

# Snelle ramingsmethoden

Ing. W. A. van Bijlert

|        |                                 |          |
|--------|---------------------------------|----------|
| 1.     | Inleiding                       | G3110- 3 |
| 2.     | Overzicht begrotingsmethodieken | G3110- 3 |
| 3.     | Methoden                        | G3110- 4 |
| 3.1.   | De omzetmethode                 | G3110- 4 |
| 3.2.   | De kosten-per-ton methode       | G3110- 4 |
| 3.3.   | De Zevnik-Buchanan-methode      | G3110- 5 |
| 3.3.1. | Benodigde basisgegevens         | G3110- 5 |
| 3.3.2. | Functionele eenheid             | G3110- 5 |
| 3.3.3. | Berekening                      | G3110- 5 |
| 3.3.4. | Toelichting investeringskosten  | G3110- 6 |
| 3.3.5. | Toeslag                         | G3110- 6 |
| 3.3.6. | Toepassing                      | G3110- 6 |
| 3.3.7. | Toepasbaarheid                  | G3110- 6 |
| 3.3.8. | Algemene opmerkingen            | G3110- 6 |
| 3.4.   | De Stallworthy-methode          | G3110-10 |
| 3.4.1. | Benodigde basisgegevens         | G3110-10 |
| 3.4.2. | Berekening                      | G3110-10 |
| 3.4.3. | Algemene opmerkingen            | G3110-11 |
| 3.5.   | De 0,6-exponent-methode         | G3110-12 |
| 3.5.1. | Basis                           | G3110-12 |
| 3.5.2. | 0,6 regel                       | G3110-13 |
| 3.5.3. | Toepassing                      | G3110-13 |
| 4.     | Nawoord                         | G3110-16 |



## 1. Inleiding

In de verschillende fasen van onderzoek en ontwikkeling van processen is het soms nodig oriënterende investeringsramingen te maken. Het doel van deze ramingen is de richting van het onderzoek te sturen en zo te komen tot een economisch haalbaar eindresultaat. In dat stadium zijn meestal nog geen gedetailleerde tekeningen en ontwerp-specificaties beschikbaar.

Het is dan ook niet goed mogelijk op de gebruikelijke wijze een gedetailleerde begroting te maken juist vanwege het ontbreken van tekeningen en specificaties. Bovendien kan achteraf zelfs blijken dat eventueel toch verricht ontwerptekenwerk overbodig is geweest. Er is dus behoefte aan methoden om op relatief snelle wijze ramingen te maken die toch een redelijke nauwkeurigheid bezitten.

Degenen die betrokken zijn bij het maken van deze investeringsramingen hebben in de loop der jaren een aantal methoden ontwikkeld welke bij hun werk kunnen worden toegepast.

Voor al deze methoden geldt dat een grotere nauwkeurigheid meer tijd en meer gegevens vereist.

## 2. Overzicht begrotingsmethodieken

In volgorde van oplopende nauwkeurigheid kunnen deze methoden als volgt worden gerangschikt:

1. de omzetmethode;
2. de „kosten per ton”-methode;
3. de Zevnik-Buchanan-methode (ook Dupont-methode genoemd);
4. de Stallworthy-methode;
5. de 0,6-exponent-methode (opschaalfactor);
6. de factorbegrotingsmethode;
7. de Lang-methode;
8. de Hand-methode;
9. de Miller-methode;
10. de Guthrie-methode;
11. de specifieke factormethode;
12. de meer gedetailleerde begroting (t.b.v. machtigingsaanvraag e.d.);
13. de gedetailleerde begroting (t.b.v. budgetbewaking e.d.).

In dit artikel zullen de methoden 1 tot en met 5 (soms zeer summier) behandeld worden.

## **G3110-4** Snelle ramingsmethoden

De methoden 6 tot en met 13 vallen niet meer geheel onder de categorie snelle ramingsmethoden. Voor een behandeling van deze methoden wordt verwezen naar artikelen elders in dit handboek en naar de literatuur.

### **3. Methoden**

#### *3.1. De omzetmethode*

Bij deze methode wordt verondersteld dat er een verband is tussen de omzet in geld van een produkt en de investering voor dat produkt.

