

# **Engineering als functie bij het ontwerpen en de bouw van chemische projecten**

1.	Inleiding	A2010- 3
2.	Engineering in het algemeen	A2010- 3
3.	Fasen in de engineerings-activiteiten	A2010- 4
3.1.	De haalbaarheidsstudie	A2010- 4
3.2.	Het voorproject	A2010- 5
3.3.	De detail-engineering	A2010- 6
3.4.	De bouw- en uitvoeringsfase	A2010- 8
4.	Literatuur	A2010- 9
5.	Schematische weergave van de engineerings- fasen en activiteiten	A2010-10



## **1. Inleiding**

Webci (werkgroep binnen DACE) besloot indertijd een studie te maken inzake de inhoud van het begrip „engineering”, zoals dit bij het ontwerpen en de bouw van chemische fabrieken en daarmee overeenkomende installaties gehanteerd wordt.

Daarbij zouden dan de aan de onderscheiden onderdelen van de engineering-activiteiten verbonden kosten, in het juiste daglicht gesteld kunnen worden. Ook zou daardoor meer eenheid in de met engineering verbonden begrippen ontstaan.

Het blijkt nu dat, zeker gedurende de laatste 20 jaar, de hoeveelheid werkzaamheden die men onder het begrip engineering laat vallen, voortdurend is toegenomen.

Deze bijdrage wil meer inzicht verschaffen aan alle partijen die zich met het zo gespecialiseerde vak van ontwerpen en bouwen van fabrieken en installaties bezig houden, dan wel uit hoofde van hun taak daarmee in aanraking komen.

Alhoewel dit artikel tot stand is gekomen, gebaseerd op de praktijk bij chemische projecten, is het voor een groot aantal aspecten ook van toepassing op een veel ruimer gebied.

## **2. Engineering in het algemeen**

Het doel van dit hoofdstuk is de inhoud van het begrip engineering, zoals dit bij de bouw van fabrieken en installaties wordt gehanteerd, nauwkeuriger te definiëren.

Engineering is al lang niet meer de exclusieve taak van de technicus die na het gereedkomen van zijn ontwerp hoogstens nog de inkoopafdeling raadpleegde bij het bestellen van de door hem uitgekozen apparatuur en onderdelen.

Onder druk van de toenemende concurrentie moest worden gestreefd naar rationelere ontwerp- en bouwmethoden, hogere kwaliteiten en steeds kortere bouw tijden.

Dit leidde tot de inschakeling van ook andere dan puur technische disciplines en het invoeren van geavanceerde organisatie-technieken en hulpmiddelen.

Project management, procurement, cost engineering en computer deden hun intrede en deze ontwikkeling zet zich voort. Zo is gezien de zeer grote zowel zakelijke als sociale belangen die op het spel staan, dikwijls ook juridische bijstand vereist, alsmede kennis van milieutechniek en inzicht in het vergunningenbeleid.

Het is duidelijk, dat deze uitbreiding van de engineeringactiviteiten

**A2010-4** Engineering als functie bij het ontwerpen  
en de bouw van chemische projecten

een stijging van de kosten van het gehele engineeringspakket heeft veroorzaakt, nog afgezien van de relatief sterke loonstijgingen in de jaren zeventig, die ondanks de verbeterde efficiëntie de kosten van de engineering als percentage van de investeringen eveneens opwaarts stuwden.

Hoe beter het engineeringsteam zijn werk doet, des te hoger zal het rendement uitvallen, alhoewel daardoor het percentage ten opzichte van de totale investeringen in de regel zal stijgen. Een en ander hangt sterk samen met het soort project en de omvang daarvan.

### **3. Fasen in de engineerings-activiteiten**

#### *3.1. De haalbaarheidsstudie*

Alvorens een onderneming besluit tot het bouwen van een productie-eenheid, een dienstgebouw of enig ander investeringsobject, zijn daar een aantal activiteiten aan voorafgegaan.

In het navolgende wordt er van uitgegaan dat onderstaande onderzoeken hebben plaatsgevonden en tot een positieve beslissing hebben geleid, namelijk:

- een marktonderzoek naar behoefte en prijs;
- financiering van het project, vaak als onderdeel van het financieringspakket;
- beschikbaarheid/verkrijgbaarheid van de vereiste proces know-how;
- overheidsgoedkeuring: geen onoverkomelijke bezwaren te verwachten.

