

3-37ab ©

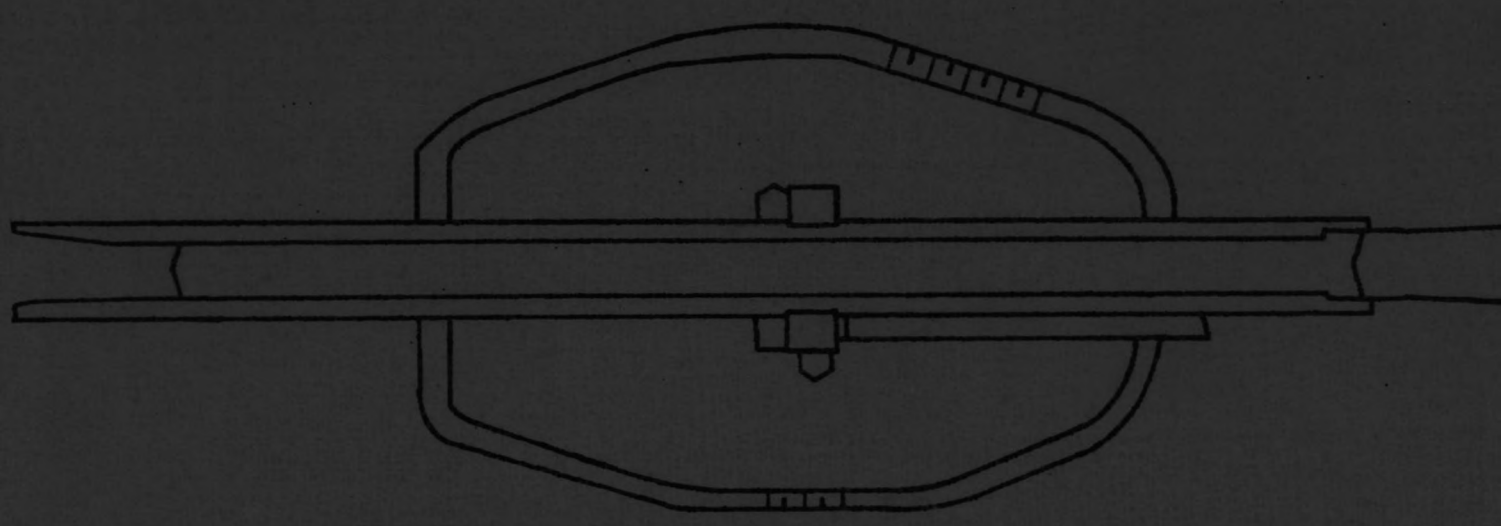
Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Civiele Techniek



VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
Afd. Civiele Techniek
TH Delft.

UITBREIDING VAN HET SLUISCOMPLEX TE PANHEEL

Uitvoeringsplan voor een scheepslift



Jan Bol

Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Civiele Techniek

UITBREIDING VAN HET SLUISCOMPLEX TE PANHEEL

uitvoeringsplan voor een scheepslift

Jan Bol
april 1981

VOORWOORD

Dit rapport 'Uitvoeringsplan voor een scheepslift' is een onderdeel van het afstudeerwerk dat werd verricht door Marinus Meijer en ondergetekende.

Het eerste deel van dit afstudeerwerk is het Vooronderzoek, dit werd door ons beiden samen verricht.

Marinus Meijer heeft zich daarna gericht op het ontwerp van een dwarshelling en daar een konstruktief hoofdontwerp en een bedrijfskundig deelontwerp over gemaakt.

Ikzelf heb als hoofdontwerp de konstruktie van een scheepslift uitgewerkt, nadat deze als een reëel alternatief uit het vooronderzoek naar voren was gekomen. Het nu voor u liggende deelontwerp bevat een uitvoeringsplan voor de in het hoofdontwerp uitgewerkte konstruktie.