In formulevorm weergegeven:

$$I = V / R_v$$

waarin:

I = de investeringskosten

V = de geldomzet per jaar van het produkt

$R_v$  = de kapitaalomloopsnelheid

De kapitaalomloopsnelheid (turnover ratio) is het aantal malen dat het geïnvesteerde kapitaal per jaar wordt omgezet.

De methode is zeer onnauwkeurig en is alleen bedoeld voor een orde van grootte bepaling bij algemene economische berekeningen.

Men kan er snel mee werken en de turnover ratio kan enige waarde als kengetal hebben.

Nadelen kunnen zijn dat de investeringen onafhankelijkheid van de capaciteit en de procesroute zijn, terwijl een wisselende marktprijs zijn invloed op de investering heeft.

Een stijgende turnover ratio kan duiden op een stijgend aandeel van de grondstoffen en de prijs waardoor de aandacht zich zal verleggen van de investering naar de variabele kosten.

#### *3.2 De kosten-per-ton methode*

Bij deze methode gaat men uit van de investering per jaarton. Gegevens over deze investeringskosten zijn voor diverse produkten in de vakliteratuur te vinden. De verdere informatie over de produkten en produktiewijze is vaak erg summier. Deze methode zal dan ook hoofdzakelijk toegepast worden wanneer men met een snelle, zeer globale indicatie kan volstaan.

### 3.3. De Zevnik-Buchanan-methode

#### 3.3.1. Benodigde basisgegevens

Als basis voor het bepalen van de benodigde investering dienen de volgende gegevens van het toe te passen proces:

- de te produceren hoeveelheid;
- de procesvariabelen druk en temperatuur;
- de toegepaste „gemiddelde” materiaalsoort;
- de index van de kostenstijging.

#### 3.3.2. Functionele eenheid

Uitgangspunt van de methode is het aantal zogeheten functionele eenheden („functional units”) dat aan de hand van een zeer eenvoudig stroomschema te bepalen is.

Onder een „functionele eenheid” wordt een eenheid verstaan met een kenmerkende procesfunctie. Voorbeelden van zo'n eenheid zijn onder andere: compressie, reactie, destillatie, extractie, filtratie, absorptie, wassing, opslag, (bijv. tankpit).

Elke eenheid bestaat uit de daartoe behorende (hoofd- en hulp)apparatuur met bijbehorend leidingwerk, instrumentatie, elektrovoorzieningen e.d.

#### 3.3.3. Berekening

Aan de hand van factoren die betrekking hebben op de temperatuur, de druk en de materiaalsoort wordt de complexiteitsfactor bepaald met behulp van de formule:

$$CF = 2 * 10^{(F_t + F_p + F_m)}$$

waarin:

$F_t$  = de temperatuurfactor, af te lezen uit figuur 1

$F_p$  = de drukfactor, af te lezen uit figuur 2

$F_m$  = de materiaalfactor, af te lezen uit tabel 1

$CF$  = de complexiteitsfactor

De complexiteitsfactor is nodig bij het bepalen van de totale investeringskosten per functionele eenheid bij een gegeven productiecapaciteit volgens figuur 3.

Het bedrag van de investeringskosten per functionele eenheid dient vermenigvuldigd te worden met het aantal functionele eenheden om tot het totale investeringsbedrag te komen. Het verkregen resultaat moet vervolgens nog met behulp van een kostenindex opgeschaald worden om uit te komen op het huidige prijspeil.

*3.3.4. Toelichting investeringskosten*

Het volgens figuur 3 bepaalde investeringsbedrag per functionele unit heeft betrekking op een buitenopstelling en omvat:

- de hoofdapparatuur volgens het eenvoudige stroomschema;
- de bij de hoofdapparatuur behorende apparaten (zoals pompen, warmtewisselaars etc.);
- de pijpleidingen en appendages;
- de elektrovoorzieningen (exclusief motoren, transformatoren e.d.);
- de instrumentatie (exclusief procescomputers);
- de funderingen en staalconstructies;
- de montage-arbeid;
- de isolatie en het schilderwerk;
- de engineering.

*3.3.5. Toeslag*

De (arbitraire) toeslagfactor voor plaatselijke en algemene voorzieningen waarmee het gevonden investeringsbedrag vermenigvuldigd moet worden bedraagt circa 1,33.

