

Planning

1.	Inleiding	E1010- 3
1.1.	Omschrijving van het begrip plannen	E1010- 3
1.2.	Beschikbare planningmethoden	E1010- 3
2.	Het opzetten van de planning in samenhang met de voortgangscontrole	E1010- 5
2.1.	Uitgangspunten vastleggen	E1010- 5
2.2.	Planningmethode kiezen	E1010- 6
2.3.	De mate van detaillering van de planning bepalen	E1010- 6
2.4.	Planning opzetten	E1010- 7
2.5.	Bepalen doorlooptijden	E1010- 8
2.6.	Voortgangscontrole	E1010-10
3.	De rapportage	E1010-14
4.	S- en verdelingskrommen	E1010-15
4.1.	S-kromme vorm	E1010-16
4.2.	De S-kromme-optiek	E1010-16
4.3.	Verdelingskromme	E1010-16
4.4.	Toepassingen	E1010-16
4.5.	Opzet	E1010-18
4.6.	Werkelijke voortgang	E1010-18
4.7.	Verwerking meerwerk	E1010-18
4.8.	Vuistregels voor chemische installaties	E1010-21
4.9.	Verband tussen diverse S-krommen	E1010-21
4.10.	Conclusie	E1010-21
5.	Planningmethoden	E1010-24
5.1.	Staafdiagram	E1010-24
5.2.	Netwerkplanning	E1010-24
5.3.	Line of balance (LOB)	E1010-30
6.	Computertoepassingen	E1010-33
7.	Literatuur	E1010-34

1. Inleiding

De bedoeling van het artikel over dit onderwerp is om degenen die nog niet vertrouwd zijn met het begrip planning, een inzicht te geven in deze materie en tevens om aan te geven welke moeilijkheden een planner kan ondervinden bij het uitoefenen van zijn vak.

1.1. Omschrijving van het begrip plannen

„Plannen is het rangschikken in de tijd van activiteiten die leiden tot een bepaald doel en het zorgvuldig bewaken van die activiteiten.”

Dat betekent:

- vastleggen van activiteiten die nodig zijn om het doel (realisering van het project) te bereiken en de onderlinge volgorde en relatie daarvan;
- vastleggen van de doorlooptijden van die activiteiten, gebaseerd op een normale personeelsbezetting;
- vastleggen van procedures voor belanghebbenden betreffende rapportage en voortgangscontrole;
- vastleggen wie verantwoordelijk is voor welke activiteiten.

1.2. Beschikbare planningmethoden

Hier zullen drie methoden worden behandeld, namelijk:

- het staafdiagram;
- de netwerkplanning;
- de line of balance.

De oudste en meest bekende methode is het *staafdiagram*, waarbij de activiteiten worden uitgezet als een balk ten opzichte van een tijdas.

Deze methode voldoet goed voor eenvoudige, overzichtelijke projecten.

De *netwerkplanning* dankt haar ontstaan aan het feit dat projecten steeds groter en gecompliceerder werden.

Consequenties voor het hele project door vertragingen in één of meer activiteiten, kunnen met een staafdiagram niet meer zichtbaar worden gemaakt.

Een netwerk valt uiteen in drie fasen:

- structuurplanning, die de relaties tussen de activiteiten vastlegt;
- tijdplanning, die aan elke activiteit een doorlooptijd toekent en de gevolgen daarvan op het totaal bepaalt;
- capaciteitsplanning die, door de bezetting per activiteit op te ge-

E1010-4 Planning

ven, de benodigde bezetting voor het totale project bepaalt, zowel in hoeveelheden als gezien in de tijd.

Deze gegevens kunnen worden vastgelegd volgens de methode:

- activiteit op pijl (Critical Path Methode, CPM);
- activiteit op knooppunt (Precedence Methode).

Toepassing van een netwerkplanning is niet altijd zinvol en wel om de volgende redenen:

- het gevaar om te gedetailleerd te werken;
- men realiseert zich onvoldoende dat deze methode slechts als een stuk gereedschap dient te worden beschouwd, welke alleen door de vakbekwaamheid van de gebruikers succes kan opleveren;
- een netwerk zal zo veel mogelijk in overleg met de gebruikers moeten worden opgezet, anders zullen er grote weerstanden tegen ontstaan;
- de netwerken moeten worden aangepast aan de projecten, niet andersom;
- onvoldoende steun van het management zal de toepassing van deze methode zeer slecht beïnvloeden;
- er zal voldoende tijd moeten worden besteed aan het verkrijgen van de juiste informatie;
- de presentatie is voor niet-deskundigen vaak moeilijk leesbaar.

Anderzijds biedt het netwerk ook grote voordelen:

- de invloed van vertragingen op het totale projectgebeuren wordt zichtbaar gemaakt;
- het geeft aan welke activiteiten kritiek zijn en welke een speling hebben dat biedt de mogelijkheid om alleen de voor de voortgang volgens het tijdrooster belangrijke activiteiten nauwlettend te observeren („Management by exception”);
- de methode is flexibel en biedt de mogelijkheid om de gegevens met de hand of met de computer te verwerken;
- het bijhouden en eventueel aanpassen van de planning is vrij eenvoudig;
- met behulp van de computer kan het netwerk worden gepresenteerd als staafdiagram.

De *line of balance* (LOB) methode wordt gebruikt om een serieproductie te plannen, te bewaken en bij te sturen.

Het systeem geeft grafisch de gereedheidsdata aan van onderdelen van een serieproductie, terwijl eveneens grafisch de voortgang be-

waakt en de knelpunten in de productie aangetoond kunnen worden.

De basis van de line of balance-methode is een netwerkplanning van één serieproduct.

De mijlpalen die worden gebruikt in de grafieken, worden met dit netwerk bepaald.

2. Het opzetten van de planning in samenhang met de voortgangscntrole

Indien opdracht is ontvangen voor het maken van een planning, zullen de navolgende activiteiten moeten worden uitgevoerd.

2.1. Uitgangspunten vastleggen

2.1.1. Wat moet worden gepland?

De definitie van de start- en eindactiviteit duidelijk vastleggen.

Ook de projectgrenzen duidelijk afbakenen, met andere woorden: wie plant wat?

2.1.2. Start- en gewenste einddatum

De startdatum is meestal de contractdatum.

De gewenste einddatum wordt vaak aangegeven door de opdrachtgever. Of die datum gehaald kan worden, zal uit de planning moeten blijken. Eventuele daaraan verbonden risico's moeten worden aangegeven.

2.1.3. Speciale eisen met betrekking tot de planningmethode

Doorgaans wordt contractueel een planningmethode voorgeschreven.

2.1.4. Speciale eisen met betrekking tot de indeling van activiteiten

Vaak worden bepaalde sorteringen verlangd van activiteiten die betrekking hebben op een bepaald vakgebied, bijvoorbeeld een machinale bewerking, montage, en dergelijke.

2.1.5. Speciale eisen met betrekking tot de rapportage

Speciale overzichten of grafieken van bepaalde onderdelen van de planning kunnen worden voorgeschreven.

Al deze punten moeten in een zeer vroeg stadium vastliggen, omdat de volgende stappen op deze uitgangspunten worden gebaseerd.

E1010-6 Planning

2.2. Planningmethode kiezen

Indien de methode van plannen niet is voorgeschreven in de uitgangspunten, zal de planner een methode moeten kiezen. De keuze is afhankelijk van het soort en de complexiteit van het te plannen project.

Normaal gesproken zal in de organisatie een standaard planningmethode aanwezig zijn die aansluit op de andere controlesystemen. Dit zal meestal een netwerk zijn, waarbij de vraag dan nog open staat of de gegevens met de hand of met de computer worden verwerkt.

Met de ontwikkeling van computerprogramma's loont het al snel de moeite om ook kleinere netwerken op de computer te zetten.

Een richtlijn is dat een netwerk tot circa 300 activiteiten nog met de hand kan worden verwerkt.

2.3. De mate van detaillering van de planning bepalen

Een vaststaand feit is dat de planningkosten stijgen naarmate de planning gedetailleerder wordt.

Bovendien levert een te gedetailleerde planning, door de hoeveelheid te verwerken gegevens en daarmee de vergrote kans op wijzigingen en fouten, meestal vertragingen in de rapportage op.

Het resultaat is dan, dat niet snel genoeg op afwijkingen kan worden gereageerd.

Het is dus zaak om aan dit aspect de nodige aandacht te besteden.

De detaillering van een planning wordt beïnvloed door:

- Het soort project. Een kort lopend, sterk aan tijd gebonden project zal zeer gedetailleerd worden gepland en bewaakt (onderhoudsstop in een continue installatie);
- De beschikbare voortgangsrapportage. De detaillering van de voortgangsrapportage moet overeenkomen met de detaillering van de planning;
- Het planningbudget. Afhankelijk van de grootte en de aard van het bedrijf zal het planningbudget groter of kleiner zijn. Er moet steeds naar gestreefd worden een optimum te vinden tussen het beschikbare budget en de te realiseren planning.

Bij het plannen van langlopende projecten zullen de eerste activiteiten fijner gepland worden dan de latere. Van fijn naar grof.

