

Prisestimering af kemisk produktionsudstyr

Christensen, Knud Villy

Publication date:
2003

Document license:
Ikke-specificeret

Citation for pulished version (APA):
Christensen, K. V. (2003). *Prisestimering af kemisk produktionsudstyr*. (3 udg.).

Go to publication entry in University of Southern Denmark's Research Portal

Terms of use

This work is brought to you by the University of Southern Denmark.
Unless otherwise specified it has been shared according to the terms for self-archiving.
If no other license is stated, these terms apply:

- You may download this work for personal use only.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying this open access version

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details and we will investigate your claim.
Please direct all enquiries to puresupport@bib.sdu.dk

Prisestimering af kemisk produktionsudstyr



3. udgave

Ved Knud Christensen

INGENIØRHØJSKOLEN

ODENSE TEKNIKUM

Kemiteknisk retningsområde

2003

Indholdsfortegnelse

1. Prisestimering af kemisk produktionsudstyr	1
1.1 Brug af prisestimering	1
1.2 Metoder til bestemmelse af bunden kapitalinvestering	2
1.2.1 1.niveau: Størrelsesordensestimater	2
1.2.2 2.niveau: Flowsheetestimater, usikkerhed $\pm 30\%$	3
1.2.3 3.niveau: Foreløbigt overslag - budgetoverslag, usikkerhed $\pm 20\%$	4
1.2.4 4.niveau: Endeligt projektoverslag - beslutningsoverslag, usikkerhed $\pm 10\%$	5
1.2.5 5.niveau: Detaljeret overslag - tilbudsoverslag, usikkerhed $\pm 5\%$	6
1.3 Metoder til estimering af anskaffelsespris	6
1.4 Sikkerhedsfaktorer ved opskalering af kemisk produktionsudstyr	6
1.5 Litteraturliste	9
1.6 Symbolliste	10

1. Prisestimering af kemisk produktionsudstyr

1.1 Brug af prisestimering

En hver kemisk virksomhed er behæftet med udgifter og forhåbentlig indtægter. Som hovedregel gælder, at den virksomhed der på fornuftigvis kan minimere de samlede udgifter og optimere de samlede indtægter, vil være den virksomhed, der tjener sine medarbejdere, aktionærer og omliggende samfund bedst. Selvom visse former for kemisk virksomhed, eksempelvis renseanlæg til rensning af jord, luft eller vand, ikke i sig selv nødvendigvis skal give overskud, er det dog væsentligt, at de ikke gøres uforholdsmæssigt dyre og derfor pålægger andre unødvendige udgifter i form af ekstra skatter eller afgifter. En kemisk virksomheds rentabilitet skal ofte afgøres allerede i designfasen, så unødigt kapital ikke spildes på urentable kemiske processer. I designfasen er detaljerne endnu ikke endelig fastlagt og det er derfor svært at give en præcis opgørelse for anskaffelsespris for udstyr, udgifter til klargøring af byggegrund, montering af udstyr, pris for bygninger, brug af arbejdskraft under opførelse, driftsudgifter, reparationsudgifter etc. Da det er nødvendigt at kunne skønne hvilke udgifter, der vil være forbundet med den kemiske virksomhed, har man ud fra erfaring opstillet tabeller for, hvor stor en procentdel de enkelte investeringer i udstyr, installation, instrumentering, bygninger, rørføring etc, udgør, før man kan starte virksomheden. En sådan tabel findes eksempelvis i [1 side 251]. Denne samlede investering, der er bundet i virksomheden, kan herefter danne grundlag for en vurdering af de udgifter, der, udover råstoffer, er forbundet med produktionen. Peters og Timmerhaus [1, side 273] har på baggrund af erfaringsværdier opstillet tabeller til brug ved hurtige overslagsberegninger. Det er således klart, at det vil være en fordel tidligt i designforløbet at kende en rimelig nøjagtig værdi for den bundne kapital i den kemiske virksomhed, da den bundne kapital danner grundlag for de øvrige prisoverslag ved produktionen.

Der kan generelt opstilles fem niveauer for estimering af udgifter til opførelse af en kemisk virksomhed:

1.niveau: Slag på tasken, størrelsesorden ok, usikkerhed $\pm 30\%$.

Estimatet foretages på baggrund af hvad det har kostet at bygge en tilsvarende produktionsenhed.

2.niveau: Flowsheetestimat, usikkerhed $\pm 30\%$.

Estimat foretaget på baggrund af prisestimering for anskaffelse af større enkelte kemiske enhedsoperationer i det samlede anlæg.