Jan Bol

april 1981

INHOUD

| | |
|---|----|
| Voorwoord | |
| Inhoud | |
| 0. Tijdschema voor het verrichten van de studie | 1 |
| 1. Inleiding | 5 |
| 2. Beschrijving van de konstruktie | 7 |
| 3. Globaal aktiviteitennetwerk | 9 |
| Globale lijst van aktiviteiten | 11 |
| Globaal aktiviteitennetwerk | 13 |
| 4. Meer gedetailleerd aktiviteitennetwerk | 14 |
| Gedetailleerde lijst van aktiviteiten | 14 |
| 5. Invulling tijdschema | 23 |
| Werkbare werkdagen | 23 |
| 5.1 Bepaling tijdsduur aktiviteiten | 24 |
| Algemeen | 24 |
| Invulling van de tijdsduur voor de aktiviteiten | 24 |
| Resumé van de aktiviteiten | 47 |
| 5.2 Invulling van de tijdplanning | 48 |
| 6. Nadere beschouwing van de tijdsduur van het beton storten | 50 |
| 6.1 Eerste uitwerking | 52 |
| 6.2 Tweede uitwerking | 56 |
| 7. De bouwduur van de scheepslift | 59 |
| 8. Konklusies | 62 |
| Bouwtijd | 62 |
| Bouwkosten | 63 |
| Literatuur | |
| bijlage 1 Berekeningen van hoeveelheden behorend bij de aktiviteiten in het gedetailleerd aktiviteitennetwerk | |
| tekening 1 Gedetailleerd aktiviteitennetwerk | |
| tekening 2 Tijdschema grond- en betonwerk onder g.w.s. | |
| tekening 3 Tijdplanning | |
| Samenvatting | |

0. TIJDSHEMA VOOR HET VERRICHTEN VAN DE STUDIE

Voor deze deelstudie naar de uitvoering van een scheepslift is een tijdschema gemaakt en ook tijdens het verloop van de studie bijgehouden voor wat betreft de bestede tijd. Hiervoor is de vorm van een balkenschema gebruikt. Dit schema beoogde twee doelen. Allereerst is het een instrument om de overzien welke delen de studie bevat en de tijden hiervoor zodanig te verdelen dat er een evenwichtig geheel ontstaat terwijl de totale tijdbesteding binnen de perken blijft.

In de tweede plaats biedt het bijhouden van dit tijdschema gedurende de studie een mogelijkheid om een opgesteld schema te toetsen aan de praktijk, zodat eventuele fouten ontdekt kunnen worden. Dat dit niet voor niets is is hieronder wel te zien.

Het maken van het tijdschema vormde het begin van de studie. Het bestond allereerst uit het opdelen van het geheel in onderdelen. Aan deze onderdelen werd een te besteden tijd toegekend, waarna de tijdplanning als balkenschema kon worden opgezet.

Inhoud van de studie:

1. opstellen van een uitvoeringsplan voor de scheepslift
2. vergelijking van dit plan met het door Meijer opgestelde plan voor een dwarshelling, zo mogelijk maken van een keuze.

Planning van de studie in 6 weken:

- | | |
|---|---------|
| 1. opstellen studieplan | 1 dag |
| 2. uitvoeringsplan scheepslift | |
| a. relaties tussen de uit te voeren werkzaamheden | |
| - eerste opsplitsing naar konstruktiedelen | 3 dagen |
| - verfijning van het netwerk | 4 dagen |
| b. invullen van het tijdschema | 4 dagen |

| | |
|---|-----------------|
| 3. vergelijken met plan dwarshelling | |
| a. bepalen verschillen | 5 dagen |
| b. vergelijken | |
| eventueel keuze maken | samen 6 dagen |
| 4. realisatie van het rapport | 4 dagen |
| 5. gesprekken, informatie zoeken en reserve | 3 dagen |
| | Totaal 30 dagen |

Het inhoudelijke deel van de studie omvat 22 dagen. Deze zijn verdeeld in twee gelijke delen. Deze verdeling kan nog gewijzigd worden, afhankelijk van het gewenste zwaartepunt van de studie.

