

# De oorsprong en de ontwikkeling van het begroten

1.	Inleiding	G1010- 3
2.	Ontwikkelingen in de doelstellingen van het begroten	G1010- 5
3.	Principiële verschillen tussen begrotings-technieken	G1010- 8
4.	Factorraming	G1010-10
5.	Computertoepassingen	G1010-17
6.	Utiliteitsbouw	G1010-17
7.	Literatuur	G1010-18



## **1. Inleiding**

Begroten is in wezen het waarderen van gegevens die in principe worden verkregen via onze zintuigen.

Dit proces is in de loop der tijden tot een hoge graad van ontwikkeling gekomen.

Dat thans bij het begroten van kosten die waardering wordt uitgedrukt in geld, is weliswaar van eminent belang en onvermijdelijk, doch voor de gegeven definitie niet essentieel.

Typerend hiervoor is het feit dat de cost engineer in deze tijd steeds meer overgaat tot de toepassing van zogenaamde kwantitatieve begrotingstechnieken.

Merkwaardig genoeg is dit verschijnsel eigenlijk een stap terug in de ontwikkeling. De oorzaken daarvan zijn het onregelmatige inflatietempo, het feit dat deze methode aanpassing aan projectgebonden omstandigheden en actuele prijzen mogelijk maakt en vooral het feit dat met de kwantitatieve methode al in een vroeg stadium een inzicht wordt verkregen in de benodigde hoeveelheden materiaal en arbeidsuren.

Onze prehistorische voorvaders moesten al „begroten” om te kunnen voorzien in de dagelijkse levensbehoeften in natura voor zichzelf en de hunnen, bijvoorbeeld door middel van de jacht. Immers om vlees en vis te kunnen bemachtigen met behulp van een speer of met pijl en boog, moest de afstand tot en de snelheid van het dier door waarneming met de zintuigen worden „begroot”.

In die omstandigheden was dit „begroten” vrijwel uitsluitend een kwestie van instinct, alhoewel deze vaardigheid tijdens de kinderjaren en door ervaring opgedaan, op latere leeftijd verder werd ontwikkeld.

Het andere kenmerk van deze oervorm van begroten lag in het feit dat de waarneming en de daarop volgende actie vrijwel altijd door een en dezelfde persoon werden verricht.

Overigens doet deze situatie zich heden ten dage in het dagelijks leven nog veelvuldig voor, onder andere bij de sport.

Het ontstaan van maatschappelijke samenlevingsvormen ging gepaard met het op gang komen van het handeldrijven en de opkomst van het ambacht als middel van bestaan en daarmee ontstond de behoefte aan geld als ruilmiddel en aan meet- en waarderingstelsels. Bij de verdere ontwikkelingen werd geld niet meer uitsluitend gebruikt als ruilmiddel en waarde-eenheid. Het kreeg daarnaast nog een ander economisch doel, namelijk kapitaalvorming.

Accumulatie van geld in de vorm van kapitaal werd noodzakelijk door de ontwikkeling van de handel en ook wanneer een ambacht

#### **G1010-4** De oorsprong en de ontwikkeling van het begroten

niet meer uitsluitend op bestelling werd uitgeoefend maar met voorraadvorming en/of verkoop en gros gepaard ging.

Verder was kapitaal nodig in omstandigheden waarin vormen van ambachtelijke industrie ontstonden, zoals bijvoorbeeld in scheepsbouw, zeepfabricage, lakenindustrie, bierbrouwerijen, etc.

Het ontstaan van boekhouden en van de berekening van kostprijzen ging hand in hand met deze ontwikkeling.

Met het ontstaan van het berekenen van kostprijzen was het begroten niet langer uitsluitend een instinct, maar werd het met toepassing van maat- en eenhedenstelsels ook een bewust gevolgde methode. Hoewel aanvankelijk, en zeker in vergelijking met de huidige tijd, deze kostprijsberekeningen eenvoudig van opzet en weinig omvangrijk zullen zijn geweest, waren de daarbij gevolgde methoden evenals nu in een tweetal typen te onderscheiden, namelijk:

- De exacte calculatiemethode, waarbij alle gegevens, zoals de hoeveelheid benodigde grondstoffen, berekend waren (bijvoorbeeld bij de zeepfabricage, de lakenindustrie, bierbrouwerijen, etc.) mede omdat de produkten daarvan per bedrijf of zelfs per bedrijfstak weinig of geen verscheidenheid vertoonden.
- Een soort factormethode, die met name in de scheepsbouw werd toegepast.

Bekend is dat scheepsbouw voor een aanzienlijk deel „op het oog” plaats vond en dat daaraan weinig of geen werktekeningen te pas kwamen.

Derhalve was de enige methode om de kostprijs vooraf te begroten, de toepassing van een soort factorraming op basis van type, afmetingen en/of tonnage, afmetingen van het beschikbare materiaal, etc.

