens het ontwikkelen van processen bij TNO zullen kostenberekeningen moeten worden uitgevoerd om de economische haalbaarheid aan te geven in een zo vroeg mogelijk stadium. Van belang is uiteindelijk om de kostprijs van het produkt te schatten in bijvoorbeeld guldens per eenheid produkt (eenheid kan zijn, kg, ton, m³). Deze prijs kan vergeleken worden met kostprijzen van hetzelfde produkt van bestaande processen. Is de geschatte kostprijs lager dan de huidige kostprijs dan zal het aantrekkelijk kunnen zijn om zo'n produkt te produceren volgens het nieuw ontworpen proces. Omgekeerd kan een voorspelling worden gedaan of de nieuw aan te geven procesroute zoveel duurder is dan bestaande processen, dat een nieuw proces nooit aantrekkelijk kan worden, ondanks de verwachte optimalisatie.

Een probleem bij nieuw te ontwikkelen processen is echter dat een schatting van kostprijs per eenheid produkt moet worden gemaakt in een stadium dat het proces zich nog in bijvoorbeeld de laboratorium-, pilot-plant- of in een demonstratiefase bevindt.

De schatting van de kostprijs per eenheid produkt in de bovenstaande volgorde van fasen wordt steeds nauwkeuriger omdat men over beter vertaalbare gegevens beschikt. Een demonstratieproject zal in technische uitvoering weinig meer mogen afwijken van een uiteindelijk toegepast proces (met uitzondering van de schaalgrootte), echter, een proces op laboratorioschaal zal meestal niet erg lijken op een grootschalig proces.

Aangezien bij TNO processen ontwikkeld worden die meestal in de laboratorium- of pilot-plantfase zijn, ondervindt TNO voortdurend het probleem dat de haalbaarheid van een proces in een vroeg stadium moeilijk kan worden aangetoond vanwege de onnauwkeurigheid.

Dit onderzoek is onder andere opgezet om na te gaan of het mogelijk is om de nauwkeurigheid van de kostprijsberekening te vergroten en welke belemmeringen er zouden moeten worden overwonnen om dit eventueel te realiseren.

2. TERMINOLOGIE IN DE KOSTENCALCULATIE

In veel literatuur wordt in grote lijnen aangegeven hoe een kosten-calcu-latie kan worden uitgevoerd. De methoden die worden aangegeven concentreren zich voornamelijk op het bepalen van vaste kosten, zoals de investeringskosten.

Bij variabele kosten worden hooguit parameters en richtgetallen gegeven waarmee, afhankelijk van de procesinstallatie, een mogelijke schatting van kostenposten is te maken.

In de literatuur maakt men onderscheid tussen verschillende soorten van kosten. Er worden kostenberekeningen voor administratieve doeleinden uitgevoerd, waarin men onderscheid maakt in onder andere directe-, indirecte-, vaste- en variabele kosten, maar er worden ook kostenschattingen uitgevoerd van een nieuw te bouwen fabriek. Men onderscheidt over het algemeen in dat geval vaste- en variabele kosten. Daarbij wordt vaak wel aangegeven of deze kosten direct of indirect zijn. Bij kostencalculatie kan men enerzijds denken aan de zogenaamde kostenadministratie (beheer) en anderzijds aan kosten-schatting.

Kostenadministratie is er in de eerste plaats op gericht te kunnen voorzien in de informatie die de bedrijfsleiding nodig heeft over de kosten van een bedrijf.

Kostenschatting richt zich meer op het bepalen van kosten van een nieuw te bouwen fabrieksinstallatie.

Er zal in eerste instantie worden ingegaan op vaste, variabele, directe en indirecte kosten.

Vaste kosten. [1]

Vaste kosten kunnen gedefinieerd worden als kosten die de neiging vertonen niet te worden beïnvloed door variaties in het produktie-volume van het bedrijf. Dat betekent niet dat vaste kosten altijd vast van omvang zijn. Er zijn namelijk andere oorzaken, zoals prijs-niveaus, gebrek aan markten, etc., die ertoe kunnen leiden dat de omvang van de kosten van de ene op de andere periode verschilt.

Onder vaste kosten worden gerekend:

- Afschrijvingen
- Rente
- Lonen
- "Overhead"
- Belasting en verzekering
- Onderhoud.

In bijlage 1 worden bovengenoemde punten nader uiteengezet.

Variabele kosten. [1]

Variabele kosten zijn kosten die de neiging vertonen recht evenredig te variëren met schommelingen in volume van de produktie.

Als een verandering van volume dwingt tot een verandering van de omvang van een bepaald kostenelement, dan behoort dat element tot de variabele kosten.

Een lineariteit van variabele kosten mag worden verwacht als het gaat om kleine verandering in produktievolume, echter als de verandering groot wordt kan de lineariteit verdwijnen.

Onder de variabele kosten worden gerekend:

- Grondstoffen
- Hulpstoffen
- Bijprodukten.

In bijlage 2 worden bovengenoemde punten nader uiteengezet.

Directe kosten. [1]

Onder directe kosten worden verstaan, die kosten die in hun geheel rechtstreeks kunnen worden toegerekend aan een kostenplaats of kostendrager.

Het zijn kosten die rechtstreeks geassocieerd kunnen worden met de produktie van een kostendrager of met de activiteiten van een kostenplaats.

Kostenrekening is daarom te definiëren als de toerekening van gehele kostenposten aan kostenplaatsen of kostendragers.

De directe kosten bestaan uit de directe materiaalkosten, de directe lonen en die kosten waarvan aantoonbaar is dat ze rechtstreeks worden veroorzaakt door een produktie-eenheid.

De algemene regel is dat onder directe arbeid wordt verstaan die arbeid welke wordt besteed aan de concrete fabricage van het gerede produkt van de onderneming of die arbeid die te identificeren is met de kosten van het produkt.

Indirecte kosten [1]

Indirecte kosten kunnen niet rechtstreeks worden geassocieerd met de produktie van een kostendrager of met de activiteit van een kostenplaats, maar moeten over kostenplaats of -drager worden omgeslagen op basis van een bruikbare verdeelsleutel.

Tot de indirecte kosten behoren alle produktiekosten (met uitzondering van de directe kosten), verkoop- en distributiekosten die niet aanwijsbaar kunnen worden toegeschreven aan een bepaalde produktie-eenheid.

Er kunnen nu combinaties bestaan tussen directe- en indirecte kosten met variabele- en vaste kosten. Zo kan men bijvoorbeeld directe vaste kosten of indirect variabele kosten hebben. In [1] wordt daarop verder ingegaan.

Overige kostentermen

Naast definities van kosten in de vorige paragrafen zijn er nog vele termen die worden gebruikt in de kostencalculatie. In de literatuur worden deze verduidelijkt.

In met name de Amerikaanse literatuur wordt relatief weinig aandacht geschonken aan definiëring van bepaalde termen. Literatuurreferenties [1], [2] en [3] geven veel definities van bepaalde kostentermen in het Nederlands.

Voor definities in de Amerikaanse literatuur wordt verwezen naar literatuurreferenties [4] en [5]. Uit deze literatuur is in bijlage 3 "de verklarende woordenlijst" (glossery) gegeven.

3. METHODEN OM INVESTERINGSKOSTEN TE BEPALEN

3.1 Algemeen

In de literatuur zijn er vele rekenmethoden aangegeven om investeringskosten van procesapparatuur en complete procesinstallaties te bepalen.

De mate van detaillering in zo'n rekenmethode kan tot een grotere nauwkeurigheid van de totale investeringskosten leiden. De nauwkeurigheid hangt ondermeer af van de betrouwbaarheid van de benodigde basisgegevens.

De meeste methoden gaan uit van investeringskosten van een aantal grote en belangrijke apparaten (de z.g. Major Plant Items = MPI) in het totale proces. Met behulp van factoren worden de totale installatiekosten bepaald. Naar gelang er meer of minder verfijning in de rekenmethode is aangebracht, wordt per MPI onderzocht of er nog afwijkingen zijn van de standaardsituatie, bijvoorbeeld bouw met speciale staalkosten.

Berekeningsmethoden uit de literatuur zijn [4,5]

- methode van Lang
- methode van Hand
- methode van Chilton
- methode van Guthrie
- Icarus methode.

In de volgende paragraaf zal in het kort op deze methoden worden ingegaan. Voor diepgaande uitleg wordt vooral verwezen naar het EPA-rapport [4,5]. Tevens vormen [2,3] een zeer goede leidraad in de kostenberekening.

Literatuur [6] geeft nog een aantal regels ten aanzien van het schatten van kosten van apparatuur. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen apparatuur die veelvuldig, een aantal maal of eenmalig voorkomen in een proces stroomsschema.

- Van apparaten die veelvuldig voorkomen in een processtroomschema zoals pompen, opslagtanks en warmtewisselaars, hoeven de afzonderlijke kosten niet met grote nauwkeurigheid bekend te zijn. Gemiddelde kosten met een tamelijk hoge standaard deviatie van bijvoorbeeld 30% zullen voldoende zijn.
- Voor apparaten die minder frequent voorkomen is het gewenst om de kosten met grotere nauwkeurigheid te kennen. Dit zelfde is van toepassing voor apparaten die uit duurdere materialen dan koolstofstaal zijn opgebouwd.
- Kosten van apparaten die eenmalig voorkomen in het processtroomschema, zoals reactoren, dienen in meer detail te worden bekeken. Hiervoor kan men, indien dat mogelijk is, het beste een offerte aanvragen.

3.2 Overzicht van berekeningsmethoden ter bepaling van investeringskosten

3.2.1 Methode van Lang [7]

Met deze methode wordt op eenvoudige wijze de totale investeringskosten van een procesinstallatie bepaald met behulp van investeringskosten van MPI's die vermenigvuldigd worden met de zogenaamde Lang-factoren.

Deze Lang-factoren zijn gerelateerd aan de fysische fasetoestand van de chemische stoffen (gasvormige, vloeibare of vaste fase of combinaties ervan) in het proces. Lang [7], maar later ook andere auteurs, zoals Cran [6], hebben met behulp van statistiek Lang-factoren bepaald.

	<u>Lang</u>	<u>Cran</u> (Langfactor + standaarddeviatie)
- solid processing plants	3.10	3.00 ± 0.61
- solid/fluid processing plants	3.63	3.04 ± 0.81
- fluid processing plants	4.74	3.15 ± 0.81
- Unclassifiable plants		3.39 ± 0.99
- All classes of plants		3.19 ± 0.86.

(Lang heeft zijn factoren in het verleden slechts gebaseerd op gegevens van 14 relatief kleine procesinstallaties; daarvan bevonden zich enkele installaties nog in het semi-technisch stadium.)

De onnauwkeurigheid van deze getallen ligt tussen 30 tot 50%. Deze methode heeft slechts nut als controlemiddel op gedetailleerde berekeningen. In de Icarus methode worden Lang-factoren daarom toegepast (zie paragraaf 3.2.6).

De Lang-factor is opgebouwd uit vier factoren:

- 1) Een subfactor van 1.43 (voor elk type plant dezelfde) voor fundatie, hulpvoorzieningen, vents, isolatie en installatie van apparatuur.
- 2) Een subfactor, voor pijpleidingen, die verschillend is voor de soort installatie
 - solid processing plants 1.10
 - solid fluid processing plants 1.25
 - fluid processing plants 1.60.
- 3) Een subfactor van 1.50, die voor elk type plant dezelfde is, voor constructie, civiele werkzaamheden en gebouwen.
- 4) Een subfactor voor overheadkosten
 - solid processing plant 1.31
 - solid-fluid processing plants 1.35
 - fluid processing plants 1.35

3.2.2 Methode van Chilton [8]

Evenals bij de methode van Lang wordt bij de methode van Chilton uitgegaan van de som van investeringen van de belangrijkste apparaten (MPI's) die in het proces aanwezig zijn.

Er wordt nu een verfijning aangebracht in de berekening door diverse kostenposten in te bouwen, zoals installatie van apparatuur, pijpleidingen, instrumentatie, gebouwen, engineering en constructie. Voor elk van de bovengenoemde kostenposten zijn grenzen aangegeven waartussen de factoren zich kunnen bewegen (zie bijlage 4). Deze factoren zijn bepaald aan de hand van vele gegevens uit de praktijk. Volgens een bepaalde procedure worden alle factoren met elkaar opgeteld of vermenigvuldigd. In literatuur [4,5] wordt uitgebreid aandacht hieraan besteed.

In onderstaande tabel 1 is met behulp van een voorbeeld de rekenstructuur weergegeven, de verschillende Chilton-factoren zijn te vinden in schema A in bijlage 5.

EXAMPLE OF THE USE OF CHILTON FACTORS
FOR CAPITAL COST ESTIMATION OF A FLUID-PROCESS PLANT

Item No.	Item	Multiplying Factor	Operating on Item No.	Cost of Item
1.	Equipment Costs, delivered	1.0	1	ΣE_D^a
2.	Installed Equipment Cost, ΣE_I	1.60	1	1.60 ΣE_D
3.	Piping (Includes Insulation)	0.40	2	0.64 ΣE_D
4.	Instrumentation	0.10	2	0.16 ΣE_D
5.	Buildings and Site Development	0.30	2	0.48 ΣE_D
6.	Auxiliaries (Elec. & Stm. Power)	0.15	2	0.24 ΣE_D
7.	Outside Lines and Site Development	0.15	2	0.24 ΣE_D
8.	Total Physical Cost (items 2 through 7)			3.36 ΣE_D
9.	Engineering and Construction	0.35	8	1.18 ΣE_D
10.	Contingencies and Contractor's Fee	0.20	8	0.67 ΣE_D
11.	Size Factor	0	8	0
12.	Total Plant Cost (items 8 through 11)			5.21 ΣE_D^b

^aSum of the delivered major plant items.

Tabel 1. ^bFor this plant, the Lang factor is 4.83.

De uiteindelijke factor die met behulp van de methode van Chilton wordt verkregen zal meestal niet erg afwijken van factoren die verkregen worden met de methode van Lang. Het resultaat in het voorbeeld wordt met een Lang-factor vergeleken.

Van degene die deze schattingsmethode uitvoert wordt verwacht, dat hij over het vermogen beschikt om een redelijke schatting te maken per Chilton-factor tussen de aangegeven minimum- en maximumwaarde.

3.2.3 Methode van Hand [3,9]

De methode van Hand is ook een verfijning op de methode van Lang. Voor elk MPI in het processchema wordt door Lang een vaste subfactor van 1.43 gebruikt voor fundatie, hulpvoorzieningen, vents, isolatie en installatie van het apparaat. Hand heeft een lijst van factoren opgesteld voor diverse apparaten, waarmee de z.g. module investering van een apparaat kan worden bepaald. De factoren zijn voor een aantal apparaten weergegeven in de tabel 2 op de volgende bladzijde. Onder de module investering wordt verstaan de kosten van het "kale" apparaat (fob-prijs) plus kosten voor instrumentatie (meet- en regelapparatuur), toe- en afvoerleidingen, elektrische bekabeling, fundering, isolatie en overige bouwkundige voorzieningen (dus volledig geïnstalleerd apparaat). De modules kunnen in gedachten zonder verdere kosten aan elkaar worden gekoppeld tot een volledige procesinstallatie. In [3] wordt de gehele berekeningsmethode van Hand gegeven met richtlijnen hoe opslagen moeten worden gekozen en overige keuzes moet worden gemaakt. De opzet en het schema van de kostenberekeningsmethode is in bijlage 6 weergegeven.

Het aantrekkelijke van deze methode is dat classificatie naar soort installatie, zoals bij de Lang-methode, niet nodig is.

Een nadeel van deze methode, in [6] genoemd, is dat over de nauwkeurigheid van deze getallen nooit is gerapporteerd.

Tabel 2 HAND FACTOREN voor procesapparaten

Apparaat	Factor	Apparaat	Factor
Agitators		Heat Exchangers (continued)	
Carbon Steel	1.95	Shell & Tube, C.St./Monel	2.70
Stainless Steel	1.80	Shell & Tube, Monel/Monel	2.40
Air Heaters, all types	2.25	" " ,C.St./Hastelloy	2.10
Beaters	2.10		
Blenders	1.95	Miscellaneous	
Blowers	2.10	Carbon Steel	3.00
Boilers	2.25	Stainless Steel	2.25
		Pumps, Centrifugal	
Centrifuges		Carbon Steel	4.20
Carbon Steel	1.95	Stainless Steel	3.00
Stainless Steel	1.80	Hastelloy trim	2.10
Chimneys and Stacks	1.80	Nickel trim	2.55
Columns, distillation		Monel trim	2.55
Carbon Steel	4.50	Titanium trim	2.10
Stainless Steel	3.15	Pumps, All Other	
Compressors		Stainless Steel	2.10
Motor driven	1.95	Carbon Steel	2.40
Steam or Gas driven	2.25		
Conveyors and Elevators	2.10	Reactor Kettles	
Cooling Tower, concrete	1.80	Carbon Steel	2.85
Crushers, Classifiers, Mills	1.95	Glass lined	3.15
Crystallizers	2.85	Reactors, multitubular	
Cyclones	2.10	Stainless Steel	2.40
		Copper	2.70
Dryers		Carbon Steel	3.30
Spray, Air	2.40	Refrigeration Plant	2.25
Other	2.10		
		Steam Drums	3.00
Ejectors	2.55		
Evaporators		Tanks, Process,	
Calandria	2.25	Stainless Steel	2.70
Thin Film, Carbon Steel	3.75	Copper	2.85
Thin Film, Stainless Steel	2.85	Aluminium	3.00
Extruders, compounding	2.25	Tanks, Storage	
		Stainless Steel	2.25
Fans	2.10	Aluminium	2.55
Filters, all types	2.10	Carbon Steel	3.45
Furnaces, direct fired	1.95	Tanks, Field Erected	
		Stainless Steel	1.80
Gas Holders	1.95	Carbon Steel	2.10
Granulators for Plastics	2.25	Turbines	2.25
Heat Exchangers		Vessels, Pressure	
Air Cooled, Carbon Steel	3.75	Stainless Steel	2.55
Coil in Shell, St.St.	2.55	Carbon Steel	4.20
Glass	3.30		
Graphite	3.00		
Plate, Stainless Steel	2.25		
Plate, Carbon Steel	2.55		
Shell & Tube, St.St./St.St.	2.85		
" " C.St./St.St.	3.15		
" " ,C.St./Alumina	3.30		
" " ,C.St./Copper	3.00		

3.2.4 Methode van Guthrie [10]

De methode van Guthrie is iets gecompliceerder van aanpak dan de methode van Chilton of Hand. In de literatuur [4] wordt ervoor gewaarschuwd dat ondanks de grotere nuance die in deze rekenmethode is aangebracht het resultaat niet betrouwbaarder hoeft te zijn. Evenals bij de methode van Chilton en Lang wordt uitgegaan van de som van de investeringskosten van de belangrijkste apparaten van het proces (MPI's).

Een beperking van de methode van Guthrie is dat er vaak te weinig informatie beschikbaar is om deze methode volgens de regels toe te passen.

In literatuur [4] wordt meer in detail ingegaan, op het principe van deze rekenmethode. (Hierbij wordt tevens verwezen naar de oorspronkelijke literatuur). In bijlage 5, schema B en in tabel 3 wordt de rekenmethode volgens Guthrie nader uitgelegd.