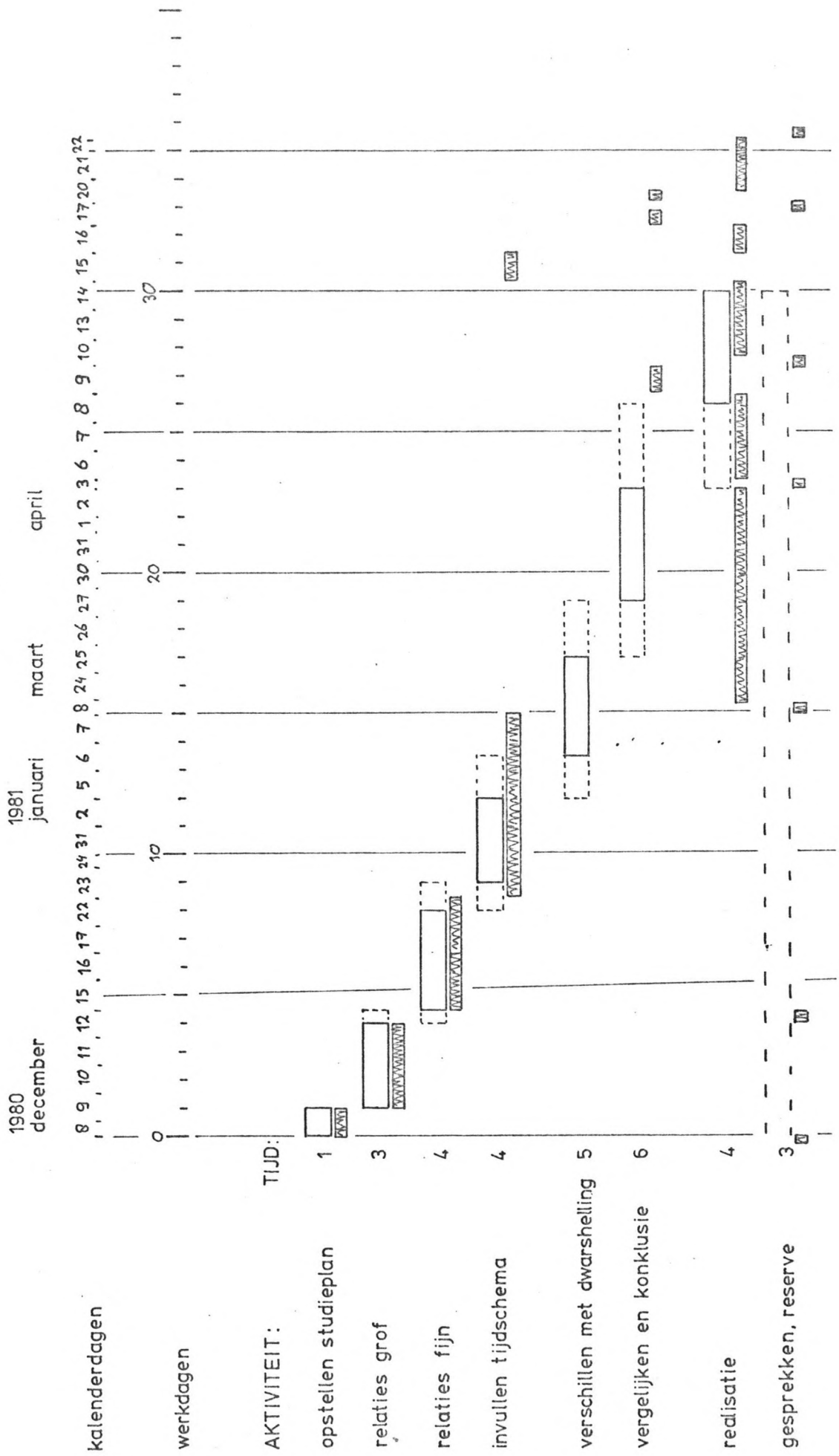
Op de volgende bladzijde staat het opgestelde balkenschema. Hierin is ook aangegeven hoe de tijd uiteindelijk besteed is, door de smalle balken.

Bij het vergelijken van werkdagen en kalenderdagen is te zien dat de studie halverwege enige tijd onderbroken is geweest. Dit werd veroorzaakt doordat het nodig was om ook aan andere zaken, met name het hoofdontwerp, tijd te besteden.

In het balkenschema is te zien dat in het begin van het schema alles naar wens verliep. Later veranderde dat wel. Er zijn twee conclusies te trekken.

1. De tijd benodigd voor realisatie was veel te laag geschat. Omdat hieronder zowel het omzetten van de gemaakte aantekeningen in een lopend verhaal als het uittikken hiervan met tekeningen maken valt vergt dit erg veel tijd.

Om de totale tijd welke nu voor realisatie is opgenomen beter te kunnen benaderen lijkt het beter om deze te splitsen. Eerste deel is dan het schrijven van de tekst van het rapport vanuit de gemaakte aantekeningen, het tweede deel is het uitwerken hiervan, teksten uittikken en tekeningen maken. Hierbij moet ook nog tijd uitgetrokken worden voor



TIJDSHEMA VAN DE STUDIE

een totale controle en eventueel het vermenigvuldigen van het rapport.

2. De extra tijd werd gevonden in het bekorten van de fase van vergelijken van lift en dwarshelling en de evaluatie hiervan. Deze fase was veel te lang geschat, zoals bleek. De hoeveelheid te trekken konklusies uit de studie is erg beperkt ondanks het verrichte onderzoek. Het uitgangspunt voor de tijdplanning van een gelijke verdeling tussen tijdschema en vergelijking is onjuist, de vergelijking en evaluatie vergt veel minder tijd, enkele dagen is genoeg.

De totale geplande duur van het werk is redelijk gehaald, waar deze tijdplanning zeker aan heeft meegewerkt.