3.niveau: Foreløbigt overslag - budgetoverslag, usikkerhed $\pm 20\%$

Baseret på tilstrækkeligt med data vedrørende procesudstyr, priser på bygninger og lønninger til, at et budget kan lægges.

4.niveau: Endeligt projektoverslag - beslutningsoverslag, usikkerhed $\pm 10\%$

Baseret på næsten fuldstændig beskrivelse af proces, men før de endelig rørdiagrammer, isometriske tegninger etc. er færdige.

5.niveau: Detaljeret overslag - tilbudsoverslag, usikkerhed $\pm 5\%$

Baseret på den endelige rørføring, dimensionering af enheder, instrumentering og opførelsested.

De fem niveau kræver naturligvis stigende detaljeringsgrad i projektet og derfor øgede omkostninger, jo mere nøjagtig et estimat for den nødvendige bundne kapital man ønsker sig. Derfor er det vigtigt, at man så tidligt som muligt i projektforløbet for afklaret, om projektet er rentabelt. Til det formål vil nedenfor blive gennemgået metoder til bestemmelse af den bundne kapitalinvestering.

1.2 Metoder til bestemmelse af bunden kapitalinvestering

1.2.1 1.niveau: Størrelsesordensesstimat

Omsætningsmetoden.

Denne metode benytter, at forholdet mellem det årlige salg og den bundne kapitalinvestering for en given type virksomhed skal have en minimumsstørrelse for, at virksomheden er rentabel:

$$r_{\text{oms}} = \frac{s_{\text{år}}}{C_{\text{ny}}}$$

hvor

C_{ny} er den nødvendige ny bundne kapitalinvestering

r_{oms} er omsætningsratio

$s_{\text{år}}$ er årlig omsætning

Omsætningsratio ligger normalt mellem 0,2 og 4. For kemiske virksomheder foreslår Peters og Timmerhaus [1, side 258] 0,5. Metoden er meget grov men kan give et hurtigt overslag for, hvor meget der maksimalt må bruges til opførelse af virksomheden:

$$C_{\text{ny}} \approx 2 \cdot s_{\text{år}}$$

Investering per ton produceret metoden.

Her benyttes, at man for en lang række produkter kender den tidligere bundne kapitalinvestering per ton produceret produkt, se eksempelvis [1, side 255].

$$C_{\text{ny}} \approx \dot{m} \cdot c_{\text{gammel}} \cdot \frac{M\&S_{\text{ny}}}{M\&S_{\text{gammel}}}$$

hvor

c_{gammel} er bunden kapitalinvestering per ton produceret per år.

$M\&S_{\text{gammel}}$ er Marshall og Swift prisindex for det år c_{gammel} er bestemt.

$M\&S_{\text{ny}}$ er Marshall og Swift prisindex for det år virksomheden skal bygges

\dot{m} er ton produkt produceret per år

$M\&S$ for tidligere år kan eksempelvis findes i [1, side 238] og [2, side 36], medens en månedlig opdatering findes i tidsskriftet Chemical Engineering, eksempelvis [3, side 82]. Da investering per ton produceret metoden bygger på specifikke produktioner, er denne metode mere sikker end Omsætningsratiometoden. Til gengæld kræver metoden, at man kender investering per ton produceret produkt, hvilket ikke altid er tilfældet.

EkspONENTMETODEN.

EkspONENTMETODEN er en forbedret metode i forhold til Investering per ton produceret metoden. EkspONENT METODEN benytter som Investering per ton produceret metoden, at man kender den bundne kapitalinvestering fra en tidligere tilsvarende virksomhed:

$$C_{ny} \approx R^x \cdot C_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}}$$

hvor

C_{gammel} er bunden kapitalinvestering i den gamle virksomhed.

R er ny produktionskapacitet divideret med gammel produktionskapacitet

x er en eksponent, der afhænger af virksomhedstypen

EkspONENTMETODEN kræver udover kendskab til tidligere investeringer også kendskab til eksponenten x. Denne kan for en række produktioner findes i [1, side 255] og kan, hvis ikke andet er muligt, sættes til mellem 0,6 og 0,7.

1.2.2 2.niveau: Flowsheetestimat, usikkerhed $\pm 30\%$

EkspONENTMETODEN.