Met het verstrijken van de tijd zijn er meer gegevens bekend en kunnen de activiteiten in de overgangs- en eindfase gedetailleerder worden aangegeven.

2.4. Planning opzetten

Bij het opzetten van de planning speelt de organisatiestructuur van het uitvoerende bedrijf een grote rol. Over het algemeen zal een aantal groepsleiders – ieder verantwoordelijk voor een deel van het project – worden aangesteld.

Boven deze groepen is de projectleider verantwoordelijk voor het geheel.

De planner zal tezamen met de projectleider en eventueel een groepsleider de structuurplanning (volgorde van en relaties tussen de activiteiten) vastleggen.

Zijn deze deelplanningen gereed, dan zal de planner met de beschikbare gegevens de totale planning maken. Deze zal in het team worden besproken om te controleren of de onderlinge verbindingen juist zijn vastgelegd.

De schattingen van de doorlooptijden per activiteit worden op dezelfde wijze met de groepsleiders en de projectleider bepaald.

Deze schattingen worden getoets aan de manbezettingskromme. Zowel de totale kromme als de kromme per groep worden beoordeeld op vorm en gemiddelde. Bovendien wordt de benodigde bezetting vergeleken met de beschikbare bezetting.

Knelpunten kunnen worden opgevangen door in eerste instantie de activiteiten met speling te verlengen, de doorlooptijden te veranderen of door activiteiten in de tijd te verschuiven.

Het voordeel van deze gezamenlijke opzet is dat iedere verantwoordelijke persoon in een vroeg stadium wordt gedwongen om zich te verdiepen in de aanpak van het project en de consequenties daarvan. Problemen die in dit stadium duidelijk worden, kunnen meteen worden aangepakt.

Iedere verantwoordelijke persoon zal achter de planning staan en proberen zich daaraan te houden, omdat hij mede-opsteller is.

De planner verwerkt de doorlooptijden in de tijdplanning. Meestal zal dan blijken dat de gewenste einddatum wordt overschreden.

Eerst wordt het kritieke pad bepaald. Vervolgens moet worden gezocht naar activiteiten die parallel kunnen worden uitgevoerd of waarvan de doorlooptijd kan worden ingekort. Ook hierbij wordt het projectteam ingeschakeld. Deze actie gaat net zo lang door totdat de gewenste leveringsdatum is bereikt en inkorten niet meer mogelijk is zonder in hoge kosten te geraken.

Omdat de planning meestal een onderdeel vormt van het contract, zal deze moeten worden goedgekeurd en gewaarmerkt.

Voor repeterende gelijksoortige opdrachten kan worden gedacht aan het ontwikkelen van een standaard structuurplanning. Specifieke projectaanpassingen kunnen dan gemakkelijk worden uitge-

E1010-8 Planning

voerd door simpelweg activiteiten toe te voegen of te laten vervallen of relaties te wijzigen. Er is dus ook veel minder contact tussen planner en groepsleider vereist. Alleen het resultaat wordt dan besproken in het projectteam.

Bij het vaststellen van de activiteiten zal rekening moeten worden gehouden met de uitgangspunten zoals die zijn vastgelegd (speciale indelingen, rapportage, e.d.).

Deze eisen worden vertaald in sorteercodes en organisatiecodes, die de gegevens in de gewenste vorm kunnen produceren. Aan elke activiteit wordt een sorteer- en /of organisatiecode gegeven.

Het is zaak om zo snel mogelijk na de start van een project een planning gereed te hebben, al is het maar voor het eerste deel. De ervaring leert namelijk dat de tijd die bij de start van een project verloren gaat, heel moeilijk kan worden ingehaald.

2.5. *Bepalen doorlooptijden*

Bij het bepalen van de doorlooptijd van een activiteit wordt een normale doorlooptijd geschat. Dat wil zeggen de tijd die met een normale bezetting nodig is om de activiteit uit te voeren.

De navolgende methoden kunnen worden toegepast:

2.5.1. *Schatten*

In de trant van „het zal wel . . . weken duren”.

2.5.2. *Berekenen*

Door de benodigde werkuren te delen door de gemiddelde bezetting.

Voorbeeld:

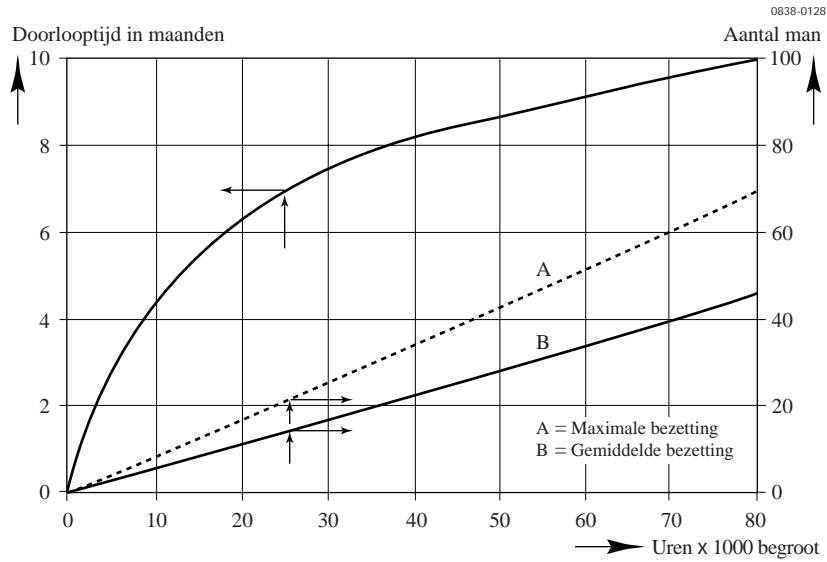
benodigde werkuren	200 uur
gemiddelde bezetting normaal	2 man
werkuren per week/man	40 uur

$$\text{doorlooptijd} \frac{200}{2 \times 40} = 2,5 \text{ week}$$

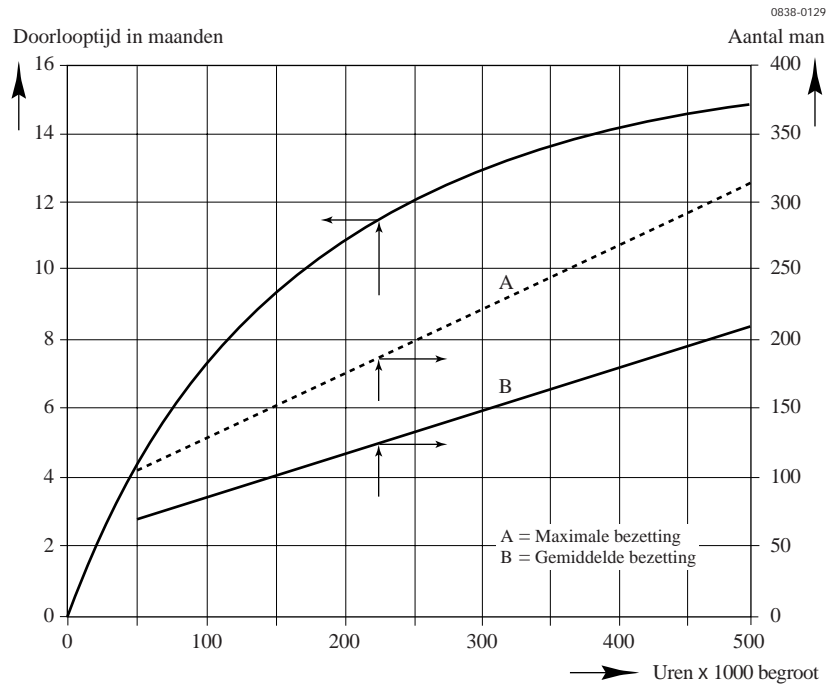
2.5.3. *Nacalculaties*

Door vergelijking met eerder uitgevoerde gelijksoortige activiteiten, of door het uitdrukken van de doorlooptijd in een bepaalde eenheid.

Bij een begroting van 25.000 uur engineering vinden wij een doorlooptijd van 7 maanden bij een maximum bezetting van 21 man en een gemiddelde bezetting van 14 man (zie fig. 1 en 2).



Figuur 1. Engineering: doorlooptijd en bezetting.



Figuur 2. Montage doorlooptijd en bezetting.

E1010-10 Planning

2.5.4. *Pert methode (Performance Evaluation and Review Technique)*

Geschat wordt

m = de meest aannemelijke doorlooptijd

a = optimistische doorlooptijd met een kans van 1 : 100 dat die gehaald wordt

b = pessimistische doorlooptijd met een kans van 1 : 100 dat die gehaald wordt

T = de doorlooptijd

$$T = \frac{a + 4m + b}{6}$$

2.5.5. *Inkorten van doorlooptijden*

Dit kan op twee manieren geschieden.

Bezetting verhogen, dus meer mensen op het werk zetten.

Dit is maar tot een bepaald maximum mogelijk.

Door meer mensen op een activiteit te zetten dan normaal, ontstaan er afstemmingsverliezen.

Daardoor worden meer uren gemaakt dan begroot en stijgen de kosten (zie fig. 3).

Bij een overbezetting van 40 procent zal bij een bezetting van 200 man een inefficiëntie optreden van 14 procent.