Tabel 3

The schedule for the Guthrie method is developed from these seven cost elements (some represent the sum of items above in the list):

- | | | | | |
|---------------------------|----------------|----|-------|------|
| • Equipment cost, FOB | (E) | } | M | |
| • Direct (field) material | (m) | | | |
| • Direct (field) labor | (L) | | | |
| • Direct M and L costs | (E+m) + L | or | M + L | = DC |
| • Indirect costs | (IC) | | | |
| • Bare module costs | IC + DC = BMC | | | |
| • Total module costs | I _F | | | |

The direct (field) material, m, consists of:

- | | |
|-------------------|-------------------------------------|
| • Piping | |
| • Concrete | [m ranges from 40% to 125% of E |
| • Steel | or a norm of 62%. Multiply E by |
| • Instrumentation | 1.40 to 2.25 to get M, the total |
| • Electrical | of all direct material costs (A-10, |
| • Insulation | A-11).] |
| • Paint | |

The direct (field) labor, L, applies to:

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| • Material erection | [L ranges from 50% to 70% of E |
| • Equipment setting | or a norm of 58% (A-10, A-11).] |

The sum of M + L comprises the total direct costs or total physical cost which is Item 8 in Table A-5. Then to the sum of the values of M + L for all the major plant items, indirect factors are applied to account for these three items:

- | | |
|---------------------------------|--|
| • Freight, insurance, sales tax | [Indirect cost ranges from 25% to 45% of (M + L) (A-1, A-18); multiply |
| • Construction overhead | (M + L) by 1.34 to get bare module |
| • Engineering | cost (A-10, A-11).] |

This yields the so-called "bare module cost." The "total module cost" is found by applying factors for these two items:

- | | |
|---|---|
| • Contingency [8 to 20% of bare module cost (A-17), or a norm of 15% (A-10, A-11)] | [Multiply bare module cost by 1.18 to give "total module cost" (A-10, A-11).] |
| • Contractor's fee [2 to 7% of bare module cost (A-17), or a norm of 3% (A-10, A-11)] | |

If adjuncts or auxiliaries such as:

- Solids handling facilities
- Site development
- Industrial buildings
- Offsite facilities

apply, the extra investment for them needs to be added. In the calculation of these extra investments, one must allow for indirects: engineering, contractor's fee, etc.

The Guthrie references (A-10, A-11, A-16) provide values for FOB equipment costs, E, and the factors to compute material, M, and field labor cost, L. The equipment for which these data are available include process furnaces, heat exchangers, process vessels, pumps, and compressors. For equipment for which this information cannot be found in the literature, the factors can be back-calculated from detailed cost estimates or from the records of jobs actually constructed.

The contingency, for which 15 percent is allowed on the average by the Guthrie method, covers two shortcomings of the estimating procedure. One is ignorance: the failure to include items, generally minor but cumulatively significant, which escape accounting in a conceptual level estimate. These average about 10 percent of the fixed capital investment. The second shortcoming of the estimating procedure is the inability to predict many factors which affect the final cost; e.g., business conditions, weather, labor strife, and legislation.

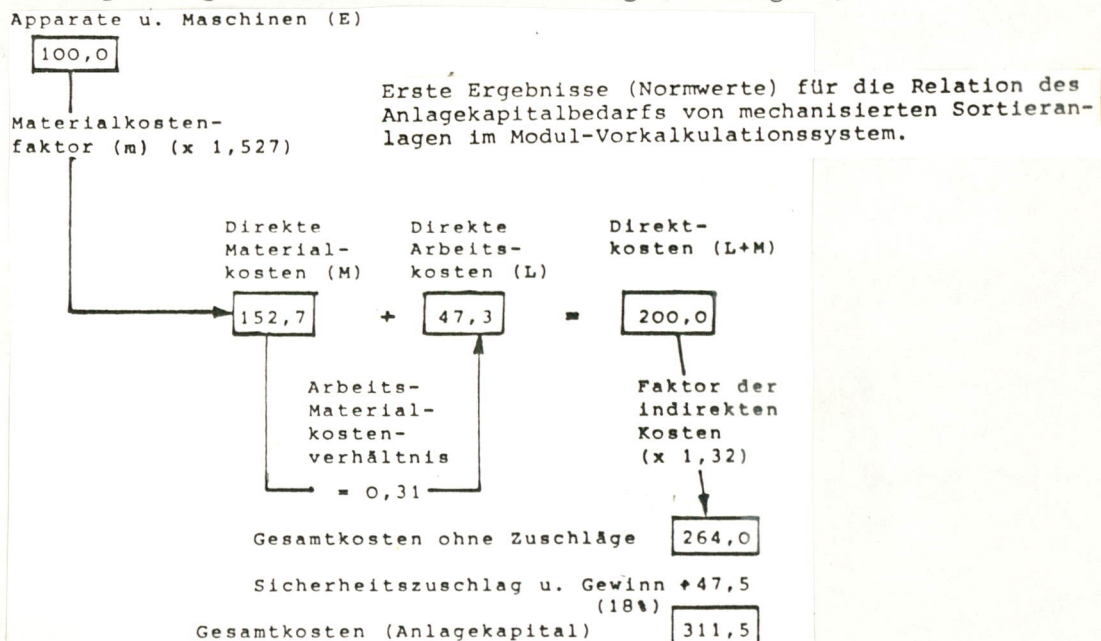
3.2.5 Methode van Billitewski

De kostenberekeningsmethode die door Billitewski [11] is voorgesteld is een methode die weinig afwijkt van de methode van Lang, Chilton en Guthrie. Billitewski heeft zijn rekenmethode toegepast op afvalverwerkingsinstallaties. Bij deze methode wordt evenals bij andere rekenmethoden gebruik gemaakt van factoren die vermenigvuldigd worden met de investeringskosten van de belangrijkste apparatuur in het systeem.

De factoren zijn:

- 1) Materiaalkostenfactor (directe materiaalkosten) die tussen de 1.42 en 1.75 ligt. Onder deze kostenpost vallen pijpleidingen, fundamente, staalconstructies, instrumenten, elektrische inrichting, isolatie en verf.
- 2) Arbeidskostenfactor (directe arbeidskosten), die nodig is voor het opstellen en monteren van de apparatuur.
Deze factor ligt tussen de 1.32 en 1.40.
- 3) Indirecte kostenfactor waaronder vrachtkosten, verzekeringen, invoersrechten, administratiekosten, toezicht bij de opbouw van de installatie en ingenieurskosten.
De factor ligt tussen de 1.32 en 1.45.
- 4) Factor voor winst en toeslag voor eventuele tegenvallers.
Deze ligt tussen de 1.12 en 1.24.

De som van het produkt van gemiddelde van deze factoren en de onzekerheidstoeslag van 18% over het produkt komt goed met de Lang-factor voor een "solid processing plant" overeen. In [11] zijn ook veel gegevens over investeringskosten van apparatuur te vinden op het gebied van afval verwerking (zie fig. 1).

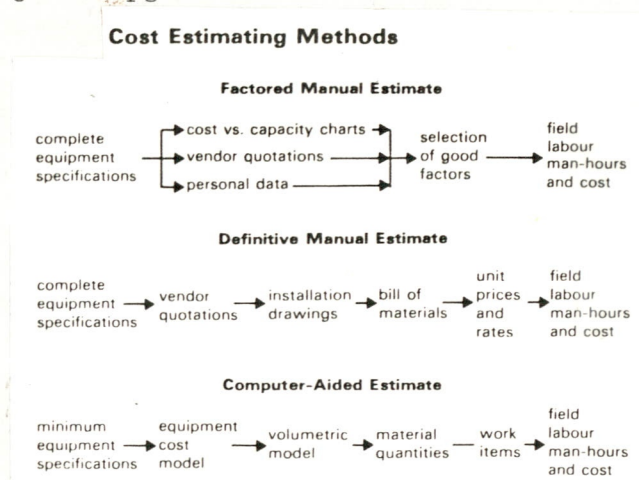


3.2.6 Icarus-methode. [4,12]

Deze meer professionele methode wordt toegepast bij een aantal grote bedrijven om investeringskosten van installaties uit te rekenen. De software voor deze methode wordt door het Engelse bureau Icarus Services Ltd. verkocht onder de naam CØST[®] systeem.

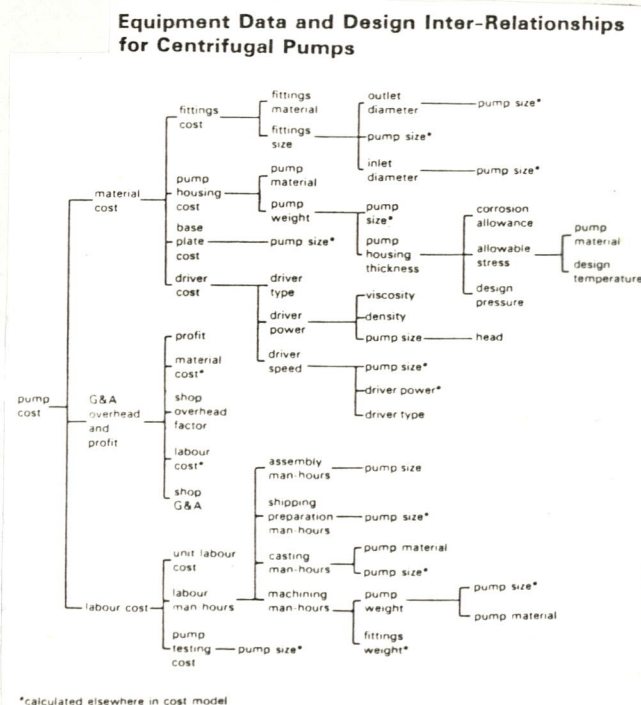
De methode bestaat uit een uitgebreid computerprogramma, waarmee kosten van de afzonderlijke apparaten wordt geschat met behulp van onder andere opgegeven dimensies van het apparaat en/of debieten. Uiteindelijk werkt men ook met Langfactoren die als controle-middel dienen.

In [12] en fig.2 wordt aangegeven hoe de kostenschattingsmethode in grote lijn is opgezet.



figuur 2

Voor een kostenberekening van een centrifugaalpomp wordt met behulp van de computer met het schema in fig.3 gewerkt. (Het schema in fig.3 moet van links naar rechts worden gelezen).



figuur 3

4. NAUWKEURIGHEID VAN SCHATTINGSMETHODEN VOOR INVESTERINGSKOSTEN

4.1 Algemeen

In de literatuur wordt aangegeven welke onnauwkeurigheid bij het schatten van investeringskosten van een procesinstallatie mag worden verwacht.

De onnauwkeurigheid van de schatting kan worden gerelateerd aan het stadium waarin het procesontwerp zich bevindt.

	<u>onnauwkeurigheid $\pm$ %</u>
Orde van grootte schatting	40 tot 50
Studie	25 tot 40
Voorlopig ontwerp	15 tot 25
Projectbeheer	10 tot 15
Gedetailleerde uitwerking	5 tot 10.

Er is in literatuur [13] aangegeven, welke werkzaamheden, bijvoorbeeld door ingenieursbureaus, zullen worden verricht in elk van de vijf bovenliggende fasen.

De nauwkeurigheid van een schatting van investeringskosten voor een procesinstallatie op grote schaal, uitgaande van gegevens uit de laboratorium- of pilot-plantfase, zal afhangen van de gedetailleerdheid van de uitwerking van proceschema's en van de vertaalbaarheid van bijvoorbeeld meetgegevens van kleine naar grote schaal.

4.2 Orde van grootte schatting (onnauwkeurigheid 40 tot 50%)

De schatting die in deze fase wordt gemaakt, wordt verkregen uit beschikbare informatie binnen het bedrijf van werkzaamheden die in het verleden zijn verricht.

Er worden aan de hand van de gegevens grafieken gemaakt met curven waarin de capaciteit van de plant is uitgezet versus de voor inflatie gecorrigeerde kosten.

Investeringskosten die op deze wijze zijn bepaald, zijn slechts geldig voor standaard plants en geven geen inzicht in de kosten ten

aanzien van voorbereidenden werkzaamheden van het toekomstige fabrieksterrein, opslagfaciliteiten en koppeling met aanverwante installaties. Deze kostenschatting wordt gemaakt voor het verrichten van een haalbaarheidstudie en dient tevens als basis voor het maken van beslissingen.

4.3 Studie (onnauwkeurigheid 25 tot 40%)

Deze schatting combineert een orde van grootte-schatting met de specifieke factoren voor bepaalde werkzaamheden, zoals lokatie, arbeidsproduktiviteit, beschikbaarheid van constructiematerialen etc. In vele gevallen moeten de vereiste kosten van hulpvoorzieningen op de lokatie ook worden geschat om de totale investeringskosten te krijgen. Dit soort studies worden gemaakt wanneer de eigenaar serieus begint te denken aan het bouwen van een plant.

Het is gebaseerd op plantcapaciteit en een lijst van apparaten voor de hulpvoorzieningen. Het dient vaak als basis voor de selectie van een proces. De nauwkeurigheid van de kostenschatting hangt hoofdzakelijk af van de mate van nauwkeurigheid waarmee de kostenfactoren kunnen worden gekozen.

4.4 Voorlopig ontwerp (onnauwkeurigheid 15 tot 25%)

Het hoofddoel van deze schatting is het leggen van een basis voor de toewijzing van fondsen en is in eerste beginsel een opzet voor een budgetbeheer.

Het wordt uitgevoerd nadat projectingenieurs het conceptuele ontwerp hebben uitgewerkt en een lijst van apparatuur (grootte en categorie) en voorlopige proces stroomschema's hebben opgesteld.

De volgende documenten dienen als basis voor dit soort schattingen:

- Lijst van apparatuur op grootte en categorie, inclusief apparatuur die op en buiten het fabrieksterrein staan opgesteld.
- Voorlopige totale pilot-plants.
- Overzicht van kosten op lokatie, inclusief arbeidsproduktiviteit en de beschikbaarheid van geschoolde krachten en constructie materiaal.
- Totale proces-stroomschema
- Overzicht van ontwikkeling van het bouwterrein.

De kosten van apparatuur op de lijst wordt bepaald door kostencurven die voor de betreffende apparatuur is gemaakt; zie onder andere literatuur [13, 17, 18]. Indien de informatie van bepaalde apparatuur, en in het bijzonder voor grote apparaten (zoals reactoren en compressoren), niet aanwezig is, dan wordt telefonisch - of schriftelijk de prijs aangevraagd bij verkopers van die apparatuur.

De totale directe kosten van het project worden bepaald door een factor toe te passen op de totale kosten van apparatuur. De totale indirecte kosten worden verkregen door het toepassen van een factor op de totale directe kosten.

Om tot totale projectkosten te komen moeten ook punten worden meegenomen, zoals:

- marge voor onvoorziene kosten
- katalysator
- chemicalieën
- start-up van de plant
- kosten van bewerking van terrein
- supervisie van eigenaar en overhead
- bijstelling voor arbeidsproductiviteit
- gebouwen
- etc.

Over het algemeen wordt met een factor 2.75 gerekend om van totale apparaatkosten te komen tot totale materiaalkosten.

In de totale materiaalkosten zijn tevens kosten opgenomen voor

- pijpleidingen
- elektrische bekabeling en bedrading
- instrumentatie
- controlekamer
- civiele werkzaamheden voor fundatie, platformen
- isolatie, verf, brandbeveiliging

4.5 Project-beheer (onnauwkeurigheid 10 tot 15%)

Deze schatting heeft een aanzienlijke verfijning ten opzichte van het voorlopige ontwerp. De kosten worden nu meer in detail opgesplitst.

De volgende documenten dienen als basis bij een kostenschatting in het stadium van dit project aanwezig te zijn:

- lijst van apparatuur die buiten en op het bedrijfsterrein nodig zijn voor voorzieningen opgesplitst naar grootte en categorie.
- totale ontwerptekeningen.
- overzicht van kosten van de lokatie, inclusief de beschikbaarheid van constructiemateriaal en beschikbaarheid daarvan en de arbeidsproduktiviteit.
- proces-stroomschema's.
- schema's van pijpleidingen- en instrumentatie.
- overzicht van het bedrijfsklaar maken van het fabrieksterrein, inclusief de gegevens over de draagvermogen van de bodem en de noodzaak om te heien.
- meest noodzakelijke vereisten ten aanzien van gebouwen.
- opzet van de organisatie.
- projectschema.

In deze fase worden de kosten geschat waarbij elk punt en elke behoefte voor het totale project wordt aangegeven.

Bij leveranciers worden prijzen aangevraagd voor de belangrijkste en kostbaarste punten van uitrusting van apparatuur.

De hoeveelheden van bulk artikelen zoals bijvoorbeeld beton, leidingwerk, constructies worden grof geschat.

Indien er geen informatie beschikbaar is, dan wordt alsnog een zo goed mogelijke schatting van de kosten gemaakt en worden er toeslagfactoren toegepast ter wille van de zekerheid.

De projectkosten kunnen worden opgesplitst in de volgende categorieën:

- Apparatuur lijsten waarin puntsgewijs is aangegeven:
 apparaten, materiaalkosten en man-werkuren en
 loonkosten;
- Bulkmaterialen opgesplitst naar bulkmaterialaalkosten
 aantal man-uren en loonkosten;
- Man-uren en kosten van engineering inclusief overhead en honoraria;
- Indirecte kosten voor werkzaamheden op het terrein, inclusief
 materiaalkosten, man-uren en loonkosten en kosten voor de organisatie;

- Voortgang van de werkzaamheden;
- Schatting van betaalbare variatie (risico-analyse);
- Kosten voor de eigenaar;
- Toelage voor eventuele bijstelling in het ontwerp;

Meestal wordt deze schatting gemaakt met behulp van gegevens uit het verleden.

4.6 Gedetailleerde uitwerking (onnauwkeurigheid 5 tot 10%)

Deze schatting is de meest definitieve en wordt verkregen nadat het procesontwerp in essentie is afgerond, terwijl reeds wordt gewerkt aan het definitieve ontwerp.

Gecertificeerde leidingen- en instrumentenschema's zullen moeten worden uitgegeven en een analyse van aanbiedingen van de meest belangrijk apparatuur moet beschikbaar zijn.

De volgende gegevens dienen als basis voor deze schatting:

- Lijst van gecertificeerde apparatuur en specificaties naar grootte en categorie.
- Gecertificeerde ontwerptekeningen en tekening van plaats van de apparatuur.
- Warmte- en materiaalbalansen.
- Algemene specificaties.
- Overzichtsrapport van terreingesteldheid, waaronder de draagcapaciteit van de bodem.
- Belangrijkste fundaties, lay-out en basis ontwerpen.
- Overzicht van aandrijfvermogens.
- Elektrische schema's voor on-line apparatuur.
- Schema's van pijpleidingen.
- Tekeningen van opbouw van het fabrieksterrein.
- Bestrating en lay-out van ondergrondse leidingen en het rioolstelsel.
- Project operatie handboek, inclusief organisatieschema's en procedures.
- Projectconstructie organisatiekaart.
- Benodigdheden aan bouw materiaal.

- Kostenoverzicht voor de lokatie, beschikbaarheid van mankracht op een bepaald tijdstip van constructie, arbeidsproductiviteit en beschikbaarheid van constructiemateriaal.

De meeste kosten zijn beschikbaar en wanneer deze er niet zijn dan worden telefonisch of schriftelijk de nog onbekende prijzen aangevraagd.

Een belangrijk punt in de uitvoering van een project zijn fluctuaties van geldkoersen. Dit is vooral van belang bij de aankoop van apparatuur in het buitenland, en in het buitenland uitgevoerde projecten waarbij betaling plaatsvindt met een andere munteenheid.

4.7 Factoren die eveneens de nauwkeurigheid van investeringskosten beïnvloeden.

In voorgaande paragrafen wordt aangegeven welke gegevens beschikbaar moeten zijn om tot een schatting van de investeringskosten met een bepaalde nauwkeurigheid te komen.

Deze nauwkeurigheid geldt indien men de kostenschatting in één valuta uitvoert. In veel literatuur worden kostencijfers van apparatuur uitgedrukt in dollars en wordt er gerefereerd naar een bepaald jaar. Deze kostencijfers zullen dan moeten worden aangepast voor inflatie, valutakoers, en lokatie in verband met infrastructuur en arbeidsproductiviteit van een ander land.

