

VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL

Ontwerpmethodologie

4WE, 4TT, 4LR, 2.2LR, 2.2WB, 3.2LR

Prof. S. Vanlanduit



Vrije Universiteit Brussel

Hoofdstuk 3

Project management

3.1 Definities

Ontwerpprojecten en projecten in het algemeen worden meestal geïmplementeerd om het strategisch plan van een organisatie te verwezenlijken. Volgende kenmerken zijn onderscheidend voor 'projecten' (in tegenstelling tot het begrip 'operaties') :

- Ze worden uitgevoerd door mensen.
- Ze zijn beperkt door gelimiteerde resources.
- Ze worden gepland, uitgevoerd en gecontroleerd.
- Projecten vereisen het ontwikkelen van iets nieuws (uniek).
- Een progressieve uitwerking.

Projectmanagement is het toepassen van kennis, vaardigheden, hulpmiddelen en technieken op projectactiviteiten om de projecteisen te volbrengen. Projectmanagement wordt uitgevoerd m.b.v. processen als: initiëring, planning, uitvoering, controleren en afsluiten. Het is belangrijk op te merken dat veel van de processen in het projectmanagement van nature iteratief zijn: hoe meer geweten is rond een project hoe beter het kan geleid worden.

Toepassingsgebieden zijn categorieën van projecten die gemeenschappelijke elementen hebben. Deze kunnen gedefinieerd worden in functie van:

- Functionele departementen (juridisch, productie, marketing, personeel, logistiek).
- Technische elementen (software, farmacie, bouw, etc.).

- Management specialisaties (overheidscontracten, gemeenschapsontwikkelingen, nieuwe productontwikkeling).
- Industrie groepen (automobielsector, chemische nijverheid, etc.).

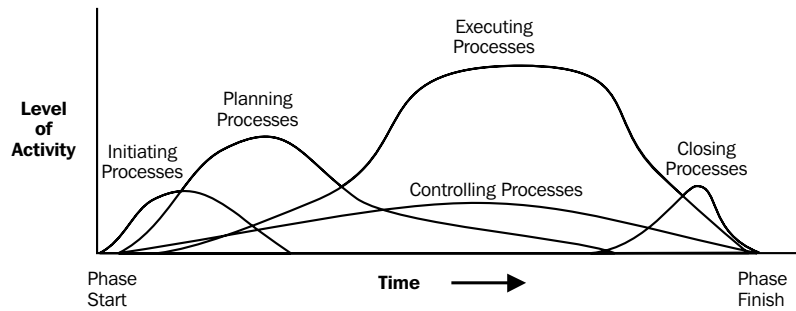
Het project is gerelateerd tot andere types van activiteiten: een 'programma' is een groep van projecten die op een gecoördineerde manier geleid worden om voordelen te bekomen die niet bereikt kunnen worden door de individuele project management. Projecten worden geregeld opgedeeld in 'deelprojecten' die gemakkelijker te leiden zijn. Deze deelprojecten worden vaak uitbesteed aan externe bedrijven of aan een ander functionele eenheid in het bedrijf. 'Project portofolio management' duidt de selectie en ondersteuning van project- of programmainvesteringen aan. Deze investeringen zijn ingegeven door het strategisch plan van het bedrijf en de beschikbare resources.

Een project bestaat uit een reeks geïnterlinkte processen (waarbij een 'proces' een reeks acties is die een resultaat bewerkstelligen). Deze processen worden uitgevoerd door mensen en kunnen onderverdeeld worden in twee categorieën:

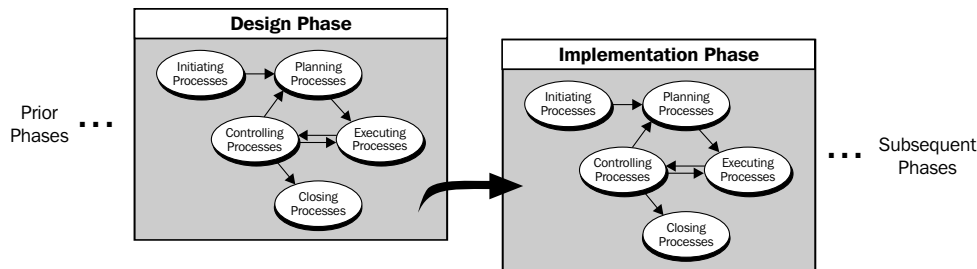
- Project management processen (ze beschrijven, organiseren en vervolledigen het werk van een project).
- Product-georiënteerde processen die het product van het project specificeren en creëren.

Project management processen kunnen gecatalogeerd worden in vijf groepen, die verdeeld zijn binnen een fase en interageren tussen de fasen van het project (zie Figuren 3.1 en 3.2):

- Initiërende processen (autorisatie)
- Planning processen (definiëren en verfijnen van objectieven en selecteren van alternatieven).
- Uitvoerende processen (coördinatie van resources).
- Controle processen (verzekeren dat de objectieven beoogt worden).
- Afsluitende processen (formaliseren van het aanvaarden van het project of een fase)



Figuur 3.1: Verdeling van de verschillende proces groepen tijdens een fase het project.



Figuur 3.2: Interactie van de verschillende processen tijdens het project.

3.2 De projectomgeving en de project fasen

Omdat projecten unieke realisaties zijn houden ze een grote mate van onzekerheid in. Om de management controle te bevorderen en om links met lopende operaties te voorzien worden projecten opgedeeld in verschillende fasen die tesamen de 'project life cycle' worden genoemd. Elke fase in het project wordt gemarkeerd door één of meerdere 'deliverables' (i.e. een tasbaar en verifieerbaar resultaat zoals een haalbaarheidsstudie, een detail ontwerp, een werkend prototype, etc.). De deliverables, en dus ook de fasen, zijn een onderdeel van een sequentiële logica die de degelijke definitie van het product van het project moeten verzekeren. De 'conclusie' van een project fase wordt bepaald door een review van zowel deliverables en huidige project informatie om te beslissen of: (a) het project naar zijn volgende fase kan gaan, (b) het kost en tijds effectief detecteren en verbeteren van fouten. Deze conclusie reviews worden vaak 'fase uitgangen', of 'kill points' genoemd.

De sequentie van fasen gedefinieerd in meeste project life cycles houden

meestel een vorm van technologie transfer in (vb. eisen voor het ontwerp). Deliverables van de voorafgaande fase worden gewoonlijk goedgekeurd vooraleer het werk van de volgende fase begint. Soms begint een opvolgende fase echter vooraleer de voorgaande is afgerond (voornamelijk wanneer het risico aanvaardbaar is). Deze praktijk wordt 'fast tracking' genoemd. De project life cycles definiëren in het algemeen:

- Welk technisch werk moet gedaan worden in elke fase.
- Wie betrokken is in elke fase.

De project 'belanghebbenden' (*Eng.: stakeholders*) zijn individuen en organisaties die actief betrokken zijn bij het project of wiens interesse beïnvloed wordt door het resultaat van de project voltooiing of uitvoering (ze kunnen vaak ook invloed uitoefenen op het project en zijn resultaten). De identificatie van belanghebbenden is vaak zeer moeilijk. Sleutelpersonen onder de belanghebbenden zijn:

- Project managers
- Klanten (eventueel verschillende lagen klanten)
- Uitvoerende organisatie.
- Project team leden.
- Sponsors (intern of extern)

Het voldoen aan de verwachtingen van de belanghebbenden is meestal moeilijk gezien ze verschillende objectieven kunnen hebben die vaak in conflict komen .

De project manager moet voldoen aan een aantal algemene management voorwaarden:

- Leidingnemend (een richting aangeven, motiveren en inspireren)
- Communiceren
- Onderhandelen
- Problem solving (problem definitie en beslissingen nemen)
- Invloed in de organisatie

Verder bestaan er nog een aantal sociaal-economische invloedsfactoren van het project:

- Standaarden (niet-verplichtend) en regelgeving (verplichtend).
- Internationalisatie
- Kulturele invloeden
- Sociaal-economische en milieu impact van het project

Men kan de project management processen onderverdelen in de onderstaande soorten processen die uitvoerig besproken worden in wat volgt :

- Integratie management
- Draagwijdte management
- Tijdsmanagement
- Kost management
- Project kwaliteit
- Human resources
- Project communicatie
- Risico management
- Aanwinst management

3.3 Project integratie management

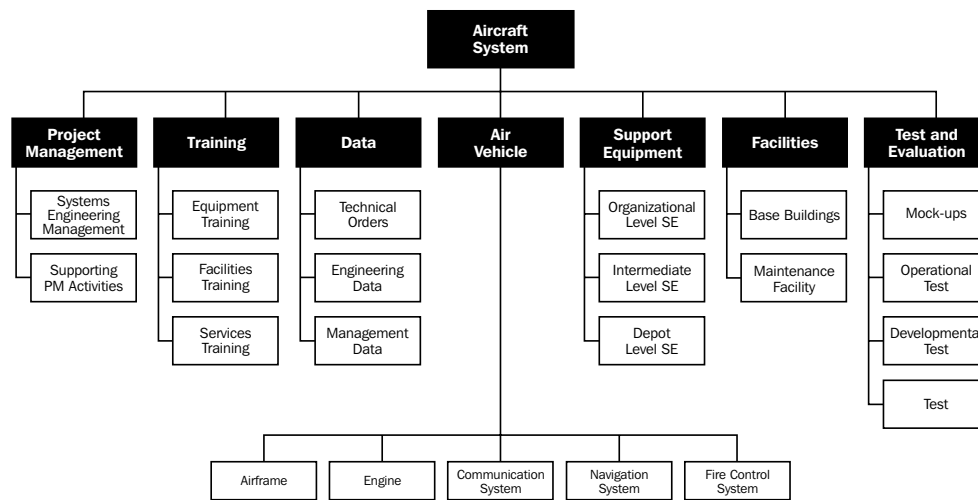
Project integratie management (*Eng.: project integration management*) behelst de processen die nodig zijn voor een goede coördinatie. Dit houdt in dat afwegingen tussen concurrerende objectieven en alternatieven moeten gemaakt worden. Volgende processen zijn voornamelijk integrerend :

- Project plan ontwikkeling (coördineren van alle project plans tot een consistent, coherent document).
- Project plan uitvoering (verwezenlijken van activiteiten in het project plan).
- Geïntegreerde wijzigingen controle (coördinatie van veranderingen over het volledige project).

3.4 Project draagwijdte management

De project draagwijdte is het werk dat moet geleverd worden om een product met gespecificeerde functies en kenmerken af te leveren. Project draagwijdte management (*Eng.: project scope management*) bevat de processen die verzekeren dat alle vereiste werk (maar niet meer) vervat is in het project. Hierin wordt duidelijk gedefinieerd en gecontroleerd wat wel en niet in het project vervat is. De volgende processen zijn vervat in het project draagwijdte management.

Een van de tools die gebruikt worden tijdens de draagwijdte definitie fase is de zogenaamde 'Work Breakdown Structure Template (WBS)'. Een WBS is een deliverable georiënteerde groepering van project componenten die de totale rijkwijdte van het project organiseert en definieert (werk buiten de WBS is buiten het bestek van het project). Elk dalend niveau in een WBS vertegenwoordigt een meer gedetailleerde beschrijving van de project deliverables. De items op het laagste niveau worden 'work packages' genoemd. Een voorbeeld van een WBS voor een militair defensie project is gegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3: Voorbeeld van een WBS template voor een militair project.

3.5 Project tijdsmanagement

Project tijdsmanagement omvat de processen die vereist zijn om tijdige beëindiging van het project te verzekeren. Volgende processen kunnen onderscheiden

worden:

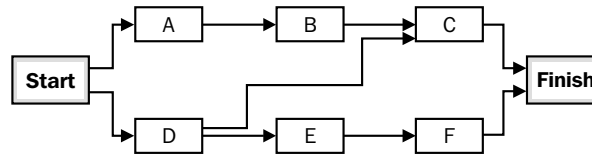
- Activiteiten definitie (identificeren van de specifieke activiteiten die moeten uitgevoerd worden om de verschillende deliverables te produceren).
- Activiteiten opeenvolging (identificeren en documenteren van de interactieve afhankelijkheden).
- Activiteitsduur schatting (estimatie van het aantal werkperiodes die nodig zijn om de individuele activiteiten te vervolledigen).
- Tijdsschema controle (controleren van de veranderingen in het tijdsschema van het project).

Tijdens activiteiten definitie processen in het project tijdsmanagement worden volgende tools gebruikt: 'Precedence Diagramming Method (PDM)' (ook vaak 'activity-on-node (AON) genoemd'), 'Arrow diagramming method (ADM)' (ofwel 'activity- on-arrow (AOA)').

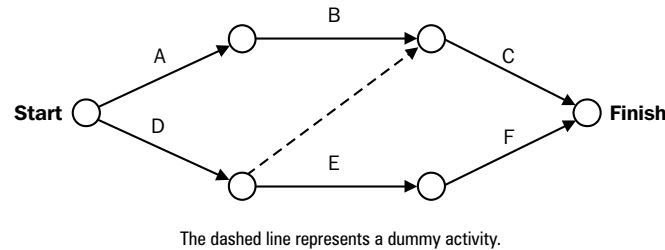
In de PDM methode wordt een logisch project netwerk diagram geconstrueerd bestaande uit rechthoeken (die de activiteiten voorstellen) die verbonden worden door pijlen die de afhankelijkheden aantonen (een eenvoudig voorbeeld is gegeven in Figuur 3.4). De PDM methode wordt gebruikt in de meeste management software pakketten. Vier types van afhankelijkheden worden geïllustreerd:

- Finish-to-start (de initiatie van het werk van de opvolger is afhankelijk van de vervollediging van het werk van de voorganger). Dit type wordt het meest gebruikt (alle andere types geven vaak aanleiding tot inconsistenties in projectmanagement software).
- Finish-to-finish (de vervollediging van het werk van de opvolger is afhankelijk van de vervollediging van het werk van de voorganger).
- Start-to-start (de initiatie van het werk van de opvolger is afhankelijk van de initiatie van het werk van de voorganger).
- Start-to-finish (de vervollediging van het werk van de opvolger is afhankelijk van de initiatie van het werk van de voorganger).

Bij de ADM techniek wordt een project netwerk diagram geconstrueerd met behulp van pijlen om de activiteiten weer te geven en knooppunten om hun afhankelijkheden te visualiseren (een eenvoudig voorbeeld is gegeven in Figuur 3.5). ADM gebruikt enkel finish-to-start afhankelijkheden en kan het



Figuur 3.4: Voorbeeld van een PDM.

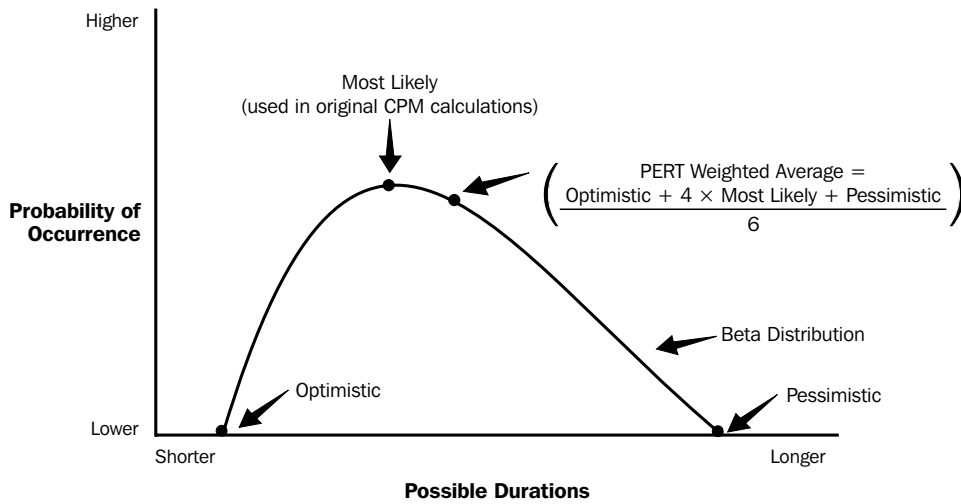


Figuur 3.5: Voorbeeld van een ADM.