De complexiteit en de omvang van moderne investeringsprojecten hebben geleid tot de ontwikkeling van meer geavanceerde begrotingstechnieken. Een bijkomstigheid daarbij is het feit dat deze technieken, evenals vele andere, een creatief element bevatten. Zo is technisch tekenen (construeren) een technisch beroep dat een zekere mate van creativiteit niet kan ontberen.

Analoog daaraan dient de moderne cost engineer de resultaten, zelfs van de meest moderne begrotingstechnieken, veelal bij te stellen. Dat is nodig omdat deze begrotingstechnieken zijn gebaseerd op een aantal uitgangspunten: standaardproject, standaardapparatuur, standaardfactoren, etc. Daarbij slaat „standaard” op een gemiddelde samenstelling per soort project, reeks capaciteiten per soort apparaat, etc., welke vrijwel altijd op een aantal onderdelen zullen afwijken van het te begroten object.

Daarnaast is het voor de cost engineer steeds de vraag of de informatie welke hij voor het maken van zijn begroting heeft ontvangen wel juist en volledig is.

De benodigde aanpassing vergt derhalve een aanzienlijke mate van vakbekwaamheid, stoelend op kennis en ervaring.

Bovendien is in hoge mate een soort instinct vereist voor het opsporen van afwijkingen en onjuiste of onvolledige informatie.

Dit laatste zou het best kunnen worden omschreven met: „een begroter moet een gezonde achterdocht koesteren ten aanzien van de juistheid en de volledigheid van de hem verstrekte gegevens, ook al komen die via rekenschema's uit de computer”.

Samenvattend kan worden gesteld dat het begroten een de mens aangeboren instinct is en dat daarnaast, onder invloed van de maatschappelijke ontwikkelingen, voor specifieke doeleinden, op wetenschappelijk verantwoorde wijze, geavanceerde technieken zijn ontwikkeld.

## **2. Ontwikkelingen in de doelstelling van het begroten**

2.1. In het algemeen wordt het maken van begrotingen van projecten als een vanzelfsprekende noodzaak beschouwd.

Dat „vanzelfsprekend” blijkt bij nadere beschouwing een gevolg te zijn van de ontwikkelingen in de doelstelling van het begroten.

Voor onze voorvaders had begroten bij de bouw van piramides, tempels, amphitheaters, romaanse kerken, e.d. geen ander doel dan de benodigde hoeveelheid materiaal, welke vaak over grote afstand moest worden aangevoerd, te bepalen.

De beschikbare arbeid was een gegeven en bepaalde in feite het bouwtempo. De realisatie vergde vaak tientallen jaren. Bij deze projecten valt als bijzonderheid op dat de geldgevers, vrijwel altijd de burgers, ook de bouwers en dikwijls de uiteindelijke gebruikers waren.

Immers alle „partijen” behoorden tot dezelfde parochie, dorpsgemeenschap, en dergelijke. In de tegenwoordige tijd ligt de situatie bij de uitvoering van projecten geheel anders. De geldverschaffers (banken, aandeelhouders, etc.) zijn veelal instituten op zichzelf, met uitsluitend financiële belangen bij de resultaten van hun beleggingen. Naast de noodzaak tot het begroten van in projecten te investeren bedragen, bestaat ook de noodzaak tot het begroten van de exploitatiekosten.

## **G1010-6** De oorsprong en de ontwikkeling van het begroten

2.2. In het kader van het huidige begrip „cost engineering” is begroten: het waarden van gegevens uitgedrukt in geldbedragen. We spreken dan van „kosten”. Dit begrip „kosten” heeft twee belangrijke aspecten, te weten:

2.2.1. Welk bedrag aan geld is met een investering gemoeid.

2.2.2. Voor welk ander, gelijkwaardig of „beter” doel kan dit bedrag worden aangewend.

In het geval 2.2.2 is er dus een keuzemogelijkheid en zal bijvoorbeeld worden overwogen om mogelijkheid 2.2.1 te laten vervallen en mogelijkheid 2.2.2 uit te voeren.

Het offer dat in dat geval wordt gebracht om de tweede mogelijkheid te verwezenlijken, is het afzien van van de eerste mogelijkheid. Hoewel er dus een verschil is tussen kosten en offers, is dit verschil voor de begroter van geen of weinig belang.

Naast de kosten voor grondstoffen, arbeid, energie, de afschrijvingen, etc., is de begroting van het te investeren kapitaal een belangrijk gegeven voor de berekening van het verwachte rendement van een investeringsproject.

De uitkomst daarvan is niet alleen van beslissend belang voor de vraag of het project vatbaar is voor realisatie, maar ook in geval van een keuzemogelijkheid tussen verschillende projecten.

In het laatste geval zal in het algemeen de voorkeur (of voorrang) gegeven worden aan het project met de kortste terugverdienperiode en/of het hoogste rendement.

Het zal daarbij duidelijk zijn dat hogere jaarlijkse afschrijvingen de terugverdienperiode verkorten, doch het jaarlijkse rendement verlagen.