Overwerk, door mensen meer uren te laten maken per dag of per week, heeft over het algemeen weinig effect als dit over een langere tijd gebeurt. Ook hier zal een percentage uren verloren gaan omdat men meer rusttijden neemt. De meeruren te zamen met de extra overwerkvergoedingen leiden tot verhoging van de kosten (zie fig. 4).

Bij een 5-daagse werkweek van 10 uur/dag, treedt een efficiëntieverlies van 13% op.

2.6. *Voortgangscontrole*

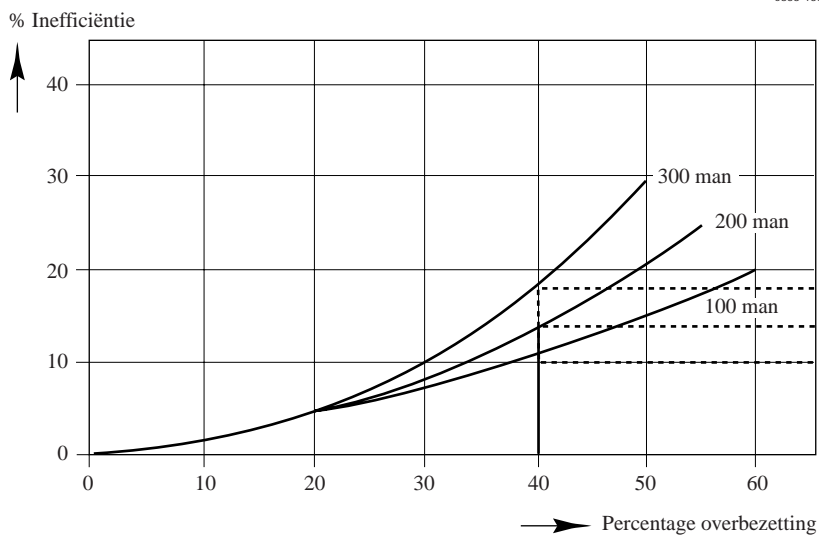
Iedere organisatie heeft rapportageprocedures Deze procedures gelden voor het bedrijf als geheel maar ook voor afdelingen of groepen in het bedrijf.

Voor de planning is het noodzakelijk om de fysieke voortgang van de activiteiten gerapporteerd te krijgen.

De planningactiviteiten moeten aansluiten op de voortgangsrapportage.

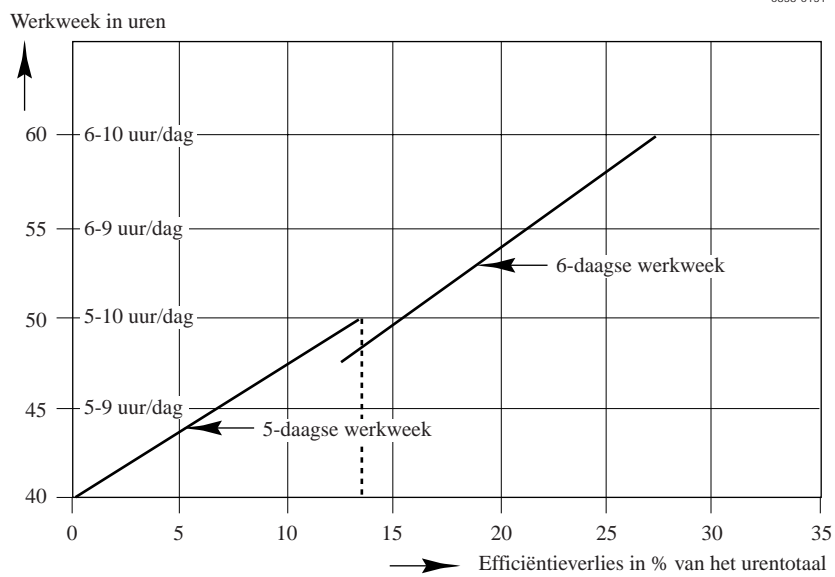
Een planningactiviteit kan wel uit meerdere voortgangsrapportageposten bestaan, maar een voortgangsrapportagepost niet uit meerdere planningactiviteiten.

0838-130



Figuur 3. Inefficiëntie door overbezetting.

0838-0131



Figuur 4. Inefficiëntie door overwerk.

E1010-12 Planning

Om de fysieke voortgang te kunnen meten, is het nodig om die uit te drukken in een eenheid (dus niet in uren!).

Die eenheid is het product dat wordt geleverd en dat kan zijn voor een:

tekenbureau	het aantal m ² tekeningen
autofabriek	het aantal auto's
constructie-werkplaats	het aantal tonnen staal

2.6.1. Werkwijze (zie schema onder par. 2.6.2)

Bij de start van een project zullen de voortgangsrapporten (productenlijsten) worden samengesteld. Hierop zijn alle producten (eenheden plus hoeveelheden) vermeld die voor het uitvoeren van de opdracht benodigd zijn.

Aan de hand van deze productenlijsten kan de planning worden gemaakt.

De planningactiviteitscode wordt dan vermeld bij de corresponderende post op de productenlijst om vergissingen bij het bepalen van de voortgang te voorkomen.

Voor de productenlijsten of delen daarvan worden groepsleiders verantwoordelijk gesteld. Dit houdt in dat zij ervoor dienen te zorgen dat alle producten op de productenlijst voorkomen en dat alle kolommen goed worden ingevuld.

Hierdoor wordt de productenlijst een voortgangsrapport en kan deze als zodanig worden gebruikt voor de planning.

De planner berekent aan de hand van deze voortgangsrapporten per activiteit het percentage voortgang.

Door het totaal van alle lijsten op te tellen is de voortgang van het totale project bekend en kan deze in een S-kromme worden verwerkt (voor S-kromme zie par. 4).

2.6.2. Uitgewerkt voorbeeld

Schema voortgangsrapport C-stalen pijp per order

.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planning activit. code	Post	Omschr.pijp no.	Eenh.	Corr. fact.	We- gings- fact.	20% Afgetek.	50% Bewerkt	80% Samen- gesteld	90% gelast	100% Geperst	Gereed gewicht
01	1	13-CW-25-CS	20	1	20	15-10	15-11	01-12	10-12	15-12	20
01	2	18-CW-25-CS	30	1	30	01-11	15-12				15
01	3	19-CW-25-CS	25	1	25	20-12					5
						1982	1982	1982	1982	1982 (53%)	40

Uit dit voortgangsrapport volgt dan de planningsactiviteit 01 voor 53% gereed is ($40 : 75 = 53$).

Kolom 1

Deze is de verwijzing naar de bijbehorende planningactiviteit. Het totaal van een activiteitsnummer geeft het percentage gereed van de planningactiviteit aan.

Kolom 2

Is het postnummer (identificatienummer) van het product. Dit is bijvoorbeeld bij de voortgangsrapporten voor tekeningen, het tekeningnummer.

Kolom 3

Is een duidelijke omschrijving.

Kolom 4

Geeft het aantal eenheden weer. In dit geval een afgeleide van het pijpgewicht.

Kolom 5

Deze geeft de correctiefactor aan waarmee de verschillende eenheden vermenigvuldigd worden om de juiste verhouding tussen de posten onderling te verkrijgen.

Deze correctiefactor kan een afgeleide zijn van de benodigde uren.

Kolom 6

De wegingsfactor wordt verkregen door kolom 4 en 5 te vermenigvuldigen.

Kolom 7, 8, 9, 10 en 11

De omschrijving van deze kolommen en de bijbehorende percentages, vaak zijn het ervaringscijfers, worden in gezamenlijk overleg vastgesteld. Hierbij verdient het aanbeveling om ten hoogste 5 kolommen van een percentage te voorzien, omdat een fijnere verdeling zinloos is (kostenverhogend en niet efficiënt).

In de kolommen worden de data ingevoerd waarop het betreffende meetpunt is bereikt.

Kolom 12

Het gereed gewicht wordt bepaald door kolom 6 (wegingsfactor) te vermenigvuldigen met het percentage corresponderend met de laatst ingevulde datum.

E1010-14 Planning

Voorbeeld: post 3

$25 \text{ (gewichtsfactor)} \times 20 \% \text{ (percentage)} = 5 \text{ (gereed gewicht)}$

Opmerking

Het rapport, zoals hier besproken, kan in principe voor alle voortgangsrapporten worden gebruikt.

Bovendien leent deze opzet zich voor het verwerken en berekenen met behulp van een computer.

2.6.3. Voortgangsbesprekingen

Een goede methode om de planning levendig te houden, is het organiseren van periodieke voortgangsbesprekingen, waarin voornamelijk planningsaspecten worden behandeld.

Aan deze besprekingen nemen behalve de projectleider en de planner ook de verantwoordelijke personen van ieder vakgebied deel. Doel is om vertragingen op het spoor te komen en terstond beslissingen te nemen om deze vertragingen op te heffen of te verminderen.

Voorbeeld:

Een groep kan niet aan zijn planningverplichtingen voldoen door:

- Te weinig personeel.
Oplossingen: overwerk, inlenen, uitbesteden, en dergelijke.
- Het niet op tijd aanwezig zijn van bepaalde gegevens, c.q. materialen.
Oplossing: druk zetten op leverancier van de gegevens, proberen doorlooptijd in te korten in de onderhavige groep of in de groep die volgt.