*3.3.6. Toepassing*

Uit de publikatie van deze bij Dupont ontwikkelde methode blijkt dat de methode ontwikkeld is voor continuprocessen met voornamelijk een vloeistofkarakter en grote hoeveelheden grondstoffen.

*3.3.7. Toepasbaarheid*

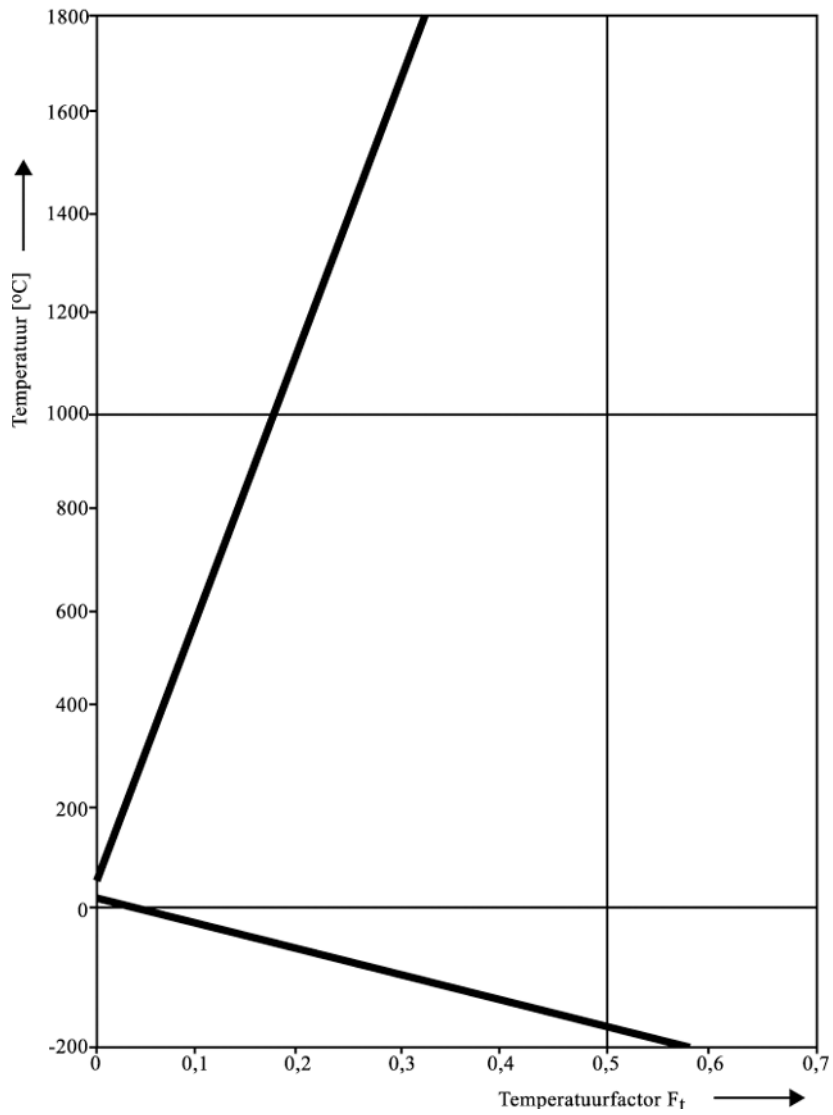
De methode zal hoofdzakelijk toegepast worden in het stadium waarin beslist moet worden of het zinvol is stroomschema's verder uit te werken en de daarbij behorende energiebalansen op te stellen. De methode leent zich vooral voor:

- verkenning van de orde van grootte van de te investeren bedragen bij verschillende capaciteiten;
- verkenning van de verschillen in de orde van grootte van investeringsbedragen voor verschillende processen.