De inflatiecorrectie kan worden verkregen met factoren uit Chemical Engineering Plant Cost Index in literatuur [13]. In tabel 4 wordt het prijsverloop in de jaren (ten gevolge van onder andere inflatie) met indexcijfers weergegeven voor Nederland en andere landen.

De indexcijfers voor andere landen worden regelmatig gepubliceerd zoals in [1]. In tabel 5 is een overzicht van de belangrijkste literatuur weergegeven waarin verschillende prijsindices zijn weergegeven.

Indien men bepaalde kostencijfers van een bepaald jaar in dollars heeft en men wil deze omzetten naar Nederlandse guldens van deze tijd, dan volgt men in eerste instantie de volgende procedure:

kosten in dollars in jaar x * koersconversie van dollars naar guldens in jaar x * lokatiefactor in jaar x * inflatiecorrectie van Nederland van jaar x naar jaar y = kosten in guldens in jaar y.

Met een andere methode komt men meestal op iets hogere waarden in guldens uit:

kosten in dollars in jaar x * inflatie correctie van Verenigde Staten van jaar x naar y * lokatiefactor in jaar y * koersconversie van dollars naar guldens in jaar y = kosten in guldens in jaar y.

De lokatiefactoren zijn in tabel 6 en in literatuur [14] gegeven.

Tabel 4.

PRIJSVERLOOP IN NEDERLAND, UITGEDRUKT IN INDEXCIJFERS - 1975 = 100 ¹⁾

Post	Reeks	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982 ²⁾	1983 ²⁾
01	Drinkwater - grootverbruik	57	61	66	74	86	100	110	122	130	137	142	150	160	170
02	Aardgas - grootverbruik	46	47	42	52	58	100	123	135	126	144	191	256	288	283
03	Stookolie $\geq$ 3500 seconden - grootverbruik	43	45	36	40	87	100	109	117	105	126	196	281	270	278
04	Elektriciteit - grootverbruik	58	63	61	66	76	100	112	117	116	125	149	178	187	182
10	Stalen platen - invoer	79	75	75	90	111	100	110	102	108	111	117	124	142	139
11	Roestvaststalen platen - invoer	107	96	94	99	99	100	103	105	105 ³⁾	115 ³⁾	127	122	131	126
12	Stalen balken - invoer	85	78	79	97	115	100	118	108	120	122	129	144	165	162
13	Stalen pijpen - invoer	68	70	71	78	103	100	111	93	106	111	114	118	137	125
14	Roestvaststalen pijpen - invoer	77	68	67	72	79	100	104	102	102	118	139	143	155	148
15	Metaalwaren, afgewerkte producten	73	77	84	88	101	100	108	112	115	117	123	129	137	140
20	Loonkosten per uur, volwassenen, in de nijverheid ⁴⁾	47	55	62	74	88	100	107	115	123	133	139	145	150	155
25	Gezinsconsumptie - totale bevolking	66	71	77	83	91	100	109	116	121	126	135	144	153	150
30	Utiliteitsbouw ⁵⁾	61	68	75	82	92	100	108	117	127	140	151	155	152	150
31	Staalconstructies, gebouwen, loodsen, spanten	66	74	76	79	92	100	105	109	112	115	122	127	131	130
32	Bouwmaterialen, franco-werkprijzen	63	68	71	81	95	100	108	120	124	130	141	150	153	153
40	Machines en werktuigen:														
41	- voor de aardolieverwerkende-, chemische- en farmaceutische industrie	65	69	75	77	86	100	105	111	117	124	133	137	144	146
42	- voor de rubber- en kunststofverwerkende industrie	77	82	85	86	93	100	106	117	130	136	146	153	160	167
43	- voor de zuivelindustrie	77	75	76	82	91	100	106	113	115	119	124	125	132	138
44	Vloeistofpompen	62	68	76	79	87	100	109	115	119	124	129	136	142	146
45	Vloeistofpompen en compressoren - invoer	64	69	77	79	88	100	109	114	117	123	130	138	144	150
46	Tanks en reservoirs - metaal	65	69	73	78	93	100	102	104	105	110	116	119	129	132
47	Silo's en bunkers - kunststof	67	70	74	82	90	100	104	103	105	112	133	139	147	149
48	Appendages	71	77	82	84	91	100	106	111	115	118	126	133	139	141
49	Appendages - invoer	67	70	65	68	97	100	87	85	87	92	105	111	117	116
50	Elektromotoren en generatoren	69	77	81	83	92	100	106	111	124	128	133	144	153	162
51	Elektromotoren en generatoren - invoer	81	86	82	81	90	100	100	103	112	111	115	121	128	133
52	Transformatoren	87	93	90	91	93	100	107	105	117	117	121	131	139	144
53	Stoomketels en krachtwerktuigen, waaronder turbines	55	61	64	65	86	100	106	107	117	121	127	133	141	146
54	Koel- en vriesmachines, exclusief huishoudelijke	74	74	77	79	94	100	108	115	114	115	121	129	135	139
55	Hijs-, hef-, graaf- en transportwerktuigen	66	72	76	79	88	100	107	112	116	120	126	134	141	144
56	Ventilatoren	65	80	84	82	90	100	108	111	115	119	123	130	134	139
57	Weegwerktuigen, exclusief winkelmachines	52	57	64	71	84	100	112	115	120	125	132	140	143	145
58	Investeringsgoederen, exclusief auto's - invoer	71	77	81	84	93	100	108	110	114	119	124	140	146	155
60	Door Webci samengestelde index voor projecten in de chemische industrie, inclusief montage en ontwerpkosten	64	69	75	79	92	100	107	108	114	115	119	125	133	134

PRIJSVERLOOP IN ENKELE ANDERE LANDEN, UITGEDRUKT IN INDEXCIJFERS - 1975 = 100 ⁶⁾

Post	Reeks	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982 ²⁾	1983 ²⁾
Apparaten, machines, etc., ten behoeve van chemische en aanverwante procesinstallaties, exclusief montage															
65	Groot-Brittannië														
	- "Mechanical and electrical materials and equipment"	49	52	55	60	75	100	115	128	141	156	177	189	209	217
70	West-Duitsland														
	- "Apparate und Maschinen"	69	75	78	80	90	100	106	111	117	123	132	139	153	154
75	Verenigde Staten														
	- "Equipment, machinery and supports"	64	67	70	73	88	100	106	113	123	136	150	166	173	173
Procesinstallaties, inclusief montage en ontwerpkosten															
80	Groot Britannië	48	53	56	63	78	100	116	131	147	168	195	214	235	248
85	West-Duitsland	72	78	82	86	94	100	105	110	115	121	131	139	147	152
90	Verenigde Staten - chemische industrie - olieaffinaderijen	69	73	76	79	91	100	105	112	120	131	143	163	172	173
		63	71	76	81	91	100	107	113	122	131	143	157	170	175

De gebruikers van de door de Webci opgestelde samengestelde Nederlandse index voor complete installaties, zoals die in de 10e en voorgaande edities van het Webci-prijzenboekje zijn verschenen, brengen wij onder de aandacht dat deze indices niet zonder meer met elkaar kunnen worden vergeleken.

De vermelde indexreeksen moeten worden gezien als een indicatie van het verloop van de werkelijke prijzen.

De reeks 60 is geheel vernieuwd en gebaseerd op een analyse van 30 projecten met een gemiddelde waarde van f 65 miljoen in 1975.

Bovendien worden de indexreeksen welke het CBS publiceert, beïnvloed door regelmatige wijziging van het basisjaar.

In de afgelopen jaren zijn er reeksen geweest met als basisjaar 1970 = 100, 1975 = 100 en 1980 = 100. De overgang op een nieuw basisjaar wordt altijd laat aangekondigd; 1980 = 100 bv. eind 1983.

In de tussengelegen periode worden door het CBS de oude reeksen voortgezet. Na invoering van het nieuwe basisjaar worden deze dan met terugwerkende kracht herzien.

Daarnaast is per eind 1982 de revisie van de indexreeksen van de "Nationale Rekeningen" aangekondigd, doch ingaande 1977.

Hierbij werd het aantal bedrijfsklassen uitgebreid van 35 naar 57, zulks op aanbeveling van de Statistische Bureaus van de Verenigde Naties en de Europese Economische Gemeenschap.

Voor de door de Webci opgestelde indexreeksen is met de hierboven genoemde invloeden waar mogelijk wel rekening gehouden.

¹⁾ De reeksen 01 t/m 60 zijn gebaseerd op prijzen exclusief BTW en ontleend aan CBS-gegevens, met uitzondering van post 60 welke is samengesteld door de Webci op basis van CBS-reeksen. Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld, hebben alle reeksen betrekking op "binnenlandse productie". Door herberekening van vroegere reeksen naar latere, met een nieuwe 100-stelling, kunnen in de cijfers van vroegere reeksen voor wat betreft de reeksen 01 t/m 58 afwijkingen van ca. 1 punt voorkomen en in de reeksen 60 t/m 91 afwijkingen van ca. 3 punten.

²⁾ Voorlopige cijfers. Die voor 1983 zijn gebaseerd op gegevens van midden 1983. Die cijfers geven gewoonlijk een redelijk juiste indicatie van een jaargemiddelde.

³⁾ Geschatte cijfers, wegens het ontbreken van informatie.

⁴⁾ Inclusief de werkgeversbijdragen in de verplichte sociale lasten.

⁵⁾ Reeks 30 op pagina 106 is de CBS-reeks voor woningbouw, welke volgens het CBS globaal kan worden gehanteerd voor utiliteitsbouw.

⁶⁾ De buitenlandse reeksen op pagina 107 zijn gebaseerd op de prijzen uitgedrukt in de nationale valuta's en ontleend aan gegevens uit respectievelijk "The Cost Engineer", "Chemische Industrie", "Chemical Engineering" en "The Oil and Gas Journal". Over de invloed van de belastingdruk in de betrokken landen op de reeksen zijn geen gegevens voorhanden; de reeksen voor West-Duitsland zijn echter exclusief BTW.

Tabel 5 Plant construction cost indices

Index Title	Field of Application	referentie	Yr for Base	Growth rates, % yr. 67-72	
Engineering News Record-Building	Industrial buildings	Anon. EMR Building Construction Cost Index Histories. Eng. News-Record. March 22, 1973. p.79 (history in March issue each year).	1967 ^a	9.1	
Engineering News Rec.-Construction	General construction		1967 ^a	10.1	
Chemical Engineering-Plant Cost	Process plants	Arnols, T.H., and C.H. Chilton. New Index Shows Plant Cost Trends. Chem Eng. 70(4):143 (1963). Ricci, L.J. C.E. Cost Indexes Accelerate 10-Year Climb. Chem. Eng. 82(9):117 (1975)	1957-1959	4.7 9.0 ^b	(Chemical Engineering)
Nelson Refinery	Petroleum refineries and petrochemical plants	Nelson, W.L. Where to Find Yearly Indices. Oil Gas J. 63(27):117117 (1965).	1946	9.3	(Oil and Gas Journal)
Marshall and Swift ^c -Process Industry Equipm't	Process plants	Stevens, R.W. Equipment Cost Indexes for Process Industries. Chem. Eng. 54(11):124 (1947)	1926	5.0	(Chemical Engineering)
Sewage Treatment Plant Construction Cost	Sewage treatment plants	U.S. Environmental Protection Agency. Construction Cost Indices - 1st Quarter Final (CY-1977). Mini-part Construction Division. Office of Water Program Operations. Washington, DC. Anon. EPA Creates New Sewer and Plant Indexes. Eng. News-Record, June 19, 1975. p.73	1957-1959	7.6 9.5 ^b	
Preisindizes für Chemieanlage	Chemical Industry	Schulze, modernisierte Preisindex für Chemieanlagen Chemie Industrie XXXII, Oktober 1980			(Chemische Industrie)
Erected Costs of Process Plants and Individual Indices used		The Cost Engineer The Association of Cost Engineers London			(The Cost Engineer)
Indexreeksen voor de verschillende kostenonderdelen en de samengestelde indexreeksen voor chemische fabrieken in Nederland		Cost Engineers Handbook DACE	1975		

^aEngineering News Record Indices set base earlier at 100 in 1913, 1926, and 1949.^bFor 1972-77.^cFormerly Marshall and Stevens.

Tabel 6.

Locatie-factoren: literatuurgegevens herleid tot medio 1981

literatuur [1]

Literatuurbron	Gepubliceerde gegevens				Conversie-factoren		Factoren herleid tot medio 1981 Ned. = 100		
	Basis-jaar	Land	Factoren		Basis-jaar	Medio 1981	UK	BRD	USA
			USA of UK = 100	Ned. = 100					
Stallworthy, E.A.	1959-61	Ned	82	100	-	-			
		UK	100	122	110	114,5	126,9		
		BRD	88	107,3	97	110,5		122,2	
		USA	-	-	-	-			
P.J. Ohlrichs, DACE	1960	Ned	88	100	-	-			
Cost Engineering		UK	89	101,1	110	114,5	105,2		
dec. 1981,		BRD	81	92,0	97	110,5	104,8		
blz. 361-366		USA	100	113,6	113	106,5	107,1		
R.J. Johnson,	1968	Ned	92	100	-	-			
Lummus, Chem. Eng.		UK	91	98,9	92	114,5	123,1		
10 maart 1969,		BRD	88	95,7	91,5	110,5		115,5	
blz. 146-152		USA	100	108,7	107,5	106,5			108,2
P.J. Ohlrichs, DACE	1970	Ned	95	100	-	-			
Cost Engineering		UK	97	102,1	94,5	114,5	123,6		
dec. 1981,		BRD	97	102,1	114	110,5		99,0	
blz. 361-366		USA	100	105,3	111	106,5			101,0
P.J. Ohlrichs, DACE	1971	Ned	77	100	-	-			
Cost Engineering		UK	74	96,1	89	114,5	123,6		
dec. 1981,		BRD	79	102,6	114,5	110,5		99,0	
blz. 361-366		USA	100	129,9	107,7	106,5			129,3
P.J. Ohlrichs, DACE	1971	Ned	88	100	-	-			
Cost Engineering		UK	96	109,1	89	114,5	140,4		
dec. 1981,		BRD	91	103,4	114,5	110,5		99,8	
blz. 361-366		USA	100	113,6	107,0	106,5			113,1
P.J. Ohlrichs, DACE	1976	Ned	94	100	-	-			
Cost Engineering		UK	77	82	76	114,5	125,7		
dec. 1981,		BRD	99	105,3	97,5	110,5		119,3	
blz. 361-366		USA	100	106,4	84	106,5			134,9
A.V. Bridgwater,	1979	Ned	100	100	-	-			
Chem. Engineering,		UK	90	90	82	114,5	125,7		
5.11.1979,		BRD	100	100	104	110,5		106,3	
blz. 119-121		USA	100	100	70,5	106,5			151,1

5. VARIABELE KOSTEN

5.1 Algemeen

Aan het bepalen van variabele kosten wordt in de literatuur aanzienlijk minder aandacht besteed dan bij het bepalen van de investeringskosten. In de literatuur worden wel rekenschema's gegeven die een goede leidraad vormen, zodat puntsgewijs de onderdelen van de variabele kosten kunnen worden vastgesteld. Een goed overzicht wordt in literatuur [1,2,3,4,5] gevonden. In bijlage 5 en 6 zijn deze twee rekenschema's weergegeven nadat de investeringskosten van de afzonderlijke apparaten zijn berekend. Onder de variabele kosten vallen de kosten van

- grondstoffen
- hulpstoffen
- bijprodukten.

Dit zijn kosten, die alleen dan gemaakt worden als er daadwerkelijk geproduceerd wordt.

5.2 Grondstoffen

Uit de materiaalbalans volgt welke hoeveelheden grondstoffen nodig zijn om de ontwerpcapaciteit te halen.

Grondstoffen vormen de basiselementen van de produktie. Ongeacht of ze van de eigen onderneming dan wel van derden worden betrokken, zullen zij tegen de aankoopprijs per eenheid (m^3 , ton, stuk) worden ingezet, verhoogd met een toeslag voor transport, opslag, verlies, behandeling, e.d.

Gewoonlijk vormt de toerekening geen moeilijkheid ofschoon dit onder omstandigheden ook wel zeer moeilijk kan zijn, bijvoorbeeld wanneer één grondstof voor meerdere produkten wordt toegepast.

Katalysator, zoals toegepast in de procesindustrie, kan eveneens als grondstof worden aangemerkt. In literatuur [3] worden katalysatoren ook wel tot de hulpstoffen gerekend.

Ofschoon de eerste katalysatorvulling van een reactor of proceskolom gewoonlijk - separaat - bij de investeringsbegroting wordt opgegeven, wordt ze niet tot de kapitaalsinvestering gerekend omdat ze in de regel een levensduur heeft die afwijkt van die van de installatie.

Indien ze op een bepaalde wijze moet worden aangemaakt, behoort dat tot het produktiegebeuren.

De kosten maken dan deel uit van de lonen en afschrijving.

De loonkosten voor het vervangen van de katalysator behoren tot de onderhoudskosten.

De prijzen van grondstoffen zijn onder andere te vinden in CBS Maandstatistiek van de buitenlandse handel (decembernummer geeft gemiddelde over het gehele jaar) European Chemical News en Chemical Marketing Reporter.

Van groot belang is dat de prijzen consistent zijn dwz. bij voorkeur uit één bron komen en onder dezelfde leveringsvoorwaarden en op hetzelfde tijdstip van kracht zijn.

5.3 Hulpstoffen

Hulpstoffen leveren geen directe bijdrage aan het produkt en maken daarvan op generlei wijze deel uit. Zij zijn nodig om de produktie-installatie in bedrijf te kunnen stellen of te houden. Bedoeld worden hier koelwater, stoom, elektriciteit e.d. Deze zijn vaak onder de kostenpost utilities terug te vinden.

Voor wat betreft de toerekening van hiervoor gemaakte kosten, geldt wat daarover bij grondstoffen is vermeld.

De hoeveelheden van de utilities volgen uit de energiebalans. Hierbij wordt in [3] geadviseerd indien het om bestaande processen gaat onder andere Hydrocarbon Processing en het Petrochemical Handboek van november van de oneven jaren te raadplegen om een indruk te krijgen van het utilitieverbruik (omdat hierin processen te koop worden aangeboden zijn de meest gunstige resultaten gepresenteerd. Men dient 10 tot 30% erbij op te tellen om een gemiddeld resultaat te krijgen).

Oudere literatuurbronnen kunnen in verband met energiebesparing van de laatste tijd minder betrouwbare resultaten opleveren.

5.4 Bijprodukten

Bijna ieder produktiebedrijf kent het vraagstuk van de bijprodukten, vooral bij chemische installaties, enerzijds omdat bijprodukten in soms grote hoeveelheden ontstaan, anderzijds omdat de afzet of lozing

ervan in het kader van de steeds strenger wordende (overheids) eisen soms problemen oproept. Niet zelden moeten speciale voorzieningen worden getroffen om de afzet of lozing van bijprodukten aanvaardbaar te maken.

De kosten hiervoor komen volledig ten laste van het produkt en zullen derhalve de kostprijs negatief beïnvloeden.

Dat is in mindere mate of in het geheel niet het geval als de bijprodukten nog een economische waarde hebben. De opbrengst van de bijprodukten zal dan de kosten van de afzet/lozing verminderen of geheel kunnen opheffen. De mogelijkheid is zelfs aanwezig dat de opbrengst de kosten van de afzet overtreft. In dat geval zal dat ten goede kunnen komen aan de kostprijs van het hoofdprodukt.

Uiteraard geldt dat ook voor bijprodukten, zoals bijvoorbeeld stoom en elektriciteit.