Het doel dat met de voortgangsbesprekingen wordt nagestreefd is, dat iedereen elkanders moeilijkheden kent, gemotiveerd is en periodiek met de neus op de feiten wordt gedrukt.

3. De rapportage

Een van de belangrijkste taken van de planner is de rapportage. Op regelmatige tijdstippen of ad hoc, moet de stand van de werkelijkheid ten opzichte van de planning worden gerapporteerd. Dit geeft de leiding de gelegenheid om, waar nodig, acties te ondernemen.

De rapportage gebeurt in niveaus. Op de werkvloer is de rapportage het meest gedetailleerd en per afdeling geselecteerd. Hoe hoger het niveau, hoe meer activiteiten er worden samengevoegd en hoe korter de rapporten worden.

Voor het opzetten van een goede rapportage is het volgende van belang:

- Rapporteer op een simpele en duidelijke manier. Verval, vooral voor de hogere niveaus, niet in details; daardoor ontstaan alleen maar misverstanden.
- Rapporteer alleen die activiteiten, die voor de verantwoordelijke persoon van belang zijn.
- Rapporteer zo kort mogelijk na de peildatum. Een rapport dat 2 maanden achterloopt is waardeloos, omdat de mogelijkheden om bij te sturen voorbij zijn. In dit geval kan zelfs worden gesteld dat de planning geen zin heeft.
- Rapporteer regelmatig. De frequentie van de rapportage is meestal vastgelegd. Overigens dient de planner bij calamiteiten onmiddellijk te rapporteren.
- Rapporteer tijdens de loop van een project steeds op dezelfde wijze met dezelfde indelingen. Wijzigingen geven reden tot verwarring en irritatie.

De rapportage kan in verschillende vormen worden uitgevoerd:

- staafdiagrammen op diverse niveaus;
- S-krommen voor het totale project en/of onderdelen daarvan;
- tabellen naar diverse gezichtspunten;
- signaleringsrapport waarin de verwachte einddatum en de belangrijkste afwijkingen worden vermeld ten opzichte van de gewenste einddatum;
- combinaties van bovengenoemde vormen.

Indien computers worden gebruikt (bij netwerken), kan worden gekozen uit een groot assortiment rapporten.

4. S- en verdelingskrommen

S- en verdelingskrommen kunnen de planning niet vervangen maar moeten worden gezien als een aanvulling daarop.

Dat geldt vooral voor die activiteiten waarbij de kwantiteit een grote rol speelt.

Neem bijvoorbeeld een opdracht voor het monteren van 10.000 kg pijp in 3 maanden. Hierbij is het niet zozeer van belang welke pijp

gemonteerd is, als wel hoeveel ton pijp er op een specifieke datum is gemonteerd.

Hierbij kunnen de S- en verdelingskrommen hun diensten bewijzen. Zij kunnen snel opgezet worden en hebben een grote flexibiliteit.

4.1. S-kromme vorm

De basis van de S-kromme is weergegeven in figuur 5.

Op de horizontale as is de doorlooptijd in procenten aangegeven, terwijl op de verticale as het percentage gereed is vermeld.

Alle activiteiten die door de S-kromme worden gedekt, beginnen dus in de linker onderhoek (0,0) en eindigen in de rechter bovenhoek (100, 100).

De eenvoudigste vorm is een rechte lijn. In werkelijkheid is dat nooit haalbaar, omdat altijd een aanloop- en afloopperiode nodig zijn. Daarom wordt de rechte lijn een S-vorm, waaraan de kromme zijn naam ontleent.

Over het algemeen zal de S-kromme niet symmetrisch zijn, maar zal het zwaartepunt vóór of achter liggen.

De vorm van de kromme geeft een indicatie over de uitvoering en efficiëntie van de werkzaamheden.

4.2. De S-kromme optiek

Deze kan worden beïnvloed door de schaal van de horizontale en de verticale as ten opzichte van elkaar te wijzigen. Een grotere horizontale schaal verlengt de kromme, een grotere verticale schaal verhoogt de helling en geeft pieken en dalen duidelijker aan.

4.3. Verdelingskromme

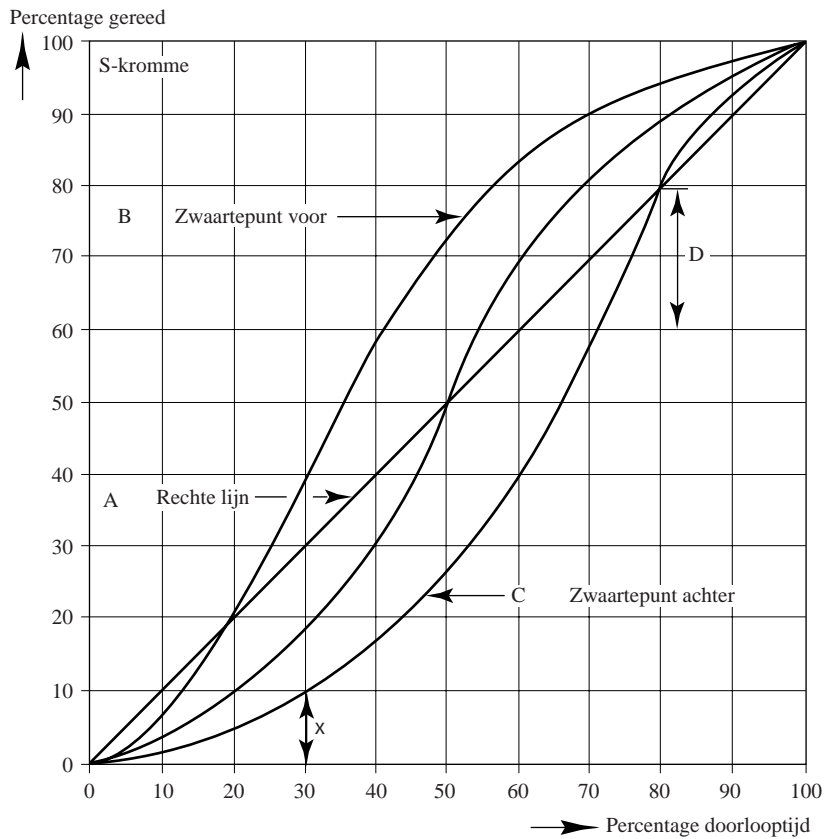
De verdelingskromme staat in nauw verband met de S-kromme. De S-kromme is een cumulatieve verdelingskromme, met andere woorden het oppervlak van de verdelingskromme is gelijk aan de waarde van de S-kromme op dat tijdstip (fig. 5 gearceerde deel en waarde X). Daarom bepaalt de hoogte van de verdelingskromme in een tijdsperiode de hoek van de S-kromme ten opzichte van de horizontale as (D) in diezelfde periode.

Als de verdelingskromme horizontaal loopt is de S-kromme een rechte lijn (A).

4.4. Toepassingen

De S- en verdelingskrommen worden gebruikt bij:

- engineering-manuren of fysieke voortgang;
- aantallen tekeningen of gewogen waarde;
- aantallen specificaties of geldwaarde;



Figuur 5. S- en verdelingskrommen.

- bestellingen;
- montage-manuren of fysieke voortgang;
- betalingen in geld;
- isometrics getekend;
- m³ grond afgegraven;
- m¹ pijp gelegd;
- et cetera.

Om een inzicht te krijgen in een geheel project wordt de S-kromme toegepast voor engineering, inkoop, materiaalleveranties en montage.

4.5. Opzet

De basis is de planning.

Voor iedere activiteit is een benodigde hoeveelheid manweken vastgesteld.

Hiermee wordt de gewichtsfactor van de activiteit bepaald. De manweken worden per activiteit over de tijd verdeeld.

Door de manbezetting van alle activiteiten per week op te tellen, wordt de verdelingskromme bepaald. Door deze manweken iedere week te cumuleren is de S-kromme vastgelegd.

Hiermee zijn de geplande krommen bepaald en kunnen zij worden beoordeeld op vorm. Eventuele onvolkomenheden kunnen worden gecorrigeerd door activiteiten te verschuiven of wijzigingen in de bezetting aan te brengen, voorzover toelaatbaar (fig. 6 is bedoeld als methode-voorbeeld).

4.6. Werkelijke voortgang

Per activiteit wordt op de rapportagedatum de werkelijke voortgang bepaald. Dat kan gebeuren aan de hand van m³ gestort beton, m¹ pijp gelegd, etc.

Door het percentage werkelijke voortgang te vermenigvuldigen met het gewichtsperscentage van de activiteit, wordt het gewogen voortgangsperscentage bepaald.

Door optelling wordt het totaalpercentage verkregen, dat weer in de grafiek wordt overgenomen (punt in het voorbeeld).