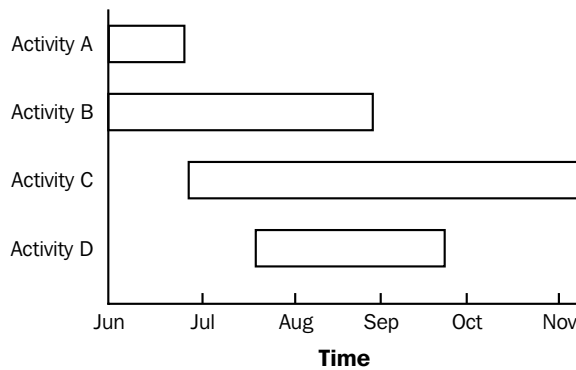
gebruik van dummy activiteiten noodzakelijk maken om alle logische relaties correct te definiëren.

Twee bekende mathematische analyse technieken die gebruik worden tijdens de activiteiten opeenvolging zijn: 'Critical Path Method (CPM)' en de 'Program Evaluation and Review Technique (PERT)'. Deze technieken omvatten het berekenen van vroege en late start- en einddata. De meest gebruikte techniek is de CMP methode: hierbij wordt een enkele deterministische vroege en late start en einddatum berekend voor elke activiteit, gebaseerd op een specifieke, sequentiële netwerk logische en enkele duur schatting. De focus van CPM is het berekenen van de speling om te bepalen welke van de activiteiten het meest flexibiliteit heeft in de opeenvolging. PERT laat de stochastische behandeling van zowel netwerk logica als activiteitsduur schattingen toe (i.e. sommige activiteiten kunnen in het geheel niet uitgevoerd worden, andere slechts gedeeltelijk en nog andere meerdere keren). In de PERT methode wordt een gewogen gemiddelde duur schatting gebruikt om de activiteiten duur te berekenen (het grootste verschil met CPM is het gebruik van het gemiddelde van de verdelingsfunctie in plaats van de meest waarschijnlijke zoals geïllustreerd in Figuur 3.6).

Twee veelvoorkomende outputs van de projecttijd management processen zijn de 'Gantt charts' (zie voorbeeld in Figuur 3.7) en de 'Milestone charts' (zie voorbeeld in Figuur 3.8).



Figuur 3.6: Berekening van de duur van een project met CPM en PERT.



Figuur 3.7: Voorbeeld van een Gantt chart.

3.6 Project kost

Project kost management omvat de processen die nodig zijn om te verzekeren dat een project vervolledigd kan worden binnen het toegekende budget. De belangrijkste processen rond project kost management zijn hieronder gegeven :

- Resource planning: welke middelen (mensen, materieel, materialen, etc.) moeten aangewend worden en tegen welke hoeveelheden?

Current
Date

Event	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
Subcontracts Signed			△▼					
Specifications Finalized				△				
Design Reviewed					△			
Subsystem Tested						△		
First Unit Delivered							△	
Production Plan Completed								△

There are many other acceptable ways to display project information on a milestone chart.

Planned △ Actual ▼

Figuur 3.8: Voorbeeld van een Milestone chart.

- Kost schatting: ontwikkelen van een schatting (benadering) van de kosten van de nodige resources.
- Kost budgettering: allocatie van algemene geschatte kost voor individuele activiteiten.
- Cost controle: beheersen van veranderingen op het project budget.

3.7 Projectkwaliteit

Projectkwaliteitsmanagement houdt die processen in die nodig zijn om te verzekeren dat het project aan de vooropgestelde eisen zal voldoen. Deze zijn vervat in alle activiteiten die de kwaliteitspolicy, de objectieven en de verantwoordelijkheden bevatten. De projectkwaliteitsprocessen worden geïmplementeerd door kwaliteitsplanning, quality assurance en quality control, kwaliteitsverbetering. De belangrijkste kwaliteitsmanagement processen zijn :

- Quality planning: identificeren van de kwaliteitsstandaarden die relevant zijn voor het project en bepaling van hoe hieraan te voldoen.
- Quality assurance: evalueren van de algemene project performantie op een regelmatige basis om te verzekeren dat het project aan de relevante kwaliteitsstandaarden zal voldoen.
- Quality control: monitoren van specifieke project resultaten om te bepalen of ze al dan niet aan de relevante standaarden voldoen en

identificeren van mogelijkheden om oorzaken van onbevredigende performantie te elimineren.

3.8 Human resources

Project human resource management behelst die processen die vereist zijn om op de meest effectieve manier gebruik te maken van de mensen die betrokken zijn bij het project (dit omvat alle project stakeholders: sponsors, klanten, partners, etc.). Volgend hoofdprocessen maken deel uit van het human resources management :

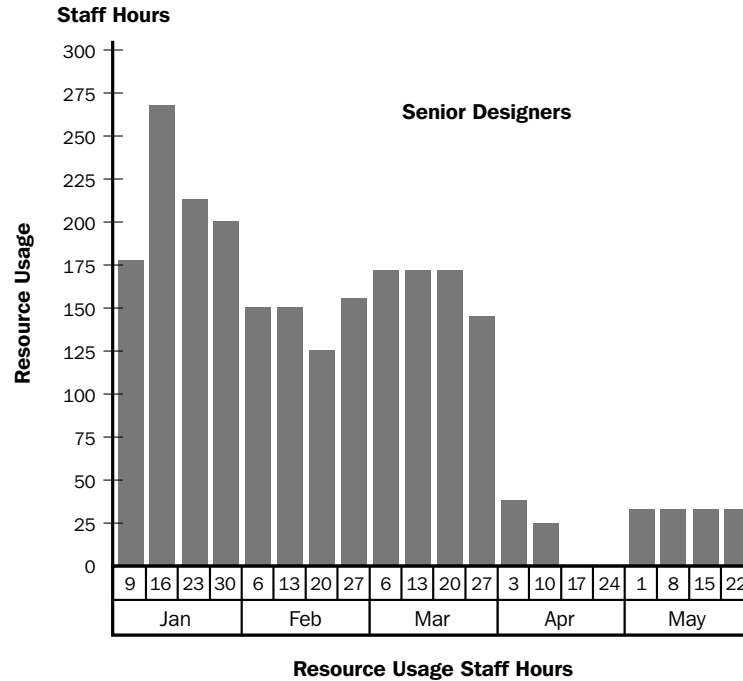
- Organisatorische planning: identificeren, documenteren, en toewijzen van project rollen, verantwoordelijkheden en relaties voor rapportering.
- Staff acquisitie: het verkrijgen van de nodige HR aangesteld voor en werkend op een project.
- Team development: tot stand koming van individuele en groepscompetenties om de project prestatie te bevorderen. Deze processen interageren met elkaar en met de processen in andere kennisdomeinen.

Een van de outputs die gebruikt wordt in de organisatorische planning zijn de 'Responsibility Assignment Matrix (RAM)' en de 'Resource Histogram' (Figuren 3.9 en 3.10).

PERSON \ PHASE	A	B	C	D	E	F	...
Requirements	S	R	A	P	P		
Functional	S		A	P		P	
Design	S		R	A	I		P
Development		R	S	A		P	P
Testing			S	P	I	A	P

P = Participant A = Accountable R = Review Required
I = Input Required S = Sign-off Required

Figuur 3.9: Voorbeeld van een Responsibility Assignment Matrix (RAM).



Figuur 3.10: Voorbeeld van een Resource Histogram.

3.9 Project communicatie

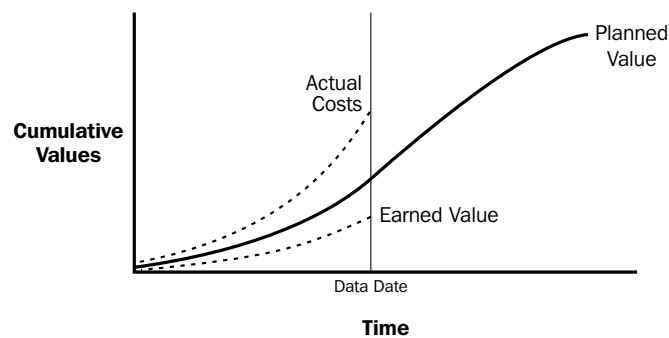
Project communicatie management omvat de processen nodig om een tijdige en gepaste generatie, verzameling, disseminatie, opslag en uiterste beschikbaarheid van project informatie. Het voorziet in de kritische links tussen mensen, ideeën en informatie die nodig zijn voor succes. Iedereen betrokken bij het project moet bereid zijn om communicatie te zenden en ontvangen, en moet verstaan hoe de communicatie het project als geheel beïnvloedt. Hierbij zijn vooral de volgende processen belangrijk :

- Communicatie planning: bepalen van de informatie- en de communicatienoden van de stakeholders: wie heeft welke informatie nodig, wanneer, en hoe zal de informatie aangereikt worden?
- Informatieverdeling: het tijdig beschikbaar stellen van informatie aan de stakeholders.
- Performantie rapportering: verzamelen en disseminatie van performantie informatie. Dit omvat status rapportering, progress report, en voor-spelling.

- Administratieve afsluiting: genereren, bijeenvoegen en dissimineren van informatie voor het formaliseren van een fase of een project.

Voor het rapporteren van de performantie zijn een aantal tools voorhanden:

- Performantie reviews: meetings die gehouden worden om de status en vooruitgang van en process te beoordelen (deze worden typisch gebruikt samen met andere rapporteringstechnieken).
- Variantie analyse: vergelijken van actuele resultaten met geplande of verwachte resultaten (vb. kosten, resources, risico of tijdsindeling).
- Trend analyse: bestuderen van de project resultaten in functie van de tijd om te bepalen of de performantie verbeterd of verslechterd.
- Earned value (EV) analyse: omvat de berekening van drie belangrijke waarden: 1. de geplande waarde ('Planned Value of PV') is het deel van de goedgekeurde kost dat wordt geschat gespendeerd te worden voor een bepaalde activiteit gedurende een bepaalde periode. 2. De actuele kost ('Actual Cost of AC') is het totaal van de kosten voor het voltrekken van werk voor de activiteit gedurende een gegeven periode (deze kost moet overeenkomen met wat was gebudgeteerd, vb. alleen directe kosten, alleen werkuren, etc.). 3. De Earned Value is de waarde van het werk dat vervolledigd is. Deze drie waarden worden gebruikt in combinatie om maten te voorzien om te toetsen of het werk uitgevoerd is zoals gepland (zie ook Hoofdstuk 4).



Figuur 3.11: Voorbeeld van een grafisch rapport van performantie indicatoren (S-curve).

3.10 Project risico management

Risico management is het systematisch proces van het identificeren, analyseren en antwoorden op project risico. Het bevat het maximaliseren van de waarschijnlijkheid en de consequenties van positieve events en het minimaliseren van de waarschijnlijkheid en consequenties van nadelige events voor de project objectieven. Dit gebeurt aan de hand van de volgende zes processen :

- Risico management planning: beslissen hoe de risico management activiteiten moeten benaderd en gepland worden.
- Risico identificatie: bepalen welke risico's het project kunnen beïnvloeden en het documenteren van hun karakteristieken.
- Kwalitatieve risico analyse: uitvoeren van een kwalitatieve analyse van risico's en condities om hun effect op het project te beïnvloeden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren met behulp van de zogenaamde Probability risk/Impact matrix (een voorbeeld van deze tool is weergegeven in Figuur 3.12).
- Kwantitatieve risico analyse: meten van de waarschijnlijkheid en de consequenties van de risico's en schatten van hun implicatie voor de project doelen.
- Risico respons planning: ontwikkelen van procedures en technieken om de opportuniteiten te verbeteren en de threats te reduceren.
- Risico monitoring en controle: monitoren van residuele risico's, identificeren van nieuwe risico's uitvoeren van een risico reductie plan en evalueren van de effectiviteit doorheen de project life cycle.

Risk Score for a Specific Risk					
Probability	Risk Score = P × I				
0.9	0.05	0.09	0.13	0.36	0.72
0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
0.5	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40
0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
	Impact on an Objective (e.g., cost, time, or scope) (Ratio Scale)				

Project Cost Estimates and Ranges			
WBS Element	Low	Most Likely	High
Design	4	6	10
Build	16	20	35
Test	11	15	23
Total Project		41	

Figuur 3.12: Voorbeeld van een PI matrix en een Risk Interview.

3.11 Projectaanwinst management

Projectaanwinst management omvat de processen die nodig zijn om goederen en diensten van buiten de organisatie te verwerven die vereist zijn om de project doelen te verwezenlijken. Voor de eenvoudigheid worden (één of meerdere) goederen en diensten gerefereerd als product. Dit omvat de volgende processen:

- Aanwinst planning: bepalen van wat aan te schaffen en wanneer.
- Aanvraag planning: documenteren van producteisen en identificeren van potentiële bronnen.
- Aanvraag: verkrijgen van offertes, aanbiedingen, voorstellen, etc.
- Bron selectie: keuze tussen verschillende potentiële verkopers.
- Contract administratie: onderhouden van relaties met de verkoper.
- Contractafsluiting: vervolledigen en afhandelen van het contracten besluitvorming rond open items.

3.12 Introductie Microsoft Project

Microsoft Office Project is een toonaangevend programma voor projectbeheer, voor het plannen, beheren en overdragen van projectgegevens.

Het gebruik van dergelijk software heeft een aantal voordelen bij het invullen van het project management :

- Realistische schattingen en plannings kunnen worden gemaakt. Het opstellen van realistische verwachtingen voor projectteams, management en klanten hangt vaak af van hoe goed u plannings, benodigde resources en budgetten kunt schatten. MS Project helpt bij het bouwen van tijdlijnen en het schatten van kosten, maar ook te begrijpen welke invloed wijzigingen of vertragingen van specifieke taken hebben op het totale project.
- Hulp bij planning en beheer. Met behulp van de projectrichtlijnen kan men snel nieuwe projecten instellen, taken en resources beheren, plannings bijhouden en projectgegevens rapporteren.
- Tijdige projectrapportage en statusinformatie. Men kan nauwkeurige projectrapporten produceren door een keuze te maken uit lijst met kant-en-klare rapporten die kunnen aanpast worden. Op die manier kan het management beter geïnformeerd worden over de projectstatus en de voortgang van het project door de huidige marge, kritieke paden en meerdere basislijnen te berekenen.
- Betere toewijzing van resources. Met MS Project kan men eenvoudig resources aan taken toewijzen en toewijzingen aanpassen om conflicten en overbezetting op te lossen. Zo heeft men meer controle en flexibiliteit bij het beheren van resources, projectplanningen en kosten.
- Effectieve presentatie van projectgegevens. Projectmanagers kunnen gegevens snel en eenvoudig in diverse indelingen presenteren. Gegevens kunnen eenvoudig getransporteerd worden naar andere applicaties voor presentatie doeleinden.
- MS Project heeft een groot aantal gebruikers, zodat communicatie van de project management gegevens met klanten, leveranciers en andere stakeholders mogelijk is.

Een introductie tot Microsoft Project wordt gegeven in Appendix C.