6. JAARLIJKSE PRODUKTIEKOSTEN

In [4,5] wordt een zeer uitgebreid rekenschema weergegeven met algemene punten die wel of niet van toepassing kunnen zijn bij een bepaalde kostenberekening. Man kan daarbij eventueel simultaan de methode van Lang, Chilton, Guthrie en de Icarus-methode toepassen om de investeringskosten te bepalen.

Voor het opstellen van de jaarlijkse kosten wordt verwezen naar literatuur [1,2,3,4,5].

Aansluitend op het schema om een schatting te maken van de investeringskosten volgt een rekenschema om de jaarlijkse kosten te bepalen (zie bijlagen 5 en 6).

Uitgaande van meetresultaten die bij experimenten op laboratorium- of pilot-plantschaal zijn uitgevoerd, kan een schatting worden gemaakt. Men kan uitgaande van een massa- en energiebalans bepalen hoeveel van elk van utilities nodig is.

Uiteraard zal de overeenkomst met een proces op grote schaal sterker worden naar mate men verder in het onderzoekstadium is en daardoor zal er een betere uitspraak kunnen worden gedaan over bijvoorbeeld energieverbruik. In de literatuur wordt niets gezegd over de nauwkeurigheid die mag worden verwacht bij het bepalen van jaarlijkse kosten. Dit is te verklaren omdat de nauwkeurigheid onder andere afhankelijk is van de vertaalbaarheid van de meetgegevens van de laboratorium- of pilot-plant experimenten naar een ontwerp op grotere schaal.

In bijlage 7 en 8 worden een aantal richtlijnen en overwegingen gegeven om tot een zo goed mogelijke schatting te komen.

Een aantal jaarlijkse kosten zijn gerelateerd aan de totale directe investeringen zoals afschrijvingen en onderhoud.

Het dient aanbeveling om aandacht te besteden aan het onderwerp afschrijvingen en rente. Bij lineaire afschrijving worden afschrijvingen en rente gescheiden meegenomen in de kostenberekening, terwijl bij annuïteit dit gezamenlijk gebeurt.

Er wordt nogmaals op gewezen dat in literatuur [3] en verder in literatuur [4] respectievelijk in het Nederlands en het Engels een zeer goed verklarend overzicht wordt gegeven, van alle termen die bij kostencalculatie en bedrijfseconomie worden gebruikt (zie bijlage 3).

Afschrijvingen

De belangrijkste (fiscale) randvoorwaarden voor de afschrijvingspolitiek zijn:

- Duurzame produktiemiddelen mogen bij aanschaf niet ineens ten laste van het resultaat worden gebracht. Ze moeten over een periode die in beginsel gelijk is aan de verwachte levensduur worden afgeschreven. Dit houdt in dat op grond (terreinen) niet mag worden afgeschreven, op fabrieksgebouwen 3 tot 5%/j (dus afschrijving in 20 tot 33 jaar), op machines en inventaris 10%/j en op auto's 20%/j. Voorwerpen van geringe waarde, bijvoorbeeld gereedschappen mogen wel ineens worden afgeboekt, waarbij het er niet toe doet dat ze in de praktijk langer dan een jaar mee zullen gaan.
- Over de levensduur van het project mag niet méér worden afgeschreven dan de historische aanschafprijs. Dit betekent dat afschrijven naar vervangingswaarde fiscaal niet is toegestaan.
- Het afschrijvingsbeleid moet consequent zijn, en mag niet van jaar tot jaar veranderen.
- De belangrijkste afschrijvingsmethoden waaruit gekozen mag worden, zijn:

Lineaire Afschrijving

$$D_i = \frac{I_o - I_s}{n}$$

Afschrijving naar Boekwaarde

$$D_i = \frac{2}{n} \left[(I_o - I_s) - \sum_0^{i-1} D_i \right]$$

D_i = afschrijving in het jaar i

I_o = investering op tijdstip 0

I_s = sloopwaarde

n = aantal jaar waarover de afschrijving plaatsvindt

Σ = sommatietekenen.

Er bestaan uiteraard meerdere soorten afschrijvingen zoals de vervroegde afschrijving en de "Sum of years Digits Depreciation". In Amerikaanse en ook in de Nederlandse literatuur wordt veel gebruik gemaakt van annuïteiten (Capital Recovery Cost) om de jaarlijkse kosten te bepalen.

De annuïteit bestaat voor een deel uit rente en uit aflossing, die per jaar onderling van elkaar verschillen, maar waarvan de som constant blijft. De annuïteit wordt als volgt berekend:

$$A = I_o \frac{i (1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]}$$

Hierin is

- I_o = totale investering voor de installatie
(ICC = Installed Capital Cost)
- A = annuïteit (RC = Capital Recovery Cost)
- i = rentevoet als fractie (jaarlijks)
- n = aantal jaar waarover afgeschreven wordt.

In de Amerikaanse literatuur wordt de voorkeur uitgesproken voor de zogenaamde capital recovery methode (exacter : equivalent uniform annual cost method), omdat dit eenvoudig is, vooral wanneer kosten worden vergeleken van processen die over verschillende perioden worden afgeschreven.

Een overzichtelijk voorbeeld van een kostprijsberekening wordt gegeven in [1] (zie tabel 7). Men maakt hier gebruik van een lineaire afschrijving. De berekening is op de volgende bladzijde weergegeven.

Tabel 7. Voorbeeld:

Betreft een chemische installatie met een nominale productiecapaciteit van 35.000 ton per jaar bij 8000 bedrijfsuren.

Kapitaalinvestering

Productie-installatie ('inside battery limits')	f 60	mln
Productievoorzieningen ('inside battery limits')	f 9	mln
Algemeen technische voorzieningen	+ f 7	mln

Totaal	f 76	mln
Renteverlies tijdens de bouw	f 10	mln
Trainings- en opstartkosten	+ f 6	mln

Totaal kapitaalinvestering	f 92	mln
----------------------------	------	-----

Bedrijfskapitaal

Grondstoffen	f 1,2	mln
Chemicaliën en katalysator	f 1,8	mln
Eindprodukt	f 3,0	mln
Reservedelen	f 1,0	mln
Overige	+ f 1,0	mln

Totaal bedrijfskapitaal	f 8,0	mln
-------------------------	-------	-----

Vaste kosten per jaar

Afschrijving 10 % van de kapitaalsinvestering	f 9,200	mln
Rente over het bedrijfskapitaal 10 %	f 0,800	mln

Lonen:

Bedieningspersoneel 6 x f 80.000,-	f 0,480	mln
------------------------------------	---------	-----

Onderhoud 2 % van de 'inside battery' limits investering	f 1,200	mln
--	---------	-----

Laboratoriumcontrole 25 % van bedieningskosten	+ f 0,120	mln
--	-----------	-----

Totaal lonen inclusief materiaalkosten onderhoud	f 1,800	mln
--	---------	-----

Overhead circa 75 % van totaal lonen	f 1,360	mln
--------------------------------------	---------	-----

Belasting en verzekering 2 % van de kapitaals-investering	f 1,840	mln
---	---------	-----

Totaal vaste kosten per jaar	f 15,000	mln
------------------------------	----------	-----

Variabele kosten per ton produkt**Grondstoffen:**

0,5 ton grondstof A à f 460,-	f 230,-
-------------------------------	---------

0,3 ton grondstof B à f 350,-	f 105,-
-------------------------------	---------

Overige	f 30,-
---------	--------

Katalysator	f 60,-
-------------	--------

Totaal grondstoffen	f 425,-
---------------------	---------

Hulpstoffen:

20 m3 water à f 0,20	f 4,-
----------------------	-------

250 kWh elektriciteit à f 0,15	f 37,-
--------------------------------	--------

60 m3 aardgas à f 0,35	f 21,-
------------------------	--------

Totaal hulpstoffen	f 62,-
--------------------	--------

Totaal variabele kosten per ton produkt	f 487,-
---	---------

Kostprijs per ton produkt:

Bij een normale jaarproductie van 35.000 ton bedraagt deze:

Vaste kosten f 15 mln: 35.000	f 428,-
-------------------------------	---------

Variabele kosten	f 487,-
------------------	---------

Kostprijs per ton produkt	f 915,-
---------------------------	---------

Winst

Verwacht wordt dat het produkt kan worden verkocht voor f 1.075,- per ton.

Dat betekent een winst van f 160,- per ton oftewel 35.000 x f 160,- = f 5,6 mln. per jaar.

7. GEGEVENS VOOR KOSTENBEREKENING

In de literatuur is zeer veel gepubliceerd over kosten van apparatuur en kosten die van belang zijn bij de bestrijding van milieuproblemen. Er is voorlopig nog weinig bekend over kosten van bodemreinigings-technieken. Op dit gebied zijn technieken nog in ontwikkeling en over het beperkte aantal grootschalige projecten wordt nog weinig gepubliceerd over kosten.

In bijlage 9 van dit rapport is een uitgebreid overzicht gegeven van literatuurbronnen waarin zeer veel gegevens over kosten zijn te vinden.

In de literatuur worden de kosten in de meeste gevallen uitgedrukt in dollars. De mogelijkheden om de kosten om te rekenen naar Nederlandse eenheden zijn aangegeven in de vorige paragraaf (paragraaf 4.8) van dit rapport.

Uiteraard zal men vaak meer kostengegevens tegenkomen over bepaalde onderwerpen in de daarvoor gespecialiseerde literatuur.

8. KOSTENBEREKENING MET COMPUTER

8.1 Algemeen

Voor het bepalen van investeringskosten zijn reeds vele software pakketten met berekeningsmodellen op de markt. Als voorbeeld kan worden genomen een rekenmodel van het Amerikaanse softwarebureau Icarus, dat door onder andere grote bedrijven wordt gebruikt.

Deze programma's bevatten een gehele bibliotheek voor het bepalen van investeringskosten van elk apparaat afzonderlijk. Per apparaat worden door de computer via het programma ontwerpgegevens gevraagd, waarop een berekening volgt.

Ook in dit soort programma's wordt gebruik gemaakt van de Lang-factoren als controlemiddel. Een grote afwijking van een gemiddelde Lang-factor van 3 betekent dat hiervoor een verklaring moet zijn.

De programma's van bijvoorbeeld het softwarebureau Icarus Service Ltd. zijn meestal gespecialiseerd op een bepaalde tak van industrie, waardoor een gespecialiseerde scala van apparaten in het databestand is opgenomen. Deze programma's zijn alleen geschikt voor grote computers. Verder moet men zelf dit databestand steeds up-to-date houden vanwege veranderingen van bijvoorbeeld staalprijzen op de wereldmarkt.

In het algemeen kan worden gesteld dat het gebruik van gespecialiseerde programma's voor TNO weinig zin heeft, vanwege de diversiteit in processen, die bij TNO-MT milieutechniek worden ontwikkeld.

Kostenberekeningen kunnen bij TNO beter worden uitgevoerd met een gestandaardiseerde computerprogramma, dat eenvoudig is van opzet en dat gebruik maakt van literatuurgegevens zoals die onder andere in dit rapport zijn weergegeven.

Er kan gedacht worden aan een rekenprogramma op een personal computer (PC). Dit kan vooral nuttig zijn indien nog veel wijzigingen in het databestand moeten worden aangebracht, en bij het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse voor een groot rekenprogramma.

8.2 Gebruik van Computerprogramma

Op de PC IBM 150 van TNO-Apeldoorn is een testprogramma ontworpen om kostencalculaties uit te voeren.

Er is gebruik gemaakt van een spreadsheet programma Lotus 123 om het kostencalculatie van een fictief proces uit te voeren.

Spreadsheet programma's

Een spreadsheet programma is een programma bestaande uit een twee-dimensionale matrix van cellen waarin per cel berekeningen kunnen worden uitgevoerd. Het programma vindt vooral zijn toepassing in het administratieve gebruik.

De monitor laat slechts een beperkt deel van het gehele werkvel zien. In elke cel van de twee-dimensionale matrix kan alpha-numerieke informatie worden opgeslagen of men kan in elke cel een berekening uitlaten voeren, waarbij gebruik moet worden gemaakt van informatie die opgeslagen is in één of meerdere cellen.

Door een wijziging van getallen in één of meer cellen, worden alle resultaten automatisch herberekend. Deze manipulatie kan van belang zijn bij een gevoeligheidsanalyse van een kostenberekening.

Het kostenberekenningsprogramma op spreadsheet was onderverdeeld in een index, bibliotheek, hoofdprogramma en werkvellen. Men kan het zeer grote werkvel in een spreadsheet programma verdelen in kleinere werkvellen waarop afzonderlijke berekeningen kunnen worden uitgevoerd.

In een klein werkvel kunnen de investeringskosten voor elk apparaat afzonderlijk worden berekend.

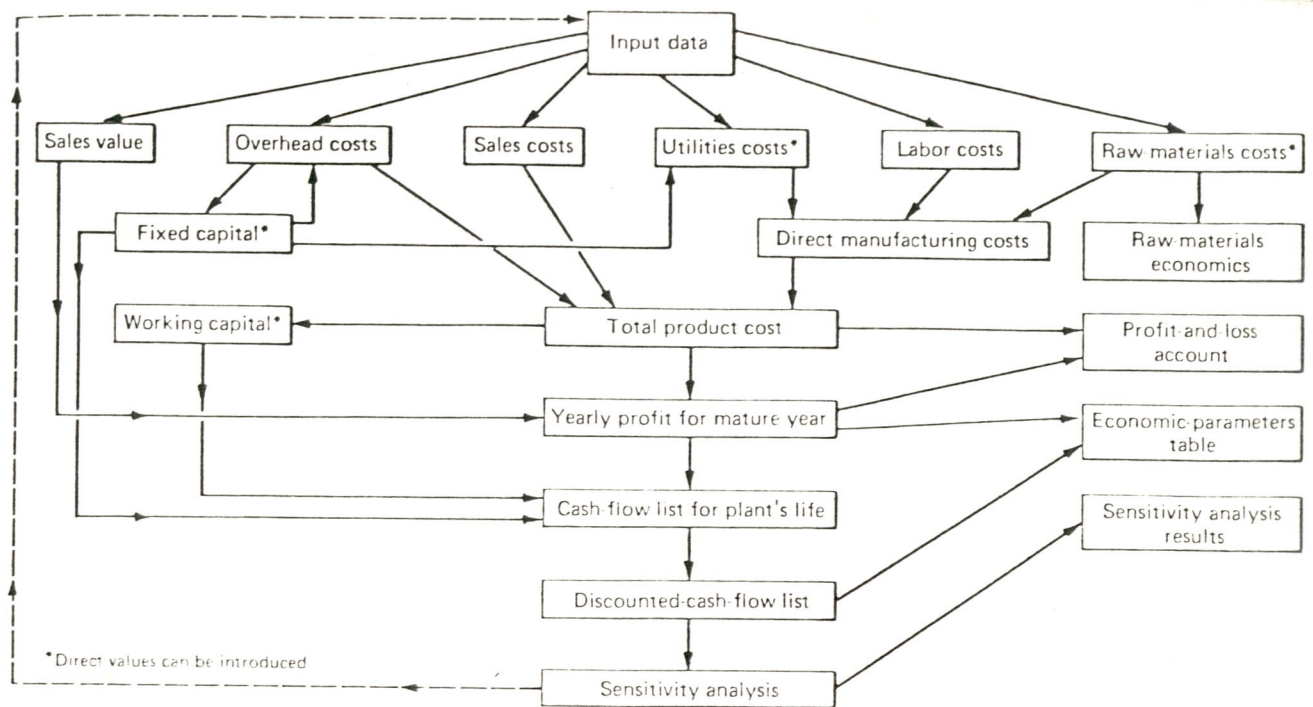
De resultaten van de berekeningen van de kleinere werkvellen kunnen in het hoofdprogramma worden verwerkt om de totale investeringskosten en jaarlijkse kosten te berekenen.

8.3 Opzet van computerprogramma

Om tot een opzet van een computerprogramma te komen is in de literatuur gezocht naar informatie hierover.

In literatuur [16] wordt een schematisch overzicht gegeven.

Deze is in fig. 4 weergegeven.



Flowchart depicts working path of R & D project-assessment computer program

figuur 4.

Het kostenberekeningsprogramma met de Lotus 123 op de IBM-PC is als volgt onderverdeeld

- Werkvel met inhoudsopgave en verwijzingen
- Werkvel met een overzicht van namen van programma's (bibliotheek)
- Werkvellen met afzonderlijke programma's om met behulp van bepaalde apparaatdimensies de investeringskosten van één apparaat te berekenen.
- Werkvel met programma om de totale investeringskosten te berekenen uit de resultaten van de toeleverende programma's.
- Werkvel met programma om de jaarlijkse kosten te berekenen.

De matrix van het totale werkvel van het spreadsheet programma is 256 kolommen en 2048 rijen groot. Het aantal cellen in dit programma is gelijk aan het produkt van het aantal kolommen en rijen.

De monitor geeft een klein gedeelte van het totale werkvel weer. De gebruiker moet daarom orde en structuur scheppen wil hij niet "verdwalen" in zijn (eigen) spreadsheet programma. Men kan dit doen door

te beginnen met een werkvel met inhoudsopgave, waardoor de gebruiker geïnformeerd raakt waar hij bepaalde informatie moet halen. Tevens moet er een bibliotheek van programma's zijn, waarin de programma namen en eventuele coördinaten worden aangegeven.

Onderstaande tekening geeft schematisch weer hoe een opzet van een kostencalculatieprogramma op een spreadsheet kan worden uitgevoerd.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	INHOUD		APP I						
2	HOOFDPROGRAMMA		DIMENSIE		HOOGTE			CORRECTIE	
3		INVEST.KOST.			BREEDTE			PRIJS STAAL	
4		JAARL.KOST.			LENGTE				
5	BIBLIOTHEEK				INVESTERINGSKOST. = HOOGTE * BREEDTE * LENGTE				
6					* STAALPRIJS * CORR.FACT.				

7									
8	BIBLIOTHEEK		HOOFDPROGRAMMA		INVEST.KOSTEN				
9		APP I							
10		APP II		KOSTEN	AANTAL	FACTOREN		CORR.FACT.	
11		APP III		APP I					
12				APP IV					
13									
14									

				HOOFDPROGRAMMA JAARLIJKSE KOSTEN					

Het spreadsheet programma Lotus 123 is beperkter van capaciteit voor gegevens en berekeningen, dan men zou verwachten op grond van het aantal beschikbare cellen. Slechts een gedeelte van het totale aantal cellen kan worden gebruikt indien een programma in het spreadsheet programma wordt opgeslagen.

De beschikbare capaciteit van een leeg spreadsheet programma wordt, indien er geprogrammeerd wordt, verbruikt door data-opslag, tekst en numerieke bewerkingsstappen.

Het programma zal daarom capaciteit verbruiken voor het scheppen van een goede infrastructuur, zoals een inhoud, een bibliotheek en voor-geprogrammeerde werkvellen voor de diverse apparaten en hoofdprogramma's.

8.4 Voorwaarden voor het gebruik van computerprogramma

Het gebruik van computerprogramma's voor kostencalculatie is onder voorwaarden mogelijk. In veel gevallen kunnen berekeningen met de hand een overzichtelijker resultaat opleveren dan met de computer.

Er kan bij TNO-MT niet altijd gebruik worden gemaakt van één standaard opgezet computerprogramma, waarin werkvelden reeds voorgeprogrammeerd zijn. Het is wel mogelijk om aan een bepaalde opzet te denken zoals is aangegeven in paragraaf 8.3, maar de gebruiker zal de vrijheid gelaten moeten worden voor zijn eigen opzet. Dit betekent vrijwel zeker dat calculatieprogramma's per gebruiker anders zullen zijn en daardoor niet zonder meer overdraagbaar. Het gebruik van een computer voor kostencalculatie is slechts dán aan te raden indien veelvuldig gebruik zal worden gemaakt van zo'n programma, bijvoorbeeld indien er voortdurend wijzigingen in het programma worden gemaakt bij verschillende alternatieven in het ontwerp en indien er een gevoeligheidsanalyse moet worden uitgevoerd.