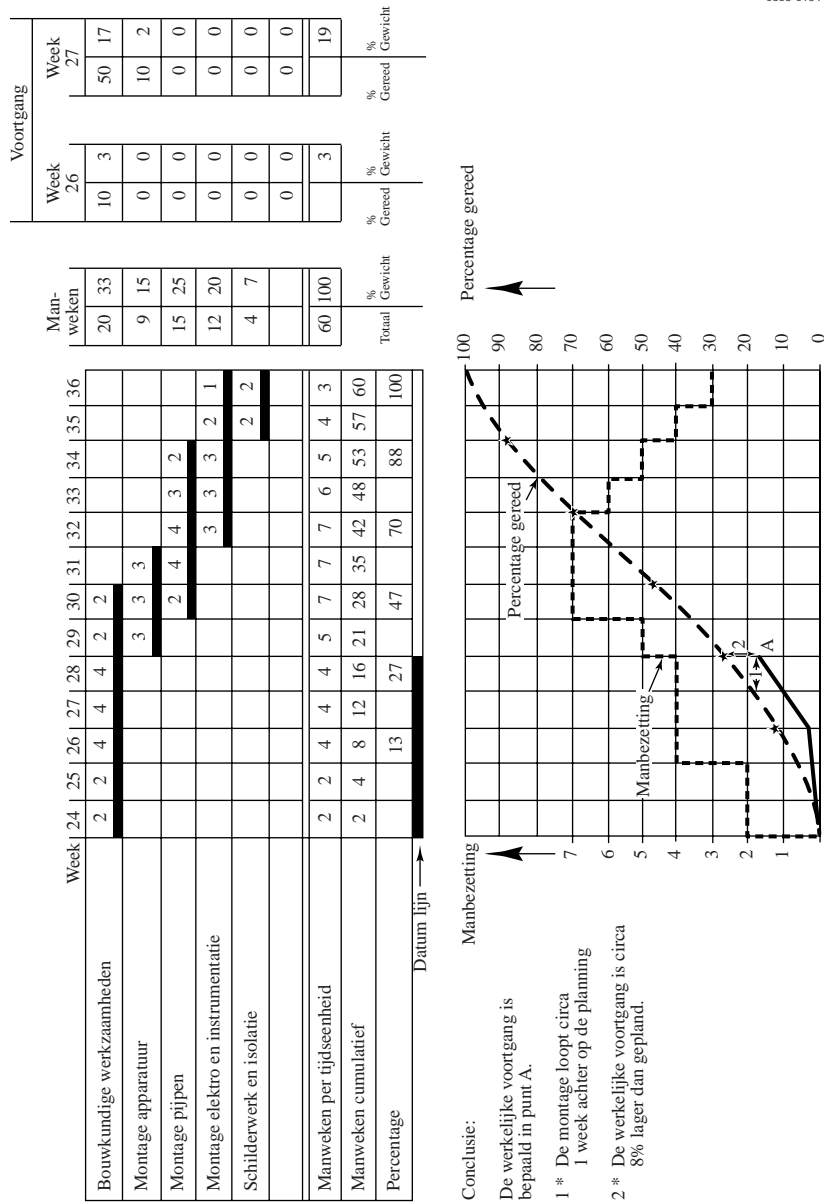
Door vergelijking van de geplande lijn met de werkelijke lijn, zijn er conclusies te trekken over de voortgang van de werkzaamheden. Als de verloonde uren hierbij worden betrokken, is het mogelijk om aan de hand van het percentage gereed te berekenen hoeveel uren nog moeten worden verloond.

Tevens kan de verdeling van de uren over de tijd worden aangegeven (fig. 7).

4.7. Verwerking meerwerk

Als tijdens de loop van een project meerwerk optreedt moet de S-kromme worden aangepast.

Een voorbeeld voor de montage van 10 ton pijp wordt gegeven in figuur 8. Door meerwerk komt er 5 ton bij.

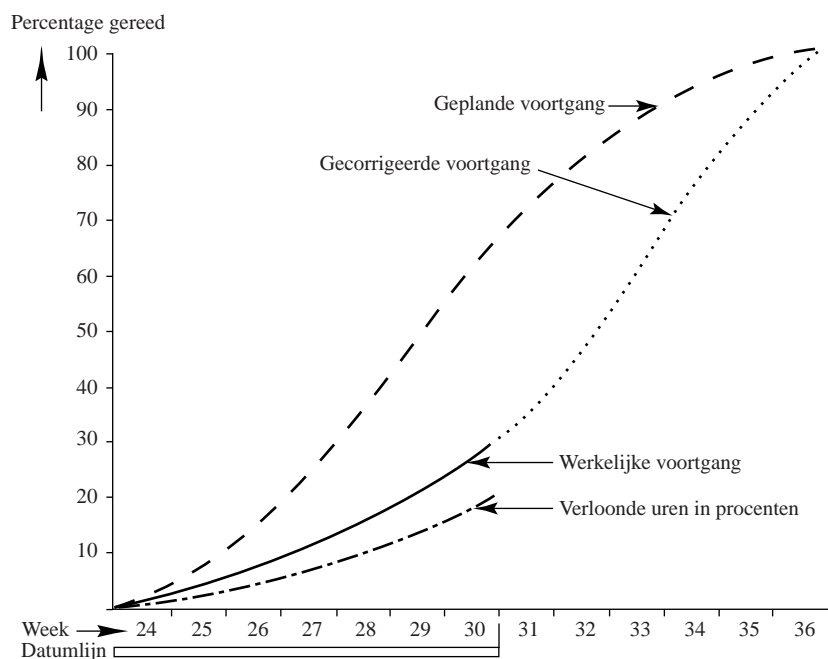


Figuur 6. Montageplanning.

E1010-20 Planning

0838-0135

Benodigd percentage voortgang	10%	10%	15%	15%	10%	10%
Benodigde manweken	4	4	6	6	4	4



Gegevens: Totaal begrote manweken 60

- Per week 30 is de stand:
- werkelijke voortgang 30%
 - verloonde manweken 20%
 - verwachte totaal manweken $20/30 \times 60 = 40$ manweken
 - reeds verloond $20\% \times 60 = 12$ manweken
 - nog te verlonen $40 - 12 = 28$ manweken

Deze 28 manweken verdelen volgens gecorrigeerde voortgang.

Figuur 7. Werkelijke voortgang.

4.8. *Vuistregels voor chemische installaties*

S-kromme tekenuren

D_t = doorlooptijd totale project tot mechanisch gereed

- het maximum aantal tekenuren (ca. $2,5 \times$ gemiddelde) wordt verloond op 33% van D_t ;
- ongeveer 85% van de tekenuren zijn verloond op $50\% \times D_t$ (fig. 9).

Verdelingskromme montage

D_m = doorlooptijd van alle bouwactiviteiten tot mechanisch gereed. De verdelingskromme betreft de totale bouw en montage-activiteiten:

- het maximum aantal uren (ca. $1,5$ tot $1,7 \times$ gemiddelde) wordt verloond op 60% van D_m ;
- de maximum bezetting duurt ca. $25\% \times D_m$;
- montage start op ongeveer $30\% D_t$ (fig. 10).

4.9. *Verband tussen diverse S-krommen*

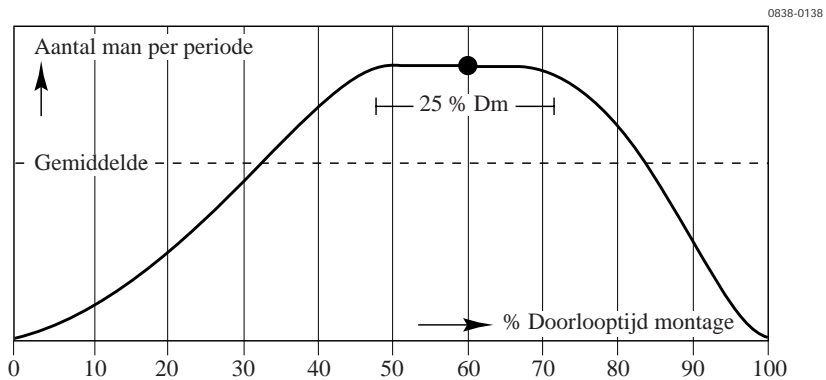
Indien voor een project een aantal S-krommen en verdelingsdiagrammen in één grafiek wordt uitgezet, dan zal blijken dat voor hetzelfde type project, de vorm en verhoudingen onderling gelijk zullen zijn.

Voor het maken van een voorlopige planning kan hiervan gebruik worden gemaakt.