Hoofdstuk 4

Economische aspecten in het ontwerpproces

4.1 Economische beslissingen nemen

4.1.1 Actualiseren van kosten en inkomsten

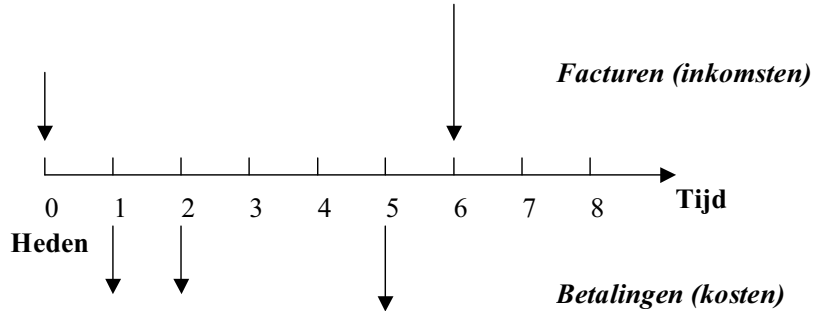
De economische consideraties kunnen vaak een belangrijkere rol spelen in het beslissingsproces tijdens het ontwerp dan de puur technische kenmerken. In een groot ontwikkelingsproces komt het voorspellen van kosten en inkomsten voor tijdens verschillende tijdstippen in het project. De methodologie om deze klasse van problemen aan te pakken noemt men 'cost engineering' (of ook 'engineering economy'). Het basisconcept in 'cost engineering' is dat geld een tijdswaarde heeft: 1 Euro vandaag uitbetalen kost meer dan volgend jaar 1 Euro uitbetalen. Dit tijdsaspect maakt het winstgevend om kosten naar de toekomst uit te stellen en inkomsten naar heden te verschuiven.

Indien we een som geld P lenen tegen een intrest i dan is de jaarlijkse kost van de intrest gelijk aan $I = Pi$. Indien de lening afbetaald wordt in een schijf S op het einde van n jaren dan is het vereiste bedrag:

$$S = P + nI = P + nPi \quad (4.1)$$

waar S = de toekomstige waarde (*Eng: future value*), P de huidige waarde (*Eng: present value*), I de jaarlijkse kost van de intrest, i de jaarlijkse intrestvoet en n het aantal jaren. Tegelijkertijd kan uit de formule in Vergelijking 4.1 de huidige waarde berekend worden uit de toekomstige waarde. Vb. 1600 Euro binnen 6 jaar tegen 10% intrest is nu 1000 Euro waard. Dit noemt men het actualiseren van een bedrag. Om de tijdsafhankelijkheid van geld voor te stellen wordt gebruik gemaakt van een geld-tijdsdiagramma dat

de kosten en inkomsten op een tijdschaal uitzet, waarbij de grootte van de bedragen weergegeven worden door de lengte van de pijlen die de bedragen voorstellen (zie figuur 4.1).



Figuur 4.1: Voorbeeld van een geld-tijdsdiagramma.

Financiële transacties gebeuren meestal echter d.m.v. een samengestelde intrest: de intrest van een bepaalde periode wordt toegevoegd aan het basis bedrag. Dit maakt dat na n jaren de toekomstige waarde:

$$S = P(1 + i)^n = PF_{PS} \quad (4.2)$$

bedraagt, met $F_{PS} = (1 + i)^n$ de factor die de huidige waarde in de toekomstige waarde omzet.

In het bankmilieu wordt vaak een samengestelde intrest op periodes van minder dan een jaar gebruikt (dit geeft aanleiding tot een verhoging van de effectieve intrest). De toekomstige waarde wordt dan:

$$S = P\left[1 + \frac{r}{p}\right]^{pn} \quad (4.3)$$

met r de nominale jaarlijkse intrestvoet en p het aantal periodes per jaar. De formule in Vergelijking 4.1 kan ook voor periodes kleiner dan een jaar gebruikt worden door een effectieve jaarlijkse intrestvoet (ook return, opbrengst of rendement) $i' = (1 + r/p)^p - 1$ te gebruiken (voor jaarlijkse intrestvoeten zijn immers tabellen beschikbaar). De effectieve jaarlijkse opbrengst stijgt dan met het aantal jaarlijkse periodes (zie Tabel 4.1). Als limietgeval, wanneer $p \rightarrow \infty$:

$$S = P \lim_{p \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{r}{p}\right)^{pn} \quad (4.4)$$

Wetende dat $\lim_{x \rightarrow \infty} (1 + x)^{1/x} = e$ wordt dit $S = Pe^{rn}$.

Frequentie van samenstelling	# intrestperiodes p	Intrestvoet voor periode	Effectief jaarlijkse rendement
Jaarlijks	1	12	12.0
Halfjaarlijks	2	6	12.4
Per kwartaal	4	3	12.6
Maandelijks	12	1	12.7
Continu	∞	0	12.75

Tabel 4.1: Invloed van de samenstellingsperiode op de effectieve jaarlijkse return.

In vele situaties komen uniforme reeksen van facturen of betalingen die tegelijkertijd voorkomen op het einde van elke periode (vb. aflossing, verzekering, pensioen). Na het betalen van een jaarlijkse som R , zal na $n - 1$ jaren het volgend samengesteld bedrag bereikt zijn :

$$S = R(1 + i) + R(1 + i)^2 + \dots + R(1 + i)^{(n-1)} \quad (4.5)$$

Ofwel, na enig rekenwerk : $S = R \frac{(1+i)^n - 1}{i}$, of omgekeerd :

$$R = S \frac{i}{(1 + i)^n - 1} = SF_{SR} \quad (4.6)$$

waar men F_{SR} de 'sinking fund factor (SFF)' noemt.

Door Vergelijkingen 4.2 en 4.6 te combineren komen we tot de huidige waarde van een uniforme reeks betalingen R :

$$R = P \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = PF_{PR} \quad (4.7)$$

met F_{PR} de 'capital recovery factor (CRF)'. Deze R geeft de jaarlijkse aflossing die nodig is om een investering P met intrest i over n jaren af te lossen. De relatie tussen de SFF en de CRF wordt gegeven door: $F_{PR} = F_{SR} + i$.

4.1.2 Kost vergelijkingen

Om een economische beslissing te nemen tussen twee verschillende investeringen zijn er een aantal analyses beschikbaar: 'Net Present Worth (NPW) Analysis', 'Annual Cost Analysis' en 'Capitalized Cost Analysis'. De NPW analyse wordt gebruikt wanneer twee alternatieven een gemeenschappelijke tijdsperiode hebben. Beschouw bijvoorbeeld twee machines die een levensduur hebben van vijf jaar en kosten en opbrengsten zoals weergegeven in Tabel 4.2. Welke van de twee machines is het meest economisch wanneer het geld 10%

Inkomsten/Kost	A	B
Initiële kost	25000	15000
Jaarlijkse onderhoudskost	2000	4000
Renovatie jaar 3	0	3500
Restwaarde	3000	0
Jaarlijks profijt door betere kwaliteit	500	0

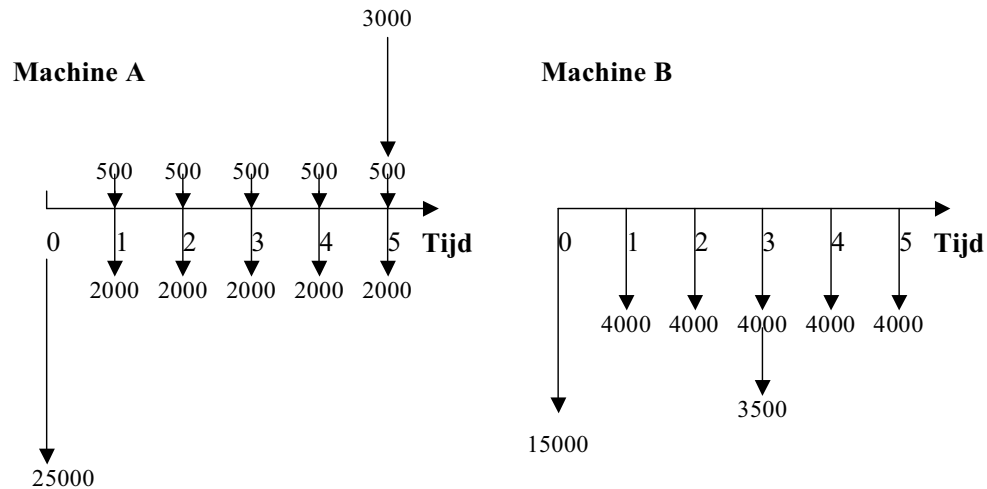
Tabel 4.2: Voorbeeld van kosten en inkomsten van twee machines voor het berekenen van de NPW.

waard is? Hiervoor stelt men eerst een geld-tijd diagramma op (Figuur 4.2) waarmee men de NPWs P_A en P_B voor machines A en B berekend:

$$P_A = 25000 + (2000 - 500)F_{RP} - 3000F_{SP} = 28828 \quad (4.8)$$

$$P_B = 15000 + 4000F_{RP} + 3500F_{SP} = 32793 \quad (4.9)$$

Hieruit kan besloten worden dat machine A het meest economisch is.



Figuur 4.2: Voorbeeld van de geld-tijdsdiagramma's voor twee machines.

Wanneer de tijdsperiodes van de twee alternatieven niet gelijk zijn kan de NPW P_{n_1} gebaseerd op een periode n_1 omgezet worden in een equivalente NPW P_{n_2} :

$$P_{n_2} = \frac{P_{n_1} F_{PR, n_1}}{F_{PR, n_2}} \quad (4.10)$$

In de jaarlijkse kost analyse methode wordt de 'cash flow' (netto jaarlijkse cash inkomsten + afschrijving) over een tijdspanne geconverteerd naar een

Inkomsten/Kost	A	B
Eerste kost	10000	18000
Geschatte levensduur	20 jaar	35 jaar
Geschatte restwaarde	0	3000
Jaarlijkse werkingskost	4000	3000

Tabel 4.3: Voorbeeld van kosten en inkomsten van twee machines voor het berekenen van de jaarlijkse kost.

equivalente uniforme jaarlijkse kost R . Voor machines A en B met gegevens uit Tabel 4.3 wordt deze jaarlijkse kost R_A en P_B als volgt berekend:

$$R_A = 10000F_{PR} + 4000 = 5175 \quad (4.11)$$

$$R_B = (18000 - 3000)F_{PR} + 3000 \times 0.1 + 3000 = 4855 \quad (4.12)$$

Hieruit kan besloten worden dat machine B het meest economisch is.

Capitalized cost analyse is een bijzonder geval van NPW analyse. De geactiveerde kost (*Eng.: capitalized cost*) van een project is de huidige waarde indien dit project oneindig lang zou duren ($n = \infty$). Dit werd initieel ingevoerd voor publieke bouwprojecten die een zeer lange duur en opvolgingsperiode hebben (vb. bouw van dammen). Het wordt vaak gebruikt omdat de beslissingen onafhankelijk zijn van de tijdsperiode van de alternatieven. De geactiveerde kost K kan door gebruik van Formule 4.10 met $n_1 = n$ en $n_2 = \infty$ berekend worden:

$$K = P_\infty = P \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = PF_{PK,n} \quad (4.13)$$

waarbij $F_{PK,n} = \frac{F_{PR,n}}{i}$. Wetende dat voor een jaarlijkse betaling R geldt dat $P = RF_{RP}$, kan de geactiveerde kost uitgedrukt worden als: $K = \frac{R}{i}$

Het gebruik van de drie methoden voor het vergelijken van kosten geeft hetzelfde resultaat zodat de keuze van de methode afhankelijk is van de persoonlijke voorkeur.

Een alternatief voor het positieve NPV criterium voor de waardering van een project is de eis dat de 'Internal Rate of Return (IRR)' de marginale kapitaalskost moet overschrijden. De IRR is de rentevoet die de huidige waarde van de cash toevoer van een project gelijk maakt aan de geactualiseerde waarde van de investering (dus de IRR is de rentevoet r die de NPV gelijk aan nul maakt). Het berekenen van de IRR vereist een iteratieve (meestal trial-and-error) aanpak. De IRR kan worden geïnterpreteerd als de maximum intrestvoet dat een bedrijf kan betalen indien het project volledig gefinancierd moet worden door leningen (en de cash flow wordt gebruikt

om de leningen en de intrest terug te betalen). Indien de IRR de leenkost overschrijdt dan moet het project aanvaard worden. Anderzijds, indien het bedrijf in zijn eigen financiering voorziet, moet het project aanvaard worden indien de IRR de marginale rente overschrijdt die elders bekomen kan worden.

4.1.3 Afschrijvingen

Materieel lijdt aan een verlies in waarde met het verstrijken van de tijd (dit kan door slijtage of door verlies van technologische efficiëntie of waarde). Daarom moet een bedrijf elk jaar genoeg geld opzij leggen om een fonds te accumuleren om het materieel te vervangen. Dit bedrag noemt men de afschrijving. Een ander aspect van afschrijving is dat de overheid de aftrek van de winst toelaat. In een kapitaal intensieve handel kan afschrijving een sterke invloed hebben op de hoeveelheid belastingen die moeten betaald worden. De belangrijkste vragen die dienen beantwoord te worden zijn: (a) wat is de tijdspanne waarover afschrijving kan genomen worden, (b) hoe moet de afschrijving gespreid worden over deze periode? Er zijn drie veelgebruikte afschrijvingsmethodes:

Lineaire afschrijving (*Eng.: Straight-line depreciation*) Een gelijk bedrag wordt jaarlijks opzij gezet:

$$D = \frac{C_i - C_s}{n} \quad (4.14)$$

waar C_i de initiële kost, C_s de restwaarde (*Eng.: Salvage value*) en n het aantal jaren in de afschrijving. De boekwaarde B is de initiële kost min de som van de afschrijvingskosten. Voor lineaire afschrijving is dit na j jaren: $B = C_i - \frac{j}{n}(C_i - C_s)$.

Degressieve afschrijving (*Eng.: Declining Balance*) De degressieve methode voorziet in een versnelde afschrijvingsmethode in de eerste jaren. Het afschrijvingsbedrag D_j voor het j -de jaar is een vast deel F_{DB} van de boekwaarde in het begin van het j -de jaar:

$$D_j = B_{j-1}F_{DB} \quad (4.15)$$

met $F_{DB} = 1 - \sqrt[n]{\frac{C_s}{C_i}}$ en $B_{j-1} = C_i(1 - F_{DB})^{j-1}$. De snelste afschrijvingsperiode wordt bekomen met de dubbele degressieve methode waar F_{DDB} en $B_{j-1} = C_i(1 - 2/n)^{j-1}$. Omdat de degressieve methode de boekwaarde niet altijd reduceert tot de restwaarde na n jaren (hiervoor moet $F_{DB} = 1 - \sqrt[n]{\frac{C_s}{C_i}}$) is het mogelijk om over te schakelen op een lineaire afschrijvingsmethode na een aantal jaren.

Jaar	Lineair	Degressief	Versneld
1	1000	1807	1667
2	1000	1263	1333
3	1000	882	1000
4	1000	616	667
5	1000	431	333

Tabel 4.4: Voorbeeld van drie afschrijvingsmethodes voor een initiële kost $C_i = 6000$, restwaarde $C_s = 1000$ en $n = 5$ jaren.

Versnelde afschrijving Het jaarlijkse afschrijvingsbedrag is berekend door de som van de jaren te nemen en voor elk de jaren het jaar nummer (achteraan te beginnen) te delen door deze som: $F_{SOYD,j} = \frac{n-j+1}{\sum_{i=1}^n ni}$.