Als gevolg van dit dilemma zijn er globaal slechts twee mogelijkheden, en wel:

- a. men stelt het vereiste rendement vast en berekent de terugverdienperiode; óf
- b. men stelt de terugverdienperiode vast; bijvoorbeeld gelijk aan de technische economische levensduur óf, als dat korter is, gelijk aan de periode gedurende welke men verwacht dat markttechnisch gezien voldoende vraag zal blijven bestaan naar de voort te brengen produkten.

Toch kan zich ook het feit voordoen dat de voorkeur (of voorrang) gegeven wordt aan een mogelijk project met een lager rendement en/of langere terugverdienperiode, omdat andere aspecten daartoe

aanleiding geven. Het kan namelijk voorkomen dat het nieuwe produkt (of produktiefase) als aanvulling op bestaande produkten, de concurrentiepositie van het bedrijf aanmerkelijk verbetert, waardoor het overall-rendement toch aanvaardbaar is of zelfs verbetert. Ook kunnen bepaalde overheidsvoorschriften (onder andere milieueisen) tot de keuze leiden.

Daarnaast kan de hoogte van het te investeren bedrag of van een onderdeel van de begroting, aanleiding zijn tot een nadere kritische beschouwing van de uitgangspunten, bijvoorbeeld het programma van eisen en/of technische dan wel technologische aspecten van het geheel of van dat onderdeel. Zulk een nader onderzoek kan leiden tot een aanvaardbaar resultaat of van invloed zijn bij bepaling van de keuze.

Bij een dergelijk onderzoek wordt uiteraard ook aandacht geschonken aan onderhouds- en arbeidskosten, kosten voor energie, grondstoffen, etc., alsmede aan het technisch rendement.

Daarbij kan het voorkomen dat de nadere studie zelfs leidt tot een hoger te investeren bedrag doch met een beter rendement.

Hiermede is wel aangetoond dat het begroten een noodzaak is en dat dit, met inachtneming van de kwaliteit en kwantiteit van de technische en technologische gegevens, zo nauwkeurig mogelijk dient te geschieden.

Over de verschillen tussen de begrippen „ramingen”, „begrotingen”, „voor- en nacalculaties” bestaat nog al wat verwarring. Toch hangen deze begrippen zeer nauw samen.

Zij zijn onmisbare elementen in een doeltreffende technisch-administratieve projectorganisatie.

Dit geldt in het bijzonder bij het ontwerp en de realisatie van grote technische projecten, waar het uit de hand lopen van de kosten ten aanzien van de begroting catastrofale gevolgen kan hebben voor het berekende rendement.

Adequate kostenbewaking gedurende de loop van een project is daarom van groot belang.

Van adequate kostenbewaking is géén sprake wanneer deze uitsluitend de registratie van gemaakte kosten of van bestellingen inhoudt, zelfs niet als de bedragen overeenkomen met die van de desbetreffende begrotingspost(en).

Steeds zal moeten worden overwogen of een voorgenomen aanschaffing wel noodzakelijk is, of de gevraagde prijs en de te leveren kwaliteit wel juist zijn, of het gewenst is juist dán en niet op een ander tijdstip de resulterende verplichting aan te gaan, etc.

Dat in het laatste geval een tijdig beschikbaar zijn van de benodigde goederen en/of diensten van groot belang is spreekt vanzelf, doch

## **G1010-8** De oorsprong en de ontwikkeling van het begroten

eveneens moet aandacht geschonken worden aan het prijsverloop op de markt en aan mogelijke renteverliezen.

Dit, te zamen met het vergelijken met de begrootte kosten, het rapporteren en het effectueren van eventueel vereiste correctieve maatregelen, met als sluitstuk de registratie, scheidt de mogelijkheid van een adequate kostenbewaking.

2.3. Zoals vermeld heeft het begroten als direct doel het vaststellen van het te investeren bedrag alsmede van de te verwachten rentabiliteit, waarbij ook de te verwachten exploitatiekosten een rol spelen. Daarnaast bestaat er echter nog een tweede directe doelstelling, namelijk het vaststellen van de benodigde materialen en manuren, uitgedrukt in geldsbedragen en in hoeveelheden.

Bovendien zijn er nog enkele bijkomende doelstellingen te vermelden, zoals:

- De financiële planning.

Investeringsen worden door de administratiesector in vele gevallen opgenomen in een meerjarenplan. Doel hiervan is om de uitgaven in harmonie te brengen met de beschikbare financiële middelen. Dit geldt zowel voor de opdrachtgever als voor de aannemer.

Prioriteiten worden door het management gesteld en zijn mede afhankelijk van het tijdstip waarop de benodigde kennis ter beschikking zal zijn. Wat dit laatste betreft speelt ook de capaciteit van de technische sector een rol.

Die rol is bescheiden, omdat de capaciteit van de technische sector veelal elastisch is doordat, indien dit mogelijk is, werk kan worden uitbested.