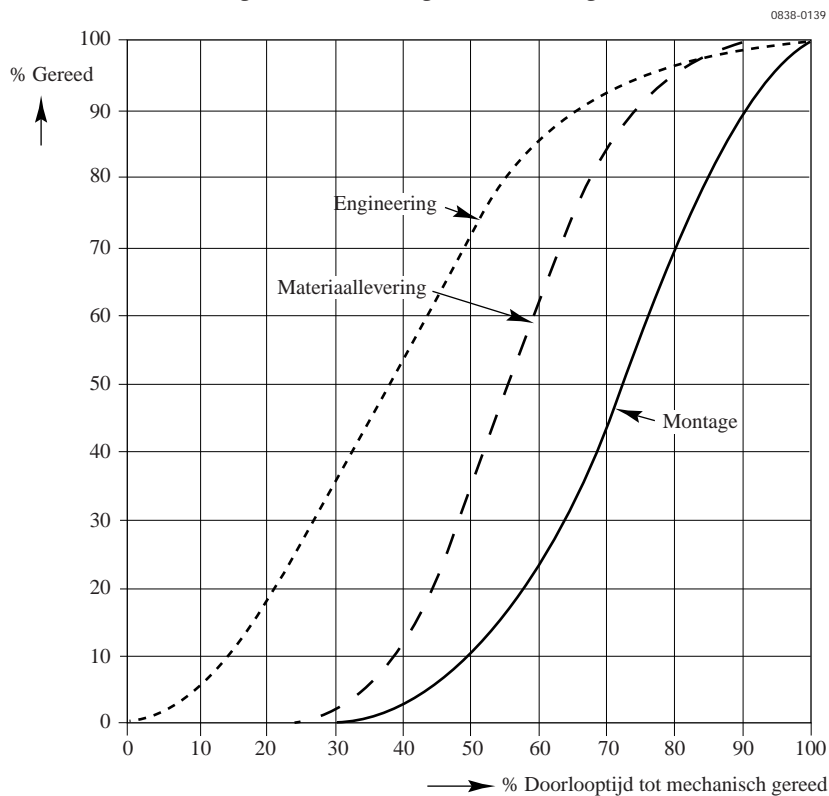
Uit deze opstelling blijkt ook dat, mocht er één S-kromme achter gaan lopen dit direct invloed heeft op alle volgende krommen (fig. 11).

4.10. *Conclusie*

Deze krommen kunnen worden gebruikt bij elke planningmethode en met de hand of met de computer worden opgezet en bijgehouden. Zij zijn simpel en voor iedereen duidelijk.



Figuur 10. Verdelingskromme montage.



Figuur 11. Verband tussen S-krommen.

5. Planningmethoden

5.1. Staafdiagram

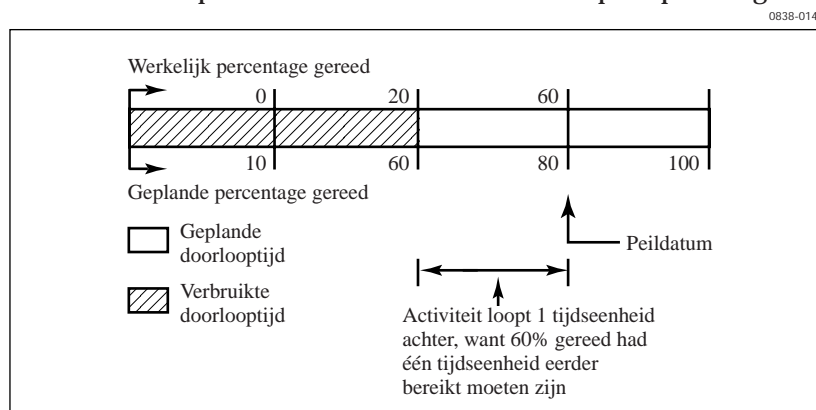
Een staafdiagram omvat een aantal activiteiten, waarvan de doorlooptijd is aangegeven door een staaf.

Door de boven de staven geplaatste tijdbalk, zijn de start- en einddata af te lezen.

Deze weergave van de planning is overzichtelijk en voor iedereen duidelijk en komt ook in de netwerkplanning als rapportagevorm voor.

Voor het aangeven van de voortgang zijn diverse systemen mogelijk (fig. 12), maar ze komen alle neer op beantwoording van de navolgende vragen:

- wanneer is werkelijk gestart?
- wat is het werkelijke percentage gereed?
- hoeveel loopt een activiteit achter of vóór op de planning?



Figuur 12. Staafdiagram.

Doordat de voortgang op de staven wordt aangegeven, is de consequentie dat de omschrijving van de activiteit altijd in een aparte kolom wordt vermeld en niet, zoals vaak voorkomt, boven de staaf wordt geschreven.

5.2. Netwerkplanning

In de netwerkplanning kunnen twee soorten worden onderscheiden:

- activiteit op pijl (zoals de Critical Path Methode, Pert, etc.);
- activiteit op knooppunt (Precedence Methode).

De aanpak en de verwerking van deze twee soorten zijn in principe gelijk, alleen in de notatie en de computerverwerking zitten verschillen. Voor het beschrijven van de netwerkplanning zal hier gebruik worden gemaakt van de methode „activiteit op pijl”.

In de techniek van de netwerkplanning onderscheiden we de volgende stappen:

- structuurplanning (opzetten van het netwerk);
- tijdplanning;
- middelenplanning.

5.2.1. Structuurplanning

Dit is het opzetten van een relatiediagram, waarin alle activiteiten met hun onderlinge relaties worden vastgelegd.

De activiteiten worden weergegeven door een pijl, die wordt begrensd door twee knooppunten (fig. 13).

Het startknooppunt heet i-knooppunt en het eindknooppunt j-knooppunt. In een netwerk worden de knooppunten genummerd. Een activiteit wordt bepaald door de codering van begin- en eindknooppunt. De lengte van de pijl heeft niets te maken met de duur van de activiteit.



Figuur 13. Knooppunten begrenzen activiteit.

In een netwerk kunnen ook dummies aangegeven worden met een tijdsduur 0.

- Dummy in verband met unieke codering (fig. 14).
- Dummy in verband met relatie (fig. 15).

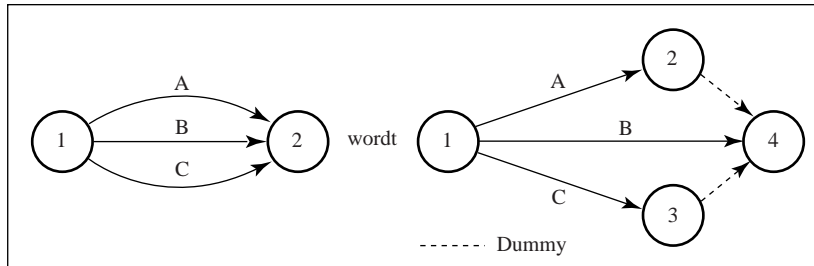
Met D kan pas worden gestart als A en B gereed zijn.

- Dummy in verband met het starten van een activiteit op het tijdstip dat de voorgaande gedeeltelijk gereed is gekomen. Bijvoorbeeld het leggen van een kabel.

A = graven sleuf	A1 = 1e deel graven /
	A2 = 2e deel graven / enz.
B = leggen kabel	B1 = 1e deel leggen /
	B2 = 2e deel leggen / enz.
C = dichten van de sleuf	C1 = 1e deel dichten /
	C2 = 2e deel dichten /

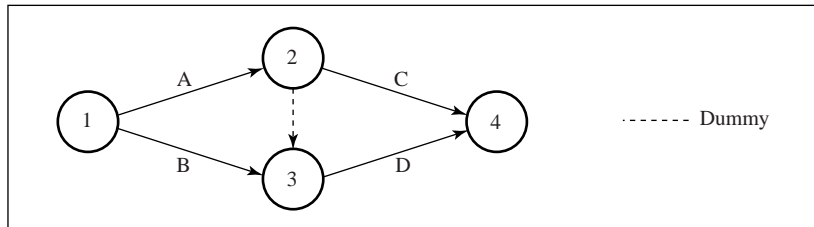
Enz. (fig. 16).

0838-0142



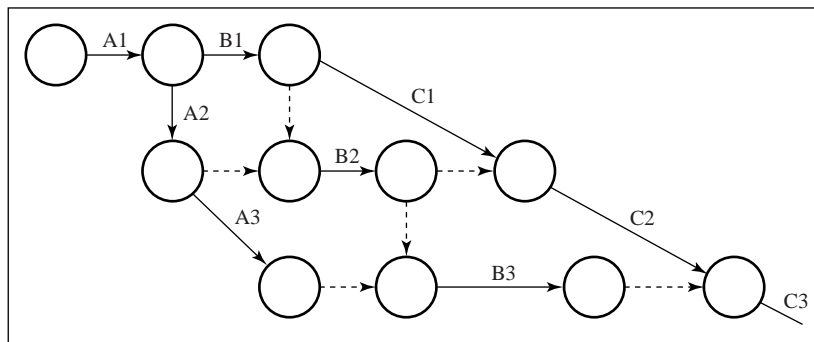
Figuur 14. Dummy in verband met unieke codering.

0838-0143



Figuur 15. Dummy in verband met relatie.

0838-0144



Figuur 16. Dummy in verband met het starten van een activiteit op het tijdstip dat de voorgaande gedeeltelijk gereed is gekomen.

- Voor iedere activiteit moet het volgende worden vastgesteld:
- wat moet gereed zijn voordat een activiteit kan starten?
 - wat kan beginnen nadat deze activiteit geheel gereed is?
 - wat kan tegelijk met de activiteit starten of worden uitgevoerd?

0838-0145

In dit stadium wordt niet over de tijdsduur van de activiteiten gesproken.