Het zal van de gebruiker een zekere inspanning vragen om met voldoende vertrouwen met een spreadsheet programma te werken, alvorens tot een definitieve programmering over te gaan.

Gezien het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat het beter is door middel van een richtinggevend rapport, zoals mogelijk dit rapport zou kunnen zijn, te komen tot een uniforme aanpak in de kostenberekening.

De computer moet alleen dienen als hulpmiddel voor regelmatig terugkerende tijdsintensieve berekeningen voor één chemisch/fysisch proces.

Computerprogramma's voor onder andere kostenberekening worden vooral toegepast bij bijvoorbeeld ingenieursbureaus en equipment engineering afdelingen bij grote bedrijven. De informatie over kosten van apparatuur put men uit een databestand. Aangezien "contracting" ingenieursbureaus bij projecten vaak de aankoop van apparatuur in beheer hebben zullen zij over veel informatie beschikken over investeringskosten.

TNO-MT zal nooit in een dergelijke positie kunnen komen en zal het moeten doen met kosteninformatie die veelal uit buitenlandse literatuur wordt verkregen. Dit brengt het risico met zich mee dat er vertaald moet worden met valuta's van het ene land naar het andere, met inflatie en met arbeidsproduktiviteit. Verder is het moeilijk om over absolute prijzen te spreken.

In veel literatuur worden kosten in figuren weergegeven die gecorro-leerd zijn met één of twee parameters. Er wordt in veel literatuur nauwelijks ingegaan op de spreiding in kosten indien parameters zijn vastgelegd.

9. CONCLUSIES

- De kostenberekenningsmethode van Lang zal alleen geschikt zijn als controlemiddel van bijvoorbeeld gedetailleerdere kostenberekenningsmethoden.
- De kostenberekenningsmethoden van Chilton, Guthrie en Hand zullen ongeveer vergelijkbare resultaten opleveren, indien men uitgaat van eenzelfde processchema.
- De onnauwkeurigheid van een kostenberekening wordt voor een deel bepaald door de
 - kostenberekenningsmethode
 - gedetailleerdheid van het processchema
 - betrouwbaarheid van kostencijfers/informatiebron.
 - omzetting van kosten van het ene land naar het andere en de daarmee samenhangende omzetting in valuta.
- De onnauwkeurigheid van een kostenberekening van een proces, gebruikmakend van gegevens uit de laboratorium- of pilot-plantfase, wordt bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de vertaling van deze twee fases naar de praktijkschaal plaatsvindt. Te denken valt aan de werkelijke hoeveelheid apparatuur (dubbele bezetting) die noodzakelijk is voor de continuïteit van het proces, graad van automatisering, materiaalkeuze, uitvoering van apparatuur qua vorm, standaard en niet-standaard te leveren apparatuur, opslagfaciliteiten, grassroot- of retrofit* installatie, verwerking van afvalprodukten of bijprodukten, activiteiten om milieuproblemen te voorkomen naar lucht, water of bodem, schatting van het benodigde aantal mensen, aandacht aan veiligheid, lawaai etc.
- Voor een kostenschatting is ervaring en inzicht nodig in de proces-techniek op zowel kleine als grote schaal opdat een vertaling naar een ontwerp op grote schaal zinvol is. Dit wil zeggen dat een kostenberekening goed kan worden uitgevoerd door een (ervaren) chemisch/fysisch technoloog met gevoel en inzicht in economische aspecten.

* Inbouw in een bestaande installatie.

- De onnauwkeurigheid die verwacht mag worden bij het bepalen van investeringskosten en is gekoppeld aan de gedetailleerdheid waarmee het procesontwerp wordt gemaakt.

Op grond van gegevens uit de literatuur kan worden gesteld dat investeringskosten die door TNO worden geschat, uitgaande van projecten op laboratorium- en pilot-plantschaal, een onnauwkeurigheid zullen hebben van 25 tot 50%.

Dit is mede afhankelijk van de vertaalbaarheid van kleine naar grote schaal en de ingewikkeldheid van de installatie op grote schaal (bijvoorbeeld van automatisering).

- Berekening van zowel investeringskosten als jaarlijkse kosten zal het best kunnen worden uitgevoerd met schema's die in sommige literatuur zijn aangegeven. In dit rapport wordt daarnaar verwezen.

- Men dient te overwegen of kostenberekeningen moeten worden uitgevoerd met een computer. In de meeste gevallen kunnen kostenberekeningen bij TNO-MT vrij eenvoudig van opzet blijven en op papier worden uitgevoerd. Echter worden kostenberekeningen wel ingewikkeld, of moeten er veel aanpassingen worden gemaakt, of voert men een gevoeligheidsanalyse uit dan kan men overwegen gebruik te maken van een computerprogramma.

Men dient daarbij niet te vergeten dat men tevens met een grote computer of met een PC moet leren omgaan. Indien men met een computerprogramma niet regelmatig werkt dan zal er meestal een rem ontstaan om berekeningen op een computer uit te voeren.

Verder dient niet uit het oog te worden verloren dat goed programmeren veel tijd kan kosten.

- Kostenberekeningen kunnen bij TNO in ieder geval beter met een kleine computer een z.g. PC worden uitgevoerd, dan op een grotere computer. Men kan met een PC flexibeler programmeren en eenvoudiger aanpassen. Voor TNO is het zinloos om met uitgebreide en grote computerprogramma's te werken omdat daarvoor een groot databestand actief moet worden gehouden terwijl er bij TNO relatief weinig kostenberekeningen behoeven te worden uitgevoerd. Daarom is het beter, per onderzoek een klein gespecialiseerd computerprogramma op te stellen met spreadsheets, en uitgaande van literatuurgegevens een kostenberekening op te zetten.

- Kostenberekeningsprogramma's kunnen worden uitgevoerd met spreadsheet-programma's, een groot bezwaar van spreadsheetprogramma's is echter, dat een programma goed gestructureerd moet worden om het overzicht te bewaren. Bij een kostenberekening van enige omvang zal men zelfs als opsteller van het programma snel het overzicht kunnen verliezen indien men geen voorzorgsmaatregelen neemt. Een spreadsheetprogramma zal daarom niet snel door andere gebruikers kunnen worden overgenomen, omdat de structurering per gebruiker anders is. Met een modulair* opgesteld computerprogramma kan wel een goed overzicht van de kostenberekening worden verkregen ongeacht de omvang van de kostenberekening. Grote computerprogramma's die door ingenieursbureaus worden gebruikt bezitten een modulaire opzet.
- Toetsing van de resultaten van een computerprogramma met de werkelijkheid is voor TNO-MT moeilijk, omdat TNO-MT uitsluitend onderzoek doet. Dit is meer een zaak voor "contracting" ingenieursbureaus die uit kunnen gaan van gegevens uit eigen databestanden.

* Onder een modulair opgesteld computerprogramma wordt verstaan dat het computerprogramma uit zelfstandige programma's bestaat die door een hoofdprogramma worden gestuurd en aangeroepen.

10. LITERATUURREFERENTIES

- [1] Cost Engineers Handbook
Nederlandse Stichting voor Kostentechniek DACE
- [2] Dr. M.S.A. Vrijland Economische achtergronden van de chemische
Prof.Dr.Ir.K.R. Wester- technologie, april 1984.
terp Technische Hogeschool Twente, afd. der Chemische
technologie.
- [3] Dr. M.S.A. Vrijland Richtlijnen en vuistregels voor economische
evaluaties (toepassing vij vergelijking van
alternatieven in de chemische procesindustrie)
THT-CT/IPP September 1982.
- [4] V.W. Uhl A Standard Procedure for Cost Analysis of Pollution
Control Operations
Volume 1, User guide
June 1979 EPA-600/8-79-018a; PB 80-108038
- [5] V.W. Uhl A Standard Procedure for Cost Analysis of Pollution
Control Operations
Volume 2 Appendices
June 1979 EPA-600/8-79-0186; PB 80-108046.
- [6] J. Cran Charting Routes to Preliminary Cost Estimates
Chemical Engineering, April 6, 1981, p. 64-79
- [7] H.J. Lang Chemical Engineering September 1947, p. 130-133
Chemical Engineering October 1947, p. 177-121
Chemical Engineering June 1948, p. 112-113
- [8] C.H. Chilton Cost Data Corrolated
Chemical Engineering 56(6): 97 (1949)
- [9] W.E. Hand Petroleum Refineer Vol.37, No.9, September 1958 p.331

- [10] K.M. Guthrie Process Plant Estimating, Evaluation and Control
Craftsman Book Company of America, Solane Beach ca.1974.
- [11] B. Billitewski Ansatz zum wirtschaftlichen Vergleich von mechanisierten
Sortierverfahren für Haushaltabfälle Teil 1, 1978 p. 460-499
Materialrecycling aus Haushaltabfall (Abfall Wirtschaft
an de TU Berlin) herausgegeben von
Prof.Dipl.Ing. Bernhard Jäger und Prof.Dr.Ing. Thomé-
Kozmiensky
- [12] H.G. Blecker Process Economics International
D. Smithson Vol V No.2, 1985, Chemecon Publishing Ltd.
- [13] M.B. Desia Preliminary Cost estimating of process plants
Chemical Engineering July 27, 1981 p.65-70
- [14] N. Boyd Cost and price indices
Engineering Costs and Production Economics 8 (1984)
p. 3-14
- [15] Webci-prijzenboekje december 1984 11e druk p. 106-107
- [16] G. Cecidalli Evaluate research projects rapidly
B. Zaidman Chemical Engineering July 14, 1980 p. 145-152
- [17] R.S. Hall Current Costs of process equipment
J. Matley Chemical Engineering April 5, 1982 p. 80-116
K.J. McNaughton
- [18] A.V. Bridgewater Technological economics applied to waste recovery and
treatment processes.
Effluent and water treatment journal September 1977
p. 467-473.

BIJLAGE 1 [1] DACE-report

3.1. Afschrijving

De afschrijving is gebaseerd op de afschrijvingsduur, die geacht wordt te zijn korter dan of gelijk aan de economische levensduur van de produktie-installatie.

Hiermee hangen twee begrippen samen t.w.:

- de technische levensduur
- de functionele levensduur.

Onder de technische levensduur wordt verstaan de tijd dat de installatie bij normale onderhoudskosten de nominale produktie kan leveren. Deze is dan gebaseerd op de veroudering/slijtage van de produktie-apparatuur, zijnde het meest aan veroudering onderhevige onderdeel van de installatie. Gebouwen bijvoorbeeld zijn dat in belangrijk mindere mate. Voor de technische levensduur, die normaliter redelijk is te schatten, wordt voor chemische proces-installaties gewoonlijk met meer dan 10 jaar gerekend.

Minder duidelijk is het gesteld met de functionele levensduur. Deze is afhankelijk van ontwikkelingen die het economisch produceren in gevaar brengen of onmogelijk maken. Hiertoe behoren onder meer technische en/of technologische ontwikkelingen waardoor de behoefte aan of de betaalbaarheid van het produkt wordt achterhaald, nog voor de technische levensduur van de produktie-installatie is verstreken.

De economische levensduur wordt óf door de technische óf door de functionele levensduur bepaald.

In de tijd die voor de afschrijving wordt aangenomen, zullen de investeringskosten van de produktie-installatie moeten worden terugverdiend.

Om continuïteitsredenen moet de ondernemer wanneer de fabriek door veroudering/slijtage niet meer kan functioneren, over voldoende financiële middelen kunnen beschikken om de installatie te vervangen.

Hiervoor reserveert men jaarlijks een bedrag van de produktie-opbrengst. Dit noemt men afschrijving.

3.2. Rente

Kapitaal kan niet gelijktijdig voor meerdere doeleinden worden aangewend.

Zodra kapitaal in bijvoorbeeld produktiemiddelen is geïnvesteerd, houdt dit in dat rente wordt gederfd die anders met het kapitaal gekweekt had kunnen worden.

Wanneer, zoals gewoonlijk, de geldmiddelen (voor het merendeel) van derden worden betrokken, dan staan daar renteverplichtingen tegenover.

Deze rentederving/-verplichting zal uiteindelijk door de produktie moeten worden opgebracht. Als zodanig is rente als kosten te beschouwen.

3.3. Lonen

Van lonen kan gesteld worden dat in principe iedere medewerker in een bedrijf in bepaalde mate een bijdrage aan het produkt levert; degene die de machine of installatie bedient direct, de man/vrouw van bijvoorbeeld de administratie indirect.

Waar de grens van de directe of indirecte betrokkenheid wordt gelegd is afhankelijk van diverse omstandigheden (zie B-1-010).

In het voorbeeld worden onder loonkosten verstaan de kosten van de directe lonen vermeerderd met de door de werkgever te betalen sociale lasten en toeslagen van bedienings- en onderhoudspersoneel alsmede de kosten ten behoeve van de kwaliteitscontrole (laboratorium). De overige loonkosten worden onder de kostensoort 'overhead' verrekend.

3.4. Overhead

Eerder werd reeds gewezen op het begrip directe en indirecte kosten. Grondstoffen en lonen die rechtstreeks ten laste komen van de produktie kunnen als directe kosten duidelijk worden toegerekend. Er zijn echter ook talrijke andere kosten waarvan de relatie met de produktie minder duidelijk is.

Hieronder zijn te verstaan de kosten van bijvoorbeeld de bewakingsdienst, kantines, gezondheidsdienst (EHBO, verbandkamer), veiligheidsdienst, directie, stafdiensten, etc.; kortom alle kosten die niet via een andere kostengroep worden toegerekend.

Deze kosten kunnen dan door middel van een omslagstelsel als 'overhead' voor de bepaling van de kostprijs worden toegerekend. Wanneer bijvoorbeeld de verkoopkosten (marketing, acquisitie, reclame, etc.) niet als aparte post worden toegerekend, zullen zij een onderdeel van de overheadkosten vormen.

Dat op de wijze van toerekenen de nodige variaties mogelijk zijn behoeft nauwelijks betoog.

3.5. Belasting

Een verhandeling over kosten is niet denkbaar zonder de term belasting.

Geen financiële transactie ontkomt aan de belastingwetten.

Sommige belastingen vormen een onmiskenbaar onderdeel van de kostprijs, BTW bijvoorbeeld niet.

Alles wat de fiscus van de bijdrage van de ondernemer aan het bruto nationaal produkt opeist, verhoogt de kostprijs.

Bij grotere ondernemingen is alleen al voor deze kostenpost een aparte dienst in de weer, waarmee het belang en de complexiteit zijn aangeduid.

Een soortgelijk verhaal geldt met betrekking tot verzekeringen.

Elk risico van enige omvang (en produktie-installaties vormen die) is op een of andere wijze te verzekeren, met uitzondering van het ondernemingsrisico.

BIJLAGE 2 [1] DACE repport

3.6. Grondstoffen

Grondstoffen vormen de basiselementen van de produktie. Ongeacht of ze van de eigen onderneming danwel van derden worden betrokken, zullen zij tegen de aankoop prijs per eenheid (m3, ton, stuk) worden ingezet, verhoogd met een toeslag voor transport, opslag, verlies, behandeling, e.d.

Gewoonlijk vormt de toerekening geen moeilijkheid ofschoon dit onder omstandigheden ook wel zeer moeilijk kan zijn, bijvoorbeeld wanneer één grondstof voor meerdere produkten wordt toegepast.

Katalysator, zoals toegepast in de proces-industrie, kan eveneens als grondstof worden aangemerkt.

Ofschoon de eerste katalysatorvulling van een reactor of proceskolom gewoonlijk - separaat - bij de investeringsbegroting wordt opgegeven, wordt ze niet tot de kapitaalsinvestering gerekend omdat ze in de regel een levensduur heeft die afwijkt van die van de installatie.

Indien ze op een bepaalde wijze moet worden aangemaakt, behoort dat tot het produktiegebeuren.

De kosten maken dan deel uit van de lonen en afschrijving.

De loonkosten voor het vervangen van de katalysator behoren tot de onderhoudskosten.

3.7. Hulpstoffen

Hulpstoffen leveren geen directe bijdrage aan het produkt en maken daarvan op generlei wijze deel uit. Zij zijn nodig om de produktie-installatie in bedrijf te kunnen stellen of te houden. Bedoeld worden hier koelwater, stoom, elektriciteit, e.d.

Voor wat betreft de toerekening van hiervoor gemaakte kosten, geldt wat daarover bij grondstoffen is vermeld.

3.8. Bijprodukten

Bijna ieder produktiebedrijf kent het vraagstuk van de bijprodukten, vooral bij chemische installaties, enerzijds omdat bijprodukten in soms grote hoeveelheden ontstaan, anderzijds omdat de afzet of lozing ervan in het kader van de steeds strenger wordende (overheids) eisen soms problemen oproept. Niet zelden moeten speciale voorzieningen worden getroffen om de afzet of lozing van bijprodukten aanvaardbaar te maken.

De kosten hiervoor komen volledig ten laste van het produkt en zullen derhalve de kostprijs negatief beïnvloeden.

Dat is in mindere mate of in het geheel niet het geval als de bijprodukten nog een economische waarde hebben. De opbrengst van de bijprodukten zal dan de kosten van de afzet/lozing verminderen of geheel kunnen opheffen. De mogelijkheid is zelfs aanwezig dat de opbrengst de kosten van de afzet overtreft. In dat geval zal dat ten goede kunnen komen aan de kostprijs van het hoofdprodukt.

Uiteraard geldt dat ook voor bijprodukten, zoals bijvoorbeeld stoom en elektriciteit.

Bijlage 3

GLOSSARY

The meanings of most of the terms specific to engineering cost analysis and in particular those used in this procedure can be comprehended from their general-use connotation. But occasional expressions may require a refined explanation to obviate confusion. Words that seem likely to cause such difficulties are defined below. References 6-1 and 6-2 are provided for a number of glossaries for further evaluation of the plethora of terms peculiar to this field.

add-on: Two meanings: charges in addition to the base investment (see Table 6); and a retrofit added to the base plant as for pollution abatement.

AFDC: allowance for funds during construction (which see).

allowance for funds during construction (AFDC): Interest on funds from loans paid to engineering-construction firm during the progress of building; usually capitalized.

annual expense: All expense payments for the year; see expenses.

annualized cost: The equivalent annual cost equal to the revenue requirement. See Equation E-1.

battery limits plant: The part of the plant within the geographic boundary around all the process equipment, but excluding storage, utilities, administration buildings, or auxiliary facilities.

"best guess" estimate: Same as most likely estimate.

book value: Current investment value as recorded in the accounts calculated as the original total plant cost less depreciation accruals.

capital, working (I_w): Funds in reserve necessary for the normal conduct of business.

capital investment: Investment for long-term use (over a year), which is therefore capitalized.

capital structure: The proportionate portions of capital from sources such as common stock equity, preferred stock equity, and debt (bonds).

capitalize: To consider as an investment; it can either be depreciated (buildings and equipment) or recovered (land or working capital).

cash flow: Annual cash receipts in the form of net profit (after taxes) plus the depreciation charge; also called cash inflow and cash flowback. For comparisons of alternatives with the same revenue, it can be the depreciation charge plus net saving or minus extra net operating charge adjusted for income taxes.

cash flows: The various sources and outlays for funds in an active project.

cash flow diagram: Same as money flow diagram; see Figures C-1 and C-2.

conceptual estimate: An estimate for a new process or operation, one that has not been built or operated to date.

constant worth dollars: [Then-current dollars] $\times [1 + \text{annual inflation rate}]^{-n+1}$, where n is the number of years from the year in question to the reference year. Sometimes these are termed constant dollars, real dollars, or deflated dollars. For an example calculation, see footnote *.

cost analysis segment: The major of the three segments of the economic evaluation; see The Specification in Section 3.

cost effectiveness: A term often used in lieu of cost-benefit studies. Cost effective analysis is called for by the EPA construction grant program but at present it only takes actual costs into account. (References E-3, E-4.)

cumulative frequency distribution: The probability of the occurrence of a given value or less from a set of values; e.g., ROI. See Figure K-2.

depreciation: The allocation in a systematic and rational manner of the cost of fixed capital assets less salvage (if any), over the estimated useful life of the facility.

descriptive segment: The first of the three segments of the economic evaluation; see The Specification in Section 3.

discount rate: The interest rate used either to discount future cash flows to a reference time (zero) or to compound past cash flows to the same reference time.