- De tijdplanning ten behoeve van het ontwerp, de bestellingen en de bouwtijd.
- De kostenbewaking.
- De terugkoppeling van kostengegevens ten behoeve van toekomstige projecten.
- De activering van de bestede bedragen.

Dit alles geldt niet alleen voor de particuliere sector doch in principe ook voor de overheid.

### **3. Principiële verschillen tussen begrotingstechnieken**

Zoals in de inleiding reeds summier is aangegeven, bestaan er (naast het instinctmatig begroten) twee principiële verschillende vormen van begrotingstechnieken, namelijk:



3.1. De meest elementaire vorm, waarbij elk onderdeel wordt vastgelegd met verregaand gedetailleerde tekeningen en/of beschrijvingen, aan de hand waarvan het benodigde materiaal en de benodigde bewerkingsuren nauwkeurig kunnen worden bepaald.

Daarbij wordt gebruik gemaakt van de resultaten van arbeidsanalyse, ergonomie, etc. Deze methode staat bekend als „calculatie” en is van nature een zeer nauwkeurige methode.

In geheel zuivere vorm wordt deze methode echter niet of hoogst zelden toegepast omdat bijvoorbeeld het omzetten van produktieve uren in bruto-uren en het omzetten van uren in loonkosten meestal geschiedt op basis van gemiddelden voor een reeks van bewerkingen die zowel vaste als variabele elementen bevatten.

In de projectenindustrie wordt dit soort begrotingen onder andere door onderaannemers en fabrikanten van apparatuur gebruikt. Overigens is de bij projecten in de procesindustrie toegepaste gedetailleerde begroting (Detailed or Control Estimate) een grove vorm van calculatie.

Omdat dit type begrotingen zoveel details vereist, vergt het veel tijd en dus geld en dat is de oorzaak van het feit dat deze methode in de procesindustrie behalve voor de reeds genoemde doeleinden grotendeels vervangen is door de hierna te behandelen tweede methode.

### 3.2. *De tweede vorm wordt „factorbegroting” genoemd*

Vermeld dient te worden dat in de context van dit artikel onder een factor wordt verstaan een vermenigvuldigingsfactor óf een exponent, door middel waarvan een bepaald gegeven wordt aangepast aan de actuele omstandigheden of waarmee de totale kosten van een project of van een gedeelte daarvan worden bepaald.

Aangezien dergelijke factoren altijd worden verkregen uit historische gegevens en dus in mindere of meerdere mate verouderd zijn en bovendien zelden of nooit op absoluut gelijke omstandigheden van toepassing zijn, kunnen deze factoren slechts worden beschouwd als benaderingen, zij het met een meestal heel redelijke mate van (de vereiste) nauwkeurigheid.

Daardoor is het resultaat van een factorbegroting minder nauwkeurig dan een calculatie op grond van actuele, uitgebreide en gedetailleerde gegevens, of van een gedetailleerde (eind)begroting.

Het kenmerkende van deze methode, waarop in paragraaf 4 nader wordt ingegaan, is het feit dat indien slechts over een beperkt aantal gegevens wordt beschikt, daaruit door toepassing van één of meerdere factoren het te investeren bedrag kan worden geraamd.

Deze factoren worden (zijn), zoals eerder vermeld, afgeleid uit historische gegevens, dus uit nacalculaties, door middel van projectanalyse.

#### **4. Factorraming**

De beschouwingen over dit onderwerp zullen worden beperkt tot projecten in de procesindustrie.

##### *4.1. Het nut van de factorramingsmethode*

De factorraming ontleent haar nut aan een drietal feiten, en wel:

- a. De methode vergt aanzienlijk minder tijd en dus kosten, dan het maken van gedetailleerde begrotingen op calculatiebasis.
- b. In het voorafgaande is gesteld dat zowel de geldverschaffer als de ondernemer steeds voor de keuze staat óf een en zo ja welk project verder ontwikkeld c.q. zal worden uitgevoerd.  
Dit houdt in dat de benodigde gegevens voor het maken van deze keuze beschikbaar moeten zijn.  
Dit heeft tot gevolg dat er aanzienlijk meer gegevens over mogelijke plannen verstrekt zouden moeten worden dan uiteindelijk zullen worden gebruikt voor het project dat werkelijk het stadium van uitvoering zal halen.  
Zouden alle benodigde gegevens langs calculatorische weg ter beschikking moeten komen, dan zou dat zeer veel tijd en geld kosten. Niet alleen ontbreekt daarvoor in dat stadium de tijd, maar bovendien zijn kosten gependeed aan projecten die niet worden uitgevoerd verloren geld.
- c. De factormethode leent zich in vele gevallen uitstekend voor een snelle en ook vrij goedkope vergelijking van de kosten van alternatieve mogelijkheden in het procesontwerp.