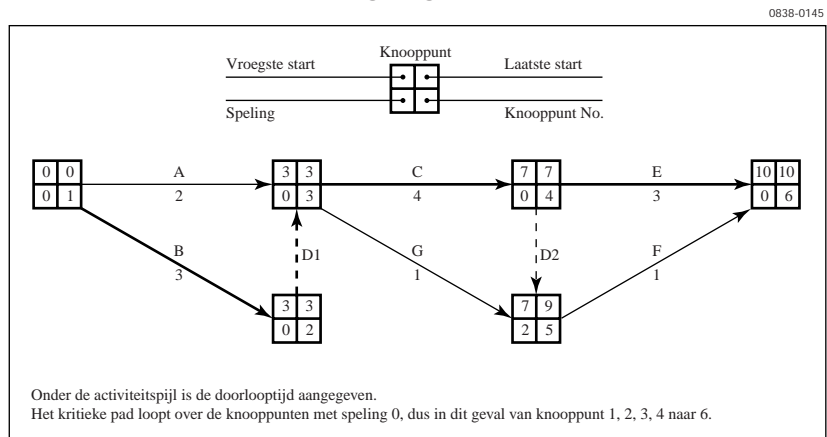
5.2.2. Tijdplanning

In dit stadium wordt voor elke activiteit een doorlooptijd geschat, gebaseerd op een normale bezetting.

Daarna wordt het netwerk doorgerekend, door van elk knooppunt te bepalen:

- de vroegst mogelijke knooppunttijd, dat wil zeggen het vroegst mogelijke tijdstip waarop de activiteiten, gaande vanuit het knooppunt, kunnen starten (van links naar rechts optellen en hoogste waarde invullen);
- de laatst toelaatbare knooppunttijd, dat wil zeggen het laatst toelaatbare tijdstip waarop de activiteiten die in het knooppunt samenkomen, gereed moeten zijn (van rechts naar links aftrekken en laagste waarde invullen);
- het kritieke pad, dat wil zeggen daar waar de vroegste start = laatst toelaatbare start;
- de speling, dat wil zeggen het verschil tussen laatst toelaatbare start en vroegste start.

Voorbeeld van een berekening: (fig. 17).



Figuur 17. Voorbeeld van een berekening.

De berekening kan ook worden uitgevoerd met een tabel.

E1010-28 Planning

Knooppunt		Activiteit	Duur	Vroegste		Laatste		Speling	Kritieke pad
i	j			start	eind	start	eind		
1	2	B	3	0	3	0	3	0	X
1	3	A	2	0	2	1	3	1	
2	3	D1	0	3	3	3	3	0	X
3	4	C	4	3	7	3	7	0	X
3	5	G	1	3	4	8	9	5	
4	5	D2	0	7	7	9	9	2	
4	6	E	3	7	10	7	10	0	X
5	6	F	1	7	8	9	10	2	

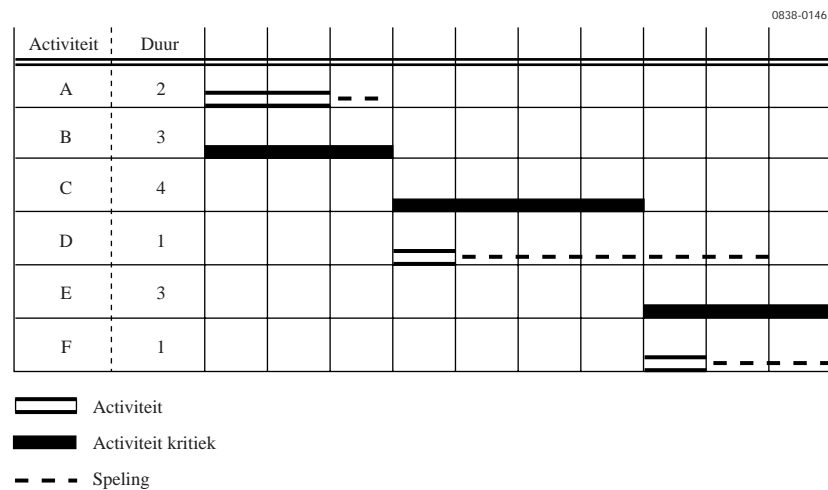
Een en ander kan vertaald worden in een staafdiagram (fig. 18).

5.2.3. Middelenplanning

Bij de berekening van het netwerk wordt ervan uitgegaan dat op elk moment voldoende mensen en materiaal beschikbaar zijn. Dat is natuurlijk niet het geval. Daarom wordt een bezettingsplanning gemaakt, waarbij de activiteiten zodanig worden gerangschikt dat de bezetting optimaal wordt.

Dat gebeurt door gebruik te maken van de speling (fig. 19).

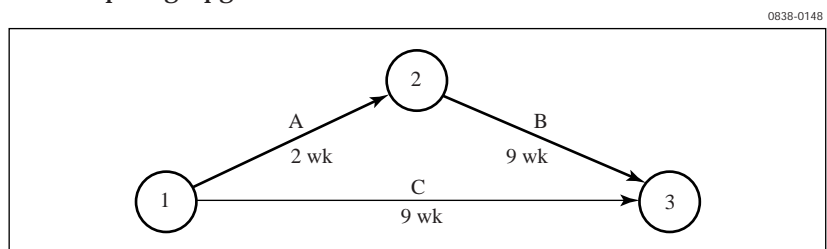
Dit is een relatieschema voor een project waarbij het kritieke pad over de knooppunten 1 en 2 naar 3 loopt en activiteit C een speling heeft van 2 weken.



Figuur 18. Staafdiagram.

Nu blijkt dat er:
 1 bulldozer nodig is voor A;
 1 bulldozer nodig is voor C;
 geen bulldozer nodig is voor B.

Het zal duidelijk zijn dat het, voor wat betreft de bulldozer, efficiënt is om eerst met activiteit A te starten en daarna met C. Hierdoor is wel de speling opgebruikt.



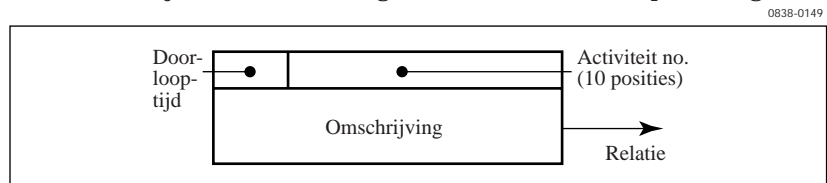
Figuur 19. Voorbeeld gebruik speling.

Voor grote projecten, met meerdere soorten capaciteiten per activiteit, is dit natuurlijk niet zo'n eenvoudige rekensom en zal de computer ons te hulp moeten komen.

5.2.4. Activiteit op knooppunt (precedence methode)

Bij deze methode wordt de activiteit bepaald door een vakje en geven de pijlen de onderlinge relaties aan.

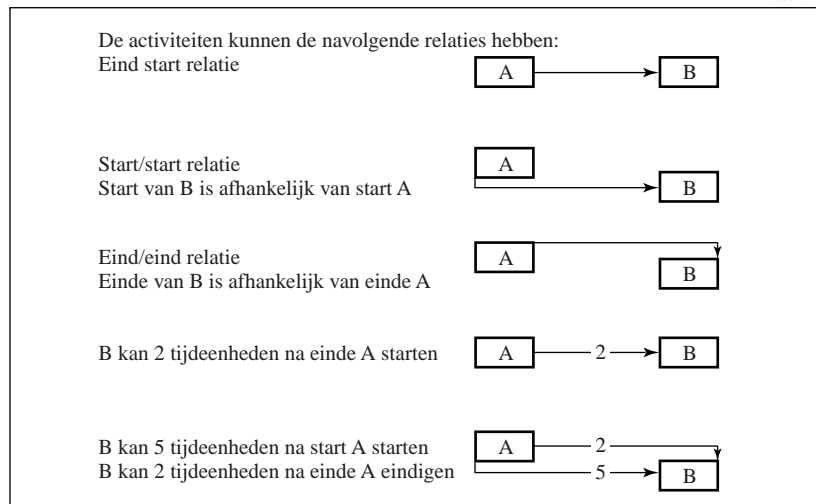
Door het vakje een nummer te geven is de activiteit bepaald (fig. 20).



Figuur 20. Activiteit op knooppunt.

E1010-30 Planning

De activiteiten kunnen de navolgende relaties hebben:



Bij start/start relaties heeft de vertraging betrekking op de voorgaande activiteit A.

Bij eind/eind relaties heeft de vertraging betrekking op de volgende activiteit B.

De voordelen van de precedence methode ten opzichte van de critical path methode zijn:

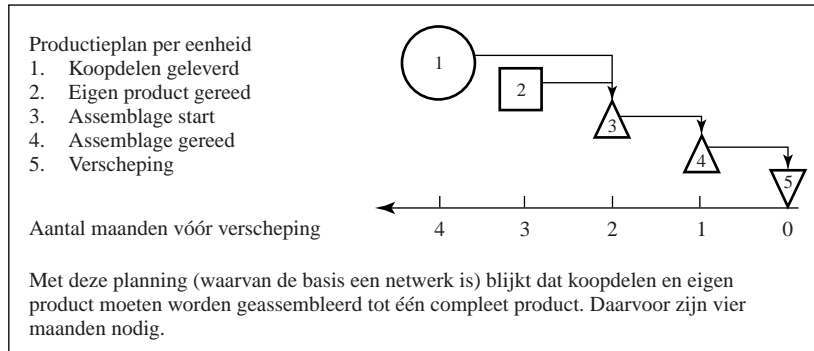
- Het activiteitsnummer is onafhankelijk van de netwerktechniek. In dit nummer kan al een identificatiecode worden verwerkt.
- De vaak verwarrende en vergeten dummies van de critical path methode zijn niet aanwezig.
- Elkaar overlappende activiteiten kunnen eenvoudig met een vertraging worden aangegeven. De activiteit wordt niet „gebroken” zoals bij de critical path methode.