* It is desired to convert the value of an investment of \$3,000,000 in 1982 to 1975 constant worth dollars. The inflation rate is estimated at 8% per year. The 1975 value = $[\$3,000,000] \times [1 + 0.08]^{-7+1} = \$1,891,000$ (1975 constant worth dollars) (then-current dollars).

discounted cash flow rate of return: See internal rate of return.

engineering cost analyses: The application of techniques to the expected capital investments, annual operating expenses, and other cash flows to ascertain the economic feasibility of a project by computing measures of merit.

enter to costs: An accounting term -- accrual of depreciation charges; the process of recovering capital invested.

envelope of variability: The curves that bound the upper and lower percentage accuracy for cost estimates of increasing quality; for example in Figure 2, see the inset to the left.

equivalent annual cost: A generic term to describe equivalent cash flows; it can be calculated either as an uniform end-of-year value, or a uniform continuous flow throughout the year.

equivalent annual value: A version of equivalent annual cost used in evaluating public sector projects. An example is described by Equation E-3 for the EPA construction grants program.

equivalent uniform cash flow or cost: Corresponds to equivalent annual cash flow (or cost) when it is calculated as a uniform end-of-year value. See Grant et al. (E-1).

escalation: Inflation in the cost of a particular item in contradistinction to general inflation.

expense: Net expenses are all payments transferred (paid) to entities outside the operating organization for costs incurred for and related to the plant operation; total expenses include depreciation charges in addition to the above.

expensed: The accounting operation in which an outlay is classified as an expense (which see) and included in an account of expenses, generally classified by type; e.g., operating labor, maintenance materials.

factored estimate: A form of capital cost estimate; usually it is a form of study estimate.

figures of merit: See measures of merit.

financial factors: Percentages and ratios set by policy which pertain to sources of funds and their rate of recovery.

fixed capital: Corresponds to depreciable investment (buildings and equipment) plus land; excludes working capital.

general expense: An indirectly attributable expense for administration, sales, research, and financing activities.

grass roots plant: A complete plant erected on a virgin site; the investment includes all costs of site preparation, battery limits units, and auxiliary facilities.

I_F : Symbol to denote total plant cost; usually equivalent to the depreciable investment; corresponds to total module cost.

I_w : See capital, working.

inflation index: Also termed cost index; the relative value of the dollar at a point in time in a particular segment of the economy as compared to its value at an earlier reference time when it is arbitrarily given a value of 100..

interest, continuous: Interest computed by assuming an instantaneous time period for compounding; generally expressed as a nominal interest rate per year. This nominal interest rate works out to be less than the effective interest rate for the year.

interest, discrete: Also termed simple interest; interest on the principal for the period (usually 1 year).

interest rate of return: See internal rate of return.

internal rate of return: (IROR) Rate of interest at which outstanding investment is repaid by proceeds of a project to achieve a zero present worth; also, called interest rate of return, discounted cash flow rate of return, and profitability index.

IROR: Symbol for internal rate of return (which see), and equivalent measures of merit.

K: One thousand (1000), when used in connection with dollars.

learning curve: A graphical relation that demonstrates or predicts the improvement in productivity or costs of production with time because of tidying up, bottleneck elimination, and fine tuning.

levelized cost: A form of unit cost equal to the revenue requirement; annualized cost per unit of output where this unit of output is usually discounted in the same fashion as the cost.

life-cycle analyses: The systematic analytical process of evaluating various alternative courses of action over the entire life of the venture to ascertain the most economical.

major plant items: (MPIs) Synonymous with major equipment items; excludes process piping, insulation, electric switchgear, instrumentation, and components for erection such as foundations, walkways, structural supports.

MARR: See minimum acceptable rate of return.

measures of merit: Also termed figures of merit, criteria for evaluation, feasibility criteria; ratios, percentages, and other indices that characterize the economic feasibility of a project; e.g., return on original investment (ROI), payout time, internal rate of return (IROR), annualized cost.

minimum acceptable rate of return: (MARR) This is the lowest return that will be considered attractive for the investment of new capital; it is often taken as the average current return on investment capital; it is not to be confused with the cost of capital and should be somewhat higher. Note that the kind of return (e.g., ROI or IROR) needs to be specified.

module: The MPI with appurtenant equipment that carries out either a unit operation (e.g., heat transfer, distillation, solids separation) or a unit process (e.g., biodegradation of liquid wastes).

MPI: See major plant items.

O&M: Direct operating and maintenance costs; represent only a fraction of the total annual expense.

payout time: The time in years to recoup the fixed (depreciable) capital from *cash flow*; also called payback time or period.

present value: Same as present worth (which see).

present worth: The sum of the discounted (and compounded) values of the cash flows for a given project or operation. The discount rate must be specified.

private sector: Refers to projects financed by private capital and for which the price of the output is set by the market.

profitability index: See internal rate of return.

R&D: Research and development.

regulated sector: Refers to projects financed by private capital, but for which the price of the output is regulated by law or a government body. Examples are electric utilities, the telephone company, public carriers.

reliability assessment segment: The last of the three segments of the economic evaluation; deals with uncertainty and risk measures; see The Specification in Section 3.

resources requirement: Refers to financial means required to support public sector projects; viz., original capital, interest on capital, and operating expenses.

retrofit: The construction or the actual facility appended to an operable process for some purpose such as to abate pollution. See add-on.

retrofit increment: The extra or added cost required for a retrofit facility above that for the basic plant.

return on original investment: (ROI) Net profit divided by total capital investment.

ROI: Return on original investment (which see), a measure of merit.

scope: A description of the essential features and extent of the physical installation.

sensitivity analysis: A cost analysis that demonstrates the effect on a measure of merit of varying, one at a time, the major cash flows within expected limits.

specification: In this standard procedure, the format for organizing and presenting the engineering cost analysis.

standard deviation: A measure of variability of values about their mean.

standard procedure: The method of economic evaluation outlined in this report.

then-current dollars: Real dollars which vary in relative value with time because of inflation; sometimes these are termed nominal dollars, current dollars, inflated dollars, or escalated dollars.

UAC: Uniform annual cost (which see).

UNACOST: Same as equivalent uniform cost. See Jelen (E-2, p. 25).

uncertainty analysis: The computation of a probability distribution of a measure of merit from projected probable values of the major elements of cash flows.

uniform annual cost: An equivalent annual cost that takes into account cash flow, capital outlays, and end-of-life recoveries. See the Third Private Financing Example in Appendix E.

unit cost: As applied to fixed investment - cost divided by an appropriate output per year; as applied to annual expenses - total expenses divided by output per year; as applied to annualized cost - required revenue divided by annual output. For the latter case the output may be "discounted" and escalated in the same fashion as the costs.

variance: The arithmetic mean of the sum of the squared deviations of a set of values; the same as the square of the standard deviation.

working capital: See capital, working.

Bijlage 4

CHILTON FACTORS FOR ESTIMATING
TOTAL PLANT COSTS

Item No.	Item	Multiplying Factor	Operating on Item No.
1.	Delivered Equipment Cost	1.0	1
2.	Installed Equipment Cost	1.43 ^a	1
3.	Process Piping		
	<u>Type of Plant</u> - Solid	0.07-0.10	2
	Solid/Fluid	0.10-0.30	2
	Fluid	0.30-0.60	2
4.	Instrumentation		
	<u>Amount</u> - None	0.03-0.05	2
	Some	0.05-0.12	2
	Extensive	0.12-0.20	2
5.	Buildings and Site Development		
	<u>Type of Plant</u> - Outdoor	0.10-0.30	2
	Outdoor/Indoor	0.20-0.60	2
	Indoor	0.60-1.00	2
6.	Auxiliaries (Electrical Item Power)		
	<u>Extent</u> - Minor Addition	0 - 0.05	2
	Major Addition	0.05-0.75	2
	New Facilities	0.25-1.00	2
7.	Other	0 - 0.50	2
8.	Total Physical Plant Costs (Σ Cost of items 2 through 7)		
9.	Engineering and Construction		
	<u>Complexity</u> - Simple	0.20-0.35	8
	Difficult	0.35-0.50	8
10.	Contingency & Contractor's Fee		
	<u>Process</u> - Firm	0.10-0.20	8
	Subject to Change	0.20-0.30	8
	Speculative	0.30-0.50	8
11.	Total Plant Cost (Σ Cost of items 8, 9, and 10)		

^aAries and Newton (A-1) give the average installed equipment cost as 1.43 times the equipment cost delivered; this was for the early 1950s. Now Woods (A-2) advises using a factor of 1.40 to 2.20.

Bijlage 5

TABLE . SUMMARY OF ECONOMIC EVALUATION
-- COST ANALYSIS SEGMENT

FACILITY DESCRIPTION	CAPACITY RATING
Plant Location --	
DISCOUNT RATE ____%; FACILITY LIFE ____ YRS; DEPRECIATION PERIOD ____ YRS;	
CONSTRUCTION TIME ____; REFERENCE UNIT FOR PROCESS COST ____;	
REF. YR FOR COSTS ____; COST INDEX ____; INFLAT'N RATE (if appl.) ____.	

CAPITAL INVESTMENT ESTIMATION (see Appendix A for detailed information)

Schedules A to G are used for Total plant cost; schedule H is for Total capital investment. See Table 8 for guidance.

Schedule A. Chilton method. Factored costs of sum of major plant items (MPIs), ΣE , delivered. Corresponds somewhat to Table 2.

<u>Item</u>	<u>Factor</u>	<u>Operating On</u>	<u>Cost of Item</u>
1. Sum of major plant items (MPIs), ΣE , delivered ^a	--	--	
2. Installed, erected equipment cost		#1	
3. Piping (includes insulation)		#2	
4. Instrumentation		#2	
5. Buildings and site development		#2	
6. Auxiliaries (electric, steam, etc.)		#2	
7. Other		#2	
11. Total physical cost (Direct cost), DC (sum of 2 to 7)			

Use Schedule C to get the Total plant cost, item 31.

^aSame as FOB job site.

Table (Continued). Summary of Economic Evaluation -- Cost Analysis Segment

Schedule B. Guthrie method. Sum of each MPI (this includes adjuncts, such as solids handling facilities, site development, industrial buildings, off-site facilities).

1. MPis, purchased^a ΣE
2. Direct (field) material, m
3. Direct (field) labor, L
11. Sum of direct costs, (Total physical cost) DC, for each MPI and adjunct

Use Schedule C to get Total plant cost, item 31.

Schedule C. Calculation of total plant cost using direct cost from schedule A or B

11. Total physical cost (Direct cost) DC
12. Indirect cost (20 to 50% of DC, avg 34%), IC
21. Total bare module cost, BMC
22. Contingency (10 to 50% of BMC; avg 15%)
23. Contractor's fee (about 3% of BMC)
31. Total plant cost (Total module cost), I_F

Schedule D. Lang method

Use equation: $I_F = \Sigma E \times L$

where: I_F = total plant cost (total module cost; fixed capital investment for equipment, buildings, site development);
 ΣE = the same as item 1 in schedule A;
 L = Lang factor. See Appendix A.

^aSame as FOB; i.e., free on board, at vendor's plant.

Table (Continued). Summary of Economic Evaluation -- Cost Analysis Segment

Schedule E. ICARUS method

8. Sum of installed costs for MPis - includes indirect costs associated with each item
9. Total of special items which correspond to adjuncts under schedule B
21. Base plant cost (Total bare module cost), BMC
22. Contingency (see schedule C)
23. Contractor's fee (see schedule C)
27. Retrofit increment (if applicable)
31. Total plant cost, I_F

Schedule F. Sum of unit process modules

<u>Process module identification</u>	<u>Total Cost</u>
1. Process module No. I -	
2. Process module No. II -	
3. Process module No. III -	
4. Process module No. IV -	
5. Process module No. V -	
6. Process module No. VI -	
etc. -	
31. Total plant cost, I_F	

Schedule G. Total plant cost from typical definitive estimates

	<u>Process Modules</u>			
	<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	<u>etc.</u>
1. Equipment cost, purchased ΣE				
2. Direct (field) materials, m				
Piping				
Concrete				
Steel				
Instrumentation				
Electrical				
Insulation				
Paint				
Total $\Sigma E + m$ for each module				

Table (Continued). Summary of Economic Evaluation -- Cost Analysis Segment

3. Direct (field) labor, L	
4. Adjunct facilities, etc.	
11. Direct cost (Total physical cost), ($\Sigma E+m$) + L, for all process modules and adjunct facilities	
12. Indirect cost Freight, insurance, sales tax, etc. Construction overhead Engineering, etc.	
21. Base plant cost (Total bare module cost), BMC	
22. Contingency	
23. Contractor's fee	
31. Total plant cost (Total module cost), I_F	

NOTE: From data for schedules F and G, representative Guthrie factors can usually be calculated.

Schedule H. Total capital investment

31. Total plant cost, I_F , from schedule C, D, E, F, or G	
32. Interest during construction, if applicable, and capitalized	
33. Modification of the facilities and start-up costs, if capitalized	
35. Total depreciable investment	
36. Land	
37. Working capital	
41. Total capital investment	

Table (Continued). Summary of Economic Evaluation -- Cost Analysis Segment

ANNUAL OPERATING EXPENSE SUMMARY

(From the subtotals in Table 9. Annual Operating Expense Estimate and Table 10. General Expense Estimate.)

- 53. Raw materials
- 70. Processing
- 74. Plant overhead, control lab and technical
- 76, 77. Fixed charges less depreciation
- 78. Depreciation
- 87. General expense

90. Total operating costs

PROFIT AND CASH FLOW (ANNUAL) SUMMARY

- 91. Revenue including value of byproducts
 - 92. Gross profit^a (Revenue - annual operating expense)
 - 93. Net profit^a (Gross profit - income tax)
 - 94. Cash Flow^b (Net profit + depreciation) or
(Depreciation - net operating expense corrected
for income tax)
-

FEASIBILITY EVALUATION SUMMARY

Privately Financed Mode

- 101. ROI
- 102. Payout time
- 103. IROR
- 104. Revenue requirement given IROR = _____ %
- 105. Equiv. annual cost; this is Uniform annual
cost for privately financed projects; see
Eq. E-8

^aApplies only to facilities that produce independent revenue.

^bApplies both to plants which produce independent revenue, such as a power plant or smelter, and to modifications in facilities such as the addition of pollution control equipment which involves no or only incremental changes in revenue. Consult Appendix C for a development of this matter.

Table (Continued). Summary of Economic Evaluation -- Cost Analysis Segment

Public Utility (Regulated) Financed Mode

106. Equiv. annual cost; this is annualized cost for regulated mode projects; see Eq. E-1, E-2 \$_____/yr
107. Revenue requirement/unit of output -- using lifetime average costs (Eq. E-4) \$_____/unit output
108. Revenue requirement/unit of output -- by levelized costs using typical utility approach (Eq. E-5) \$_____/unit output
109. Revenue requirement/unit of output -- by levelized costs using METREK approach (Eq. E-6) \$_____/unit output

Publicly Financed Mode

110. Equiv. annual cost; this is equivalent annual value for government projects; see Eq. E-3 \$_____/unit output
111. Total resource costs/unit of service \$_____/unit output

General

112. Total capital cost/unit of capacity
113. Operating expense/unit of output

Descriptive appraisal of the financial merit of the venture:

TABLE 2. CAPITAL COST ESTIMATING ALTERNATIVES FROM TABLE 7
(Letters A to H refer to Schedules in Table 7)

Cost Items	Start at Top						Other Methods
Direct Cost	A Chilton ^a	B Guthrie ^a					
— + —	↓	↓					
Indirects Contingency Fee	C	C	D Lang ^a	E ICARUS ^a	F Unit Process ^a	G Defin- itive ^a	
— + —	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Construction Interest Modification and Start-up Expense Land Working Capital	H (gives total capital investment)						
— = —							
Total Capital Investment							

^aIdentifies method of estimating total plant cost (I_P).

TABLE . ANNUAL OPERATING EXPENSE ESTIMATE

Name of Process _____
 (Brief Description of Process and Product (if any) and
 Pertinent Information on Size. Put added details in footnotes.)
 Basic Unit of Capacity or Production _____. Total Plant Cost, I_F _____.
 Depreciable Investment _____. Stream time _____ hr/yr.

	Unit	Units /Year	Value \$/Unit	Units/Basic Unit of Production	Total Costs	
					\$/Basic Unit	M\$/yr
51. Raw Materials						
52. By-Product Credit:						
53. Subtotal Raw Materials						
56. Operating (Direct) Labor	hr					
57. Direct Supervision						
58. Maintenance Labor	hr					
59. Maintenance Material						
60. Operating Supplies						
61. Labor Additives						
62. Steam	10^3 lb ^a					
63. Electricity	kw ^b					
64. Compressed Air	10^3 cf ^b					
65. Water	10^3 gal ^c					
66. Fuel	10^6 Btu ^d					
67. Effluent Treat- ment & Disposal						
68. Preparation for Shipping						
69. Other						
70. Subtotal Processing						

^aMultiply 10^3 lb by 454 to convert values to kg.

^bMultiply 10^3 cf by 28.32 to convert values to m^3 .

^cMultiply 10^3 gal by 3.785 to convert values to m^3 .

^dMultiply 10^6 Btu by 1.055×10^6 to convert values to kJ.

Table 9 (Continued). Annual Operating Expense Estimate

71. Plant Overhead
72. Control Laboratory
73. Technical and Engineering
74. Subtotal Overhead
76. Insurance & Property Taxes
77. Royalty
78. Depreciation
79. Subtotal Fixed Charges
80. Total Manufacturing Cost

Adapted from Perry and Chilton (6, p. 25-28)

TABLE 10. GENERAL EXPENSE ESTIMATE

35. Depreciable Investment	_____
41. Total Capital Investment	_____
91. Sales Revenue	_____

81. Administration, % of Capital Investment or Sales	K\$	_____
82. Selling Expense, % of Sales- - - - -		_____
83. Corporate Research, % of Capital Investment or Sales- - - - -		_____
84. Interest on Debt - - - - -		_____
85. Other- - - - -		_____
87. General Expense- - - - -	K\$	_____

BIJLAGE 6

SCHEMA ECONOMISCHE EVALUATIE uit literatuur [3]

REACTIEVERGELIJKING/PROCESBEGINSEL

 Procesontwerp

PROCESSTROOMSCHEMA

 Capaciteit
 Recycle
 Service factor

MATERIAALBALANS

 Enthalpie

ENERGIEBALANS

 Dimensionering

PROCESAPPARATUUR

 Basisprijzen
 Materiaal factor
 Williams factor

f.o.b. PRIJZEN PROCESAPPARATUUR

 Hand factor

MODULE INVESTERINGEN

 Sommeren
 Onvoorzien factor

TOTAAL DIRECTE INVESTERING

 Opslag en Transport
 Utilities
 Offsites
 EENMALIGE INVEST.