Deze onderzoeken en de daaruit voortvloeiende beslissingen maken een wezenlijk deel uit van het ondernemerschap en behoren derhalve niet tot de eigenlijke engineering.

Nagegaan dient te worden welke alternatieve vestigingsplaatsen en uitvoeringswijzen tot de mogelijkheden behoren en welke de aan elk alternatief verbonden consequenties zijn ten aanzien van:

- de klimatologische omstandigheden;
- de bodemgesteldheid in verband met fundatie-eisen;
- de beschikbaarheid en kosten van grond- en hulpstoffen en de verwerking van afvalstoffen;
- de conceptie van aan- en afvoersystemen, wegen, kanalen, spoor aansluiting en havenfaciliteiten;
- het subsidiebeleid van de overheid;
- de beschikbaarheid van voldoende personeel;
- de aanwezigheid van toeleverings- en servicebedrijven;

- de eisen van de overheid inzake veiligheid en milieu;
- de optimalisering en de rentabiliteit;
- de (overige) technische aspecten;
- het bouwtempo.

(Vaak zijn dit voor het merendeel zaken die de klant/eigenaar behandelt.)

Na kennisneming van de proces know-how en het evalueren van deze gegevens tot waarden passend bij de gekozen productiecapaciteit zal, in samenwerking met de opdrachtgevende onderneming, een zo volledig mogelijk programma van eisen moeten worden opgesteld dat alle uitgangspunten voor het verdere ontwerp dient te bevatten.

Ook dienen eisen te worden opgenomen ten aanzien van:

- de productiecapaciteit en de eventueel in te bouwen overcapaciteit zowel voor de productie-eenheden als voor de utilities;
- uitbreidingsmogelijkheden;
- kwaliteit van het eindproduct;
- voorkeur grondstoffen;
- proces en routing;
- automatisering versus handbediening;
- milieu- en veiligheidsaspecten;
- verzekeringen en risico's;
- magazijnen en materiaalhantering (opslag en verlading);
- bijbehorende dienstgebouwen en de inrichting daarvan;
- situering, aan- en afvoerwegen, los- en laadmogelijkheden;
- technische normen, standaards.

Een onvolledig programma van eisen leidt tot onzekerheden bij het ontwerpen en de bouw en tot onvoorziene kosten achteraf. Een proceshandboek alleen is niet voldoende.

Vanuit de gegevens vastgelegd in het proceshandboek en het programma van eisen, kan worden gestart met de engineering in engere zin.

### *3.2. Het voorproject*

Indien de resultaten van de haalbaarheidsstudie positief uitvallen, is het wenselijk om met een zogenaamd voorproject door te gaan. De hieraan verbonden kosten zijn betrekkelijk laag, terwijl meer inzicht wordt verkregen in de uiteindelijke investerings- en exploitatiekosten. In deze fase moeten alle eisen verder worden uitgediept en zo nauwkeurig mogelijk worden vastgelegd om een eenduidig startpunt te hebben voor de latere detail-engineering.

**A2010-6** Engineering als functie bij het ontwerpen  
en de bouw van chemische projecten

Gelijktijdig kan worden nagegaan of alle bij de haalbaarheidsstudie gedane aannamen reëel waren.

Tot het voorproject behoren:

- het, indien nodig, evalueren van het proces, bijvoorbeeld om aanpassing te verkrijgen aan de gewenste productiecapaciteit of aan de marktvrage;
- materiaal- en energiebalans(en);
- voorlopige specificaties van de apparatuur;
- het P en I-diagram, waarop alle noodzakelijke technische gegevens zijn vermeld ten behoeve van de latere detail-engineering;
- specificaties van utilities;
- een voorlopige opstellingstekening (lay-out);
- voorlopige gebouwspecificaties.

Tot het voorproject behoren ook de nodige voorbesprekingen met autoriteiten aangaande vergunningen, lozingseisen, milieu-eisen, brand- en explosieveilgheid, Hinderwet, Drukvalenbesluit, Stoomwet, elektriciteit-, gas- en waterleveranties en zo nodig het vergelijken van alternatieve uitvoeringsvormen.