Een voorbeeld van de drie afschrijvingsmethodes is gegeven in Tabel 4.4.

4.1.4 Belastingen

Belastingen zijn een zeer belangrijke factor in economische engineering beslissingen. Vier types belastingen kunnen onderscheiden worden:

1. Eigendomsbelastingen: gebaseerd op de eigendom waarover een bedrijf beschikt (gebouwen, land, etc.). Deze belasting varieert niet met de winst en is meestal niet hoog.
2. Verkoopstax: wordt opgelegd op verkoop van producten en wordt betaald door de aankoper.
3. Accijnzen (*Eng.: Excercise Tax*): worden aan de klanten doorgerekend.
4. Winstbelasting (*Eng.: Income Tax*): worden geheven op bedrijfswinst (vennootschapsbelasting) en persoonlijke inkomens. Dit is de belangrijkste vorm van belastingen voor economische beslissingen.

Het tarief van de vennootschapsbelasting is voor aanslagjaar 2005 (inkomsten 2004) vastgesteld op 33%. Wanneer het belastbare inkomen niet meer dan 322.500,00 EUR bedraagt, wordt de belasting evenwel als volgt vastgesteld: op de schijf van 0 tot 25.000,00 EUR: 24,25%; op de schijf van 25.000,00 EUR tot 90.000,00 EUR: 31%; op de schijf van 90.000,00 EUR tot 322.500,00 EUR: 34,5%. Daarnaast wordt nog 3% algemene crisis belasting (ACB) geïnd (bron: <http://minfin.fgov.be>). Het effect van vennootschapsbelastingen is dat het beleggingsrendement (*Eng.: Return on Investment (ROI)*) wordt gereduceerd: $r = i(1 - t)$ waarbij i en r de ROI vóór en na

belasting en t de belastingsvoet. De huidige waarde, rekening houdend met de afschrijving (die ervoor zorgt dat elk jaar een bedrag $D_f C_d t$ aan belasting minder moet betaald worden) is gelijk aan:

$$P = C_d - C_d t \phi \quad (4.16)$$

waar $C_d = C_i - C_s$ de afschrijfbare kapitaalsinvestering en $\phi = \sum_{i=1}^n \frac{D_{f_i}}{(1+r)^i}$ met D_{f_i} afhankelijk van de afschrijvingsmethode (dit is het geactualiseerde bedrag van alle afschrijvingsbedragen).

De uitgaven van een bedrijf kunnen verdeeld worden in twee categorieën: geactiveerde kosten (productie materieel, gebouwen, etc.) en gewone kosten (arbeid, materiaalkost, etc.). De gewone kosten mogen onmiddellijk afgetrokken worden van het bruto resultaat (*Eng.: gross income*) terwijl voor de geactiveerde kosten alleen de jaarlijkse afschrijvingskost mag afgetrokken worden. Wanneer kapitaalgoederen verkocht worden wordt een winst of verlies bekomen door de boekwaarde van de goederen af te trekken van de verkoopprijs.

4.1.5 Rentabiliteit

Eén van de doestellingen van engineering economy is het bepalen van de rentabiliteit (*Eng.: profitability*) van projecten of investeringen. Vier methodes om de rentabiliteit te evalueren worden vaak gebruikt:

- Rendement van investeringen (*Eng.: Return-on-investment (ROI)*).
- Terugverdien-periode (*Eng.: Payback period*).
- Huidige nettowaarde (*Eng.: Net Present Worth (NPW)*).
- Contante waarde van toekomstige kasstroom (*Eng.: Discounted Cash Flow (DCF)*).

Om deze methodes beter te begrijpen wordt eerst het begrip kasstroom (*Eng.: Cash Flow*) uitgelegd. Cash flow meet de stroom van fondsen in (positieve cash flow) of uit (negatieve cash flow) een project. Vanuit een boekhoudkundig standpunt wordt cash flow gedefinieerd als: "cash flow = netto jaarlijks geldinkomsten + afschrijving". Tabel 4.5 toont hoe cash flow kan berekend worden voor een eenvoudig voorbeeld. Een voorbeeld van de evolutie van de cash flow in een investering is gegeven in Figuur 4.3.

De ROI is de eenvoudigste maat van rentabiliteit en wordt berekend vanuit een strikt boekhoudkundig standpunt zonder consideratie van de tijds waarde van geld. Het is de ratio van een maat van winst of cash baten tot

(1): Omzet (<i>Eng.: Revenue</i>)	500000
(2): Bedrijfskosten (<i>Eng.: Operating costs</i>)	360000
(3): (1)-(2)= Bruto winst (<i>Eng.: Gross earnings</i>)	140000
(4): Jaarlijks afschrijvingsbedrag	60000
(5): (3)-(4)= belastbaar inkomen (<i>Eng.: taxable income</i>)	80000
(6): (5)×0.5= belasting	40000
(7): (5)-(6)= netto winst na belasting (<i>Eng.: net profit after taxes</i>)	40000
Netto cash flow, na belasting	
(7)+(4)	100000

Tabel 4.5: Voorbeeld van de berekening van cash flow

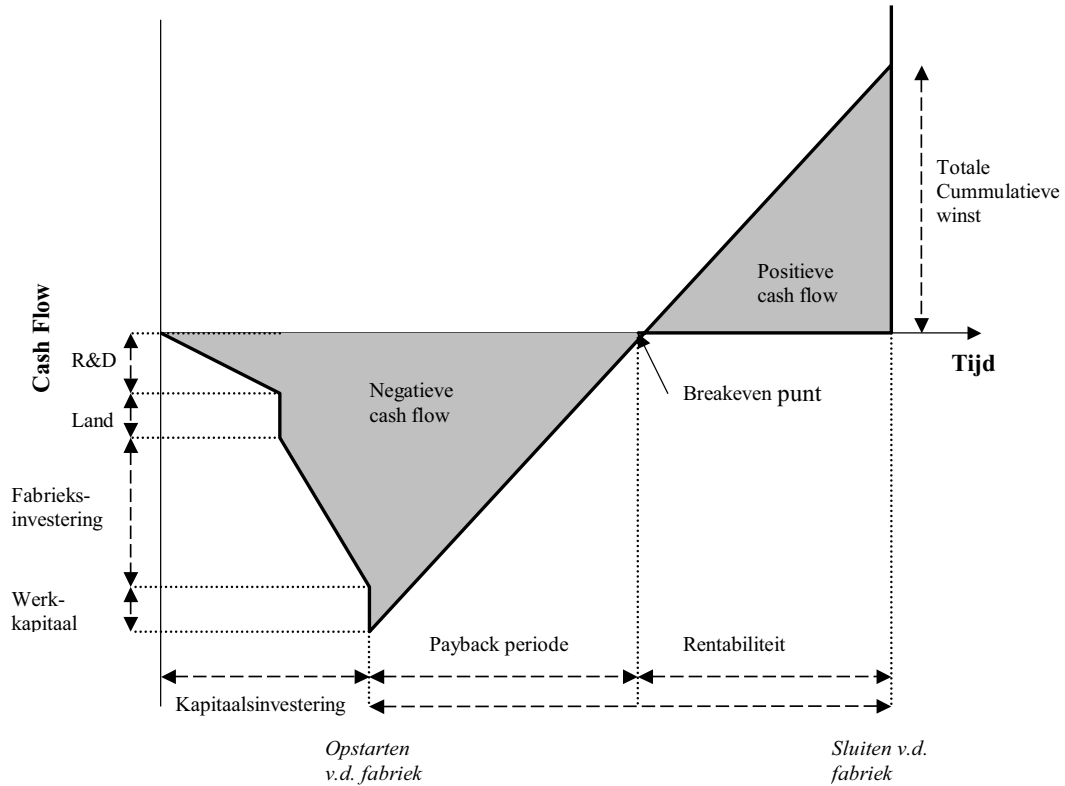
de kapitaalsinvestering. Hoewel dit een eenvoudige ratio is zijn er verschillende manieren om hem te berekenen, gebaseerd op:

1. nettowinst voor belastingen
2. nettowinst na belastingen
3. jaarlijkse baten voor belastingen
4. jaarlijkse baten na belastingen

Voorbeeld: Een kapitaalsinvestering bedraagt 360000 en heeft een 6-jarige duur en een 60000 restwaarde. Het werkkapitaal is 40000. De totale nettowinst na belastingen over 6 jaren wordt 167000 geschat. Wat is de ROI? Met een lineaire afschrijving bedraagt het jaarlijks bedrag 50000, terwijl de jaarlijkse netto winst 28000 bedraagt. De ROI is dan: $ROI = \frac{28000}{360000+40000} = 0.07$.

De payback periode is de tijdsperiode die nodig is opdat de cash flow volledig de initiële kapitaalsinvestering kan recupereren. Hoewel de payback methode cash flow gebruikt, houdt het geen rekening met de tijdswaarde van het geld. De nadruk ligt op de snelle incassering van een investering. Gebruik makende van de methode worden ook geen cash flows of winst geïncasseerd na de payback periode in beschouwing genomen. Een voorbeeld wordt gegeven in Tabel 4.7

Zoals voorheen gezien werd is de NPW gelijk aan de huidige waarde van de baten min de huidige waarde van de kosten. M.b.v. deze techniek wordt de voorziene cash flow (zowel positief als negatief) doorheen de duur van een project geactualiseerd tot op heden met een intrestvoet die de minimum aanvaardbare rendement voorstelt. Gezien de NPW afhankelijk is van de projectduur mogen, strikt gezien, de projecten niet vergeleken worden indien



Figuur 4.3: Voorbeeld van de cash flow in de levenscyclus van een investering.

ze over verschillende termijnen lopen. De NPW is afhankelijk van de intrestvoet: voor lage intrestvoeten wordt de NPW kleiner en voor hoge wordt hij groter. De intrestwaarde (of rate of return) i waarvoor $NPW=0$ noemt men de 'discounted cash flow (DCF)' of ook 'de internal rate of return'.

Deze DCF kan op verschillende manieren uitgedrukt worden:

- $PW \text{ van baten} - PW \text{ van kosten} = 0$
- $\frac{PW \text{ van baten}}{PW \text{ van kosten}} = 1$
- $PW \text{ van baten} = PW \text{ van kosten}$

Indien de DCF 20% bedraagt wil dit zeggen dat 20% per jaar zal verdiend worden bij de investering in het project. Afschrijving wordt impliciet vervat in de NPW and DCF berekeningen door de definitie van de cash flow. Gezien de DCF methode de rentabiliteit in procent uitdrukt in tegenstelling tot de

Jaar	Project A	Project B
0	-100000	-100000
1	50000	0
2	30000	10000
3	20000	20000
4	10000	30000
5	0	40000
6	0	50000
7	0	60000
	10000	110000
Payback periode	3 jaar	5 jaar

Tabel 4.6: Voorbeeld van een payback period berekening

NPW wordt de eerste vaak gebruikt. Anderzijds kunnen voor een NPW van verschillende deelprojecten de bedragen opgeteld worden waar dit niet mogelijk is voor de DCF.

Voorbeeld: een machine heeft een initiële kost van 10000 en een restwaarde van 2000 na 5 jaren. Jaarlijkse besparingen door het gebruik bedragen 5000 en de jaarlijkse werkingskost is 1800. De belastingsvoet is 50%. Wat is de DCF? Gebruik makende van lineaire afschrijving berekenen we het jaarlijks afschrijvingsbedrag: $D = \frac{C_i - C_s}{n} = 1600$. De jaarlijkse cash flow na belastingen bedraagt: $A_{CF} = (5000 - 1800)(1 - 0.5) + 1600 \cdot 0.5 = 2400$. De NPW is gelijk aan:

$$NPW = 0 = -10000 + 2400F_{RP} + 2000F_{SP} \quad (4.17)$$

Dit is voldaan indien $i = 11.2\%$, wat ons de DCF geeft.

4.1.6 Andere rentabiliteitsfactoren

Naast indicatoren in vorige sectie zijn er nog een groot aantal andere factoren die de rentabiliteit beïnvloeden. Allereerst dient opgemerkt te worden dat rentabiliteit, dat een lange termijn beslissingsparameter voor economische projecten is, niets te maken heeft met winst (winst wordt gemeten door boekhouders en zijn waarde kan gemanipuleerd worden en is variabel op korte termijn). Het schatten van rentabiliteit vereist een predictie van de toekomstige cash flow, dat op zijn beurt een betrouwbare schatting van de verkoopsvolumes en -prijzen en de beschikbaarheid en prijs van materialen vereist (vb. evolutie van de olieprijs).

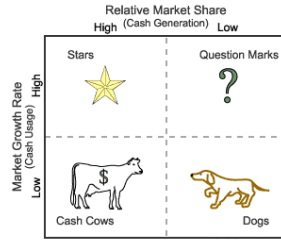
De geschatte investeringen in machines en faciliteiten zijn vaak het meest nauwkeurig in een rentabiliteitsanalyse (dit zal in volgende sectie verder be-

sproken worden). De afschrijvingsmethode beïnvloedt hoe de kost is verdeeld over de jaren van een project, en bepaald bijgevolg hoe de cash flow zal zijn. Wanneer een investering afgeschreven wordt over een lange periode zijn de kosten onderschat en is de verkoopprijs te laag. Dit in combinatie met inflatie kan resulteren in een onvoldoende cash flow om herinvestering toe te laten.

Een aantal technische beslissingen zijn onmiddellijk gerelateerd tot investeringsbeleid en rentabiliteit. In het ontwerp stadium kan het mogelijk zijn een mate van product superioriteit te verzekeren die groter is dan nodig is door de huidige markt. Later, wanneer concurrenten de markt penetreren kan deze superioriteit zinvol zijn niettegenstaande ze niet bereikt is zonder initiële kost. Economisten zijn meestal voorstanders van een producteenheid die net groot genoeg is om geabsorbeerd te worden door de markt. Niettegenstaande dit een hoge rentabiliteit inhoud, bestaat het risico dat de continuïteit niet kan verzekerd worden indien de productielijn in onderhoud is.

De rentabiliteit van een product kan beïnvloed worden door cost allocatie beslissingen. Deze factoren zoals overhead, nutskosten, transfer prijzen tussen divisies en schrootprijzen vereisen vaak arbitraire beslissingen omtrent allocaties tussen verschillende producten. Sommige producten worden vaak bevoordeeld t.o.v. andere door kost allocatie beleid. Een bedrijf kan bijvoorbeeld beslissen een product lijn met een beperkte toekomst (een 'cash cow') uit te melken om de groei van een nieuw maar veelbelovend product te stimuleren. De verschillende product categorieën naar kost allocatie ('cash cows', 'dogs', 'stars' en 'question marks') zijn onderverdeeld in de zogenaamde Boston Consultancy Group (BCG) matrix zoals deze is weergegeven in Figuur 4.4. In de BCG matrix zijn de producten onderverdeeld in volgens marktaandeel en groeipotentieel :

- Cash cow: hoog marktaandeel in een stabiele, volwassen markt. Deze opbrengsten dienen gebruikt te worden om in andere producten te investeren.
- Star: een hoog marktaandeel in een groeiemarkt. Met gerichte investeringen dient men de voorsprong te behouden tot de markt volwassen wordt en dit een cash cow wordt.
- Question mark (ook wel Problem child) : een klein marktaandeel in een groeiemarkt. Het is nog onzeker of dit een star of een dog zal worden.
- Dog: kleine marktaandeel in een volwassen markt. Indien het bedrijf geen strategisch belang bij dit product heeft, dient zij haar af te stoten.



Figuur 4.4: BCG matrix.

