

# Begrotingsmethoden voor het vaststellen van engineeringkosten

Ing. J. Kok en ing. A. J. te Boekhorst

1.	Inleiding	Y7505- 3
2.	Begrotingsmethoden voor het vaststellen van engineeringkosten	Y7505- 4
2.1.	Percentage van de totale geïnstalleerde kosten	Y7505- 4
2.2.	Methode-Miller	Y7505- 5
2.3.	Methode-Guthrie	Y7505- 6
2.4.	Methode-Clark/Lorenzoni	Y7505- 7
2.5.	Apparotentelling	Y7505- 8
2.5.1.	Apparotentelling – totaal	Y7505- 8
2.5.2.	Apparotentelling – per apparaatgroep	Y7505- 9
2.5.3.	Apparotentelling – per apparaat	Y7505-10
2.6.	Documententelling	Y7505-14
2.7.	Activiteitentelling	Y7505-16
3.	Kosten (uren) vergelijking	Y7505-18
4.	Nabeschuwing	Y7505-19
5.	Literatuur	Y7505-20



## **1. Inleiding**

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de methoden ter bepaling van de engineeringkosten/-uren en de verdeling daarvan per vakgebied/-afdeling voor het realiseren van investeringsprojecten.

Het is van belang, dat in de verschillende stadia van projecten, de post engineering met zijn onderverdeling voldoende nauwkeurig kan worden bepaald.

Hiervoor zijn twee belangrijke redenen:

- de engineeringkosten vormen een belangrijk bestanddeel van de totale projectkosten;
- uit de totale engineeringkosten/-uren van alle (kans)projecten kan de totale manbezetting en de manbezetting per afdeling worden afgeleid.

Het zal duidelijk zijn, dat bij een grote verscheidenheid van projecten, de engineeringkosten per project sterk zullen variëren en afhankelijk zullen zijn van een complex van factoren, zoals onder andere:

- type project;
- type proces;
- projectomvang;
- complexiteit;
- ontwikkeling/herhaling;
- mate van engineering (detailed, basic).

Bij het bepalen van de engineeringkosten zijn de beschikbare tijd en de vereiste nauwkeurigheid bepalend voor de te gebruiken methode. De haalbare nauwkeurigheid is weer afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid gedetailleerde informatie en de bij de methode gebruikte kengetallen.

Ten behoeve van het onderhouden en het ontwikkelen van de kengetallen is het van belang, dat er een goede terugkoppeling is van gegevens (nacalculaties).

De in de inhoudsopgave vermelde methoden zullen hierna worden belicht en geëvalueerd.

Om misverstanden te voorkomen wordt eerst een definitie gegeven van hetgeen onder „engineeringkosten” wordt verstaan.

*Definitie:*

*Engineeringkosten zijn alle kosten die gemaakt worden voor de uitvoering van het basisontwerp en de gedetailleerde engineering, speci-*

*ficaties, calculaties, opstellen van requisities, technische evaluatie van offertes, vergaderingen, etc., met inbegrip van process engineering, project-management, begroting, planning en cost control en daarmee verband houdende kosten.*

Dit houdt in dat geen gedetailleerde aandacht wordt besteed aan de kosten van inkoop, constructie-management en van de financiële afdeling.

## **2. Begrotingsmethoden voor het vaststellen van engineeringkosten**

### *2.1. Percentage van de totale geïnstalleerde kosten*

Deze methode van begroten van de engineeringkosten is de meest eenvoudige. Door middel van nacalculaties van uitgevoerde projecten, worden per project de engineeringkosten en de totale projectkosten bepaald. De engineeringkosten worden nu uitgedrukt als een percentage van de kosten van de geïnstalleerde apparatuur en materialen (leidingwerk, elektronica, instrumentatie, isolatie en bouwkunde). Tevens worden van elk project de specifieke kenmerken vastgelegd (projectomvang, type proces, groene weide/ombouw, binnen/buiten opstelling, etc.).

Door dit voor veel projecten te realiseren en de projecten met dezelfde specifieke kenmerken in categorieën in te delen, kan een redelijk inzicht in de percentages worden verkregen: de toepassing van deze percentages zal gewoonlijk beperkt blijven tot de betrokken onderneming. De percentages engineering van verschillende ondernemingen vergelijken is een nogal dubieuze activiteit, omdat in de meeste gevallen de werkmethode van een bepaald bedrijf niet of onvoldoende gedefinieerd is. Het is van belang te weten of de navolgende zaken in aanmerking zijn genomen:

- omvang van subcontracten;
- materiaal kosten;
- financiële administratie;
- constructie management;
- gelicentieerd productieproces.