Het voorproject wordt afgesloten met een gedetailleerde begroting, een globale termijnplanning en een herziene rentabiliteits- en economische haalbaarheidsberekening, op basis waarvan de opdrachtgever zijn eindbeslissing kan nemen.

Indien deze beslissing resulteert in een opdracht dat het project in een al dan niet gemodificeerde vorm kan worden voortgezet, kan men het voorproject de status geven van een taakstellend document voor de verdere engineering en bouw. De begroting wordt, na autorisatie door de opdrachtgever/directie, tot budget verheven en kan daardoor bij verdere uitwerking een kostenbewakende functie krijgen.

### *3.3. De detail-engineering*

De detail-engineering is in zijn verdere uitwerking en vorm afhankelijk van de wijze waarop wordt aanbesteed en aan wie wordt gegund.

Tot de detail-engineering behoren:

- het ontwerpen van apparatuur voor zover geen handelsartikel of standaard-uitvoering (kolommen, warmtewisselaars, drukvalen, en dergelijke) en het optimaliseren hiervan;
- het selecteren van de verdere apparatuur;
- het in tekening brengen van de complete opstelling met alle bijbehorende leidingen, ondersteuning, appendages, instrumenten en dergelijke;
- het ontwerpen en detailleren van de gebouwen, fundaties, wegen, riolering en dergelijke;

- het uitwerken van de hulpsystemen voor stoom, druklucht, koeling, en dergelijke.

Deze detaillering kan ook geheel of gedeeltelijk aan de leverancier of aannemer worden overgelaten. Voor- en nadelen daarvan en de prijsconsequenties worden later besproken.

Het gebruik van schaalmodellen neemt steeds meer toe. Men kent werk-, show- en instructiemodellen.

In de engineeringactiviteit is het werkmodel het belangrijkste. Het kan dienen om een zo gunstig mogelijke opstelling van de apparaten aanschouwelijk te maken.

Daarbij blijkt dikwijls dat met een kleiner gebouw kan worden volstaan of dat een qua procesafloop gunstiger bouwvorm ontstaat. Bij zeer complex leidingwerk worden onmogelijke trajecten voorkomen, wordt een overzichtelijke leidingloop bevorderd en op tekenuren bespaard door de aanschouwelijkheid.

In geval van ingewikkeld leidingwerk, speciale materialen of behandelingen en ter verkorting van de montagetijd, wordt het leidingwerk vaak geprefabriceerd.

De details van de leidingen worden dan vastgelegd in isometrische tekeningen die bijdragen aan een meer efficiënte aanmaak in de pijpenwerkplaats, met als resultaat een lagere prijs.

Bij zeer complexe installaties loont het soms om een andere werkwijze toe te passen, namelijk eerst een schaalmodel bouwen en daarna isometrics tekenen die dan rechtstreeks uit het model worden opgemeten.

Het is echter een misverstand te menen dat het tekenwerk geheel achterwege gelaten zou kunnen worden.

Voor het kleinere leidingwerk kunnen dikwijls schetsen volstaan. Het showmodel dient vaak om functionarissen van de opdrachtgever een duidelijk beeld te geven van de conceptie en is als zodanig van wezenlijk nut in de aanvang van het ontwerpstadium of gedurende het voorproject.

Het instructiemodel legt de nadruk op de plaats en de bereikbaarheid van de bedieningsorganen en verleent daarmee een bijdrage in de instructie van het bedienend personeel. Ook vereenvoudigt het de communicatie in de opstartperiode van een installatie.

Een nieuwe ontwikkeling is: computer aided design.

Terstond nadat de specificaties van de belangrijkste apparaten gereed zijn, moet – voornamelijk in verband met de mogelijk lange leveringstijden – de inkoopprocedure op gang worden gebracht volgens de gedetailleerde planning.

Naast een optimale dimensionering van apparatuur, leidingwerk en

**A2010-8** Engineering als functie bij het ontwerpen  
en de bouw van chemische projecten

dergelijke, is een rationele werkwijze van de inkoopafdeling van groot belang.