TOTALE PROCESINVESTERING

 Tijdcorrectie
 Plaatcorrectie
 Valutacorrectie

GECORRIGEERDE PROCESINVESTERING

 + WERKKAPITAAL
TOTAAL GEBONDEN KAPITAAL

PRODUKTIEKOSTEN + WINST

MINIMUM VERKOOPPRIJS

 Onderbezetting
 Prijsstijgingen
 Schattingsfouten
GEVOELIGHEIDSANALYSE

 Kritische beoordeling
 Kreativiteit
 Durf
CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

SAMENVATTING ECONOMISCHE EVALUATIE

(verklaring van termen in bijlage 7)

Produkt: _____

Lokatie: _____

Start-up jaar: _____

Valuta: _____

+++++

OMSCHRIJVING van het proces

Continu/Batch

+++++

INVESTERING

Ontwerpcapaciteit: _____ kt/a; Bedrijfsuren/jaar: _____

Afschrijvingstermijn Directe Investerings: _____ j; Lineair/.....

Afschrijvingstermijn Toegerekende Invest.: _____ j; Lineair/.....

Procesapparaten f.o.b.-prijs x Hand-factor = Moduleïnv.

Reactoren

Kolommen

Vaten

Warmtewisselaars

Luchtkoelers

Pompen

Compressoren

Fornuizen

Overig

(gespecificeerd)

Onvoorzien

(% Onsite investering) _____

TOTAAL DIRECTE INVESTERING

Opslag en Transport (% Onsite investering)

Utilities (% Onsite investering)

Offsites (% Onsite investering)

Overig (gespecificeerd) _____

TOTAAL TOEGEREKENDE INVESTERINGEN

EENMALIGE INVESTERINGEN (% Onsite investering)

TOTALE PROCESINVESTERING in jaar: _____ plaats: _____ valuta: _____

+++++

Tijdcorrectie: _____

Plaatcorrectie: _____

Wisselkoers: _____

PROCESINVESTERING in Startup, op lokatie, in (valuta):

WERKKAPITAAL (% jaar-produktiekosten) _____

TOTAAL GEBONDEN KAPITAAL

=====

+++++

PRODUKTIEKOSTEN (Verklaring van termen in bijlage 7)

Grondstoffen \$/# #/t \$/t \$/a
(gespecificeerd)

Hulpstoffen
(gespecificeerd)

Utilities
(gespecificeerd)

Overig
(gespecificeerd)

AF: Opbrengst bijprodukten
(gespecificeerd)

TOTAAL VARIABEL

+++++=====

Bediening
Onderhoud
Bedrijfslab
Staf en hulpdiensten
Grondhuur/erfpacht
Eigendomsbelasting, verzekering

TOTAAL VAST

+++++=====

TOTAAL UITGAVEN VOOR PRODUKTIE (Variabel + Vast)

AFSCHRIJVINGEN

KOSTEN AF PLANT

Beheers-, Verkoop- en Speurwerkkosten

TOTAAL PRODUKTIEKOSTEN

+++++=====

Produktiekosten + winst voor bel. bij % RoI

Pay Out Time:

DCFRR bij % winstbelasting:

NPV bij % interne rentevoet:

+++++=====

Bijlage 1: Processtroomschema

Datum:

Bijlage 2: Materiaalbalans

Bijlage 3: Major Equipment specificaties

Bijlage 4: Verantwoording en literatuurbronnen

Estimator:

Bijlage 5: Gevoeligheidsanalyse

VERKORTE SAMENVATTING ECONOMISCHE EVALUATIE (Verklaring van termen in bijlage 7)

Produkt: _____

Lokatie: _____ Start-up jaar: _____ Valuta: _____
 ++++++

OMSCHRIJVING van het proces _____ Continu/Batch

INVESTERING

Ontwerpcapaciteit: _____ kt/a; Bedrijfsuren/jaar: _____
 Afschrijvingstermijn Dir.Inv.: _____ j; Toeger.Inv.: _____ j; Lineair/.....

TOTAAL DIRECTE INVESTERING

TOTAAL TOEGEREKENDE INVESTERINGEN

EENMALIGE INVESTERINGEN

TOTALE PROCESINVESTERING in jaar: _____ plaats: _____ valuta: _____
 ++++++

Tijdcorrectie: _____ Plaatcorrectie: _____ Wisselkoers: _____

PROCESINVESTERING in Startup, op lokatie, in (valuta):

WERKKAPITAAL (_____ % jaar-produktiekosten) _____

TOTAAL GEBONDEN KAPITAAL

=====

PRODUKTIEKOSTEN

	\$/t	\$/a
TOTAAL VARIABEL		
TOTAAL VAST		
TOTAAL UITGAVEN VOOR PRODUKTIE (Variabel + Vast)		
AFSCHRIJVINGEN		
KOSTEN AF PLANT		
Beheers-, Verkoop- en Speurwerkkosten		
<u>TOTAAL PRODUKTIEKOSTEN</u>	=====	=====

+++++
 Produktiekosten + winst voor bel. bij _____ % RoI
 =====

+++++

Bijlage 7 (uit literatuur [3])

PRODUKTIEKOSTEN zijn te onderscheiden in Variabele Kosten en Vaste Kosten. Ze dienen te worden gespecificeerd.

$\$/\#$ staat voor de prijs van grondstoffen, hulpstoffen, utilities en opbrengst bijprodukten in de van toepassing zijnde munteenheid per verbruikseenheid. Bijvoorbeeld $\$/t$, Dfl/kWh, DM/m³, Y/kg.

$\#/t$ staat voor het aantal verbruikseenheden aan grondstoffen enz. per ton afgeleverd produkt. De in te vullen waarden komen uit de materiaalbalans, en zijn gebaseerd op conversie, selectiviteit, en opbrengst.

$\$/t$ staat voor de bijdrage van grondstoffen enz. in de produktiekosten. Het bedrag is het quotient van de eerste en tweede kolom.

$\$/a$ staat voor de Jaarlijkse Kosten van grondstoffen enz., ofwel het produkt van kolom drie en de jaar-capaciteit.

Grondstoffen. Uit de materiaalbalans volgt welke hoeveelheden grondstoffen nodig zijn om de ontwerpcapaciteit waar te maken. Ze worden gespecificeerd. De prijzen van grondstoffen zijn te halen uit European Chemical News, Chemical Marketing Reporter, of eventueel andere (incidentele) bronnen. Van groot belang is dat de prijzen consistent zijn, dat wil zeggen bij voorkeur uit één bron komen en onder dezelfde leveringsvoorwaarden en op hetzelfde tijdstip van kracht zijn.

Hulpstoffen. Hieronder worden katalysatoren en chemicaliën verstaan die wel verbruikt worden, maar niet in het produkt terug te vinden zijn. Overigens als bij Grondstoffen.

Utilities. Een verrekenprijs (transferprijs) die bestaat uit de som van vaste en variabele kosten + afschrijvingen, maar zonder winstopslag. De hoeveelheden van de diverse utilities volgen uit de energiebalans. Overig als bij Grondstoffen.

Raadpleeg Hydrocarbon Processing, Petrochemical Handboek, november-no. van oneven jaren, om een indruk te krijgen van utilities verbruik. (Tel er dan wel 10 tot 30% bij op, omdat hier de processen te koop worden aangeboden!).

Wantrouw oudere bronnen, omdat er de laatste jaren veel aan energiebesparing is gedaan.

Opbrengst Bijprodukten. De opbrengstprijzen van bijprodukten, vermenigvuldigd met de hoeveelheden. De opbrengstprijs zal meestal een interne verrekenprijs zijn, of anders een conservatief geschatte marktprijs.

TOTAAL VARIABEL geeft de jaarlijkse kosten en de kosten per ton produkt die alleen dan gemaakt worden als er daadwerkelijk geproduceerd wordt.

BEDIENING De loonkosten inclusief opslag voor sociale voorzieningen voor bedieningsvaklieden (operators) en hun toezichthouders, tesamen het shift-personeel vormend.

Hanteer Tabel III, overgenomen uit Kirk Othmer 8, 426, om het aantal operators te schatten.

TABEL III EQUIPMENT CONTROLLED BY ONE OPERATOR PER SHIFT

<u>Equipment Type</u>	<u>Large automated plants</u>	<u>Small batch plants</u>
Reaction	1 major reaction section	1-3 batch kettles
Purification	1 train (3-5 operations) of distillation or extraction equipment	1-2 batch stills or extractors
Compression	1 group of centrally located compressors	1-2 small, separated compressors
Filtration	3-6 continuous filters	2-3 batch filters
Tank farm and General	1-2 per major plant unit	1 per produkt

Bepaal het aantal operators per shift, neem per vier operators een wachtchef, en bepaal het aantal shifts.

(In verband met vakantie, ziekteverzuim, snipperdagen en training zijn voor volcontinu draaien in drieploegendienst vijf shifts nodig!). Vermenigvuldig het totale aantal shift-personeel met 1.6 x het modale loon om het totaal bedrag aan operationele arbeidskosten te verkrijgen dat bij Bediening wordt opgevoerd.

Onderhoud. Onderhoudsmateriaal en arbeid als norm op 5% van de TOTAAL DIRECTE INVESTERING stellen.

Bedrijfslaboratorium. Bedenk dat het bedrijfslab ook op onregelmatige tijden, in de weekeinden en 's nachts monsters moet nemen en analyseren. Neem in eerste benadering 15% van Bediening.

Staf- en hulpdiensten. Voornamelijk personeelskosten voor lokale directie en administratieve functies, procestechnologen, elektrotechnici, werktuigkundige, veiligheidsfunctionaris, enz. enz., echter alleen voorzover direct plant-gebonden. (Zie voor de overige kosten op ondernemingsniveau bij Beheers- Verkoop- en Speurwerkkosten.)

Schat de kosten van Staf- en hulpdiensten in eerste instantie op 50% van Bediening.

Grondhuur/Erfpacht. Bij gebrek aan gegevens: 0.5% van TOTAAL GEBONDEN KAPITAAL.

Eigendomsbelasting, verzekering 1% van TOTAAL GEBONDEN KAPITAAL.

TOTAAL VAST geeft de jaarlijkse kosten die gemaakt worden of er nu geproduceerd wordt of niet. Hoe lager de werkelijke produktie, hoe hoger de kosten per ton produkt, en omgekeerd.

In eerste aanleg kunnen de Vaste Kosten ook benaderd worden met 15% van de TOTAAL DIRECTE INVESTERING.

TOTAAL UITGAVEN VOOR PRODUKTIE Let hier op het woord UITGAVEN.

Vaste en variabele kosten zijn daadwerkelijke uitgaven.

Afschrijvingen zijn wel kosten, maar geen uitgaven.

AFSCHRIJVINGEN (= Compensatie voor waardevermindering van de installaties).

Bij de aanbevolen afschrijvingstermijn en -wijze:

10%	van de TOTAAL DIRECTE INVESTERING	+
5%	van de TOTAAL TOEGEREKENDE INVESTERING	+
0%	van de EENMALIGE INVESTERINGEN	+
0%	van het WERKKAPITAAL.	

Met de eenmalige investeringen wordt geen rekening gehouden omdat conventionele "Return on Investment" (= RoI) berekeningen steeds betrekking hebben op een normaal produktiejaar, waarin de kinderziekten achter de rug zijn.

Op het werkkapitaal wordt niet afgeschreven omdat het bij beëindiging van het project grotendeels wordt teruggewonnen.

KOSTEN AF PLANT is de som van UITGAVEN en AFSCHRIJVINGEN, beide voorzover direct plant-gebonden. Als de KOSTEN AF PLANT met de verkoop van het produkt goedge maakt worden zou de fabriek in theorie kunnen blijven draaien. In werkelijkheid zou hij echter snel ten onder gaan door het ontbreken van financiering (bankkredieten), strategie en planning, door verlies van marktaandeel en door technische veroudering.

Daarom nu nog een opslag voor:

Beheers-, Verkoop- en Speurwerkkosten

In eerste aanleg te stellen op 10% van TOTAAL PRODUKTIEKOSTEN.

Produktiekosten + winst (voor belasting) (Engels: Cost + Return).

In het TOTAAL PRODUKTIEKOSTEN zijn tot nu toe nu alle kosten verantwoord die gemaakt worden om het produkt te fabriceren, behalve de vergoeding voor het beschikbaar stellen (en riskeren!) van kapitaal.

Om een drijfveer tot investeren te krijgen is er nu nog een winstopslag nodig.

Als richtlijn kan de RoI op 25% worden gesteld. Dit percentage dient te worden verhoogd voor projecten met een groter risico, zoals innoverende produkten, of investeringen buiten de V.S. of de E.G.

RoI = Return on Investment = (Winst in een volwassen jaar, voor winst-belasting) / (Totaal Gebonden Kapitaal)

Omdat het Totaal Gebonden Kapitaal inmiddels bekend is, is nu via de jaarlijkse winstopslag ook de noodzakelijke winst per ton produkt te berekenen, en daarmee de minimum verkoopprijs, f.o.b.-fabriek.

N.B.1: Merk op dat in de verkoopprijs uiteraard de winst voor belasting waargemaakt moet worden.

N.B.2: Bedenk dat de uiteindelijke marktprijs van het produkt bepaald wordt door de vraag, en niet door de produktiekosten!.

ANNUAL OPERATING EXPENSE ITEMS
AND INFORMATION FOR THEIR ESTIMATION

Raw Materials	Consult current issue of Chemical Marketing Reporter (8) for rough estimate; secure quotes or consult commodity experts for lower contract prices.
Operating (Direct) Labor	The number of full-time operating personnel times average earnings of \$12-15,000/year ^a (includes shift differential and overtime).
Direct Supervision	10 to 25% of earnings of operating labor. Annual earnings of supervisors, \$18-24,000/yr. ^a
Maintenance	4 to 10% of total plant cost, I_P (supervision of maintenance is included in plant overhead).
Operating Supplies	6% of earnings of operating labor or 15% of maintenance expenses.
Labor Additives (fringe benefits)	25 to 50% of operating labor earnings; may also include maintenance labor earnings.
Utilities	Develop directly from energy balances plus an allowance for losses.
Plant Overhead	50 to 100% of direct operating and maintenance labor earnings, or 50% of direct operating and 25% of maintenance labor earnings, or 45-50% of operating labor earnings plus 1 to 5% of total plant cost, I_P .
Control Laboratory	\$40,000 to \$50,000 per analyst, ^a or 10 to 20% of operating labor earnings.
Technical and Engineering	\$40,000 to \$50,000 per man; ^a may be included in plant overhead.
Insurance and Property Taxes	1 to 2% of I_P .
Depreciation	Varies but common rate is 10% of I_P or total depreciable investment for 10 years.

^a1977 rates.

NOTE: See Appendix B for sources for the numerical values.

ANNUAL GENERAL EXPENSE ITEMS
AND FACTORS FOR THEIR ESTIMATION

Administration - 2 to 3% of sales or capital investment.

Sales - usually 2 to 6% of sales; but up to 30% for specialty items.

Research - 2 to 5% of sales or capital investment.

Finance - largely interest on bonds; often not considered in conceptual estimates.

NOTE: See Appendix B for sources for the factors.

Feasibility Evaluation

Expected values of both the capital investment and the annual expenses are necessary to judge the economic feasibility of a project. For a fair comparison between possible alternatives, the investment and at least the affected portion of the annual expenses (such as O&M) must be estimated. These cost data, plus the revenues (if expected), are used to calculate several measures of merit which represent the criteria for assessing economic feasibility.

For the calculation of several measures of merit, an understanding of the *cash flow* concept is required; viz., that the benefit (or burden) to the operating entity or portion thereof is the depreciation plus net profit (or minus net operating expense corrected for income taxes). (See Appendix C.)

Measures of Merit --

Several feasibility criteria are defined below. Details can be found in Appendix E.

Return on Investment -- Annual net profit divided by total capital investment (including land and working capital) gives return on original investment (ROI). This has been a widely used criterion for profitability.

Internal Rate of Return -- Internal rate of return (IROR; also known as Interest Rate of Return, Discounted Cash Flow Rate of Return, and Profitability Index) is a standard criterion. It is the discount rate which gives a value of zero for the sum of the present values of the cash flow, capital outlays, and end-of-life recoveries, occurring during the project lifetime. The procedure takes into account the timing of these cash effects and whether they are continuous over a

I N D E X

index en literatuur aanwezig in de sections

deel 1 kosten apparatuur

deel 2 kosten indices en factoren

deel 3 kosten voor gehele procesinstallatie,
kosten berekeningen en evaluaties

BIJLAGE 9

Literatuur Cost-Engineering deel 1

- W.M. Vataavuk Estimating costs of air pollution control systems
R.B. Neveril Part I : Parameters for sizing systems
Chemical Engineering, october 6, 1980 p. 165-168
- Estimating costs of air pollution control systems
Part II : Factors for estimating capital and operating costs
Chemical Engineering, november 3, 1980 p. 157-162
- Estimating costs of air pollution control systems
Part III : Estimating the size and cost of pollutant
capture hoods
Chemical Engineering, december 1, 1980 p. 111-115
- Estimating costs of air pollution control systems
Part IV : Estimating the size and cost of ductwork
Chemical Engineering, december 29, 1980 p. 71-73
- Estimating costs of air pollution control systems
Part V : Estimating the size and cost of gas conditioners
Chemical Engineering, januari 26, 1981 p. 127-132
- Estimating costs of air pollution control systems
Part VI : Estimating costs of dust removal and water
handling equipment
Chemical Engineering, march 23, 1981 p. 223-228
- Estimating costs of air pollution control systems
Part VII : Estimating costs of fans and accessories
Chemical Engineering, may 18, 1981 p. 171-177
- Estimating costs of air pollution control systems
Part VIII : Estimating costs of exhaust stacks
Chemical Engineering, june 15, 1981 p. 129-130
- Estimating costs of air pollution control systems
Part IX : Costs of electrostatic precipitators
Chemical Engineering, september 7, 1981 p. 139-140
- Estimating costs of air pollution control systems
Part X : Estimating the size and cost of venturi scrubbers
Chemical Engineering, november 30, 1981 p. 93-96
- Estimating costs of air pollution control systems
Part XI : Estimating the size and cost of baghouses
Chemical Engineering, march 22, 1982 p. 153-158.
- Estimating costs of air pollution control systems
Part XII : Estimating the size and cost of incinerators
Chemical Engineering, july 12, 1982 p. 129-132

Literatuur Cost-Engineering deel 1

- W.M. Vatevuk Estimating costs of air pollution control systems
R.B. Neveril XIII : Costs of gas absorbers
Chemical Engineering, october 4, 1982 p. 135-136.
- Estimating costs of air pollution control systems
Part XIV : Costs of carbon adsorbers
Chemical Engineering, januari 24, 1983 p. 131-132
- Estimating costs of air pollution control systems
Part XV : Costs of flares
Chemical Engineering, februari 21, 1983 p. 89-90
- Estimating costs of air pollution control systems
Part XVI : Cost of refrigeration systems
Chemical Engineering, may 16, 1982 p. 95-98
- Estimating costs of air pollution control systems
Part XVII Particle emissions control
Chemical Engineering, april 2, 1984 p. 97-99
- Estimating costs of air pollution control systems
Part XVIII : Gaseous Emission Control
Chemical Engineering, april 30, 1984 p. 95-98
- D.G. Erikson
V. Kalcevic Organic Chemical Manufacturing
J.J. Cudatry Volume 3 Storage, Fugitive and Secondary Sources
R.L. Staifer EPA-rapport PB 81-2205027
- J.W. Blackburn
H.S. Basekis Organic Chemical Manufacturing
J.A. Key Volume 4 Combustion Control Devices
V. Kacevic EPA-rapport PB 81-220535
- H.S. Basdekis
C.S. Parmele Organic Chemical Manufacturing
D.G. Erikson Volume 5 Adsorption, Condensation and Absorption Devices
R.L. Standifer EPA-rapport PB 81-220543
- Fugitive Emission Sources of Organic Compounds
Additional Information on Emissions, Emission Reduction
and Costs.
EPA-rapport PB 82-217126
- W.F.J.M. Engelhard Financiële gegevens van apparatuur ter beperking en
bestrijding van proces emissies van koolwaterstoffen
naar de lucht
MT-TNO-rapport juli 1984 ref.nr. 84-08470
- Seymour Calvert Handbook of Air Pollution Technology
Harold M. Englund Control Costs, W.M. Vatevuk Chapter 14 p.331-373
John Wiley & Sons 1984.