Daar het duidelijk is, dat deze posten van wezenlijke invloed zijn op de hoogte van het engineeringpercentage, kunnen deze percentages onderling sterk verschillen. Ter vergelijking met andere methoden worden hieronder de voor- en nadelen weergegeven.

*Voordelen:*

Als de begroting van apparatuur en materiaal eenmaal gereed is, kunnen de engineeringkosten zeer snel worden begroot.

*Nadelen:*

- de uitkomst is slechts een ruw getal;
- de informatie is onvoldoende voor projectbeheersingsdoelinden;
- het is noodzakelijk om de kosten van geïnstalleerde apparatuur en materialen te begroten;
- het is moeilijk om deeltaken te begroten, en er is geen verdeling per vakgebied aanwezig.

N.B. Bovengenoemde percentages zijn beter bruikbaar om de met behulp van een meer gedetailleerde begrotingsmethode verkregen uitkomst te toetsen.

*2.2. Methode-Miller*

De methode van C. Arthur Miller is gepubliceerd in de 1984 AACE Transactions onder de titel: „Estimating engineering costs for the appropriation of funds without drawing counts”.

Deze methode gaat uit van de relatie tussen de design-engineeringsuren en de totale hardware-kosten (apparatuur en materialen – niet geïnstalleerd) van een project.

De design-uren worden hierbij op grafische wijze weergegeven als functie van de totale hardware-kosten.

De via deze grafiek bepaalde design-uren (D) worden vervolgens vermenigvuldigd met een evaluatie-factor f (deze factor is de som van verschillende deelfactoren, onder andere voor mate van studie/ontwikkeling, ervaring/herhaling, complexiteit, inbreng van opdrachtgever, engineeringefficiency). Dit produkt ( $B = D \times f = 100$ ) is de basis voor de verdere bepaling van de engineeringsuren.

De man-uren voor de overige engineeringactiviteiten (management, begroten, inspectie, planning, administratie, cost control) worden bepaald met behulp van een percentage ten opzichte van de basis B. Vervolgens worden alle man-uren vermenigvuldigd met de desbetreffende uurtarieven en worden de totale man-uurkosten verkregen. De overige kosten (reis/verblijf en diversen) worden met behulp van een percentage afgeleid van de totale man-uurkosten. Deze methode is niet werkelijk beter dan de methode van paragraaf 2.1 door de vele factoren die moeten worden toegepast. Zoals de auteur opmerkt is het „in zijn soort geen nauwkeurige methode”; maar het biedt aan de cost engineers mogelijkheden om hun oordeel en er-

**Y7505-6** Begrotingsmethoden voor het vaststellen van engineeringkosten

varing aan te wenden „hetgeen waarschijnlijk de belangrijkste factor is die aan de nauwkeurigheid van de begrotingstechniek bijdraagt”.

*Voordelen:*

- de mogelijkheid om een aantal factoren te beoordelen die de engineeringkosten beïnvloeden;
- als eenmaal de apparatuur- en materiaalbegroting gereed is kunnen de engineeringkosten heel snel worden begroot.

*Nadelen:*

- het is soms moeilijk om de totale kosten van de geleverde hardware te bepalen, bijvoorbeeld in geval van „packaged units”;
- de uitkomst is een ruw getal vanwege de vele factoren die moeten worden bepaald;
- de methode vereist de kundigheid van een zeer ervaren cost engineer;
- een begroting van equipment en materiaal is vereist;
- de methode is niet zo geschikt voor projectbeheersingsdoelinden.

N.B. Het verdient de voorkeur om de man-uren voor bijvoorbeeld project management en cost control te begroten als aan tijd gerelateerde functies, dat wil zeggen gerelateerd aan een project planning. Vergeleken met de door Miller aangegeven methode resulteert dit in meer realistische cijfers.

Ook verdient het de voorkeur om overige kosten (reiskosten, etc.) te begroten als „actueel”, dit is beter dan met een factor, aangezien de locatie(s) bekend zijn of als bekend verondersteld kunnen worden.

*2.3. Methode-Guthrie*

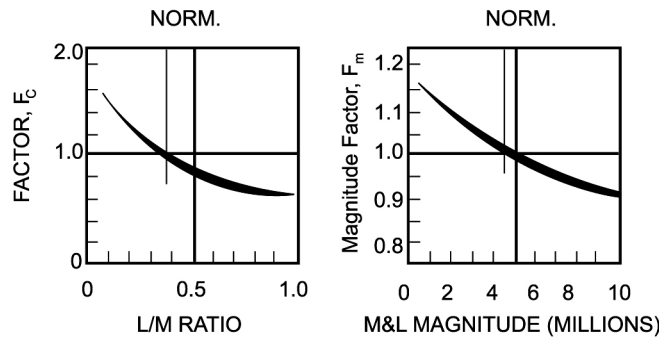
Engineeringkosten relateren aan de directe apparatuur- en materiaalkosten of de totaalkosten van het project (zie fig. 1).