Aan de andere kant leent de critical path methode zich beter voor het tekenen van het netwerk op tijdschaal.

5.3. Line of balance (LOB)

De basis van de LOB is het productieplan van een product. In dit plan moeten de mijlpalen worden vastgelegd, waarmee gaat worden gepland.

0838-0150



Laten we aannemen dat er een opdracht is voor 60 eenheden, te leveren in 6 maanden, start 1 mei en laatste levering 1 november en dat de levering loopt volgens een rechte lijn (zie doelkaart fig. 21). De vraag is nu op peildatum 1 juni:

Hoeveel onderdelen moeten welk stadium (mijlpaal) hebben bereikt?

Daarvoor is de voortgangkaart per 1 juni gemaakt, met op de horizontale as de nummers van de mijlpalen.

Uit de doelkaart blijkt dat op 1 juni 10 eenheden moeten zijn verscheept, dus 10 eenheden hebben mijlpaal 5 bereikt.

Uit het productieplan per eenheid volgt dat 1 maand vóór verschepping de assemblage (4) gereed moet zijn.

Dit punt wordt in de doelkaart naar boven gestippeld tot de productielijn wordt geraakt (in dit geval bij 20 eenheden). Horizontale overzetting naar de voortgangkaart geeft aan dat 20 eenheden mijlpaal 4 moeten hebben bereikt.

Door deze werkwijze ook voor de andere mijlpalen toe te passen blijkt dus uit de voortgangkaart dat op 1 juni:

50 eenheden koopdelen moeten zijn geleverd, 40 eenheden eigen product gereed moeten zijn, van 30 eenheden de assemblage moet zijn gestart, van 20 eenheden de assemblage gereed moet zijn en 10 eenheden moeten zijn verscheept.

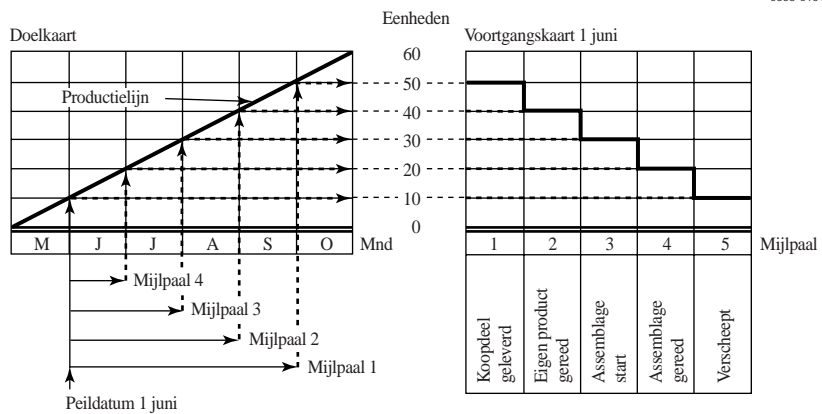
Per peildatum kan dus aan de hand van de doelkaart een voortgangkaart worden gemaakt.

Een productielijn in de doelkaart die niet rechtlijnig is, maar gebogen of met een knik, levert geen bezwaar op. Dezelfde procedure als hiervoor beschreven blijft gewoon van kracht.

De voortgang van het werk kan op de navolgende wijze worden aangegeven (zie ook fig. 22).

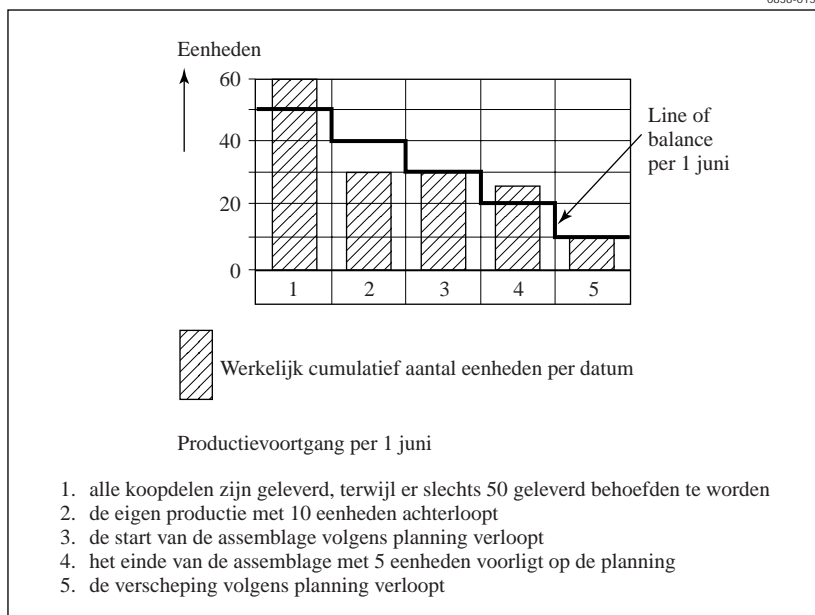
E1010-32 Planning

0838-0151



Figuur 21. Doel- en voortgangskarta.

0838-0152



Figuur 22. Voortgangskarta per 1 juni.

0838-0151

6. Computertoepassingen

Voor het verwerken van netwerken zijn door diverse leveranciers van computers en softwarebureaus computerprogramma's ontwikkeld. Deze programma's kunnen de netwerken doorrekenen en rapporten in diverse sorteringen leveren. Als gebruik wordt gemaakt van een plotter kan het netwerk zelfs getekend worden op tijdschaal.

Met de verschillende programma's kan in principe hetzelfde worden gedaan, maar het ene programma is gebruiksvriendelijker dan het andere, terwijl ook de wijze van rapportage verschilt. Meestal kunnen de programma's de critical path- en precedence-methode verwerken.

Het vergelijken van programma's is een tijdrovende bezigheid, omdat de handleidingen centimeters dik zijn en zich bij het uiteindelijk gebruik toch nog verrassingen kunnen voordoen.

Prijsvergelijkingen tussen programma's zijn helemaal moeilijk te maken. De enige methode is om één basisnetwerk in te voeren en dezelfde „updating” en rapportage op te vragen.

Zo kunnen de kosten dan worden vergeleken.

Prijsbepalende factoren zijn onder andere:

- critical path- of precedence-methode;
- aantal activiteiten en relaties;
- aantal sorteerniveaus;
- aantal middelen per activiteit;
- aantal en sortering van de rapporten;
- invoeren, updaten of rapporteren;
- et cetera.

Werkwijze

Een project kan worden verdeeld in subnetwerken, die onderling verbonden zijn. Deze subnetwerken moeten dan ook als zodanig worden gedefinieerd.

Vanuit het netwerk worden de gegevens ingevoerd in de computer. Dat zijn, naast onder andere de naam van het netwerk, kalenderdefinitie en tijdseenheid, dan natuurlijk de gegevens van de activiteiten en hun relaties en de benodigde bezetting per activiteit.

Van een activiteit (precedence methode) wordt bijvoorbeeld vermeld:

- het nummer;
- de omschrijving;
- de doorlooptijd;

E1010-34 Planning

- de sorteercodes;
- de benodigde middelen en soort;
- de relatie met voorgaande activiteiten.

Voorbeelden van de rapportagemogelijkheden zijn:

- Staafdiagram, gesorteerd naar verschillende gezichtspunten.
- Lijst van activiteiten, waarop aangegeven: activiteit/vroegste en laatste start/vroegste en laatste einde/speling.
De lijst kan gesorteerd worden op speling, of vroegste start of activiteit, et cetera.
- Histogrammen ten behoeve van de bezetting.
- Getekend netwerk (met plotter), et cetera.
- S-krommen.

Meestal kunnen de programma's ook pieken in de middelen afvlakken, door gebruik te maken van de speling in het netwerk.

Het komt voor, dat de gebruiker van een programma toch nog wensen heeft, zoals bijvoorbeeld:

- een over vele bladzijden verdeeld staafdiagram comprimeren op 1 bladzijde;
- een S-kromme die niet in het programma zit, door de computer laten maken.

Dit soort wensen kan worden opgelost door aanvullende programma's zelf te (laten) schrijven. Dit kan uiteraard alleen maar als de benodigde gegevens in het planningsprogramma aanwezig zijn.

Hiermede zijn de programma's behandeld, die alleen voor netwerkplanning kunnen worden gebruikt.

Er zijn echter ook geïntegreerde programma's die gekoppeld zijn, of kunnen worden, aan de administratie-, voortgangsmelding- en eventuele andere programma's.

Hierbij bevinden al die gegevens zich in één groot computergeheugen, waaruit eenieder zijn gegevens kan putten.

7. Literatuur

Check Project Progress with Bell and S-curves by Arthur E. Kerridge, uit *Hydrocarbon Processing*, March 1979.

Projektierung und Vorkalkulation in der chemischen Industrie, H. Kölbl & J. Schulze, Springer Verlag.

Scheduling Handbook, edited by James J. O'Brien, McGraw-Hill Book Company.