Literatuur Cost-Engineering deel 1

- G.A. Vogel
E.J. Martin Equipment sizes and integral-facility costs
Chemical Engineering September 5, 1983, p. 143-146
- Estimating costs of equipment and accessories
Chemical Engineering, October 17, 1983, p. 75-78
- Estimating capital costs of facility components
Chemical Engineering November 28, 1983, p. 87-90
- Estimating Operating Costs
Chemical Engineering Januari 9, 1984, p. 97-100
- WEBCI-prijzenboekje
11^{de} editie; december 1984 DACE
- E.Weber, H. Wiggers Staubabscheidung - insbesondere bei erhöhten Tempera-
P. Gillmann, R. Schulz turen und Drücken
H.G. Pape Emissionsverminderung bei Feuerungsanlagen SO₂-NO_x-Staub
VDI-Berichte 495
- A.P. van Dam Vliegassfilters voor kolengestookte installaties
H.M.J. de Winter Ontwerp, toepassing en kosten
PT/Procestechiek 39 (1984) nr. 6/7 p. 18-21
- Peter Davids Die Großfeuerungsanlagen Verordnung
Michael Lange Technischer Kommentar
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1984 p. 80-83
- Seymour Calvert Particulate Control Systems Costs p. 408-414
Harold M. Englund Handbook of Air Pollution Technology
John Wiley & Sons 1984
- H.G. Blecker Waste water equipment
H.S. Epstein
T.M. Nichols Chemical Engineering/Desk book issue/October 21,
1983, p. 115-121
- A. Pikulik Cost estimating for major process equipment
H.E. Diaz Chemical Engineering, October 10. 1977, p.106-122
- A.B. Corripio Estimate costs of heatexchangers and storage tanks
K.S. Chrien via corrolations
L.B. Evans Chemical Engineering, Januari 25, 1982 p.125-127
- A.B. Corripio Estimate costs of centrifugal pumps and
K.S. Chrien electric motors
L.B. Evans Chemical Engineering, Februari 22, 1982 p.115-118
- R.S. Hall Current costs of process equipment
J. Matley
K.J. McNaughton Chemical Engineering, April 5, 1982, p.81-116
- D.W. Culler Pipe-sizing economics
Chemical Engineering, May 28, 1984 p.113-116

Literatuur Cost-Engineering deel 1

- J.L. Ryans Energy management, retrofit, conservation:
Advantage of integrated vacuum pumping system
Chemical Engineering Processing, June, 1984, p. 59-62
- J.D. Kumana Cost update on specialty heat exchangers
Chemical Engineering, June 25, 1984 p. 169-172.
- VDI 2280 VDI-Richtlinien
Auswurfbegrenzung : Organische Verbindungen ins-
besondere Lösemittel.
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1977.
- Badger Kosten Hst. 7
Studieproject dampretoursystemen 1984.
- Dipl.Ing. B. Bilitewski Ansatz zum wirtschaftlichen Vergleich von mechani-
sierten Sortiervverfahren für Haushaltabfälle Teil 1,
1978. p.460-499
Materialrecycling aus Haushaltabfall (Abfallwirt-
schaft an der TU Berlin), herausgegeben von
Prof.Dipl.Ing. Bernhard Jäger und Prof.Dr.Ing.K.J. Thomé-
Kozienski
- A. Mulet
A.B. Carripio
L.B. Evans Estimate Costs of distillation and absorption towers
via corrolations
Chemical Engineering, December 28, 1981, p. 77-82.
- A. Mulet
A.B. Carripio
L.B. Evans Estimate costs of pressure vessels via corrolations
Chemical Engineering, October 5, 1981, p. 145-150.
- G.P. Purohit Costs of double-pipe and multitube heatexchangers part 1
Chemical Engineering, March 4, 1985 p.93-96.
- G.P. Purohit Costs of double-pipe and multitube heatexchangers part 2
Chemical Engineering, April 1, 1985 p.85-86.

Literatuur Cost-Engineering deel 2

- C.A. Miller Converting construction costs from one country to another.
Chemical Engineering, july 2, 1979 p. 89-93.
- A.V. Bridgwater International construction cost location factors
Chemical Engineering, november 5, 1979 p.119-121.

De onstuitbare opmars van de dollar, NRC 17-9-1984.
- Norman Boyd Cost and price indices
average hourly earnings and hourly labour costs
Engineering Costs and Production Economics, 6 (1982)
p.267-273
- Norman Boyd Cost and price indices
Engineering Costs and Production Economics, Vol. 5, no.4
December 1981 p. 252.
- Norman Boyd Cost and price indices
Engineering Costs and Production Economics, 7 (1984)
p. 249-255.
- Norman Boyd Costs and price indices
Engineering Costs and Production Economics 8 (1984)
p. 3-14.
- Norman Boyd Cost en price indices
Engineering Costs and Production Economics, 8 (1984)
p. 137-144.
- Norman Boyd Cost and price indices
Engineering Costs and Production Economics, 8 (1985)
p. 237-248.

Prijsindex voor chemische installaties en bedrijfs-
gebouwen in West Duitsland
Ned. Stichting voor kostentechniek DACE
T-7-10 p. 1-9 en T-7-11 p. 1-2.

Prijsverloop, uitgedrukt in indexcijfers 1970=100
Webci-prijzenboekje december 1982 10e druk p. 108-109
Webci-prijzenboekje december 1984 11e druk p. 106-107
- Jay Matley Sr. CE cost indexes set slower pace
Chemical Engineering April 29, 1985, p. 75-76.

Afvalwaterheffingen in de periode 1977-1985
Milieuhygiëne nr. 2 februari 1985.

Economic Indicators
Chemical Engineering
- J.E. Haselbarth Updated Investment Costs for 60 Types of chemical Plants-
Chemical Engineering, December 4, 1967 p. 214-215
- J. Matley C.E. Plant Cost Index-Revised
Chemical Engineering, April 19. 1982 p. 153-156.

Literatuur Cost-Engineering deel 3

- Dr.Ing. O. Engel Budgetpreisschätzungen für Aufbereitungsanlagen
Aufbereitungstechnik nr.3/1975, p.143-148
- J. Cran Charting routes to preliminary Cost Estimates
Improved factored method gives better preliminary
cost estimates.
Chemical Engineering, April 6, 1981 p. 64-79.
- A.V. Bridgewater Technological economics applied to waste recovery
and treatment process (capital cost estimation)
Effluent and Watertreatment Journal, July 1977, p.337-347.
- A.V. Bridgewater Technological economics applied to waste recovery
and treatment process (cost data and operating costs)
Effluent and Watertreatment Journal, September 1977,
p. 467-473.
- J.W. Blackburn Organic Emission Control Devices
Environmental Progress Vol.1, no.3 August 1982, p.182-189.
- F. Esmeyer
A. Ansems Investerings en verwerkingskosten van de "duobak"
scheidingsinstallatie
Notitie 61104/ESM MT-TNO/FCT, 19 juli 1983
- C. Nels Waste Management & Research
Volume 2 number 2 1984 p. 47-51.
- Seymour Calvert
Harold M. Englund Capital Costs for Iron and Steel Plant Environmental
Control Installations as Function of Production Unit
Capacity p. 554
Handbook of Air Pollution Technology, John Wiley & Sons, 1984.
- Seymour Calvert
Harold M. Englund Sulphur Dioxide Control Cost and Nitrogen Oxide Control Costs
Handbook of Air Pollution Technology p. 411-416
John Wiley & Sons, 1984.
- Bernd Bilitewski Economical considerations involved in the production of RDF
Recycling International ISBN 3-924511-05-5 p. 285-290
Editor: Karl J. Thomé-Kozmiensky
EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH 1984.
- N.E. Mascio Predict costs reliably via regression analysis
Chemical Engineering, Februari 12, 1979, p. 115-121
- E. Kasner Break-even analysis evaluates investment alternatives
Chemical Engineering, Februari 26, 1979, p.117-118
- J.L. Viola Jr. Estimate capital costs via a new, short cut method
Chemical Engineering, April 6, 1981 p. 80-86.

Literatuur Cost-Engineering deel 3

- B.A. Horwitz The mathematics of discounted cashflow analysis
Chemical Engineering, May 19, 1980, p.169-174.
- G. Cevidalli Evaluatie research projects rapidly
B. Zaidman Chemical Engineering, July 14, 1980 p. 145-152.
- M.B. Desai Preliminary Cost estimating of process plants
Chemical Engineering, July 27, 1981 p. 65-70.
- Ing. J.F. van der Horst Kosten en baten van energiebesparende projecten
en de inflatie
Verwarming en Ventilatie, juni 1977, no,6, p. 391-404.
- Ir. J.C.M. Hartmann Kapitaalkosten van, en rendement op een investering
PT-procestechniek 20-12-1974, p. 851-854.
- Ir. J.W.H. de Mol van Kapitaalslasten en inflatie
Otterloo H₂O (10) 1977, nr,2, p. 45-53.
- W.R. Hirschmann Continuous Discounting for Realistic Investment
J.R. Brauweiler Analysis.
Chemical Engineering, July 19, 1965, p. 210-214
- Dr. M.S.A. Vrijland Richtlijnen en vuistregels voor economische evaluatie
(toepassing bij vergelijking van alternatieven in de
chemische procesindustrie) THT-CT/IPP September 1982
(zie verder dictaat EACT dat medio 1983 verschijnt)
- A.G. Rubin Choose process units via present worth index
Chemical Engineering, October 15, 1984, p. 129-132.
- V.W. Uhl A Standard Procedure for Cost Analysis of Pollution
Control Operations
Volume 1 User Guide
June 1979, EPA-600/8-79-018a; PB 80-108038.
- V.W. Uhl A Standard Procedure for Cost Analysis of Pollution
Control Operations
Volume 2 Appendices
June 1979 EPA-600/8-79-0186; PB 80-108046.
- Dr. M.S.A. Vrijland Economische achtergronden van de chemische technologie
Prof.Dr.Ir.K.R. Wester- April 1984
terp Technische Hogeschool Twente afd. der Chemische Technologie
- Cost Engineers Handbook
Nederlandse Stichting voor kostentechniek
DACE
- R.H. Perry Perry Chemical Engineers Handbook Sixth edition
D. Green F.A. Holland, F.A. Watson, J.K. Wilkinson section 25
Process Economics
McGraw Hill Book Company.

Literatuur Cost-Engineering deel 3

- W. Burgert Kostenschätzungen mit Hilfe von Kostenstruktur-
analysen
Chemie-Ingenieur-Technik 51 (1979) nr.5 p.484-487.
- B. Groen Verbesserte Kostenschätzungen durch Anwendung von
K.D. Tan Mengen- und Mannstunden-verhältniszahlen
Chemie-Ingenieur-Technik 52 (1980) nr.11 p.880-880.
- P. Prinzing Investitions Schätzungen für Chemie-anlagen
R. Rödl Chemie-Ingenieur-Technik 57 (1985) nr.1 p.8-14
D. Aichert
- Prof.Ir.A.G. Montfoort Investerings ramen met een factormethode
PT/Procestechniek 40 (1985) nr.8 p.58-59.
- Aries, R.S., and Chemical Engineering Cost Estimation.
R.D. Newton McGraw-Hill Book Co., Inc. New York, NY.1955.263 pp.
- Woods, D.R. Financial Decision Making in the Process Industry.
Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ. 1975. 324 pp.
- Schweyer, H.C. Capital Ratios Analyzed.
Chem. Eng., 59(1): 164 (1952).
- Lynn L., and Use Capital Ratio, in Popper, H.
R.F. Howland Modern Cost Engineering Techniques, p.367, McGraw-Hill
Book Co., New York, NY. 1970.
- Kiddoo, G. Turnover Ratios Analyzed. Chem. Eng., 58(10):145
(1951).
- Chilton, C.H., and the Staff of Chemical Engineering.
Cost Engineering in the Process Industries.
McGraw-Hill Book Company, New York, NY. 1960. 475 pp.
- Popper, H., and the Staff of Chemical Engineering.
Modern Cost-Engineering Techniques. McGraw-Hill
Book Company, New York, NY. 1970, 538 pp.
- Bauman, H.C. Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical
Industry.
Reinhold Publishing Corp., New York, NY. 1964. 364 pp.
- Guthrie, K.M. Data and Techniques for Complete Capital Cost
Estimating. Chem. Eng., 76(6):114 (1969).
- Guthrie, K.M. Process Plant Estimating, Evaluation and Control.
Craftsman Book Company of America, Solana Beach,
CA. 1974. 606 pp.

Literatuur Cost-Engineering deel 3

- Kinkley, M.L., and
R.B. Neverill GARD, Inc. Capital and Operating Costs of Selected
Air Pollution Control Systems. EPA-450/3-76-041;
NTIS PB 281 273. Prepared for EPA, Office of Air
Quality, Planning and Standards. Research Triangle Park,
NC. May 1976. 208 pp.
- Baasel, W.D. Preliminary Chemical Engineering Plant Design.
Elsevier Publishing Co., Inc. New York, NY. 1976.
490 pp.
- Lang, H.J. Simplified Approach to Preliminary Cost Estimates.
Chem. Eng., 55(6):112 (1948).
- Chilton, C.H. Cost Data Correlated. Chem. Eng., 56(6):97 (1949).
- Guthrie, K.M. Costs in a Complete Guide to liquid Handling.
Chem. Eng., 76(8):210 (1969).
- Peters, M.S., and
K.D. Timmerhaus Plant Design and Economics for Chemical Engineers.
2e. McGraw-Hill Book Company, New York, NY. 1968, 850 pp.
- Kappel, J., and
D.G. Jordan Chemical Process Economics. 3e. Marcel Dekker,
Inc., New York, NY. 1975. 511 pp.
- Shore, D.,
J.J. O'Donnell, and
F.K. Chan, M.W. Kellogg Evaluation of R&D Investment Alternatives for SO_x
Air Pollution Control Processes. EPA-650/2-74-098;
NTIS PB 238 263. EPA, Industrial Environmental
Research Laboratory, Research Triangle Park, NC.
September 1974. 270 pp.
- Blecker, H.G. and
T.W. Cadman ICARUS Corporation. Capital and Operating Costs
of Pollution Control Equipment Modules - Vol. I -
User Guide. EPA-R5-73-023a; NTIS PB 227 804.
Prepared for Office of Research and Monitoring,
U.S. Environmental Protection Agency. Washington,
DC. July 1973. 255 pp.
- Blecker, H.G. and
T.M. Nichols ICARUS Corporation. Capital and Operating Costs
of Pollution Control Equipment Modules - Vol. II -
Data Manual. EPA-R5-73-023b; NTIS PB 224 536.
Prepared for Office of Research and Monitoring,
U.S. Environmental Protection Agency. Washington,
DC. July 1973. 183 pp.
- Van Note, R.H.,
P.V. Herbert,
R.M. Patel, C. Chupek,
and L. Feldman Bechtel, Inc. A Guide to the Selection of Cost-
Effective Waste-water Treatment Systems.
EPA-430/9-75-002; NTIS PB 244 417. Office of Water
Programs Operations, U.S. Environmental Protection
Agency, Washington, DC, July 1975.

Literatuur Cost-Engineering deel 3

Patterson, W.L., and
R.F. Banker

Black and Veach, Engineers. Estimating Costs and Manpower Requirements for Conventional Waste-water Treatment Facilities. EPA-17090-DAN; NTIS PB 211 132. September 1971. 250 pp.

Municipal Environmental
Research Laboratory

Areawide Assessment Procedures Manual. Vol III. Appendix H - Point Source Control Alternatives: Performance and Cost. EPA-600/9-76-014; NTIS PB 271-866. Waste water Research Division. HERL. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. July 1976.

Hensley, E.F.

The Unit Operation Approach.
A paper presented at the Annual Meeting of the American Association of Cost Engineers. 1967.

Zevnik, F.C., and
R.L. Buchanan

Generalized Correlations of Process Investment. Chem. Eng. Progress, 59(2):70 (1963).

McGlamery, G.G.,
R.L. Torstrick,
W.J. Broadfoot,
J.P. Simpson, L.J. Henson,
S.V. Tomlinson, and
J.F. Young.

Tennessee Valley Authority. Detailed Cost Estimates for Advanced Effluent Desulfurization Processes. EPA-600/2-75-006; NTIS PB 242 541. Prepared for EPA, Industrial Environmental Research Laboratory. Research Triangle Park, NC. January 1975. 417 pp

Pullman Kellogg Company

Evaluation of the Controllability of Power Plants Having a Significant Impact on Air Quality Standards. EPA-450/3-74-002; NTIS PB 229 706. Office of Air and Water Programs, OAQPS, U.S. Environmental Protection Agency. February 1974. 154 pp.

Ponder, T.C., Jr.L.V. Yerino,
V. Katari, Y. Shah, and
T.W. Devitt. PEDCo.

Simplified Procedures for Estimating Flue Gas Desulfurization System Costs. EPA-600/2-76-150; Prepared for EPA, Industrial Environmental Research Laboratory, Research Triangle Park, NV. June 1976. 208 pp.

Tabel 5 Plant construction cost indices

Index Title	Field of Application	referentie	Yr for Base	Growth rates, % yr. 67-72	
Engineering News Record-Building	Industrial buildings	Anon. EMR Building Construction Cost Index Histories. Eng. News-Record. March 22, 1973. p.79 (history in March issue each year).	1967 ^a	9.1	
Engineering News Rec.-Construction	General construction		1967 ^a	10.1	
Chemical Engineering-Plant Cost	Process plants	Arnols, T.H., and C.H. Chilton. New Index Shows Plant Cost Trends. Chem Eng. 70(4):143 (1963). Ricci, L.J. C.E. Cost Indexes Accelerate 10-Year Climb. Chem. Eng. 82(9):117 (1975)	1957-1959	4.7 ^b 9.0 ^b	(Chemical Engineering)
Nelson Refinery	Petroleum refineries and petrochemical plants	Nelson, W.L. Where to Find Yearly Indices. Oil Gas J. 63(27):117117 (1965).	1946	9.3	(Oil and Gas Journal)
Marshall and Swift ^c -Process Industry Equipm't	Process plants	Stevens, R.W. Equipment Cost Indexes for Process Industries. Chem. Eng. 54(11):124 (1947)	1926	5.0	(Chemical Engineering)
Sewage Treatment Plant Contruction Cost	Sewage treatment plants	U.S. Environmental Protection Agency. Construction Cost Indices - 1st Quarter Final (CY-1977). Mini-part Construction Division. Office of Water Program Operations. Washington, DC. Anon. EPA Creates New Sewer and Plant Indexes. Eng. News-Record, June 19, 1975. p.73	1957-1959	7.6 ^b 9.5 ^b	
Preisindizes für Chemieanlage	Chemical Industry	Schulze, modernisierte Preisindex für Chemieanlagen Chemie Industrie XXXII, Oktober 1980			(Chemische Industrie)
Erected Costs of Process Plants and Individual Indices used		The Cost Engineer The Association of Cost Engineers London			(The Cost Engineer)
Indexreeksen voor de verschillende kostenonderdelen en de samengestelde indexreeks voor chemische fabrieken in Nederland		Cost Engineers Handbook DACE	1975		

^aEngineering News Record Indices set base earlier at 100 in 1913, 1926, and 1949.

^bFor 1972-77.

^cFormerly Marshall and Stevens.

NIET AFDRUKKEN.