Engineeringkosten =  
 $(M + L) * (0,1) * (Fc * Fm * Fp) * \text{escalatiefactor}$

Hierin is: M: Apparatuur- en materiaalkosten van het project  
= hardware kosten.  
L: Loonkosten van het project.  
0,1: Basispercentage engineering.  
Fc: L/M verhouding.

FM: M + L omvang (= hoogte bedrag).  
 Fp: Type project.

Fc, Fm en Fp zijn correctiefactoren.



0838-0696

Projecttype	Fp
Chemisch complex	1,4
Chemische fabriek gemiddeld	1,0
Vloeistof/vaste stof fabriek	0,8
Vaste stof fabriek	0,6
Gebouwen	0,4
Gebouwen	0,4

Figuur 1. Correctiefactoren ten behoeve van Methode-Guthrie.

#### 2.4. Methode-Clark/Lorenzoni

Bij deze methode worden eerst de design-man-uren voor leidingwerk bepaald en vervolgens wordt de rest van de design-uren hiervan afgeleid.

De uren voor het leidingwerk worden verkregen door het aantal leidingen op een PFD (Process Flow Diagram) te tellen (of uit te gaan van een gemiddeld aantal leidingen per apparaat) en deze te vermenigvuldigen met een aantal norm-man-uren (bijv. 25 uur/leiding). Een andere benadering is aan de hand van het aantal pijpleidingen een schatting te maken van het aantal tekeningen en deze te vermenigvuldigen met een aantal norm-man-uren (bijv. 300 of 400 man-uren per tekening).

In beide gevallen de norm-man-uren corrigeren voor druk, temperatuur, etc.

Van deze piping-design-uren wordt vervolgens de rest van de design-uren voor andere vakgebieden afgeleid. Volgens Clark/Lorenzoni is gebleken, dat de uren voor leidingwerk 33-50% van alle design-uren uitmaken.

De overheadkosten per vakgebied worden vervolgens toegevoegd als een percentage van de design-kosten (75% tot 150%). OTT-kosten (Other Than Time-kosten) worden toegevoegd door het totale aantal design-uren te vermenigvuldigen met een norm-bedrag per man-uur.

## *2.5. Apparatentelling*

### *2.5.1. Apparatentelling – totaal*

In het begin van de engineering-activiteiten voor een project zal een apparatenlijst worden opgesteld. Hierop worden de apparaten per sectie van het project naar type apparaat vermeld. De typen apparaat worden hier als volgt gedefinieerd:

- warmtewisselaars;
- vaten;
- kolommen;
- fornuizen;
- reactoren;
- pompen en ventilatoren;
- compressoren;
- transport- en overslagapparatuur;
- speciale apparaten.

Het totale aantal unieke apparaten en geïnstalleerde reserve-apparatuur moeten worden geteld. Packaged units worden voor één geteld. Men kan ook voor een andere benadering kiezen en het aantal samenstellende apparaten in een packaged unit tellen al naar gelang persoonlijke voorkeur of de informatie waarover wordt beschikt. Als aldus het totale aantal apparaten is geteld moet men het aantal man-uren per apparaat weten. Dit aantal man-uren kan aanzienlijk verschillen, van 400 tot 2000 per apparaat. Middelgrote proceseenheden worden ergens in het midden van de marge gevonden, van 700 tot 1200 man-uren per apparaat.

Deze kengetallen moeten binnen het eigen bedrijf worden ontwikkeld, omdat ze, zoals hiervoor uiteengezet, nogal sterk kunnen variëren afhankelijk van de werkmethoden en het type fabriek.

#### *Voordelen:*

- het is niet noodzakelijk de totale projectkosten te begroten;
- een ruw getal voor engineering-man-uren kan snel worden gevonden en tegen lage kosten;
- de methode is geschikt voor produktie-eenheden i.s.b.l. (inside battery limits) en in mindere mate voor utilities en offsites (zie nadelen).