Daarbij komt nog dat met de factormethode resultaten kunnen worden behaald met een voldoende graad van nauwkeurigheid, zeker voor de onder b en c genoemde toepassing, en dat bovendien met de gedetailleerde en meer moderne methodes een graad van nauwkeurigheid te bereiken valt die de nauwkeurigheid van een gedetailleerde of budgetbegroting benadert.

Dat er desondanks toch nog gedetailleerde of budgetbegrotingen gemaakt (moeten) worden komt omdat deze begroting te zamen met het programma van eisen, stroomschema's, procesbeschrijving, constructietekeningen, specificaties, etc. een vrijwel volkomen gedetailleerde en uitputtende omschrijving geven van hetgeen moet worden gerealiseerd. Zij vormen daardoor de basis voor „contracting” en „subcontracting”, voor kostenrapportage en kostenbewaking, en terugkoppeling van kostengegevens ten behoeve van toekomstige projecten.

Een bijkomend voordeel is dat de posten van een goede factorra-

mingsmethode zich bij het gebruik van een juiste kostencode goed laten vergelijken met de sub-totalen van de gedetailleerde begroting.

*4.2. Het type toe te passen factorramingsmethode is afhankelijk van de projectfase*

Wij zullen ons hier tot slechts enkele systemen beperken, in casu tot voorbeelden die illustratief zijn voor het doel.

Het voordeel van factorraming ten opzichte van gedetailleerde begrotingen, namelijk winst in tijd en kosten, is reeds vermeld. Daar dient echter aan te worden toegevoegd dat naarmate de methode simpeler is (en dus minder tijd en kosten vergt) de kans op aanzienlijke onnauwkeurigheid van het resultaat zal toenemen.

Een simpele methode is in deze context uiteraard een methode waarvoor een minimum aan gegevens beschikbaar moet zijn. Dit sluit aan bij het feit dat in het prille ontwikkelingsstadium van een mogelijk project ook weinig gegevens beschikbaar zijn.

*4.2.1.* In het meest vroege stadium, namelijk de onderzoekfase, gaat het om zeer globale kostprijsberekeningen ten behoeve van de marktverkenning voor het te vervaardigen produkt.

De voor de berekeningen beschikbare gegevens zijn uiterst beperkt terwijl uit de te verwachten omzet in geld of hoeveelheden slechts een indicatie van de kosten wordt verkregen.

De toe te passen factoren zijn afhankelijk van het soort produkt en de capaciteit van de installatie en worden ontleend aan eigen ervaring en/of aan de vakliteratuur.

*4.2.2.* In het daarop volgende stadium zijn al wat meer gegevens beschikbaar, zoals een summier functioneel stroomschema en de eerste indicatieve resultaten van de marktverkenning.

In deze fase gaat het erom een inzicht te verkrijgen in de te verwachten rendementen bij verschillende capaciteiten.

Een voorbeeld van een hierbij toe te passen methode is de zogenaamde functionele eenhedenmethode, beschreven door Zevnik and Buchanan voor vloeistofprocessen. Een voorbeeld van een functionele eenheid is bijvoorbeeld een destillatiekolom met bijbehorende apparatuur, zoals pompen, warmtewisselaars, instrumenten, etc. Bij deze methode wordt het aantal functionele eenheden in het proces bepaald en vindt de kostenbepaling plaats op basis van de uit historische gegevens berekende kosten van een gemiddelde functionele eenheid (of anders gezegd van een functionele eenheid van gemiddelde samenstelling), uitgevoerd in koolstofstaal en bij verschillende capaciteiten. Bovendien worden correcties aangebracht voor temperatuur, druk en materiaalsoort.

## **G1010-12** De oorsprong en de ontwikkeling van het begroten

De onnauwkeurigheid ligt in de orde van circa 40% en lager. Het voordeel van deze methode, vooral in de moderne versie daarvan, is dat met slechts enkele gegevens een indicatie kan worden verkregen van de rendementen bij verschillende capaciteiten.

4.2.3. Door de bouw, in de afgelopen decennia, van relatief grote aantallen produktie-installaties voor sommige traditionele chemische en in bulk vervaardigde basisprodukten (ammoniak, oplosmiddelen, etc.) is een dusdanige hoeveelheid kosteninformatie verkregen dat men zich op grond van de te creëren produktiecapaciteit met een voldoende mate van nauwkeurigheid een beeld kan verschaffen van de benodigde investering, in vele gevallen met inbegrip van de specifieke kostenaspecten van de te kiezen planlocatie en de eventueel verschuldigde licentierechten.

„Voldoende mate van nauwkeurigheid” betekent in dit geval „voldoende nauwkeurig” voor de fase waarin het plan op dat moment verkeert.

De eerste kosten, namelijk die voor een bescheiden marktverkenning en voor de bepaling van één of meer mogelijke produktiecapaciteit(en) en de daarbij behorende investeringen, zijn dan reeds gemaakt. De uitslag van deze onderzoeken kan aanleiding geven tot een volgende stap, die gewoonlijk gezien wordt als de eerste fase van een project.