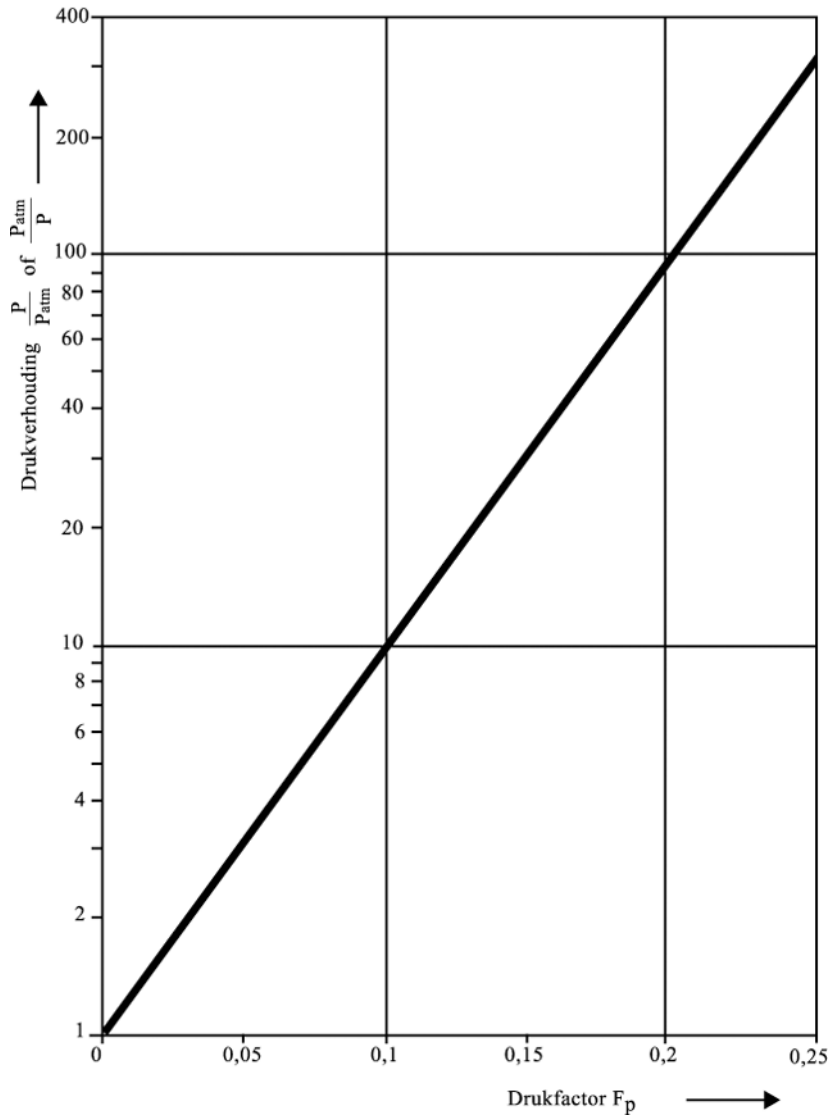
*3.3.8. Algemene opmerkingen*

Het begrip functionele unit is niet duidelijk begrensd omschreven. In figuur 3 is voor de capaciteitstoename de exponent 0,5 respectievelijk 0,6 toegepast.

De onnauwkeurigheid bedroeg ten tijde van de oorspronkelijke publicatie in 1963 circa 25%.



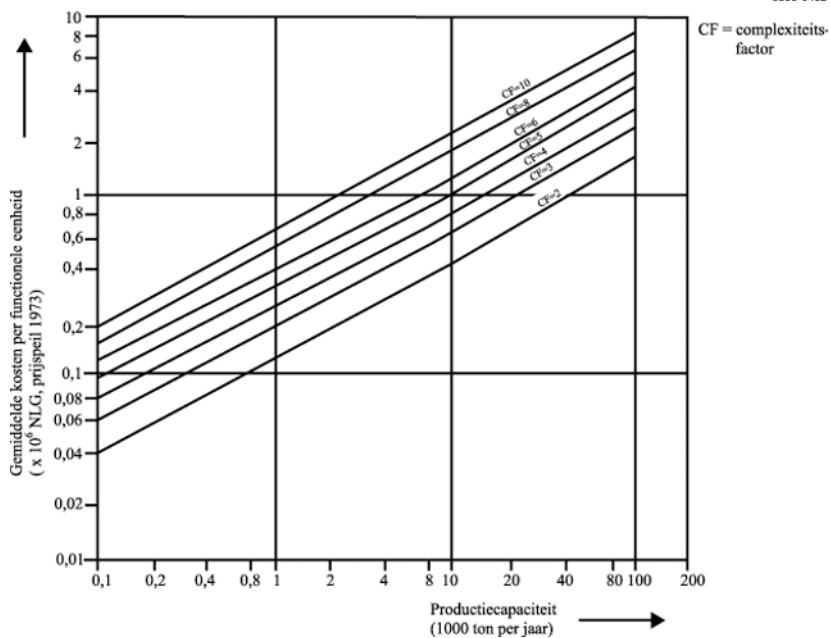
*Figuur 1. Bepaling van de temperatuurfactor  $F$*