*Nadelen:*

- het is niet mogelijk een rechtstreekse aansluiting met een cost control systeem tot stand te brengen, omdat de maatstaven in een cost control systeem afwijken van die welke voor de begroting worden gebruikt;
- het totaal aantal begrote man-uren moet worden beschouwd als een getal dat de orde van grootte aangeeft;
- vooral de algemene voorzieningen buiten de grenzen van de productie-installatie (utilities and offsites) kunnen moeilijk worden begroot;
- gegevens per engineering-afdeling ontbreken, een onderverdeling is slechts mogelijk door het toepassen van verhoudingscijfers;
- de methode is alleen bruikbaar voor toetsingsdoeleinden.

De methode, die hierna wordt beschreven geeft meer details per afdeling/vakgebied en is gebaseerd op de reeds genoemde apparatenlijst.

*2.5.2. Apparatentelling – per apparaatgroep*

Voor het bepalen van de engineeringkosten wordt hierbij uitgegaan van apparaatgroepen, dat wil zeggen groepen met gelijksoortige apparaten (zie fig. 2).

De werkwijze is als volgt:

Per apparaatgroep (kolommen, pompen, warmtewisselaars etc.) worden aan de verschillende engineeringdisciplines (project-engineering, proces, design, inkoop, montagediensten, algemene diensten) norm-man-uren toegekend, afhankelijk van het aantal apparaten. Deze norm-uren zijn verkregen door terugkoppeling van gegevens uit een groot aantal projecten.

In de grafieken van figuur 2 ten behoeve van de apparaatgroep „Shell and Tube” (warmtewisselaars) zien we, dat bij een toenemend aantal apparaten, de man-uren per apparaat afnemen. Vervolgens worden voor elke engineering-discipline de gevonden man-uren/apparaat vermenigvuldigd met het desbetreffende uurtarief en de uitkomsten hiervan getotaliseerd tot de directe engineeringkosten. De overige engineeringkosten (de indirecte engineeringkosten, zoals de kosten voor administratie en andere kantoorkosten) worden bepaald met behulp van een percentage ten opzichte van de directe engineeringkosten.

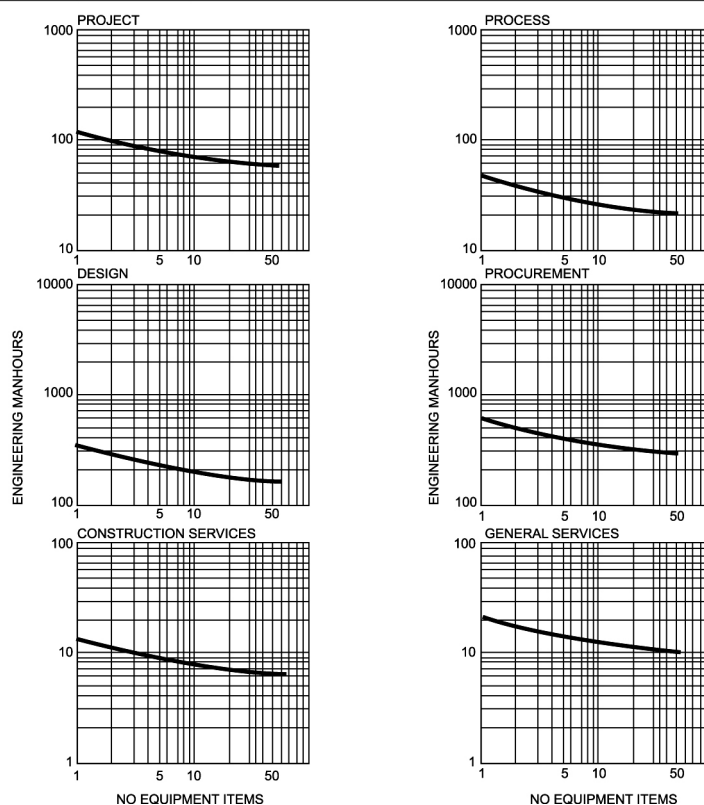
In figuur 3 is de procedure, zoals omschreven op de vorige pagina's, nog eens schematisch weergegeven.

## Y7505-10 Begrotingsmethoden voor het vaststellen van engineeringkosten

0838-0697

### COST DATA SHEET

		INDIRECT COST
		ENGINEERING MANHOURS
BY	KMG	SHELL AND TUBE (S/T) EXCHANGERS Consult this data to assemble "norm" engineering manhours expended on the design and installation of shell and tube heat exchangers
EXONENT		
TIME BASE	MID 1970	



Figuur 2. Voorbeeld van apparatengroep warmtewisselaars.