4.2.4. Zodra de projectfase is bereikt waarbij de benodigde apparatuur volledig is gespecificeerd, kunnen een aantal factorramingsmethoden worden toegepast die in principe alle uitgaan van de kosten van de apparatuur, de gemiddelde apparatuurkosten per stuk of de kosten per apparaat. De meest illustratieve voorbeelden van zulke methoden zijn die van Lang, Hand, Miller en Guthrie.

Ook hier geldt dat naarmate de methode eenvoudiger is, de onnauwkeurigheid zal toenemen. De methoden van Lang en Hand zijn eenvoudiger dan die van Miller en Guthrie.

### *4.3. Nadelen van de in paragraaf 4.2.4 beschreven methoden*

Het meest in het oog springende nadeel is dat alvorens de kosten van de apparatuur kunnen worden bepaald eerst de benodigde apparatuurgegevens beschikbaar moeten zijn.

Het bepalen van die kosten geschiedt op grond van actuele offertes, hetgeen veel tijd vergt, dan wel op basis van beschikbare historische prijsgegevens van vorige projecten. Dit laatste brengt met zich mede dat correcties nodig zijn voor het actuele prijspeil, de materiaalsoort en bijvoorbeeld de capaciteit.

Deze drie correcties zijn in wezen benaderingen. Voor capaciteitsaanpassing wordt meestal de zogenaamde „six-tenth rule” toegepast. In werkelijkheid is dit een gemiddelde factor die voor apparaten uiteenloopt van 0,4 tot 0,9 en bij installaties van 0,36 tot 0,83.

Uit de literatuur zijn veel voorbeelden bekend voor het bepalen van de kosten van een apparaat, waarbij meestal wordt uitgegaan van uitvoering in koolstofstaal en de kosten voor diverse capaciteiten in grafische vorm worden weergegeven. Daarnaast worden dan correctiefactoren gegeven voor materiaalsoort, druk en temperatuur.

Zolang (tot circa 1970) de stijging van de inflatie laag tot gematigd was (circa 4% per jaar) en de loon- en materiaalkosten geen grote afwijkingen te zien gaven, was het up-daten van historische prijsgegevens door indexering zeer goed mogelijk en verantwoord. De ontwikkelingen na 1970 met een hoge en wisselende inflatie, gepaard gaande met onderling afwijkende ontwikkelingen in de loon- en in de materiaalkosten, hebben het up-daten van prijzen tot een hachelijke zaak gemaakt. Het negatieve effect hiervan wordt nog versterkt doordat de hieruit voortkomende afwijkingen versterkt doorwerken in de eindprijs als een natuurlijk gevolg van het feit dat de factorraming gebaseerd is op de apparatuurprijzen.

Een ander nadeel is dat de gepubliceerde gegevens (en meestal ook die uit eigen bron) gemiddelden van een kleiner of groter aantal waarnemingen zijn. Door het ontbreken van specificaties, afwijkende capaciteiten, niet vermelding van materiaalsoorten, etc. is het moeilijk zo niet onmogelijk de op deze wijze verkregen gegevens in overeenstemming te brengen met de actualiteit zoals die is bij het begroten van een project. De methoden van Guthrie en Miller lenen zich, verhoudingsgewijs, daarvoor nog het beste omdat ze in vrij hoge mate gedetailleerd zijn.

Aan genoemde bedenkingen zou in aanzienlijke mate tegemoet gekomen kunnen worden als de gepubliceerde c.q. de ter beschikking staande gegevens van apparatuur en factoren niet uitsluitend vastgelegd waren in geldsbedragen maar ook in capaciteit, hoeveelheden materiaal (per soort) en loon (per soort).

Zo'n methode wordt gewoonlijk aangeduid als „kwantitatieve factorraming”.

#### *4.4. Kwantitatieve factorraming*

Bij deze methode moet onderscheid worden gemaakt tussen twee toepassingen, namelijk die voor bepaling van de kosten van apparaten en die voor het bepalen van factoren waarmee, uitgaande van de waarde, het gewicht of de capaciteit van de apparaten, de overige kosten worden bepaald.

#### *4.5. De kwantitatieve factorramingsmethoden*

Waarschijnlijk is deze methode voor het eerst beschreven door Groen en Tan in hun artikel „Improved factor estimating with quantity and manhour ratios”.

Bij deze methode worden de benodigde hoeveelheid pijpmateriaal, het aantal regelkringen, de hoeveelheid beton voor de fundaties, de benodigde manuren voor het installeren van pijpen etc. afgeleid uit het gemiddelde gewicht per apparaat, of uit het aantal apparaten, dan wel uit het gemiddelde vermogen in kW per gebruiker, enz. Deze methode, welke empirisch is ontwikkeld, is ongetwijfeld een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de traditionele methode, omdat hoeveelheden relatief gezien veel minder aan wijzigingen onderhevig zijn dan prijzen.