Figuur 2. Bepaling van de drukfactor  $F$



0838-0482



Figuur 3. Bepaling van de investeringskosten per functionele eenheid.

| Factor | Constructiemateriaal   |
|--------|--|
| 0      | Gietijzer, koolstofstaal, hout.  |
| 0,1    | Aluminium, koper, messing, laag gelegeerd staal (400 serie).           |
| 0,2    | Monel, nikkel, inconel, roestvast staal (300 serie), emaille, grafiet. |
| 0,3    | Hastelloy, etc.  |
| 0,4    | Edelmetaal.  |

Tabel 1. Bepaling van de materiaalfactor  $F_m$ .

## Literatuur

Zevnik, F. C. and R. L. Buchanan, Chem. Eng. Progr., vol. 59, nr. 2, 1963, page 70.

### 3.4. De Stallworthy-methode

De methode is een verfijning van de functionele eenheidmethode van Zevnik en Buchanan. Er wordt niet alleen rekening gehouden met de hoofd-processtroom maar ook met het aantal zij- en recirculatiestromen met bijbehorende capaciteiten.

#### 3.4.1. Benodigde basisgegevens

Als basis voor het bepalen van de benodigde investeringskosten dienen de volgende gegevens van het toe te passen proces:

- de te produceren hoeveelheid;
- het aantal belangrijke hoofd-, recirculatie- en zijstromen;
- de gewichtsverhouding van een stroom ten opzichte van de hoofdstroom;
- het aantal (significante) processtappen in de hoofdstroom of proceszijstroom;
- de procesvariabelen druk en temperatuur;
- de toegepaste materiaalsoort.

#### 3.4.2. Berekening

Aan de hand van bovengenoemde factoren kunnen de investeringskosten worden bepaald met behulp van de formule:

$$C = (0,0075/A) * \sum_1^S (N * F_t * F_p * F_m * R)$$

waarin:

- C = de investeringskosten in het basisjaar 1968
- A = de groottefactor voor de vereiste fabriekscapaciteit volgens figuur 4
- S = het aantal hoofd-, recirculatie- en zijstromen
- N = het aantal (significante) processtappen in de hoofdstroom  
= of proceszijstroom
- R = de verhouding van de betreffende stroom ten opzichte van de hoofdstroom
- F<sub>t</sub> = de ontwerptemperatuurfactor volgens tabel 2
- F<sub>p</sub> = de ontwerpdrukfactor volgens tabel 2
- F<sub>m</sub> = de materialenfactor volgens tabel 2

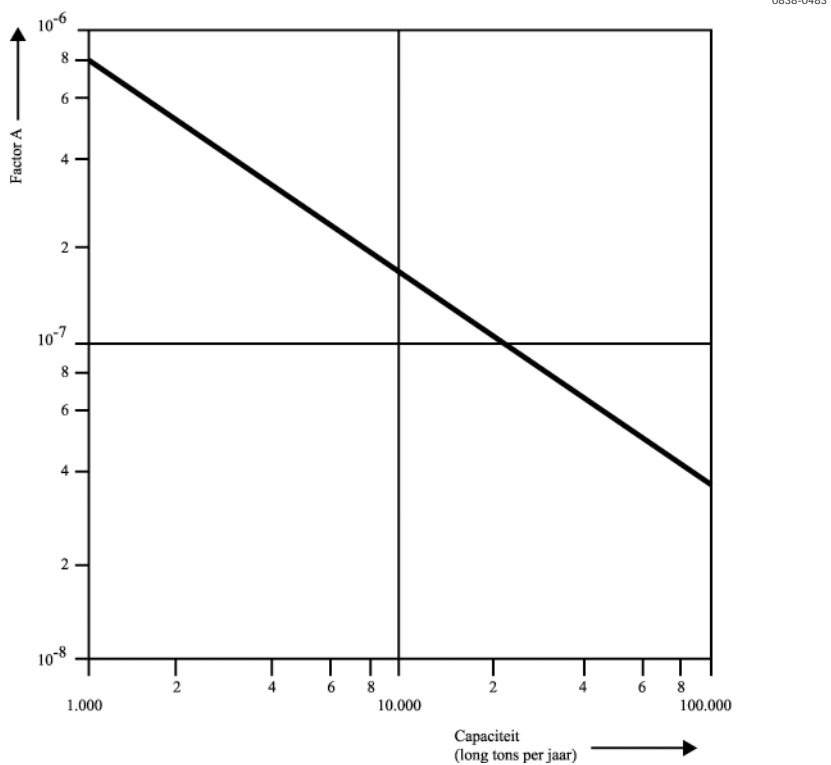
Het gevonden bedrag voor de investeringskosten dient met behulp van een kostenindex opgeschaald te worden naar het huidige prijspeil.