4.1.7 Break-even analyse

Een break-even analyse wordt vaak gebruikt wanneer er een onzekerheid is over één van de factoren in een economische studie. Het break-even punt is de waarde voor een factor bij dewelke het project marginaal wordt gerechtvaardigd.

Voorbeeld: Beschouw een 20000 investering op 5 jaar. De restwaarde is 4000 en het minimale aanvaardbare rendement is 8%. De investering produceert een jaarlijks voordeel van 10000 met 3000 werkingskosten. Veronderstel dat er een beduidende onzekerheid is m.b.t. de 5-jarige levensduur van de machine. Gebruik makende van de jaarlijkse kost methode:

$$10000 - 3000 - (20000 - 4000)F_{PR} - 4000 \times 0.08 = 0 \quad (4.18)$$

waaruit volgt $F_{PR} = 0.417$ en dus $n = 2.8$ jaren. M.a.w. indien de machine geen 2.8 jaren meegaat dan kan de investering niet gerechtvaardigd worden.

Break-even analyse wordt vaak gebruikt bij beslissingen omtrent installaties in meerdere delen, waarbij de vraag is om de volledige investering onmiddellijk te doen of op te splitsen in een onmiddellijke investering en een latere.

Voorbeeld: Een synthetische brandstof fabriek kost 100 miljoen voor het eerste stadium en 120 miljoen voor het tweede (n jaren in de toekomst). Indien de fabriek op volledige capaciteit wordt gebouwd is een 140 miljoen investering nodig. Wat is de verkiesbare oplossing?

$$n = \quad \quad \quad n \text{ jaren} : PW = 100 + 120(F_{SP}) \quad (4.19)$$

$$n = \quad 5 \text{ jaren} : PW = 100 + 120(0.6201) = 174.4 \text{ miljoen} \quad (4.20)$$

$$n = \quad 10 \text{ jaren} : PW = 100 + 120(0.3855) = 146.3 \text{ miljoen} \quad (4.21)$$

$$n = \quad 20 \text{ jaren} : PW = 100 + 120(0.1468) = 117.3 \text{ miljoen} \quad (4.22)$$

$$n = \quad 30 \text{ jaren} : PW = 100 + 120(0.0573) = 106.9 \text{ miljoen} \quad (4.23)$$

Het break-even punt is ongeveer na 12 jaren. Indien de volledige capaciteit nodig is voor die tijd is het te verkiezen onmiddellijk de volle capaciteit te voorzien.

4.2 Kost

Een ontwerp is niet volledig tot men een goed idee heeft van de kost om het ontwerp te bouwen of het product te fabriceren. In het algemeen is een goedkoop ontwerp succesvol in een vrije markt, en bijgevolg komt het er vaak op neer om parameters van het ontwerp te optimaliseren naar de kost.

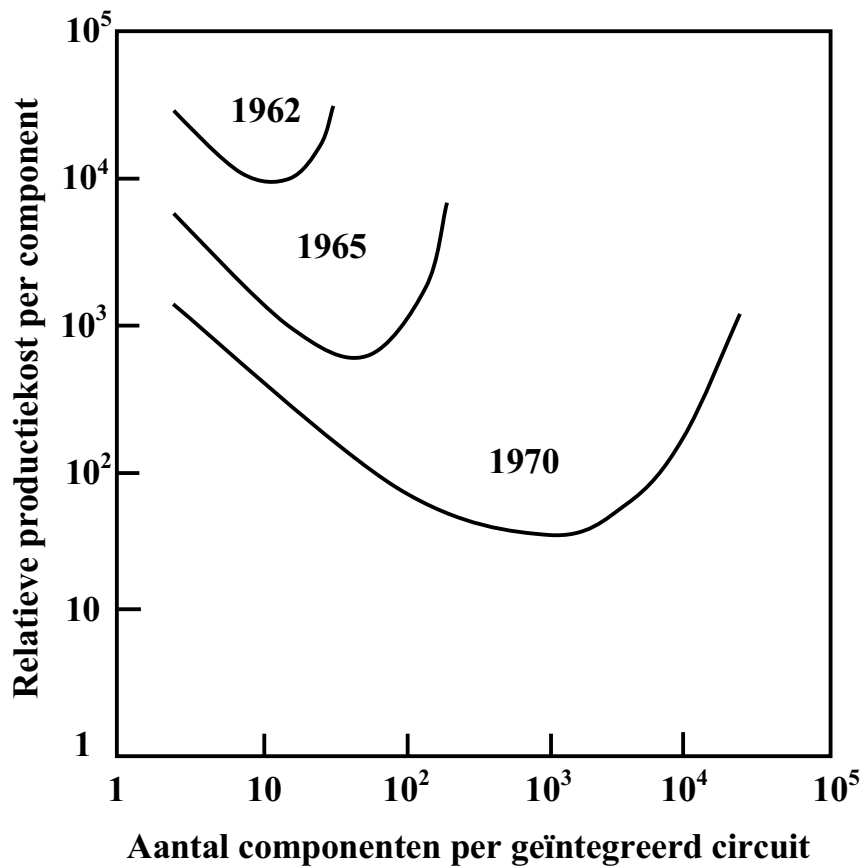
Het begrijpen van de elementen die de kost uitmaken is van vitaal belang gezien de concurrentie tussen bedrijven en naties feller is dan ooit. De wereld wordt een gigantische markt waar nieuwe ontwikkelingslanden met zeer lage lonen technologie verwerven en succesvol concurreren tegen gevestigde geïndustrialiseerde landen. Om markten te behouden vergt een gedetailleerde kennis van kosten en het verstaan van hoe nieuwe technologie kan leiden tot lagere kosten. Een voorbeeld van hoe nieuwe technologieën de kost per component dramatisch kunnen doen dalen is in de microelectronica (zie Figuur 4.5).

Grofweg zijn er twee klassen van situaties inbegrepen in kost evaluatie:

1. Schatten van de kosten van een gebouw of fabriek of installeren van een proces binnen een fabriek om een lijn van producten te produceren.
2. Schatten van de productiekost van een onderdeel gebaseerd op een sequentie van fabricage stappen.

De geschatte kost kan dan gebruikt worden om:

1. Informatie te voorzien om de kostprijs van een product te kennen, of een offerte op te stellen voor een goed of dienst.
2. Om de meest rendabele methode van een proces of materiaal te kennen om een product te fabriceren.
3. Om te gebruiken als basis voor een kost reductie programma.
4. Om standaarden te bepalen van productie performantie die gebruikt kan worden om de kosten te controleren.
5. Om input betreffende de rentabiliteit van een nieuw product te geven.



Figuur 4.5: Evolutie van de kost van elektronische componenten [11].

De informatie rond kosten wordt zelden gepubliceerd in technische literatuur gezien ze beschouwd wordt als eigendom van het bedrijf.

In deze paragraaf worden kostelementen geïdentificeerd en worden enkele algemene kost evaluatie methodes besproken (er wordt niet ingegaan op de zeer specifieke kost evaluatie methodes van verschillende types industrieën en organisaties).

4.2.1 Kost categorieën

Er bestaan twee brede categorieën van kosten:

1. Doorlopende kosten (*Eng.: recurring costs*): deze zijn directe functies van het fabricage proces en komen keer op keer voor (ze worden ook

vaak operationele kosten of fabricage kosten genoemd).

2. Incidentele kosten (*Eng.: non-recurring costs*): dit zijn éénmalige kosten die ingedeeld worden in vaste kapitaalskosten (vb. gebouwen) en niet afgeschreven kapitaalskosten (vb. landgoed).

Verder wordt er vaak gebruik gemaakt van de classificatie tussen vaste en variabele kosten. Vaste kosten zijn, in tegenstelling tot variabele kosten, onafhankelijk van de productiesnelheid en het productievolume. Men spreekt van een 'directe kost' wanneer ze geassocieerd kan worden aan een bepaald product of proces. Indirecte kosten zijn gespreid over de gehele fabriek. Deze categorieën kunnen nog verder onderverdeeld worden:

Vaste kosten:

1. Indirecte bedrijfskosten
 - (a) Investeringskosten
 - i. Afschrijving op investeringen
 - ii. Intrest op kapitaalsinvesteringen en inventaris
 - iii. Eigendomsbelasting
 - iv. Verzekeringen
 - (b) Overhead kosten
 - i. Technische diensten (engineering)
 - ii. Niet-technische diensten (administratief personeel, bewaking, etc.)
 - iii. Algemene voorzieningen
 - iv. Huur van materieel
2. Management uitgaven
 - (a) Aandelen van kaderfuncties
 - (b) Juridisch personeel
 - (c) Aandelen van R&D personeel
3. Verkoopsuitgaven
 - (a) Verkoopspersoneel
 - (b) Magazijn- en leveringskosten
 - (c) Technisch personeel (vb. dienst na verkoop)

Vaste kosten:

1. Materialen
2. Arbeid (inclusief extra-legale voordelen)
3. Directe product supervisie
4. Onderhoudskosten
5. Stroom en nutsvoorzieningen
6. Kwaliteitscontrole personeel
7. Royalties
8. Packaging en opslag kosten.
9. Schroot verliezen en verspilling

De elementen van kost zijn samengesteld tot de verkoopprijs van een product (zie Figuur 4.6).

				Winst	Verkoopprijs
			Verkoops- uitgaven		
	Fabrieks- uitgaven	Algemene uitgaven	Fabricage kost	Totale kost	
Direct materiaal	Primaire kost	Fabrieks kost			
Directe arbeid					

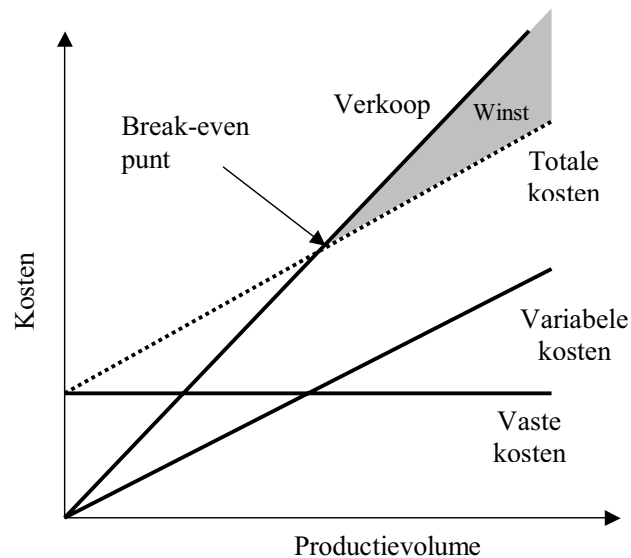
Figuur 4.6: Verdeling van de verkoopprijs van een product in kosten.

Een andere belangrijke kost is het werkingskapitaal (de fondsen die bovenop het vast kapitaal moeten voorzien worden om een project op te starten en op te volgen): ruw materiaal, halfafgewerkte producten, afgewerkte producten

in de inventaris, vorderingen en cash. Dit werkkapitaal is bezet tijdens het project maar kan gerecupereerd worden op het einde van het project.

Een concept dat een ruwe schatting van de investeringskost voor een nieuw product geeft is de omzet ratio (*Eng.: 'turnover ratio'*): dit is de omzet gedeeld door de totale investering. In de chemische industrie is deze turnover ratio typisch 1 en in de staalindustrie 0.6.

Het feit dat variabele kosten afhangen van het productievolume leidt tot het begrip 'break-even point' (zie Figuur 4.7). Het bepalen van het productievolume waarbij het break-even punt wordt overschreden is zeer belangrijk.



Figuur 4.7: Illustratie van het break even punt.

4.2.2 Kost schattingsmethodes

Drie methodes worden gebruikt om kosten te evalueren: 'de methode engineering', 'kosten door analogie' en statistische analyse van historische gegevens.

In de methode engineering aanpak worden de verschillende elementen van arbeid in detail geïdentificeerd en opgeteld tot de totale kost per onderdeel. Een vereenvoudigd voorbeeld van de productie van een fitting wordt gegeven in Tabel 4.7.

Bij de analogie aanpak worden de toekomstige kosten van een project gebaseerd op de kosten per onderdeel van een vorig vergelijkbaar project

Operaties	Materiaal	Arbeid	Overhead	Totaal
Stalen smeedstuk	37.00€			37.00€
Opstart op freesmachine		0.20€	0.80€	1.00€
Opstart op boormachine		Arbeid	Overhead	3.25€
Acht gaten boren		Arbeid	Overhead	1.91€
Stuk schoonmaken en verven		Arbeid	Overhead	4.95€
Totaal	37.00€	2.40€	9.91€	49.3€

Tabel 4.7: Voorbeeld van de kosten per onderdeel

(gebruik makende van dezelfde technologie en geproduceerd op dezelfde locatie). In de statistische aanpak worden technieken als regressie analyse gebruikt om relaties tussen kost en parameters van het systeem (gewicht, snelheid, vermogen) te bepalen.

Omdat de koopkracht van geld daalt in functie van de tijd zijn alle bepaalde kosten in feite achterhaald. Om dit te compenseren worden kost indices gebruikt. De vroegere kosten C_{t_1} worden dan getransfereerd naar huidige kosten C_{t_2} :

$$C_{t_2} = C_{t_1} \frac{I_{t_2}}{I_{t_1}}$$

waarbij de indices I_{t_1} en I_{t_2} bijvoorbeeld te vinden zijn bij het Ministerie van Economie (www.mineco.fgov.be).

De kost van de meeste kapitaalmiddelen is niet lineair afhankelijk van de grootte of capaciteit van het materieel. Het verdubbelen van het vermogen van een motor laat de kost toenemen met ongeveer de helft. De kost-capaciteit relatie wordt gewoonlijk uitgedrukt als:

$$C_1 = C_0 \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^x \quad (4.24)$$

waar C_1 en C_0 de respectievelijke kapitaalkosten zijn geassocieerd met de capaciteit Q_1 en Q_0 . De exponent x varieert tussen 0.4 en 0.8 en is ongeveer 0.6 voor veel materieel (daarom wordt de regel in Vergelijking 4.24 vaak de 'zes tienden regel' genoemd).

Fabricage kosten en operationele kosten zijn gelijk aan de directe productiekosten + vaste kosten + bedrijfs overhead kosten. De componenten van directe productiekosten (variabele kosten) zijn de volgende:

1. Ruw materiaal (min schroot of verkochte bijproducten).
2. Arbeid (aantal manuren)
3. Directe supervisie en administratieve arbeid

4. Nutsvoorzieningen
5. Onderhoud en hertellingen (typisch 3 tot 10% van de fabrieksinvestering per jaar).
6. Operationele hulpmiddelen (10 a 20% van de onderhoudskost)
7. Laboratorium en QC kosten
8. Patenten en royalties

Vaste kosten bestaan uit:

1. Afschrijving
2. Locale belasting
3. Verzekering
4. Werkruimte kost
5. Intrest op investering

De kost van onderdelen is afhankelijk van de oorsprong van de onderdelen:

- Onderdelen aangeschaft van verkopers.
- Onderdelen in-huis ontwikkeld en gefabriceerd door onderaannemers.
- Onderdelen in-huis geproduceerd.

Onafhankelijk van de bron van de onderdelen is de kost ook afhankelijk van enkele andere factoren. Voor gefreesde onderdelen zijn volgende vragen belangrijk voor het bepalen van de kost:

1. Wat is het materiaal waaruit gefreesd wordt?
2. Welk type freesmachine wordt er gebruikt (aantal vrijheidsgraden)?
3. Wat zijn de dimensies van het onderdeel?
4. Hoeveel te frezen oppervlakken zijn er, hoeveel materiaal moet er weggenomen worden?
5. Hoeveel onderdelen moeten er gemaakt worden?
6. Wat is de tolerantie en de afwerkingsgraad (zie Tabel 4.8)?
7. Wat is de arbeidskost voor personeel.