### 2.5.3. Apparatentelling – per apparaat

Deze methode biedt een betere mogelijkheid dan de eerder beschreven methode voor het begroten van de man-uren voor elke afzonderlijke afdeling, vooral met betrekking tot de „battery limits” van een produktie-eenheid. Voor dit doel moet een handboek worden samengesteld, waarin per soort apparaat (zie par. 2.5.1) een meer gedetailleerde onderverdeling van elke soort wordt gegeven, waarbij rekening wordt gehouden met specifieke fabrieken, bijvoorbeeld:



*Warmtewisselaars:*

- steam superheater;
- dehydrator reflux condenser;
- dehydrator reboiler;
- flash gas chiller;
- condensate effluent exchanger;
- feed heater;
- effluent cooler;
- stripper overhead condenser.

Elk apparaat krijgt zijn eigen waarde, dat wil zeggen een specifiek aantal man-uren dat vereist is voor analytische en produktie-engineering, inclusief de technische evaluatie van offertes enz.

Deze informatie moet worden ontwikkeld voor elke soort apparatuur. Hierbij is alleen informatie verkregen over de afdelingen/vakgebieden die betrokken zijn bij de engineering van de apparatuur. Hieronder volgt een korte omschrijving van methoden om de engineering-man-uren te begroten voor:

- civiele en bouwkundige werken;
- staalconstructies;
- leidingen, inclusief isolatie;
- elektro-technische voorzieningen;
- instrumentatie.

*Civiele werken*

Hier gedefinieerd als engineering ten behoeve van fundaties en bovengrondse betonconstructies. Gebaseerd op ncalculaties kunnen grafieken/kengetallen worden samengesteld op basis van kubieke meters beton, afhankelijk van het soort fundatie en/of bouwwerk.

*Bouwkundige werken*

Daaronder worden hier verstaan: controle-, schakel-, of analyse-ruimten, laboratoria, kantoorgebouwen, etc. Als het type en de kwaliteit van het bouwwerk in aanmerking wordt genomen is het mogelijk grafieken/kengetallen te ontwikkelen op basis van (kubieke meters) inhoud van het bouwwerk.

*Staalconstructies*

Men moet grafieken/kengetallen ontwikkelen voor de diverse (voornaamste) typen staalconstructies, gebaseerd op tonnen staal.

*Leidingen (incl. isolatie)*

Op basis van de apparatenlijst kunnen norm-man-uren worden ontwikkeld voor elk afzonderlijk soort apparaat; aldus wordt een man-uren-totaal gevonden voor alle engineering-activiteiten ten behoeve van het leidingwerk zoals:

- systems engineering;
- lay-out;
- piping design;
- piping mechanical;
- piping material take off.

*Elektro-technische voorzieningen*

De eenvoudigste benadering is de hiervoor vereiste man-uren te begroten op basis van het aantal „verbruikers”.

Zeer gedetailleerde man-uren zijn te begroten op basis van te produceren documenten of uit te voeren werkzaamheden.

*Instrumentatie*

De engineering-man-uren kunnen worden begroot door telling van het aantal „loops” of het aantal instrumenten van de P&ID's.

*Samenvatting:*

Het moge duidelijk zijn dat men zich bij het opstellen van de begroting niet kan beperken tot de hiervoor vermelde activiteiten. Elke begroting is nu eenmaal maatwerk; om dit mogelijk te maken zijn methoden voor verdere verfijning nodig, dat wil zeggen dat factoren ontwikkeld moeten worden voor bijvoorbeeld:

- de complexiteit van een project;
- codes en standaards;
- project-taal;
- zeer lange wachttijden alvorens goedkeuringen worden verkregen van:
  - autoriteiten,
  - financieringsbronnen,
  - meeteenheden (imperial of metrisch).

De man-uren voor project management, cost control en planning kunnen gewoonlijk worden afgeleid van de voorlopige projectplanning, rekeninghoudend met eventuele verplichtingen. Tot nu toe is de proces-afdeling niet genoemd; man-uren voor de activiteiten van die afdeling kunnen worden begroot als een percentage van de totaal begrote engineering man-uren of via unieke apparaattellingen.

*Voordelen:*

- er is geen begroting van het totale project vereist (uitgezonderd staalconstructie en bouwkunde hoeveelheden);
- man-uren kunnen worden begroot voor elke ontwerp-engineering-afdeling of -sectie afzonderlijk;
- de methode is geschikt voor gedefinieerde man-uur-begrotingen wanneer eenmaal een (uitgebreid) handboek ontwikkeld is;
- de methode is zeer geschikt voor proceseenheden (inside battery limits); in mindere mate voor „utilities” en „offsites”;
- de methode kan op eenvoudige wijze worden uitgevoerd met behulp van een computer;
- lage kosten.