*3.4.3. Algemene opmerkingen*

De gegevens hebben betrekking op processen uit de petrochemie. Volgens de auteur van deze methode zou de nauwkeurigheid circa 15% bedragen.

Probleem bij deze methode blijft echter het bepalen van de factoren N en S.

Verdere details met betrekking tot het toepassen van deze methode komen in het oorspronkelijke stuk niet voor.



*Figuur 4. Bepaling van de groottefactor A.*

## G3110-12 Snelle ramingsmethoden

| Factor         | Basiswaarde                  | Waarde  |
|----------------|------------------------------|---|
| F <sub>t</sub> | 1,0 bij 100 °C               | 1,0-1,5   |
| F <sub>p</sub> | 1,0 bij 7 bar (100PSI)       | 1,0-1,3   |
| F <sub>m</sub> | 1,0 bij laag koolstofgehalte | 1,0-2,0<br>1,0 koolstofstaal<br>1,1 rubberlined/epoxycoated<br>1,5 roestvaststaal |

Tabel 2. Bepaling temperatuur-, druk- en materiaalfactor.

### Literatuur

Stallworthy, E. A., The Chemical Engineer, june 1970, CE 185.

#### 3.5. De 0,6-exponent-methode

De methode is gebaseerd op het opschalen van de bekende investeringskosten van een reeds bestaande installatie met een bekende capaciteit naar de nieuwe investeringskosten voor een nieuw te bouwen (vrijwel) gelijksoortige installatie met een andere capaciteit.

##### 3.5.1. Basis

De basis is de capaciteitsverhouding van de nieuw te bouwen installatie ten opzichte van de bestaande installatie.

Uit de literatuur komt naar voren dat bij het opschalen in capaciteit van een installatie in een groot aantal gevallen de toename van de investeringskosten niet recht evenredig is met de capaciteitstoename. Worden de investeringskosten als functie van de capaciteit in een dubbellogaritmische grafiek uitgezet dan vertoont de grafiek in een groot aantal gevallen een (vrijwel) rechte lijn voor bepaalde capaciteitsranges. De rechte lijn duidt er in dat geval op dat de functie die het verband tussen de capaciteit en de investeringskosten aangeeft een exponentiële functie is. De helling die deze rechte lijn vertoont is daarbij een maat voor de grootte van de exponent van de functie. De relatie tussen de investeringsverhouding en de capaciteitsverhouding kan als volgt in formulevorm worden weergegeven (zie ook fig. 5).

$$I_1 / I_0 = (C_1 / C_0)^N$$

en in iets andere vorm:

en in iets andere vorm:

$$I_1 = I_0 * (C_1/C_0)^N$$

Hierbij is:

- $I_1$  = investeringskosten bij nieuwe capaciteit
- $I_0$  = investeringskosten bij bestaande capaciteit
- $C_1$  = nieuwe capaciteit
- $C_0$  = bestaande capaciteit
- $N$  = exponent (vergrotingsexponent)

### 3.5.2. 0,6 regel

Onderzoek in de literatuur levert van een groot aantal projecten waarbij capaciteitsvergroting van bestaande apparatuur en installaties is toegepast waarden voor de (vergrotings)exponent op die globaal liggen tussen 0,4 en 0,9.