Tolerantie	Afwerking	Productiekost
1. Fijn	Gemiddeld	11.03€
2. Nominaal	Gemiddeld	8.83€
3. Ruw	Gemiddeld	7.36€
4. Fijn	Gepolijst	14.85€
5. Fijn	Gedraaid	8.17€
6. Carbon staal		22.45€

Tabel 4.8: Effect van de tolerantie en afwerking op de kost

4.3 Value engineering - Value analyse (VE - VA)

Het doel van waardeanalyse WA (*Eng.: value analysis*) is het systematisch elimineren van alle kosten die niet bijdragen tot de waarde van een product, proces of dienst. Onder waarde wordt daarbij verstaan al datgene wat de gebruiker ertoe brengt het product of de dienst te verlangen. Waarde-analyse heeft altijd een dubbele betekenis: niet alleen analyseren, maar ook creëren.

Binnen een onderneming berust het succes van waardeanalyse op drie pijlers:

1. De methode wordt door het management gewaardeerd en onder-steund. Een waardeanalist is doorgaans een stafmedewerker of een consultant.
2. Een waardeanalyse-onderzoek vindt plaats in teamverband met vertegenwoordigers uit verschillende disciplines binnen de onderneming.
3. Er wordt een duidelijk omschreven procedure doorlopen. Een Europese norm bestaat nog niet; doorgaans wordt gewerkt volgens de Duitse (DIN 69910) of de Franse norm (ISSN 0335- 3931).

Het doel van waardeanalyse (WA) is doorgaans kostenbesparing door een eenvoudiger en goedkoper samengesteld product te ontwerpen. Door middel van een analyse van de functies, gebaseerd op de eerste schetsen, en een voorlopige stuklijst, worden funktiekosten in beeld gebracht. Wanneer een team ontwerpers de methode consequent toepast, wordt de creativiteit geprikkeld en ontstaan nieuwe concepten. Waardeanalyse is dus een methode om overtollige kosten in het productontwerp te elimineren. En dat is vaak nodig, want een product is doorgaans te duur. Wat veroorzaakt nu die immer te hoge kostprijs? Globaal kunnen we de volgende oorzaken aangeven:

- te hoge specificatie (meer leveren dan wat de klant/markt vraagt);

- te snel een constructieprincipe kiezen (jumping to solutions);
- te weinig afstemming met bestaande artikelen (te veel varianten);
- te veel en te duur materiaal;
- te veel bewerkt oppervlak;
- te zware verbindingen (overdimensioneren uit overbodige veiligheidsoverwegingen);
- te nauwkeurige toleranties en te fijne afwerking;
- te dure machines en gereedschappen.

Een ontwerper onder tijdsdruk construeert op te veel veiligheid en niet op optimale kosten. De stelregel van WA is dan ook: Construeer niet zo goed mogelijk, maar zo goed als nodig!

Bij een WA-onderzoek doorloopt het team achtereenvolgens de volgende fasen (zie ook Figuur 4.8):

1. **Opdrachtfase:** bepalen taak, target, team, termijn.

De opdracht van het management aan de waardeanalist zou kunnen luiden:

- ontwikkel door middel van WA van product X1 een variant X2 die komende zes jaar geproduceerd gaat worden met een jaaraantal van 8.000;
- realiseer een kostprijsreductie van 20%;
- haal specialisten in het team van inkoop, voorcalculatie, fabricage en laboratorium;
- presenteer binnen vier weken een voorstel.

2. **Informatiefase:** vergaren specialistische informatie.

Als voorbereiding op een WA-onderzoek doet de waardeanalist het volgende.

- hij verzamelt de eisen waaraan het ontwerp X2 moet voldoen, bij voorkeur vertaald in de functies die het product moet verrichten;
- hij zorgt voor een tekening van het product X1 met stuklijst;
- hij stelt een concept-functieboom van product X1 op;
- hij plant een aantal sessies en roept het team bij elkaar met daarin doorgaans calculators en specialisten uit de fabricagevoorbereiding.

3. Visualisatiefase: opstellen functieboom

Een functieboom wordt als volgt samengesteld:

- aan de hand van de stuklijst stelt men van elk stuknummer de functie(s) vast (zie Figuur 4.9 voor het voorbeeld van een papierperforator);
- elke functie wordt op een kaartje geschreven en deze kaartjes of gegomde briefjes worden op een groot bord geprikt of geplakt.
- de functies worden in kolommen gerangschikt: uiterst links de hoofd-en nevenfunctie(s), daarnaast de afgeleide functies van het eerste niveau, daarnaast die van het tweede niveau, enzovoort;
- in horizontale richting is er logische samenhang. De rechter functies geven antwoord op de vraag: Hoe wordt deze functie vervuld?, terwijl naar links kijkend de vraag beantwoord wordt: Waartoe dient deze functie?

Een voorbeeld van een functieboom voor een perforator is weergegeven in Figuur 4.10.

4. Analysefase: inventariseren functiekosten.

Als de functieboom klaar is, stellen we een functiekostenmatrix samen. De horizontale as bevat de deelfuncties uit de meest rechtse kolom. Verticaal staan alle onderdelen en bewerkingen die geld kosten. Als niet precies bekend is wat de inkoop- of maakprijs is van stuknummers of wat de kosten zijn van de bewerkingen, processen en assemblagehandelingen, moeten deze geschat worden.

5. Creatieve fase: ideengeneratie, brainstormtechnieken.

Voor elke (deel)functie zoeken we naar alternatieve oplossingen (met behulp van de technieken uit Hoofdstuk 2). Wanneer het stadium van ideeëngeneratie gepasseerd is, kan met behulp van een morfologische kaart een geschikte combinatie gezocht worden (zie Figuur 4.12).

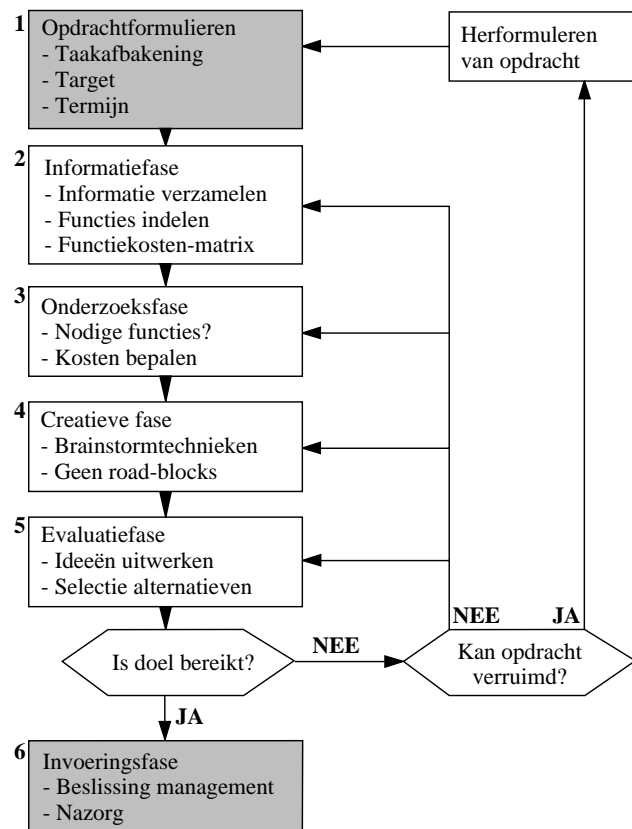
6. Evaluatiefase: keuze maken uit alternatieven.

In de evaluatiefase gaan we de verschillende alternatieven met elkaar vergelijken en wegen. Twee dimensies spelen daarbij een doorslaggevende rol: de functieervulling en de kostprijs. Wanneer nu veel alternatieven voor een product bedacht zijn, zal in de performatie kost matrix (ook: *P-F*-matrix) een puntenwolk voorkomen waardoorheen een verticale en een horizontale criteriumlijn gezet kunnen worden, die de puntenwolk in de volgende vier gebieden verdelen (zie voorbeeld in Figuur 4.13):

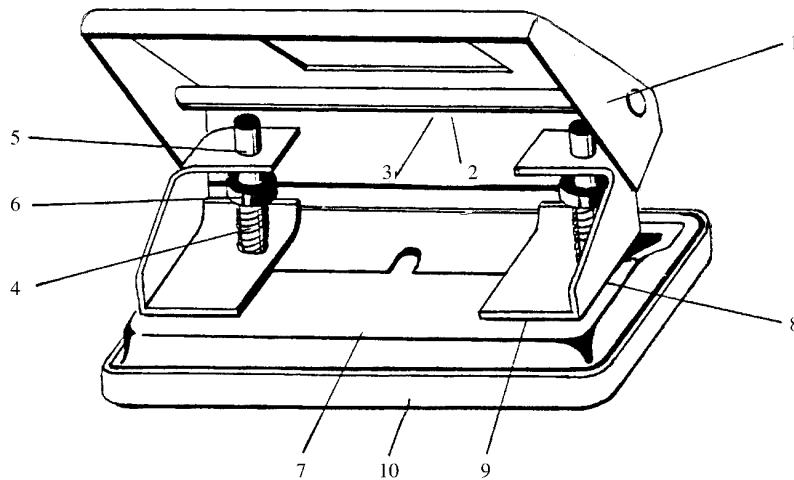
- (a) alternatieven die niet aan het kwaliteitscriterium Pq voldoen en duurder zijn dan de targetprijs Ft vallen direct af;
- (b) alternatieven onder de lijn Pq maar goedkoper dan Ft komen in aanmerking voor verbeteringen;
- (c) alternatieven die voldoen aan beide criteria worden nader uitgewerkt (de goedkoopste het eerst);
- (d) alternatieven die kwalitatief goed zijn maar boven de kostprijs-target uitkomen geven de meeste hoofdbreken, zeker als er géén oplossingen voorhanden zijn die aan beide criteria voldoen. De verleiding is dan vaak groot om, onder druk van de tijd, toch maar te kiezen voor de duurdere oplossing en de gestelde kostprijs-target te negeren in plaats van de uitdaging aan te gaan om het gestelde doel te realiseren.

7. **Invoeringsfase:** implementatie en resterende knelpunten.

De ervaring met waardeanalyseprojecten in binnen- en buitenland leert dat het verwerkelijken van kostprijsbesparende ideeën niet als vanzelfsprekend verloopt. Het gemakkelijkst wordt een WA-resultaat opgepikt als binnen de organisatie een procedure voor nazorg bestaat. Veel grote bedrijven kennen een technische commissie op hoog managementniveau die regelmatig vergadert en dan knopen doorhakt ten aanzien van productwijzigingen.

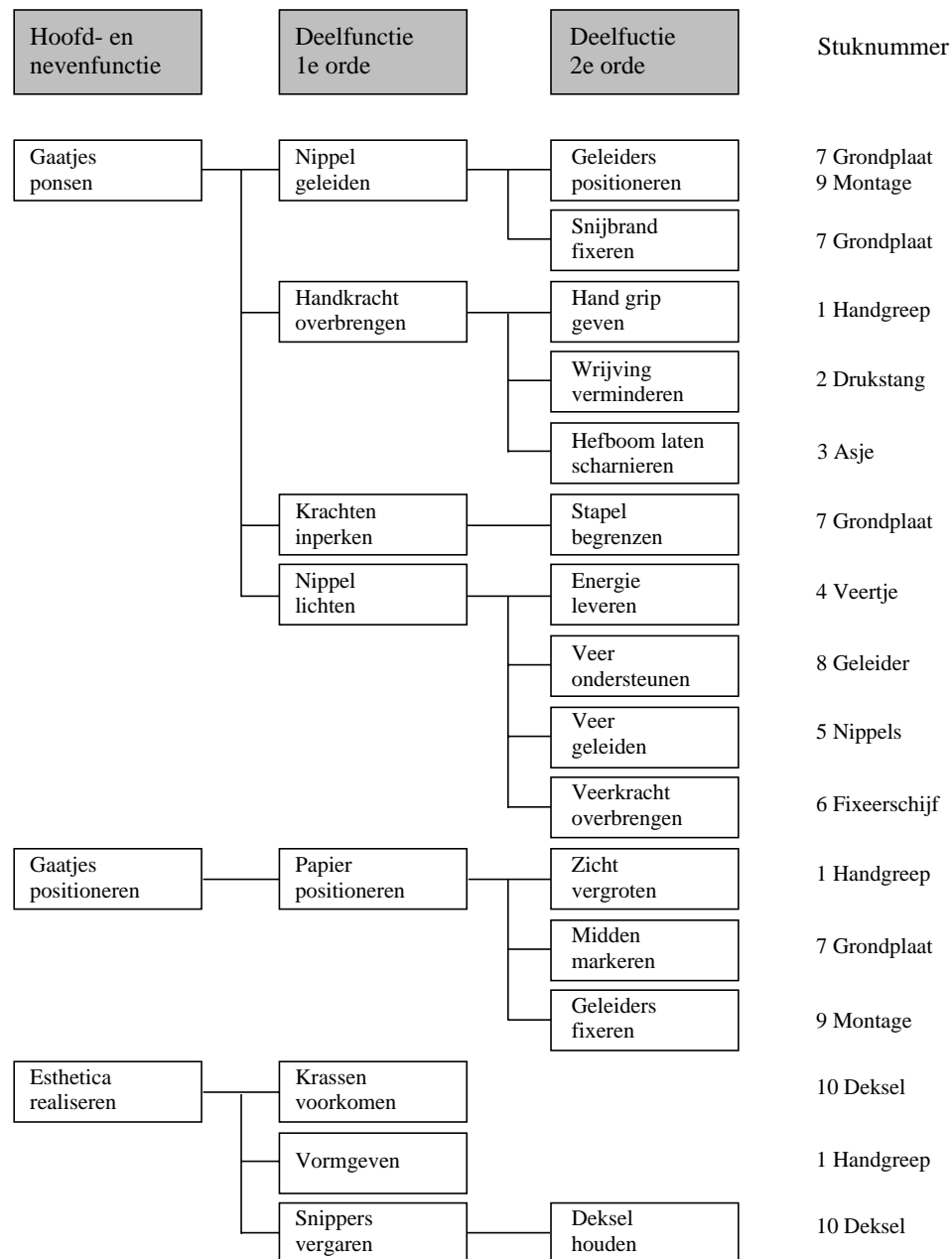


Figuur 4.8: Flow-diagram WA volgens DIN 69910 (fase 3 en 4 zijn hier samengetrokken tot 'Onderzoeksfase').