Et mere præcist estimat i forhold til den under 1.2.1 nævnte eksponentmetode kan opnås, når der foreligger et flowsheet for anlægget. Her kan man anslå den bundne kapitalinvestering ud fra prisen på de enkelte kemitekniske enheder, der skal installeres, prisen for installationen og prisen for konstruktionsmaterialerne.

$$C_{ny} \approx R^x \cdot \left[f_E \cdot E_{gammel} + f_M \cdot M + f_L \cdot f_F \cdot e_L \cdot (E_L + f_y \cdot M_L) \right] \cdot f_I \cdot \frac{C_{gammel}}{C_{gammel} - I}$$

hvor

E_{gammel} er anskaffelsesprisen for de kemitekniske enheder til et givent tidspunkt (gammel).

E_L er udgifter til arbejde ved installation af de kemitekniske enheder til et givent tidspunkt på et givent sted.

e_L er arbejdskraft effektivitetsindexforholdet mellem ny og gammel lokalitet.

f_E er forholdet mellem M&S(ny) og M&S(gammel) for prisen på de kemitekniske enheder

f_F er udgiftsfaktoren for udført arbejde på stedet

f_I Index for indirekte udgifter, typisk 1,4

f_L er lønningsudgiftsindexforholdet mellem ny og gammelt sted i forhold til E_L og M_L

f_y er lønningsudgifter per mandetime for specifikke konstruktionsenheder, såsom rør.

I samlede indirekte udgifter ved tidligere virksomhedsopførelse.

M_L arbejdstimeforbrug på specifikke konstruktionsenheder, såsom rør.

Denne udgave af eksponentmetoden er væsentlig mere præcis end de hidtil beskrevne, men kræver også indgående kendskab til hvor den nye fabrik skal anlægges og arbejdsforholdene det pågældende sted. Disse oplysninger vil sjældent være tilstede, før ganske sent i projektet, hvilket ofte gør, at man lige såvel, kan benytte mere præcise metoder.

1.2.3 3.niveau: Foreløbigt overslag - budgetoverslag, usikkerhed $\pm 20\%$

Langs metode.

Langs metode forudsætter, at anskaffelsesprisen på de enkelte kemitekniske enheder er kendt. I sin simpleste form, beregnes den bundne kapitalinvestering direkte ud fra anskaffelsesprisen:

$$C_{ny} \approx f_{Lang} \cdot E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}}$$

hvor

f_{Lang} er Langs faktor

Langs faktor afhænger af procestypen. For faststofprocesser sættes den til 4,0, for faststof-væske og faststof-gas processer sættes den til 4,3 og for gas samt væskeprocesser til 5,0. Den oprindelige værdi foreslået af Lang på 4, benyttes kun til grovere overslag [1, side 254].

Modificeret Langs metode

Et mere præcist udtryk kan fås ud fra Hirsch og Glaziers metode:

$$C_{ny} \approx f_1 \cdot \left(E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} \cdot (1 + f_f + f_p + f_m) + E_I + A \right)$$

med

$$\log f_f = 0,635 - 0,154 \cdot \log \left(0,001 \cdot E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} \right) - 0,992 \cdot \frac{e}{E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}}} + 0,506 \cdot \frac{f_v}{E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}}}$$

$$\log f_p = -0,266 - 0,014 \cdot \log \left(0,001 \cdot E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} \right) - 0,156 \cdot \frac{e}{E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}}} + 0,556 \cdot \frac{P}{E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}}}$$

$$\log f_m = 0,344 + 0,033 \cdot \log \left(0,001 \cdot E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} \right) + 1,94 \cdot \frac{t}{E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}}}$$

hvor

A er ekstra udgifter i forbindelse med brug af specialmaterialer ved de enkelte enheder.

E_i er anskaffelsesprisen for allerede eksisterende kemitekniske enheder.

e er den totale udgift til varmevekslere.

f_m er udgiftsfaktoren for tilbehør så som isoleringsmateriale, fundamenter, stålstrukturer, bygninger, maling, elektriske installationer.

f_p er udgiftsfaktoren til rør.

f_v er udgifter til fremstilling af udstyr på byggepladsen.

P er den totale udgift til pumper samt motorer.

t er den totale udgift til tårnsvøb, såsom destillationskolonner og absorptionskolonner.

Hirsch og Glaziers metode er, når først de indledende designstadier er nået, ganske simpel at benytte og giver forholdsvis præcise estimater for den totale bundne kapitalinvestering.

Faktormetode på baggrund af udgifter til leveret udstyr.