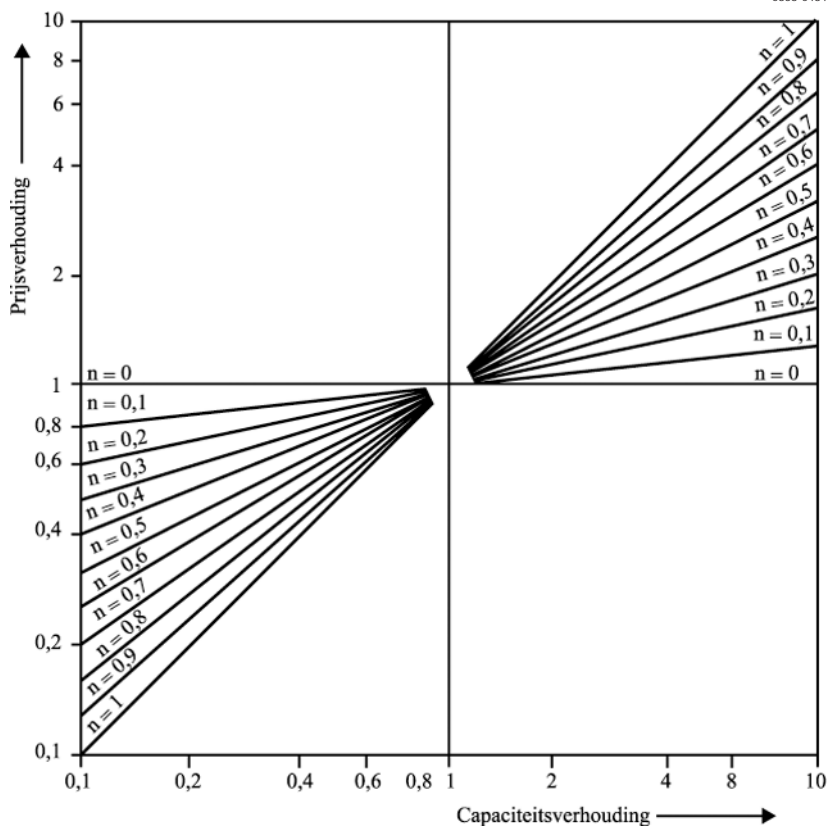
De gemiddelde waarde van deze exponenten blijkt bij circa 0,6 à 0,7 te liggen. In de praktijk wordt deze manier van bepalen van investeringskosten dan ook wel de 0,6-regel genoemd.

### 3.5.3. Toepassing

Met behulp van de exponenten in de tabellen 3 tot en met 5 is het mogelijk voor een aantal apparaten respectievelijk processtappen uitgaande van bestaande investeringskosten en bestaande capaciteit de investeringskosten voor een nieuwe capaciteit te berekenen.

Of de berekeningswijze ook voor een hele (complete) fabriek geldt valt niet zonder meer te stellen. Reden hiervoor is dat bij capaciteitsvergroting van een complete fabriek niet alle apparaten en niet alle bijkomende voorzieningen evenredig met de capaciteitswijziging mee zullen veranderen. De economische grootte van een apparaat of een voorziening speelt daarbij vaak een belangrijke rol.

Aan de andere kant kan men op basis van de waarden uit tabel 4 en 5 waarin gegevens van 54 processen zijn verwerkt als gemiddelde een waarde van 0,6 à 0,7 aannemen voor complete fabrieken.



Figuur 5. Prijs- en capaciteitsverhoudingen bij verschillende exponenten.

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| Centrifuges                | 0,80      |
| Compressoren               | 0,65-0,85 |
| Destilleerketels           | 0,70      |
| Dowtherm-ketels            | 0,40-0,50 |
| Luchtdrooginstallaties     | 0,60      |
| Bandelevatoren             | 0,75-0,80 |
| Kettingelevatoren          | 0,55      |
| Elektrofilters             | 0,50      |
| Gashouders (atmosferisch)  | 0,60-0,70 |
| Elektromotoren             | 0,75-0,85 |
| Draaistroomgeneratoren     | 0,70      |
| Opslagtanks (atmosferisch) | 0,60-0,70 |
| Turbines                   | 0,70      |
| Roterende trommels         | 0,50-0,65 |
| Warmtewisselaars           | 0,60-0,80 |
| Trilzeven                  | 0,80-0,90 |