Aan de methode kleven echter een aantal nadelen, en wel:

- a. Er wordt in hoge mate gewerkt met verhoudingen (ratio's), vastgesteld op basis van bijvoorbeeld het gemiddelde gewicht per apparaat, de gemiddelde pijpdiameters, etc. Daarbij wordt niet aangetoond dat deze ratio's inderdaad representatief zijn. Het is vrijwel zeker dat bij een geheel andere samenstelling van de apparatuur doch met eenzelfde aantal apparaten en eenzelfde totaal gewicht, van andere verhoudingen zou moeten worden uitgegaan. In het artikel wordt wel onderscheid gemaakt tussen verhoudingen voor raffinaderijen en voor chemische fabrieken. Chemische fabrieken is echter een omvangrijk gebied en reikt van geneesmiddelen en cosmetica tot kunststoffen voor isolatiedoel-einden.
- b. Deze methode leent zich slecht voor raming van kosten voor alternatieve oplossingen in het project en voor raming van kosten van tussenstappen (eenheden) in het proces.

Geconstateerd moet echter worden dat het merendeel van de bezwaren in bepaalde omstandigheden van weinig belang behoeft te zijn, bijvoorbeeld als aan de hand van eigen ervaring en gegevens een dergelijk systeem wordt ontworpen voor een type fabriek dat voor de gebruiker relevant is.

Een tweede methode is vermeld in het artikel „Kwantitatieve Factorraming” van Van Bijlert en Van Dijke.

Bij deze methode wordt ervan uitgegaan dat apparaten zodanig ten opzichte van elkaar worden opgesteld als vanuit eisen van veiligheid, bediening, reparatie, enz. gewenst is en in het algemeen wordt toegepast. Met andere woorden, dat de apparaten, afhankelijk van

hun afmetingen, volgens vrijwel vaste coördinaten ten opzichte van elkaar worden opgesteld.

Het is duidelijk dat van bedrijf tot bedrijf verschillende opvattingen zullen bestaan ten opzichte van de „vaste” coördinaten. Mits de verschillen niet al te groot zijn, zullen ze niet of nauwelijks van invloed zijn op de uitkomst, omdat kleinere afstanden gepaard gaan met gemiddeld meer kleppen, flenzen, bochten, enz. per meter pijplengte. Bij grotere afstanden werkt dit omgekeerd.

Dit systeem maakt het kwantificeren van het benodigde pijpmateriaal, kleppen, elektro-aansluitingen, instrumentatie, funderingen en het corresponderende aantal benodigde manuren per vakgebied mogelijk. Bovendien kan variatie per apparaatsoort naar grootte, materiaalsoort, druk, enkele of tandemopstelling, horizontale of verticale opstelling, montageloon, etc. doorgevoerd en eenmalig vastgesteld worden.

Via waardering tegen courante prijzen is de berekening van de benodigde factoren mogelijk en deze kunnen bij prijspeilwijzigingen en/of wijziging van de produktiviteit zo nodig op eenvoudige wijze worden aangepast.

De aldus verkregen factoren kunnen voor het ramen van investeringskosten voor allerlei chemische processen worden toegepast. Ondanks het feit dat het niet nodig is om deze factoren voor alle mogelijke capaciteiten te bepalen maar dat enkele ervan voldoende zijn en andere door inter- of extrapolatie kunnen worden verkregen, vereist het opzetten van de methode veel manuren. Als men er echter eenmaal over beschikt, is de toepassing ervan zeer eenvoudig en is aanpassing aan specifieke omstandigheden van het te begroten project, bijvoorbeeld als gevolg van locale omstandigheden, zeer goed mogelijk.

4.6. Zoals eerder vermeld, zijn aan het updaten van kosten van apparaten uit gegevens van vorige projecten of uit de literatuur, een aantal aspecten verbonden welke aanleiding kunnen geven tot onaanvaardbare afwijkingen.

Deze worden voornamelijk veroorzaakt doordat men zich daarbij uitsluitend op kosten baseert.

Nu doet zich het feit voor dat een aantal apparaatsoorten, zoals kolommen, opslagtanks, vaten en warmtewisselaars, in vrijwel alle chemische processen wordt toegepast en dus veelvuldig voorkomt. Derhalve zijn van deze apparaten – zeker in grotere ondernemingen – veel offertegegevens en tekeningen beschikbaar en komen deze apparaten veelal in een min of meer gestandaardiseerde uitvoering voor.

## **G1010-16** De oorsprong en de ontwikkeling van het begroten

Hierdoor is het mogelijk om de voor dergelijke apparaten benodigde hoeveelheden materiaal tot in details te specificeren, evenals het aantal benodigde bewerkingsuren, dit alles natuurlijk gesplitst naar capaciteit, materiaalsoort, druk, etc. De hoeveelhedsgegevens kunnen, met behulp van actuele eenheidsprijzen voor de verschillende materialen en bewerkingskosten, worden verwerkt tot een actuele prijs per apparaat.