*Nadelen:*

- een rechtstreekse koppeling aan een cost control systeem is niet mogelijk, omdat de meeteenheden in een dergelijk systeem afwijken van de in de begroting gebruikte eenheden;
- deeltaken, vooral op de gebied van „utilities” en „offsites” kunnen moeilijk worden begroot.

*2.6. Documententelling*

Vergeleken bij de hiervoor belichte methode biedt deze benadering de mogelijkheid de begroting rechtstreeks te koppelen aan een systeem dat de kosten bewaakt en de voortgang van de werkzaamheden meet, omdat in beide systemen dezelfde meeteenheden worden gebruikt. Alhoewel het de meest voor de hand liggende wijze van begroten lijkt wordt deze niet veelvuldig toegepast, omdat deze niet zo eenvoudig is.

In de eerste plaats moeten alle tekeningen, handboeken, beschrijvingen, enz. bekend zijn op het tijdstip dat de begroting moet worden opgesteld. Het duurt echter lang voordat binnen een onderneming het stadium wordt bereikt waarin al deze documenten zijn gedefinieerd en zodanig zijn geclassificeerd dat een betrouwbaar overzicht kan worden samengesteld, dat als basis voor een begroting kan dienen.

Ten tweede moeten specifieke norm-man-uren worden ontwikkeld. Een probleem bij het vaststellen van zowel de aantallen van elk type tekening/document als de daarvoor geldende man-uren is het bepalen hoeveel aan elke tekening moet worden toegerekend.

Natuurlijk is dit vrij goed bekend in gevestigde grote engineering-bureaus, maar zij zijn niet de enige ondernemingen die met deze zaken worden geconfronteerd.

Bekend is dat kleinere ondernemingen die met dit systeem werken de benadering hebben vereenvoudigd door alleen maar de afmetingen van tekeningen en documenten op te tellen en de uitkomst daarvan uit te drukken in m<sup>2</sup> papierwerk dat voor een project moet worden geproduceerd.

Via gemiddelde aantallen man-uren per m<sup>2</sup> wordt de man-uren-begroting opgesteld. Toetsing en voortgangsmeting worden verricht door het laten rapporteren en meten van de man-uren welke in verhouding tot de vierkante meters zijn verbruikt.

Om problemen te voorkomen kan deze methode het best worden ontwikkeld naast één der eerder beschreven systemen om beheersing „tijdens de rit” mogelijk te maken.

Het voorgaande is alleen van toepassing op de zuivere engineering man-uren. De andere disciplines zoals project management, planning, cost control, enz. zijn tijdsgebonden functies en kunnen worden begroot via een project-schema, rekening houdend met de contractuele vereisten zoals bijvoorbeeld de frequentie van voortgangvergaderingen/rapporten en de plaats waar het project wordt uitgevoerd.

De voor- en nadelen van deze methode zijn de volgende:

*Voordelen:*

- de methode biedt mogelijkheden voor een integratie van begroten, planning, voortgangsmeting, man-uren- en kostenbeheersing;
- de man-uren kunnen worden begroot voor elke ontwerp/engineering-afdeling/sectie afzonderlijk;
- de methode is geschikt voor vastgestelde man-urbegrotingen (na introductie van het complete systeem);
- de methode is geschikt voor proceseenheden, utilities en offsites voor zowel de werkzaamheden in hun totaliteit als delen daarvan;
- het systeem biedt goede mogelijkheden voor het verzamelen van kosten/hoeveelheden voor toekomstige begrotingen.

*Nadelen:*

- invoering van het volledige systeem vereist veel inspanning en tijd;
- de methode vereist een computersysteem waarin planning en kosten zijn geïntegreerd;
- de methode is duur, zowel in opzet als in gebruik.

## 2.7. *Activiteitentelling*

### *Introductie*

In de afgelopen decennia zijn investeringsprojecten omvangrijker geworden en ook de overschrijdingen van de begrotingen namen in omvang toe. Als gevolg hiervan werd meer aandacht besteed aan de beheersing van de projecten.

In dit artikel is een rode draad getrokken in de richting van het begroten van engineering man-uren sec tot het zodanig opstellen van zo'n begroting dat planning, controle en voortgangsmeting binnen een integraalsysteem kunnen worden uitgevoerd.

Met zo'n systeem wordt echter slechts sedert enkele jaren in een (groeïend) aantal ondernemingen gewerkt.

### *Opstellen van de begroting*

De begroting moet zodanig worden opgesteld dat zij de per afdeling gegroepeerde activiteiten (in detail) omvat. De activiteiten en de daarbij behorende man-uren moeten worden bepaald in nauwe samenwerking met de engineering-afdelingen; zij moeten zich (mede) verantwoordelijk voelen.