Tabel 3. (Vergrotings) exponenten voor apparaten.

|     |                    |      |
|-----|--------------------|------|
| 1.  | Azijnzuur          | 0,68 |
| 2.  | Acetyleen          | 0,65 |
| 3.  | Aceton             | 0,45 |
| 4.  | Acrylonitril       | 0,60 |
| 5.  | Ammoniak           | 0,58 |
| 6.  | Ammoniumnitraat    | 0,65 |
| 7.  | Ammoniumsulfaat    | 0,73 |
| 8.  | Butadieen          | 0,68 |
| 9.  | Butanol            | 0,40 |
| 10. | Butyl alcohol      | 0,78 |
| 11. | „Carbon black”     | 0,70 |
| 12. | Chloor             | 0,45 |
| 13. | Cyclohexaan        | 0,50 |
| 14. | Ethanol            | 0,73 |
| 15. | Ethyleen           | 0,83 |
| 16. | Ethyleenoxyde      | 0,78 |
| 17. | Fenol              | 0,75 |
| 18. | Fluorwaterstof     | 0,70 |
| 19. | Formaldehyde       | 0,55 |
| 20. | Fosforzuur         | 0,60 |
| 21. | Ftaalzuuranhydride | 0,70 |
| 22. | Glycol             | 0,75 |
| 23. | Isopreen           | 0,55 |
| 24. | Methanol           | 0,60 |
| 25. | Oxoalcoholen       | 0,75 |
| 26. | Paraxyleen         | 0,55 |
| 27. | Polyethyleen       | 0,65 |
| 28. | Polypropeen        | 0,70 |
| 29. | Polyvinylchloride  | 0,60 |
| 30. | Propeen            | 0,70 |
| 31. | Salpeterzuur       | 0,60 |
| 32. | Styreen            | 0,60 |
| 33. | Ureum              | 0,70 |
| 34. | Vinylacetaat       | 0,65 |
| 35. | Vinylchloride      | 0,80 |
| 36. | Waterstof          | 0,70 |
| 37. | Waterstof-peroxyde | 0,75 |
| 38. | Zwavel             | 0,65 |
| 39. | Zwavelzuur         | 0,65 |
| 40. | Zoutzuur           | 0,68 |

Tabel 4. (Vergrotings)exponenten voor eindprodukten van chemische processen.

## **G3110-16** Snelle ramingsmethoden

|     |                        |      |
|-----|------------------------|------|
| 41. | Alkylatie              | 0,60 |
| 42. | „Coking”               | 0,38 |
| 43. | Destillatie            | 0,70 |
| 44. | Hydrogenering          | 0,65 |
| 45. | Isomerisatie           | 0,65 |
| 46. | Katalytisch kraken     | 0,55 |
| 47. | Katalytisch reformen   | 0,61 |
| 48. | Polymerisatie          | 0,58 |
| 49. | „Propane deasphalting” | 0,60 |
| 50. | „Propane dewaxing”     | 0,45 |
| 51. | „Solvent dewaxing”     | 0,68 |
| 52. | „Sweetening”           | 0,65 |
| 53. | Thermisch kraken       | 0,70 |
| 54. | „Visbreaking”          | 0,60 |

*Tabel 5. (Vergrotings)exponenten voor stappen in chemische processen.*

### **Literatuur**

Guthrie, K. M., Chemical Engineering, 15 juni 1970.

### **4. Nawoord**

De hier volgens punt 3.1. tot en met 3.5. beschreven methoden worden hoofdzakelijk toegepast in het stadium van het haalbaarheids-onderzoek van een project. Men heeft dan behoefte aan een snelle methodiek. De snelheid van deze methodieken gaat echter duidelijk ten koste van de nauwkeurigheid.

Het zal duidelijk zijn dat voor het opstellen van een „echte” begroting gebruik zal moeten worden gemaakt van de daartoe geëigende nauwkeurige en gedetailleerde begrotingsmethodieken. Dit zal echter meer tijd en (financiële) inspanning vergen dan voor de snelle ramingsmethodieken.