Onderwerp: Perforator					
Planning			: 180.000 stuks/jaar		
Looptijd			: 5 jaar		
Stuknr.	Aantal	Onderdeel	Fabricagekosten		
			Mat.	Loon	Totaal
1	1	Hefboom	20	10	30
2	1	Drukstang	10	5	15
3	1	Asje	5	5	10
4	2	Veer	5	25	30
5	2	Stempel	10	15	25
6	2	Fixeerschijf	6		6
7	1	Grondplaat	20	5	25
8	2	Geleider	40	20	60
9		Montage		60	60
10	1	Deksel	30		30
Totaal			146	145	291

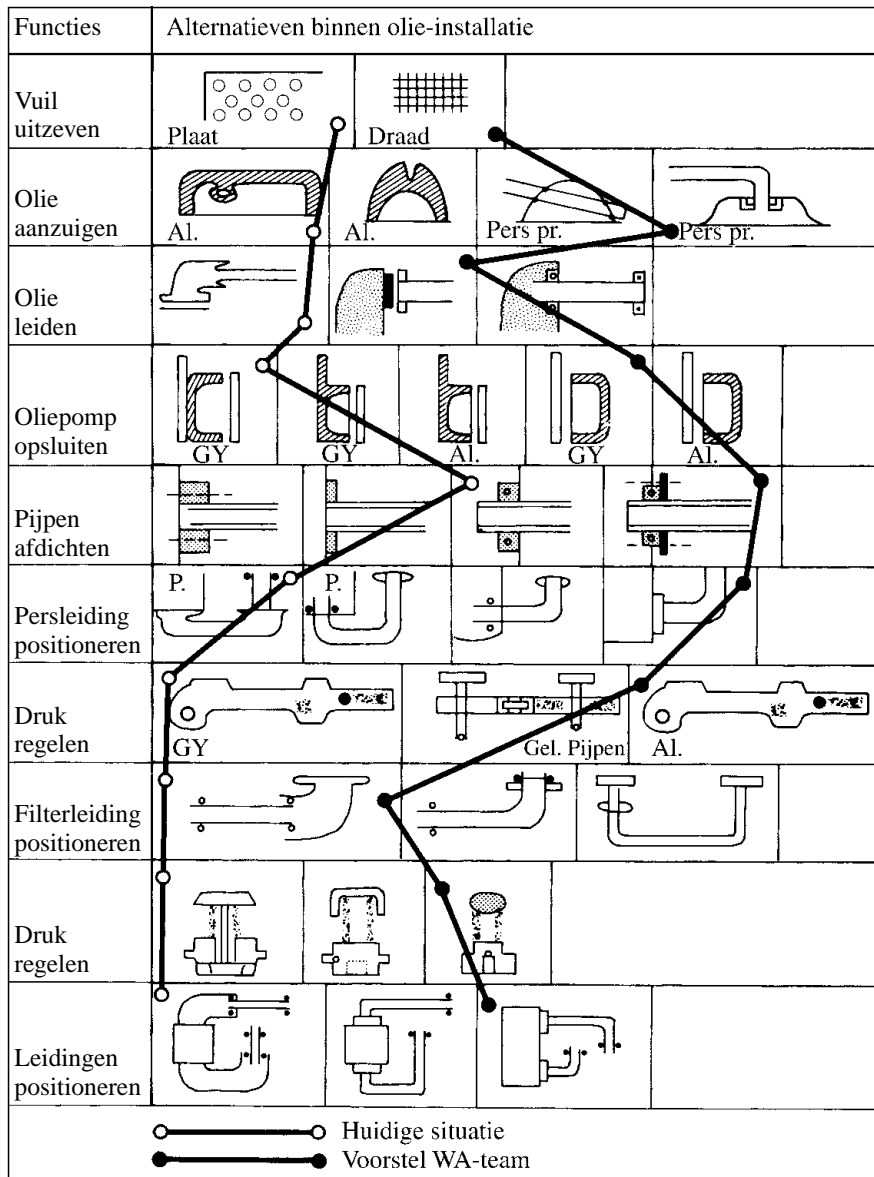
Figuur 4.9: Voorbeeld: perforator met stuklijst en kostprijs per stuknummer.



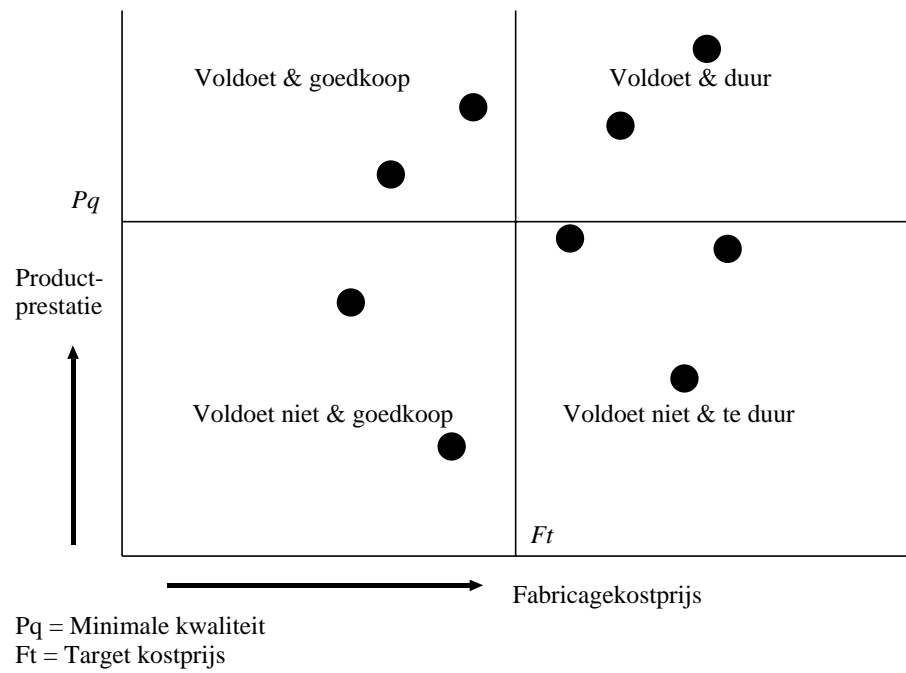
Figuur 4.10: Voorbeeld van een functieboom van een papierperforator.

Deelfunctie 2e orde	1 Handgreep	2 Stang	3 Asje	4 Veer	5 Nippel	6 Schijf	7 Grondplaat	8 Geleider	9 Montage	10 Deksel	Functie- kosten
Geleiders positioneren							6	8	6		20
Snijrand fixeren							6				6
Handkracht doorgeven	10	9			15			16	6		56
Wrijving verminderen		5			5				5		15
Hefboom laten scharnieren			10					18	6		34
Stapel begrenzen							5	5			10
Energie leveren				30							30
Veer ondersteunen								8			8
Veer geleiden					5				5		10
Veerkracht overbrengen		1				6					7
Zicht vergroten	10										10
Midden markeren							3				3
Geleiders fixeren								5	30		35
Krassen voorkomen										12	12
Vormgeven	10									6	16
Deksel houden							5		2	12	19
Prijs:	30	15	10	30	25	6	25	60	60	30	291

Figuur 4.11: Functiekostenmatrix van een papierperforator.



Figuur 4.12: Morfologische kaart olieleidingen.

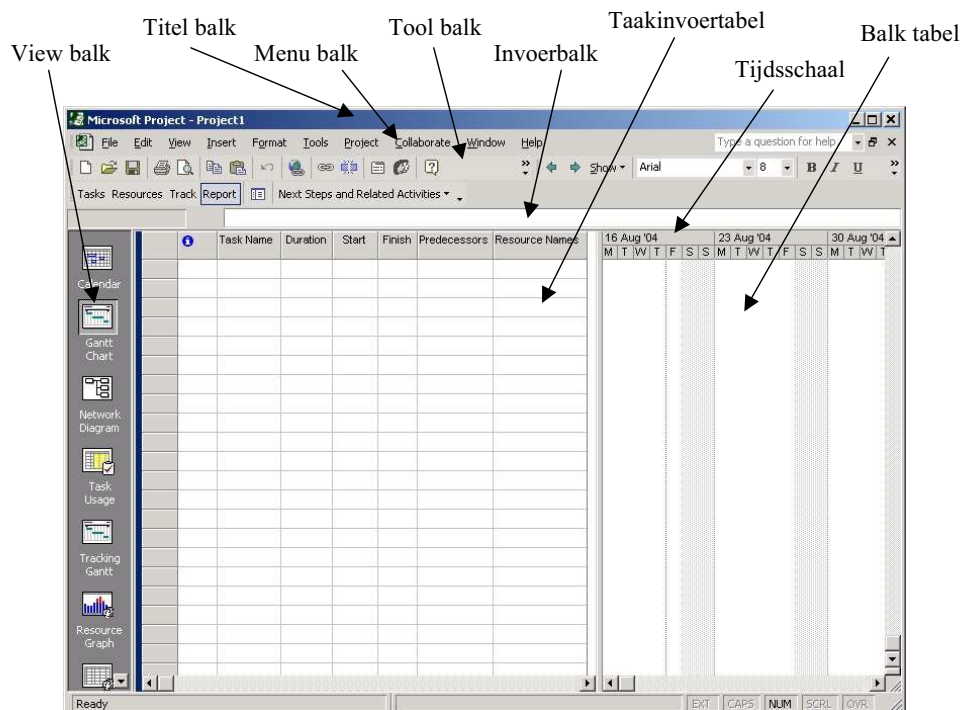


Figuur 4.13: Beoordelingsmatrix.

Bijlage C

Introductie MS Project

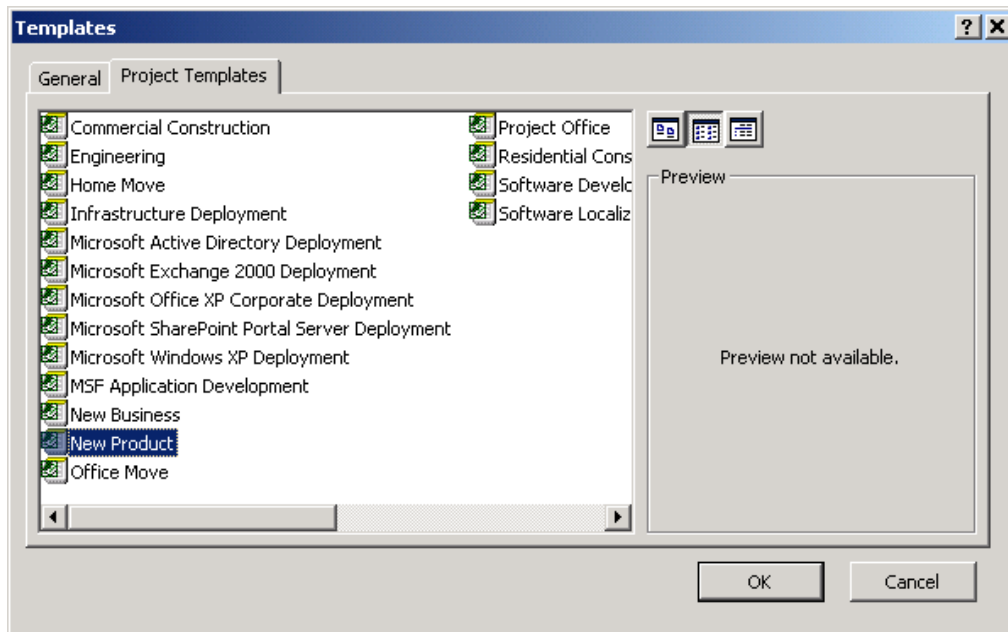
C.1 De fundamenten



Figuur C.1: Default MS Project openingscherm (Gantt view).

1. Open het programma 'Microsoft Project'.

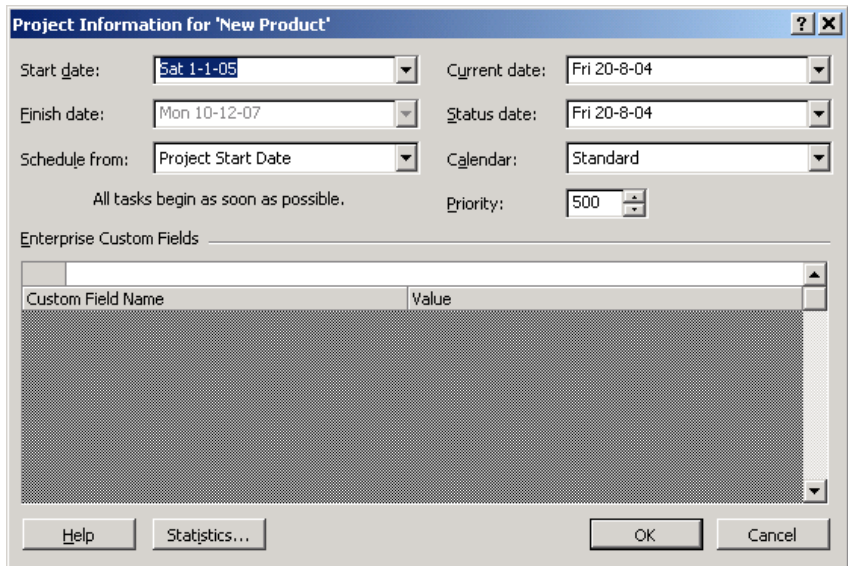
2. In het default venster (zie Figuur C.1) kunnen volgende items gevonden worden:
 - Balk tabel: toont grafische taken informatie.
 - View balk: toont het project in verschillende mogelijke zichten.
 - Menu balk: toont de namen van de commando menus.
 - Titel balk: toont de naam van de gebruikte file.
 - Tool balk: shortcuts naar veelgebruikte commando's.
 - Invoer balk: toont de gegevens van een veld in de taakinvoertabel.
 - Taakinvoertabel: toont de taken die ingevoerd zijn voor het project. Verschillende zichten geven variaties in de taakinvoertabel (voor sommige zichten is er geen taakinvoertabel).
 - Tijdsschaal: toont de tijd in verschillende formaten.
3. Selecteer **File** → **New** in de menu balk.
4. Selecteer een **Blank project** of maak gebruik van één van de templates (**New from template** item in het **New Project** venster). Een template is een type file die opgesteld is voor een bepaald type project (zie voorbeelden in Figuur C.2).
5. De 'Project Guide Wizard' kan gebruikt worden als gids doorheen de verschillende stappen in het creëren van een project. Dit venster kan getoond worden via: **View** → **Toolbars** → **Project Guide**.
6. Voer de project informatie in (start datum, eind datum, etc.): selecteer **Project** → **Project information** (zie Figuur C.3).
7. Voer de werktijden in: selecteer **Tools** → **Change working time**. Er kan ook een nieuwe kalender gedefinieerd worden in dit menu (zie Figuur C.4).
8. Verander het tijdsschaal formaat: **Format** → **Timescale**.
9. Opslaan van het project: **File** → **Save as**. Er kan eveneens een 'baseline' opgeslaan worden (dit is een kopie van het project dat als referentie wordt gebruikt doorheen het verloop van het project): **Tools** → **Tracking** → **Save Baseline**.



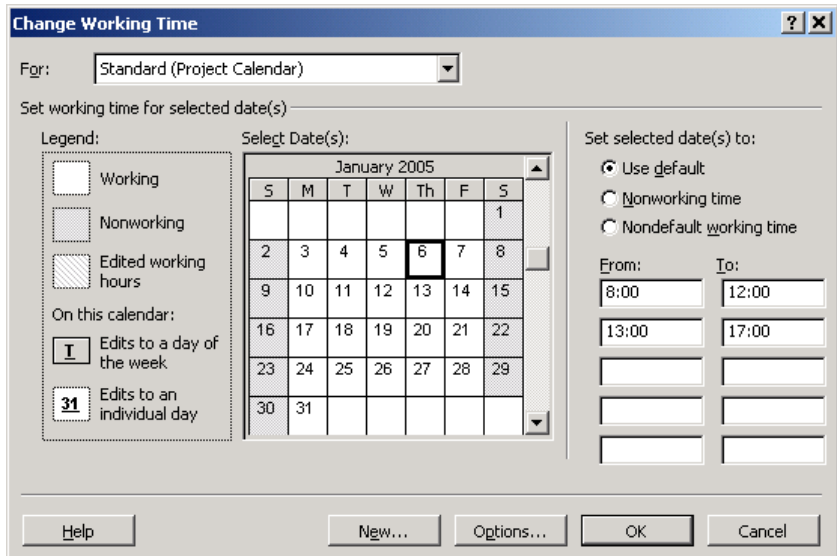
Figuur C.2: Menu voor het openen van een template.