Ook hier geldt dat het uittrekken van de benodigde hoeveelheden per capaciteit, materiaalsoort en druk, kan worden beperkt tot een betrekkelijk klein doch voldoende aantal om interpolatie mogelijk te maken. Desondanks vergt de benodigde analyse en het opzetten van de benodigde rekenschema's diepgaand onderzoek en zeer veel arbeid, zij het dat het een vrijwel eenmalig karwei is.

Aangezien de prijzen van pompen, kleppen, en dergelijke, vrij snel verkrijgbaar zijn, blijft men slechts voor zeer specifieke, niet-gestandaardiseerde apparatuur aangewezen op offertes of op het updaten van historische prijsgegevens.

De methode vergt echter de verwerking van een zo groot aantal variabele gegevens, dat verwerking met behulp van een computer voor de hand ligt. Met de gekwantificeerde methode kan, zij het met een enkele uitzondering voor de niet-gestandaardiseerde apparatuur, een geheel project op een actueel prijspeil worden begroot.

### *4.7. De invloed van de plaats van vestiging op de kosten*

Naast de in paragraaf 4.3 vermelde drie correctiefactoren kunnen de omstandigheden op de ene bouwlocatie afwijken van die op een andere locatie.

Dat kan het noodzakelijk maken om de met behulp van de factorramingsmethode opgestelde begrotingen, bij te stellen.

Oorzaken daarvan kunnen zijn afwijkingen met betrekking tot:

- bodemgesteldheid en/of klimaat;
- prijzen van goederen/lonen;
- produktiviteit;
- overheidsvoorschriften, belastingen en/of subsidies;
- reële valutaverhoudingen, etc.

Om al deze aspecten in één enkele correctiefactor te kunnen onderbrengen is het een vereiste veel en gedetailleerd historisch materiaal ter beschikking te hebben.

Of de op grond van dat historische materiaal verkregen correctiefactor op het toepasselijke moment nog wel juist is, zal steeds aan twijfel onderhevig zijn.

Een dergelijke factor zal onder dit voorbehoud dan ook slechts



aanvaardbaar zijn bij toepassing voor de zogenoemde haalbaarheidsstudies.

Voor de gedetailleerde (eind)begroting zal men steeds de ter plaatse geldende gegevens moeten gebruiken.

## **5. Computertoepassingen**

De in paragraaf 4 geschetste ontwikkelingen hebben geleid tot de ontwikkeling van computerprogramma's waarbij slechts de specificaties per apparaat behoeven te worden ingevoerd.

De computer is daarbij zodanig geprogrammeerd dat het resultaat vergelijkbaar is met een gedetailleerde begroting en dat tevens een tijdplanning kan worden verschaft.

Ook bij deze wel zeer geavanceerde programmatuur blijft het echter noodzakelijk dat de „cost engineer” op grond van zijn vakkennis, waar nodig, bijstuurt en/of corrigeert.

## **6. Utiliteitsbouw**

De tekst van de paragrafen 3 t/m 5 heeft, zoals daarbij is aangegeven, voornamelijk betrekking op de (chemische) procesindustrie. In de utiliteitsbouw wordt een andere terminologie gebruikt en zijn de toe te passen begrotingstechnieken, procedures en ontwikkelingen hoewel gelijksoortig toch afwijkend.

- Bij orde-van-grootte ramingen of zeer globale prijsindicaties wordt in de utiliteitsbouw uitgegaan van  $m^2$  vloeroppervlak,  $m^3$  gebouwinhoud, het oppervlak van buiten- en binnenmuren, en dergelijke, waarbij de aard en de bestemming van het te bouwen project een belangrijke rol spelen.
- De zogenaamde elementenmethode is in resultaat vergelijkbaar met de toepassing van kostenfactoren bij projecten in de chemische industrie.  
Voor toepassing van deze methode is een vrij gedetailleerd ontwerp noodzakelijk.
- De inschrijvings- of aanbestedingsbegroting is vergelijkbaar met de gedetailleerde begroting voor projecten in de chemische industrie.

Alleen de laatste methode is geschikt voor een goede kostenbewaking.

## **7. Literatuur**

- Bijlert, W. A. van, en C. van Dijke, *Quantitative factor estimating*, Transactions 5th International Cost Engineering Congress, Utrecht, 1978, paper A-11.
- Cabral, Gregory K., Techniques for capital cost estimating with minimal data, *Cost Engineering*, volume 24, nr. 5, October 1982.
- Groen, B. en K. D. Tan, *Improved factor estimating with quantity and manhour ratios*, Transactions of the 20th Annual Meeting of the AACE (1976), Boston, paper I-7.
- Ohlrichs, Peter J., A discussion and comparison of methods used in developing estimating factors, *Cost Engineering*, volume 23, nr. 6, December 1981.
- Ohlrichs, Peter J., *The origin and evolution of estimating in a nutshell*, Proceedings 6th International Cost Engineering Congress, Mexico, 1980, paper B-24.