In samenhang met het voorgaande moet over een (goedgekeurd) netwerkschema worden beschikt waarin de activiteiten binnen elke afdeling moeten zijn opgenomen.

Voor de project manager en de cost- en planning-engineer moeten „kunstmatige” activiteiten worden gecreëerd aangezien hun activiteiten niet als „normaal” kunnen worden gedefinieerd. Die starten namelijk bij het begin van het project en zetten zich voort tot het einde. Nu kunnen de man-uren van elke activiteit worden verdeeld. Dit kan op diverse profielen gedaan worden, bijvoorbeeld een rechte lijn voor begeleidende activiteiten en een trapeziumprofiel voor capaciteitsbronnen zoals tekenaars.

Als de planning hiervan in relatie met de activiteiten gereed is kan een totale opstelling worden gemaakt welke resulteert in een geplande produktie (uitgedrukt in man-uren) in gegeven periodes. De middelen moeten zo worden gecodeerd dat ze als volgt kunnen worden samengevoegd:

- voor elk afzonderlijk middel;
- voor elke afdeling waarin de samenstellende middelen worden samengevat;
- als een totaal voor alle middelen.



### *Bewaking/beheersing*

Man-uur-bewaking in overeenstemming met het „Earned Value Concept” wordt verricht door met zekere tussenpozen de navolgende posten te meten:

1. De kosten begroot voor in een geplande periode uit te voeren werk (binnen de projectplanning) op een bepaalde datum of met andere woorden de som van de man-uur-begrotingen van het tot die datum geplande werk. Tegen deze achtergrond wordt de voortgang gemeten.
2. Het werk binnen de scope van het project, tot op de datum verricht, wordt genoemd „Earned Value”. Het laat de waarde van het gecompleteerde werk zien, uitgedrukt óf in man-uren óf in kosten en wordt bepaald door optelling van alle gereede activiteiten en de gecompleteerde delen van de activiteiten welke gaande zijn.
3. De actuele kosten van uitgevoerde werkzaamheden vertegenwoordigen de kosten (of man-uren) tot die datum verricht. Man-uren worden verzameld vanaf de tijdskaarten (urenbriefjes).

De kostenafwijking wordt vastgesteld door de uitkomsten van 1 en 3 te vergelijken; dan blijkt of de bereikte voortgang de bestede man-uren al dan niet waard is.

De afwijking van het schema is het verschil tussen 1 en 2 en wordt uitgedrukt in man-uren; het toont aan of de waarde van het werk op schema is of niet.

Voor het totale overzicht van het project blijft het projectschema noodzakelijk.

N.B. Alhoewel hier alleen de engineering wordt belicht, moet het duidelijk zijn dat deze methode geschikt is om de totale projectkosten te beheersen, dat wil zeggen de kosten van alle apparatuur, de materialen, de montage, etc. Een en ander valt echter buiten het kader van dit artikel.

### *Voordelen:*

- het systeem biedt mogelijkheden voor een volledige integratie van begroting, planning, voortgangsmeting, man-uren- en kostenbeheersing;
- de man-uren kunnen worden begroot voor elke ontwerp/engineering-afdeling/sectie afzonderlijk;
- de functies van de cost- en planning engineer kunnen worden samengevoegd tot één functie (spaart man-uren);

- als gevolg van de integratie (begroting en cost control in dezelfde opbouw) komt betere informatie beschikbaar op een vroeger tijdstip;
- goede mogelijkheden voor het ontwikkelen van trendgegevens;
- het systeem biedt goede mogelijkheden voor het verzamelen van gegevens over kosten/hoeveelheden voor toekomstige begrotingen.

*Nadelen:*

- de methode vereist een computersysteem waarin planning en kosten zijn geïntegreerd;
- de introductie van het complete systeem vereist veel inspanning en tijd;
- de aanvankelijke kosten voor het volledige systeem zijn relatief hoog, het is echter mogelijk op een lager niveau te starten, zelfs op een micro-computer, waardoor de aanvankelijke kosten sterk worden gereduceerd, hetzelfde geldt voor de operationele kosten; hoe gecompliceerder, hoe hoger de kosten;
- het systeem vereist engineers die gespecialiseerd zijn (kosten/planning);
- het grote aantal activiteiten met elk een klein man-uur eenheidstarief zou kunnen leiden tot overbegroting van de man-uren;
- wanneer het systeem in vol bedrijf is vereist het de betrokkenheid van een groter deel van de engineering-organisatie, hetgeen tot extra verbruik van man-uren zou kunnen leiden.