Et endnu bedre estimat kan opnås ud fra faktorisering i forhold til anskaffelsesprisen samt leveringsprisen for de kemitekniske enheder.

$$C_{ny} \approx f_1 \cdot \left(\sum \left(E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} \right) + \sum \left(f_1 \cdot E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} + f_2 \cdot E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} + f_3 \cdot E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} + \dots \right) \right)$$

hvor

f_1, f_2, f_3, \dots er udgiftsfaktorer til elektricitet, rørføring, instrumentering etc.

Denne faktormetode kræver kendskab til det enkelte udstyrs størrelse og konstruktionsmaterialer samt til faktorerne $f_1, f_2, f_3 \dots$. Faktorerne kan findes i eksempelvis [1, side 253].

1.2.4 4.niveau: Endeligt projektoverslag - beslutningsoverslag, usikkerhed $\pm 10\%$

Enhedsudgiftsmetoden

Dette er det nærmeste man kommer et præcist prisoverslag før det endelige tilbudsoverslag. Her beregnes den bundne kapitalinvestering ud fra anskaffelses- og installationsprisen for de enkelte enheder, antallet af ingeniørtimer, installationstimer, design- og tegnetimer.

$$C_{ny} \approx f_F \cdot \left(\sum (E + E_L) + \sum (f_x \cdot M_x + f_y \cdot M_L) + \sum f_e \cdot H_e + \sum f_d \cdot d_n \right)$$

hvor

d_n er antal af tegninger og specifikationer.

E er anskaffelsespris for kemitekniske enheder.

E_L er prisen for installationen af udstyret.

f_e er den specifikke udgift til ingeniørløn per time.

f_d er den specifikke udgift til løn ved specifikationer og tegning per konstruktionsenhed.

f_x er den specifikke udgift per enhed, eksempelvis pris per meter rustfritstålør.

H_e er antal ingeniørtimer.

Enhedsudgiftsmetoden er meget præcis, men kræver udover et godt kendskab til den virksomhed der skal anlægges også en detaljeret viden om den projekterende virksomheds arbejdsgang og kan derfor kun benyttes, hvis man har tidligere erfaringer med den projekterende virksomhed.

1.2.5 5.niveau: Detaljeret overslag - tilbudsoverslag, usikkerhed $\pm 5\%$

Det detaljerede overslag benytter forhandlede anskaffelses og leveringspriser fra leverandører, kendte, præcise lønninger fra fagforeninger, konstruktions- og anlægsudgifter anslået på baggrund af undersøgelse af opførelsesstedets jordbundsegenskaber samt allerede kendte udgifter til projektering. Metoden til dette overslag er egentlig magen til enhedsudgiftsmetoden, men bygger på flere og mere nøjagtige data. Derfor benyttes metoden først, når man vil byde ved licitationen af opgaven eller har bestemt sig for at opføre anlægget.

1.3 Metoder til estimering af anskaffelsespris

Som det fremgår af de ovenstående metoder til bestemmelse af en kemisk virksomheds rentabilitet og den bundne kapitalinvestering, afhænger disse estimater af anskaffelsesprisen på de kemitekniske enheder. Prisen på de enkelte enheder kan naturligvis fås ved at kontakte leverandører af de enkelte enheder, men dette kan, især for større anlægs vedkommende, være en ganske tidskrævende fremgangsmåde. Især i starten af et projekteringsforløb, hvor de enkelte enheder endnu ikke er endeligt dimensioneret, kan det være svært at få leverandører til at angive priser på enheder. I stedet kan man benytte sig af sammenhænge mellem pris, enhedens kapacitet og konstruktionsmateriale.

Dette sammenfattes ofte i en formel af typen:

$$E_{ny} \approx E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} \cdot \frac{f_{materiale\ ny}}{f_{materiale\ gammel}}$$

hvor

$f_{materiale\ gammel}$ er en materialekonstant, der afhænger af konstruktionsmaterialet for den gamle enhed.

$f_{materiale\ ny}$ er en materialekonstant, der afhænger af konstruktionsmaterialet for den nye enhed.

Værdier for materialekonstanterne kan findes i [4, side 181].

Er den enhed, for hvilken man kender prisen, ikke af samme kapacitet som den enhed man skal benytte, kan man estimere forskellen i prisen ud fra:

$$E_{ny} \approx E_{gammel} \cdot \frac{M\&S_{ny}}{M\&S_{gammel}} \cdot \frac{f_{materiale\ ny}}{f_{materiale\ gammel}} \cdot \left(\frac{\text{kapacitet af ny}}{\text{kapacitet af gammel}} \right)^{\text{eksponent}}$$

hvor eksponenten for en række enheder kan findes i [1, side 243]. Hvis man ikke kan finde en eksponent for den pågældende enhed, kan 0,6 bruges som et første estimat.