C.2 Invoeren en schedulen van de taken lijst

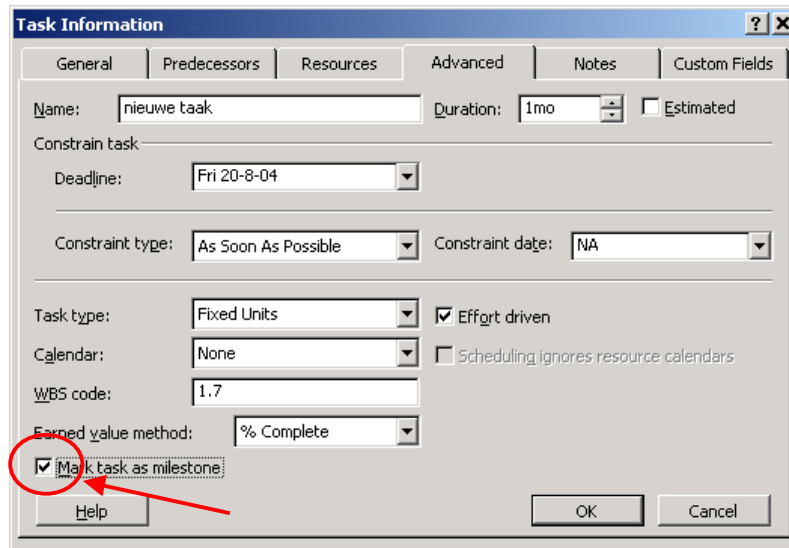
1. Intypen van een taak naam in het taak naam veld.
2. Voer de taak duur in.
3. Creëer een 'Milestone' door voor de taak duur '0' op te geven of door 'mark task as milestone' aan te vinken in de 'Task Information' dialog box (zie Figuur C.5).
4. Door met de rechter muisknop op de 'Task ID' (met het taak nr) te klikken kan een taak verwijderd, ingevoegd of gecopieerd worden.
5. Regelmatig terugkerende taken kunnen ingevoegd worden via: **Insert** → **Recurring task**.
6. Met de 'indent' en 'outdent' iconen in de tool balk (zie C.6) kan de hiërarchie van de taken gewijzigd worden (vb. van een taak en subtaak maken).




Figuur C.3: Menu voor het invoeren van de start- of einddatum en prioriteit.

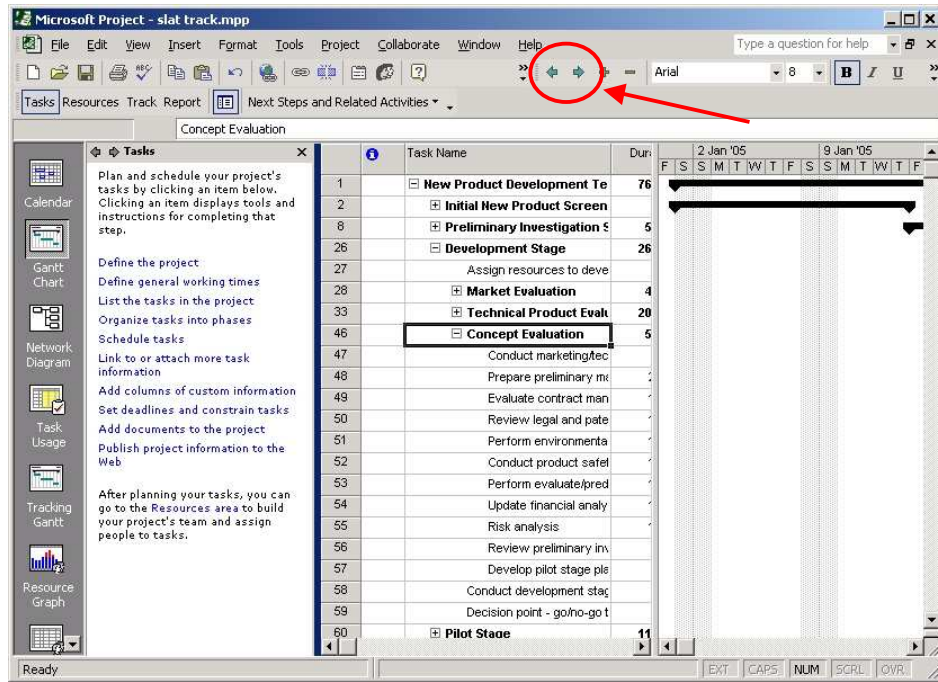


Figuur C.4: Menu voor het veranderen van de werktijden.



Figuur C.5: Menu voor het markeren van een taak als 'milestone'.

7. Het 'linken' of 'unlinken' van taken kan d.m.v. de iconen getoond in Figuur C.7 (de volgorde van selecteren van de te linken taken geeft ook de opeenvolging).
8. Naast het 'link' icoon bevindt zich het icoon  om een taak te 'splitten' (onderbreken en op een latere datum verder laten lopen). Ga hiervoor na het indrukken van het 'split' icoon naar de Gantt balk en sleep van de begin tot het einde van de pauze.
9. Door de dubbelklikken op de pijlen in de Gantt chart kan het type link (FS, FF, SS of SF) aangegeven worden en kan een overlap (vul een negatieve 'lag' in) of een delay (positieve 'lag') ingevoerd worden (zie C.8).
10. In de 'advanced' sectie van de Task Information kunnen verschillende types taken geselecteerd worden: 'Fixed duration', 'Fixed units' en 'Fixed work' waarbij: $duration = work/assignment\ units$. De 'effort driven' check box geeft aan of de effort of andere resources voorrang krijgen in de scheduling (zie Figuur C.9). In hetzelfde venster kunnen ook 'deadlines' en 'constraints' ingesteld worden en kan ook een andere kalender gebruikt worden.



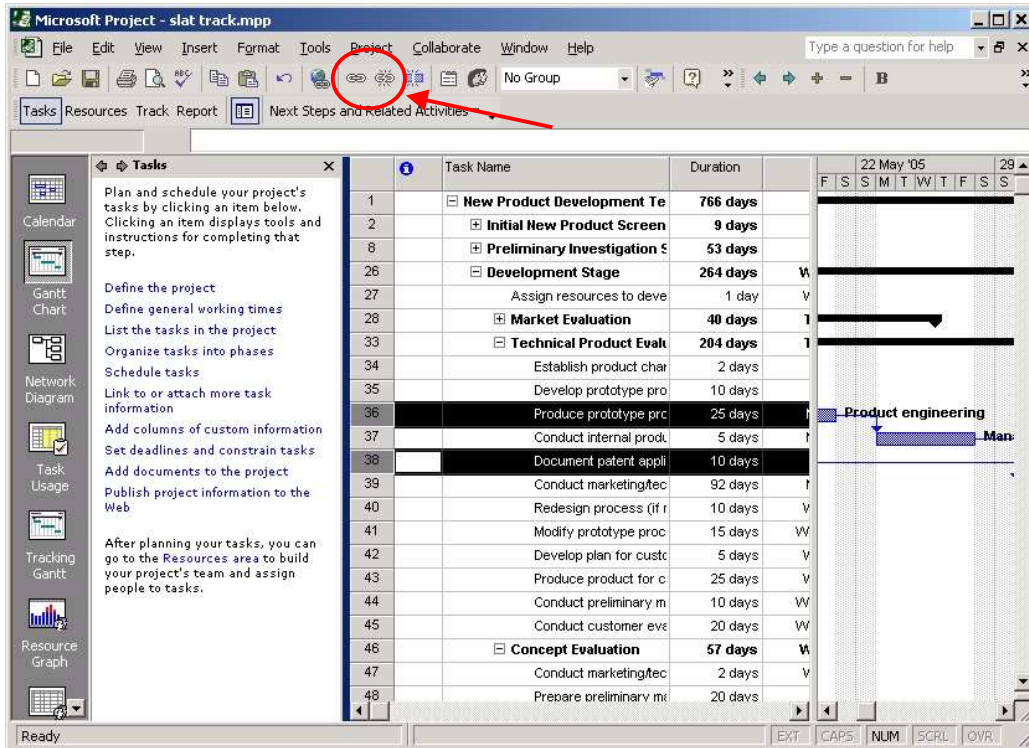
Figuur C.6: Iconen voor het 'indenteren' en 'outdenteren' (omcirkeld).

C.3 Toewijzen van resources en kosten

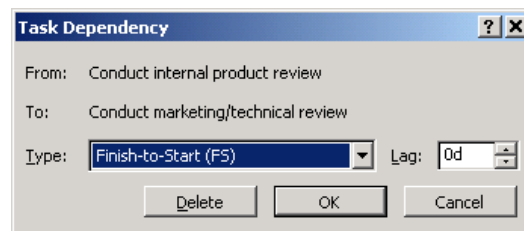
1. Creëren van een 'Resource sheet': selecteer **View** → **Resource Sheet**, voer resources in en vul de respectievelijke velden in (zie vb. Figuur C.10).
2. Invoeren van 'Resource availability': selecteer de resource en click op de 'Resource information' knop.
3. Groeperen van resources: selecteer **Project** → **Group by** → **Resource Group**.
4. Veranderen van resource schedules: in de task view selecteer het 'Resources' blad van het Task Information window (zie C.11). Via een drop-down lijst kan een resource gekozen worden. Het toewijzen van



resources wordt gedaan door op de knop te drukken wanneer een taak geselecteerd is.



Figuur C.7: Iconen voor het 'linken' en 'unlinken' van taken (omcirkeld).



Figuur C.8: Invoeren van de opeenvolging van de taken.

- Om kosten voor de resources in te voeren met eerst de resource view geselecteerd worden. Daarna kunnen de kosten ingevuld worden in de 'Costs' tab van het resource information window (zie Figuur C.12). Voor het invoeren van vaste kosten: **View** → **Table** → **Cost**, en wijzig de velden.

Figuur C.9: Invoeren van het type van de taak.

C.4 Bekijken van de project database

1. Veelgebruikte views (in menu **view**): 'Gantt', 'Calander', 'Network diagram', 'Task usage', of één van de tabellen ('cost', 'entry', etc.). De 'critical path' kan worden gevisualiseerd door 'Detail Gantt' te selecteren onder 'More Views'.
2. Een view kan worden geprint door: **File** → **Print**.

C.5 Updaten van projecten en bekijken van vooruitgang

1. Updaten van taken: **Tools** → **Tracking** → **Update Tasks**. Voer een percentage van vervollediging in. Ofwel: **View** → **Toolbars** → **Tracking**.
2. Updaten van resources: **View** → **Table** → **Work**. Typ een andere waarde in het 'actual' veld. Voor resources met 'Time Periods' gebruik: **Format** → **Details**.
3. Updaten van kosten: selecteer **View** → **Task Usage** en daarna **View** → **Table** → **Tracking**. Voer de nieuwe kost in in het veld 'Act Cost'.

*C.5. UPDATEN VAN PROJECTEN EN BEKIJKEN VAN VOORUITGANG*347

4. Controle van de Tijdsduur Variantie: **View** → **Table** → **Variance**.
5. Controle van de Werk Variantie: **View** → **Table** → **Work**. Controleer het variance veld.
6. Controle van de Kost Variantie: **View** → **Table** → **Cost**. Bekijk het 'Variance' veld.
7. Bekijken van Project Statistieken: **Project** → **Project Information**. Klik op de 'Statistics' button.

Microsoft Project - slat track.mpp

Process engineer

	Resource Name	Type	Material Label	Initials	Group	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use
1	Management	Work		M		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
2	Product engineer	Work		P		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
3	Legal	Work		L		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
4	Marketing	Work		M		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
5	Project manager	Work		P		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
6	Process engineer	Work		P		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
7	Manufacturing engine	Work		M		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
8	Safety	Work		S		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
9	Accounting	Work		A		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
10	Customer	Work		C		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00
11	Purchasing	Work		P		100%	\$0,00/hr	\$0,00/hr	\$0,00

Resource Information

General Working Time Costs Notes Custom Fields

Resource name: Manufacturing engineer Initials: M

Email: Group:

Workgroup: Default Code:

Windows Account... Type: Work

Material label:

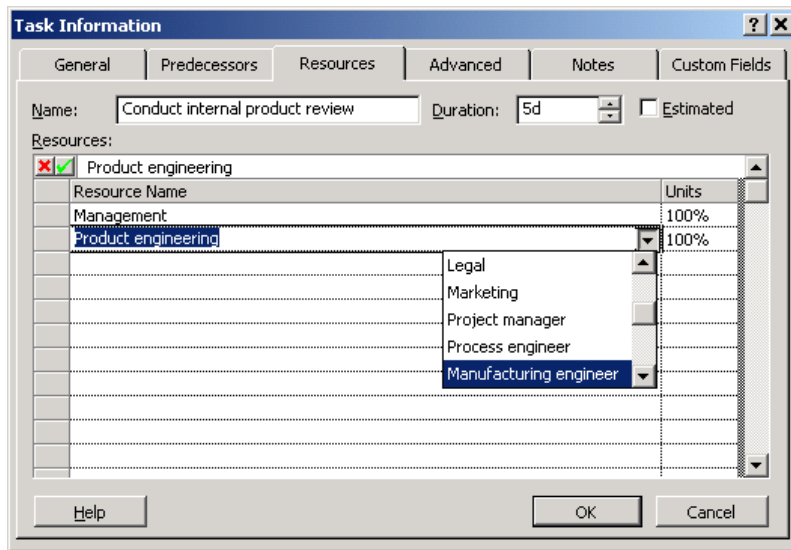
Resource Availability

Available From	Available To	Units
NA	NA	100%

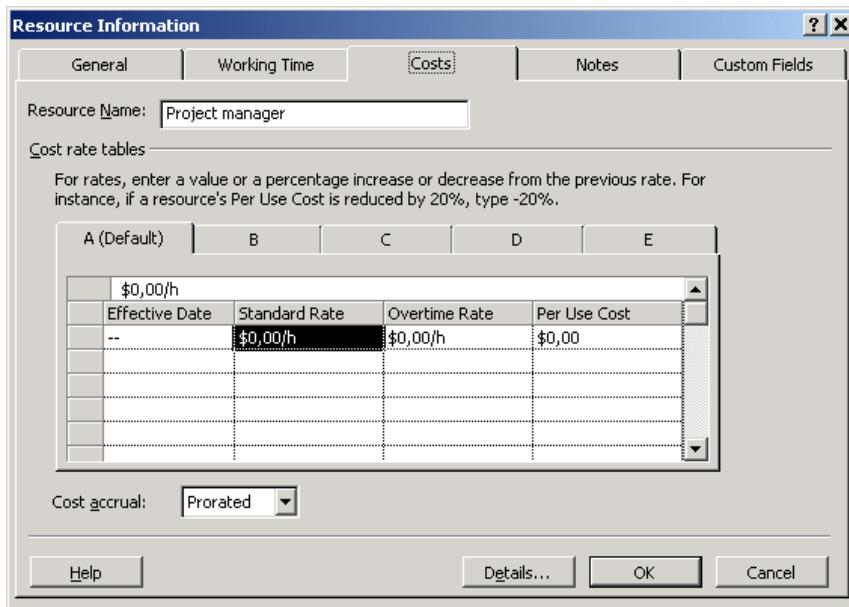
Generic
 Inactive

Help Details... OK Cancel

Figuur C.10: Invoeren van resources in de resource informatie (rechts).



Figuur C.11: Schedulen van resources.



Figuur C.12: Invoeren van resource kosten.