*3.4. De bouw- en uitvoeringsfase*

Bij de eigenlijke bouw en de montage is een grondige organisatie van minstens even groot belang als tijdens de voorbereidingstijd. Verscheidene aannemers en leveranciers moeten gelijktijdig en soms op dezelfde plaats hun werk verrichten, waarbij hun belangen kunnen botsen.

Niet alleen is toezicht nodig op de goede kwaliteit van de uitvoering, maar ook moet worden gelet op een harmonische samenwerking, en in voorkomende gevallen moet regelend worden opgetreden.

Tijdige aanvoer van de benodigde materialen en het bijtijds beschikbaar hebben van mankracht, is noodzakelijk om binnen de geplande uitvoeringstermijnen te blijven.

De meer- en minderwerken met de daarbij behorende administratieve besommeringen en de fiattering van de door de opdrachtgever te verrichten termijnbetalingen, vereisen een doeltreffende organisatie om te voorkomen dat zich achteraf moeilijkheden over betalingen voordoen.

Slechts ervaren opzichters zijn in staat de complexe werkzaamheden zonder ernstige wrijvingen te laten verlopen en de opdoemende moeilijkheden tijdig te voorzien en te voorkomen.

In twijfelgevallen raadplegen zij de betrokken vakspecialist over de juiste uitvoering en/of de uitleg van het bestek.

De organisatie op de bouwplaats omvat ook een magazijndienst, een bouwplaatsadministratie en doorgaans een bewakingsdienst. Zodra de vergunningen zijn verkregen of toegezegd, kan met de bouw worden gestart.

Aangevangen wordt met:

- het bouwrijp maken van het terrein, ophogen en ontwateren;
- het uitzetten van gebouwen en wegen;
- het ontgraven, afrasteren, aanleggen van (voorlopige) wegen, heien en aanleggen van riolen;
- het stellen en storten van fundaties, kelders en putten.

In de regel kan met deze activiteiten al in een vroeg stadium worden gestart, zeker voor civiele werken, welke zeer wel in delen kunnen worden uitgegeven.

Het is in geen geval nodig te wachten tot de detail-engineering geheel gereed is.

Hier komt bijvoorbeeld het grote organisatorische voordeel naar voren van de toepassing van staal in plaats van beton als skelet voor



gebouwen, niet alleen door meer prefabricagemogelijkheden maar ook omdat latere wijzigingen eenvoudiger kunnen worden ingepast. Als in een verder stadium delen van de installatie gereed zijn, dan heeft het engineeringsteam de taak deze te beproeven en zo nodig te onderzoeken of deze delen voldoen aan de in het bestek of de specificatie gestelde eisen.

Bij afwijkingen worden door de keurende beambte protocollen opgesteld, welke kunnen dienen bij (latere) onderhandelingen met de leverancier/aannemer.

Het samenstellen van documenten over apparatuur met bedrijfs- en onderhoudsvorschriften (de zogenaamde „mechanical catalogue”), is eveneens een engineeringactiviteit in dit stadium.

Het opstarten van een complexe installatie, dikwijls deelsgewijs, vraagt een zorgvuldige voorbereiding en planning, terwijl het inregelen grote ervaring en praktische kennis vereist.

Een goed toegerust engineeringbureau heeft hiervoor specialisten ter beschikking.

Wanneer een installatie eenmaal volledig in bedrijf is, kunnen – ondanks goede engineering en uitvoering – toch nog onvolkomenheden aan het licht komen.

Het is dan de taak van de „trouble shooters” om deze te verhelpen. Hiervoor is een zekere specifieke ervaring nodig en moet naast de eigen vakkennis worden beschikt over inzicht en begrip omtrent de samenhang met andere delen van het proces en de installatie.

Op gezette tijden worden kostenverslagen en voortgangsrapporten opgesteld en ook programma- en montagebesprekingen gevoerd. Tot zover een omschrijving van de taak die door het engineeringsteam moet worden vervuld, welke schematisch is weergegeven op pag. A2010-10.

#### **4. Literatuur**

Bron: *Engineering as a Function in the Design and Construction of Chemical Plants*.  
Bootsma, H. *Transactions of the International Symposium Cost Engineering*,  
Utrecht, 1975.

**A2010-10** Engineering als functie bij het ontwerpen en de bouw van chemische projecten

**5. Schematische weergave van de engineeringfasen en activiteiten**

0838-0364