En mere præcis sammenhæng mellem kapacitet og pris for den enkelte enhed, findes ved at benytte de diagrammer som Peters og Timmerhaus har fremstillet for en lang række kemiteknisk udstyr. Disse findes i [1, kapitel 11, 13, 14, 15 og appendix B].

1.4 Sikkerhedsfaktorer ved opskalering af kemisk produktionsudstyr

Ofte er kapacitetsfaktoren for den enkelte enhed en af de dimensionerende designvariable. Eksempelvis hedepladeareal for varmevekslere, rørdiameter for rør eller volumenstrøm leveret for pumper. Disse størrelser findes ofte ud fra ret idealiserede dimensioneringsberegninger og/eller ud fra pilotforsøg i mindre skala. Ud fra disse forsøg dimensionerer man så sit endelige anlæg. For at råde bod på den usikkerhed, der trods alt ligger i opskaleringen af udstyret, benytter man en hvis sikkerhedsmargin i sit design, man overdimensionerer. En ofte benytte overdimensio-

nering er på 25% for den dimensionerende designvariabel, men mere præcise overdimensioneringsfaktorer er vist i tabel 1.1 sammen med anbefalede maksimalværdier for fuldskala til pilotskala forhold.

Table 1.1 Faktorer til brug ved opskalering af kemiteknisk procesudstyr. Efter [1, side 82-83].

Procesenhed	Pilotforsøg nødvendigt?	Hoveddriftvariabel	Dimensionerende designvariabel	Maksimal opskalering Fuldskala:pilotskala	Overdimensioneringsfaktor i %
Batch reaktor	Ja	Reaktionshastighed Ligevægtsomsætning	Volumen Opholdstid	>100:1	20
Blandere	Nej	Arbejdsprincip Geometri	Volumenstrøm Energi leveret til blanding	>100:1 20:1	20
Centrifugalpumper	Nej	Løftehøjde	Volumenstrøm Energi leveret til pumpemedie Skovldiameter	>100:1 >100:1 10:1	10
Centrifuger	Ja	Tømningsforhold	Volumenstrøm Energiforbrug	10:1 10:1	20
Cykloner	Nej	Partikelstørrelse	Volumenstrøm Cyclondiameter	10:1 3:1	10
Ekstruder med skue	Nej	Forskydningspænding i medie	Volumenstrøm Energi tilført medie	100:1 100:1	20 10
Fordampere (kedler)	Nej	Temperatur Væskeviskositet	Volumenstrøm Hedefladeareal	>100:1 >100:1	15
Forstøvningstørre	Nej	Fordampningsvarme Temperatur	Volumenstrøm Højde til diameter forhold	70:1 12:1	20
Fældebassin (Faldkammer)	Nej	Faldhastighed	Volumen Opholdstid	>100:1	15
Gennemstrømningsreaktorer	Ja	Reaktionshastighed Ligevægtsomsætning	Volumenstrøm Kontaktid	>100:1	20
Hammermøller	Ja	Partikelreduktionsforhold	Volumenstrøm Energiforbrug ved knusning	60:1 60:1	20

Tabel 1.1 Faktorer til brug ved opskalering af kemiteknisk procesudstyr (fortsat fra side 7). Efter [1, side 82-83].

Procesenhed	Pilotforsøg nødvendigt?	Hoveddriftvariabel	Dimensionerende designvariabel	Maksimale opskalering Fuldskala:pilotskala	Overdimensioneringsfaktor i %
Inddampere	Nej	Fordampningsvarme Temperatur	Volumenstrøm Hedefladeareal	>100:1 >100:1	15
Kolonner med adskilte bunde	Nej	Ligevægtsdata Tilsyneladende gashastighed	Volumenstrøm Kolonnediameter	>100:1 10:1	15
Køletårne	Nej	Luftfugtighed Temperaturfald	Volumenstrøm Volumen	>100:1 10:1	15
Omrørt batch krystallisor	Ja	Opløselighed som funktion af temperatur	Hedefladeareal Volumenstrøm	>100:1	20
Pakkede kolonner	Nej	Ligevægtsdata Tilsyneladende gashastighed	Volumenstrøm Højde til diameter forhold	>100:1 10:1	15
Rammefilter	Ja	Filterkage- og filterdugsmodstand	Volumenstrøm Filterareal	>100:1 >100:1	20
Rotationsfilter	Ja	Filterkage- og filterdugsmodstand	Volumenstrøm Filterareal	>100:1 25:1	20
Rørbundtvarmevekslere	Nej	Temperatur Medieviskocitet Termisk ledningsevne	Volumenstrøm Hedefladeareal	>100:1 >100:1	15
Skrubberkolonne	Nej	Gasopløselighed	Volumenstrøm Energiforbrug	10:1	20
Skruefremfører	Nej	Rumvægt af medie	Volumenstrøm Diameter Energiforbrug	90:1 8:1	20
Stempelkompressor	Nej	Kompressionsforhold	Volumenstrøm Energi leveret til medie Slaglængde for stempel	>100:1 >100:1 >100:1	10