N.B. In de praktijk blijkt dat man-uur-begrotingen voor Cost Time Resources doeleinden dikwijls zijn opgesteld met behulp van één der hiervoor beschreven methoden en vervolgens opgedeeld in activiteiten, hetgeen is gedaan in overleg met de betrokken afdelingen.

### **3. Kosten (uren) vergelijking**

Alhoewel dit in het algemeen geen overwegend punt is in het besluitvormingsproces bij de keuze van een controle-, planning- en begrotingssysteem (engineering contractors bijvoorbeeld worden in veel gevallen gedwongen om met het CTR-systeem te werken) verschillen de initiële en operationele kosten voor de genoemde systemen aanzienlijk.

Methoden ter bepaling engineerskosten	Uren t.b.v. systeemont- wikkeling/-invoering	Uren begrotingsafdeling t.b.v. bepaling engineering-uren
	initieel	operationeel <sup>1</sup>
Percentage van de geïnstalleerde kosten	1000	200
Apparotentelling:		
– totaal	1000	10
– per apparaat	5000 <sup>2</sup>	50
Documententelling	5000 <sup>2</sup>	200
Activiteitentelling	5000 <sup>2</sup>	300

1 Uren voor het opstellen van een engineering man-uur begroting in het desbetreffende systeem voor een proceseenheid (vloeistof) bestaande uit 100 apparaten waarvan 90 unieke apparaten, in dit kader uitsluitend beperkt tot de inspanning van de cost engineer.

2 Geschatte uren voor de ontwikkeling van een handboek.

N.B. De hierboven genoemde uren zijn exclusief de vereiste engineering inspanningen die noodzakelijk zijn om de cost engineer de vereiste informatie te verschaffen.

Voor de bewaking/beheersing van het project zijn geen man-uren (kosten) opgenomen, omdat afwijkingen in frequentie en inhouden van de kostenrapporten sterk kunnen verschillen.

De (initieële) uren staan voor ontwikkeling vanaf het begin en kunnen van onderneming tot onderneming verschillen.

In verband met sterk variërende uurtarieven zijn hier slechts de uren gegeven; door deze te vermenigvuldigen met de geldende tarieven krijgt men de kosten van het moment.

#### 4. Nabeschuwing

- De in dit artikel beschreven methoden tonen vanaf het begin tot het einde een toenemende mate van detaillering/nauwkeurigheid.

Alle methoden hebben echter een eigenschap gemeen, de invulling van het systeem is in alle gevallen ondernemingsgebonden en grote voorzichtigheid moet worden betracht bij het gebruiken of beoordelen van begrotingsdetails welke door derden zijn ontwikkeld.

- Alhoewel de aandacht in dit artikel is geconcentreerd op engineeringkosten, kan worden opgemerkt dat kosten voor „procurement” en andere (hoofd)kantoor-activiteiten op ongeveer dezelfde wijze kunnen worden begroot.

In het bijzonder deze activiteiten worden echter zo verschillend georganiseerd en begroot in de verschillende bedrijven, dat deze buiten het kader van dit artikel vallen.

- Gerealiseerd moet worden, dat voor multi-miljoen gulden projecten, het project management anders zal worden georganiseerd dan voor projecten van een kleine omvang; de eerste zullen worden aangepakt door een project-managementteam; manuren en kosten kunnen slechts worden begroot na vaststelling van de projectorganisatie.
- Zoals eerder genoemd is de activiteitentelling bedoeld voor het uitvoeren van *totale* projecten. Daar het voor alle cost engineers een moeilijke zaak is, is het volledigheidshalve alleen voor de *engineering-functie* belicht.
- De definitie van ontwerp/engineering, de status van het project en de eventueel gefaseerde uitvoering van de engineering hebben invloed op de hoogte van de engineeringkosten.

## 5. Literatuur

- Clark, Forrest D. and A. B. Lorenzoni, *Applied Cost Engineering*, New York, 1978.  
Nederlandse Stichting voor Kostentechniek DACE, *Cost Engineers Handboek*.  
Guthrie, Kenneth M., *Process Plant estimating evaluation and control*, San Francisco, 1974.  
Miller, C. Arthur, Estimating engineering costs for the appropriation of funds without drawing counts, *AACE Transactions*, 1984.  
Gallagher, John T., Rapid estimating of engineering cost, *Chemical Engineering*, June 1967.  
Kok, J., *Evaluation of methods for estimating of engineering costs for processinstallations*, Congresspapers, 9th International Cost Engineerings Congress, Oslo, 1986.