1.5 Litteraturliste

- [1] M.S.Peters; K.D. Timmerhaus; R.E. West *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5.udgave; McGraw-Hill, Inc: Singapore 2003.
- [2] J.M. Douglas *Conceptual Design of Chemical Processes* McGraw-Hill, Inc: Singapore 1988
- [3] *Chemical Engineering* bind 110 (6), 2003.
- [4] M.S.Peters, K.D. Timmerhaus *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4.udgave; McGraw-Hill, Inc: Singapore 1991.

1.6 Symbolliste

- A er ekstra udgifter i forbindelse med brug af specialmaterialer ved de enkelte enheder.
- C_{gammel} er bunden kapitalinvestering i den gamle virksomhed.
- C_{ny} er den nødvendige ny bundne kapitalinvestering
- c_{gammel} er bunden kapitalinvestering per ton produceret per år.
- d_n er antal af tegninger og specifikationer.
- E er anskaffelsespris for kemitekniske enheder.
- E_{gammel} er anskaffelsesprisen for de kemitekniske enheder til et givet tidspunkt
- E_i er anskaffelsesprisen for allerede eksisterende kemitekniske enheder.
- E_L er udgifter til arbejde ved installation af de kemitekniske enheder til et givent tidspunkt på et givent sted.
- e er den totale udgift til varmevekslere.
- e_L er arbejdskraft effektivitetsindexforholdet mellem ny og gammel lokalitet.
- f_e er den specifikke udgift til ingeniørløn per time.
- f_d er den specifikke udgift til løn ved specifikationer og tegning per konstruktionsenhed.
- f_E er forholdet mellem M&S(ny) og M&S(gammel) for prisen på de kemitekniske enheder
- f_F er udgiftsfaktoren for udført arbejde på stedet
- f_i Index for indirekte udgifter, typisk 1,4
- f_L er lønningsudgiftsindexforholdet mellem ny og gammelt sted i forhold til E_L og M_L
- f_{Lange} er Langes faktor
- $f_{\text{materiale gammel}}$ er en materiale konstant, der afhænger af konstruktionsmaterialet for den gamle enhed.
- $f_{\text{materiale ny}}$ er en materiale konstant, der afhænger af konstruktionsmaterialet for den nye enhed.
- f_m er udgiftsfaktoren for tilbehør så som isoleringsmateriale, fundamenter, stålstrukturer, bygninger, maling, elektriske installationer.
- f_p er udgiftsfaktoren til rør.
- f_v er udgifter til fremstilling af udstyr på byggepladsen.
- f_x er den specifikke udgift per enhed, eksempelvis pris per meter rustfritstålrør.
- f_y er lønningsudgifter per mandetime for specifikke konstruktionsenheder, såsom rør.
- f_1, f_2, f_3, \dots er udgiftsfaktorer til elektricitet, rørføring, instrumentering etc.
- H_e er antal ingeniørtimer.
- I samlede indirekte udgifter ved tidligere virksomhedsopførelse.
- M_L Arbejdstimeforbrug på specifikke konstruktionsenheder, såsom rør.
- $M\&S_{\text{gammel}}$ er Marshall og Swift prisindex for det år c_{gammel} er bestemt.
- $M\&S_{\text{ny}}$ er Marshall og Swift prisindex for det år virksomheden skal bygges
- \dot{m} er ton produkt produceret per år
- P er den totale udgift til pumper samt motorer.
- R er ny produktions kapacitet divideret med gammel produktionskapacitet
- r_{oms} er omsætningsratio
- s_{ar} er årlig omsætning
- t er den totale udgift til tårnsvøb, såsom destillationskolonner og absorptionskolonner.
- x er en eksponent, der afhænger af virksomhedstypen