1. INLEIDING

Voor het maken van een uitvoeringsplan voor een scheepslift te Panheel wordt uitgegaan van de konstruktie zoals deze is ontworpen in het hoofdontwerp van deze studie (lit 2). Informatie over gebruikte konstrukties, afmetingen en gewichten wordt hieruit overgenomen. Ter inleiding wordt voor het opzetten van het uitvoeringsplan een korte beschrijving gegeven van deze konstruktie zoals deze tot nu toe uitgewerkt is.

Het uitvoeringsplan zelf wordt opgezet uitgaande van de samenstellende onderdelen van de scheepslift.

Om deze onderdelen samen te voegen zijn een aantal afzonderlijke activiteiten onderscheiden, welke met hun onderlinge afhankelijkheid in een samenhangend schema ondergebracht worden. Dit activiteitennetwerk wordt in twee stappen opgesteld, de eerste vrij globaal, waarbij alle konstruktieonderdelen tot een geheel worden gemaakt. In de tweede stap wordt het netwerk meer gedetailleerd door elke activiteit uit het eerste netwerk nader te beschouwen en zo nodig onder te verdelen.

Dit gedetailleerde activiteitennetwerk is al een gedeelte van het uitvoeringsplan. De bouwvolgorde is eruit op te maken, voor de start van een bepaalde activiteit is te zien welke voorgaande activiteiten voltooid moeten zijn.

In dit netwerk ontbreekt echter nog de tijdschaal. Het inbrengen van de tijd is de volgende stap. Als voor elke activiteit de tijdsduur bekend is is de totale duur van de bouw te bepalen en ook het kritische pad, dat wil zeggen de opeenvolging van activiteiten met de langste totale duur. Deze reeks bepaalt de totale duur en verdient extra aandacht.

Voor het inbrengen van deze tijdsduren is gekozen voor het bepalen van een tijdsduur die nodig is voor het uitvoeren van elk van de afzonderlijke activiteiten. Voor een groot aantal activiteiten op het gebied van beton storten en grondverzet wordt hierbij uitgegaan van

bekende cijfers omtrent mogelijke dagproducties en bewerkingstijden. Voor andere activiteiten zoals het monteren van installaties zijn deze gegevens niet beschikbaar, hier worden tijden geschat, waarbij grotere afwijkingen van de werkelijkheid mogelijk zijn. Het totale tijdplan is als "activity on the node" schema opgenomen in het verslag. Hieruit volgt de bouwduur voor de scheepslift.

Vanuit deze bouwduur van de feitelijke konstruktie wordt de totale tijd berekend welke zal verlopen tussen het geven van de opdracht tot bouwen en het in bedrijf stellen van de lift.

De studie wordt afgesloten met het maken van een vergelijking tussen de te bouwen scheepslift en het parallel gemaakte plan voor de bouw van een dwarshelling op dezelfde plaats.

Hieruit worden konklusies getrokken omtrent bouwtijd en bouwkosten.

2. BESCHRIJVING VAN DE KONSTRUKTIE

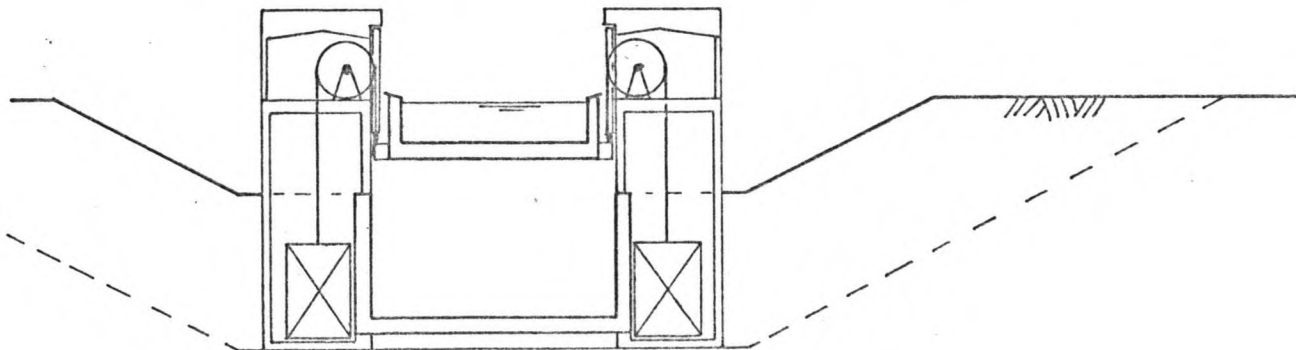
De scheepslift is gelegen in een ingraving in het terrein, de onderkant van de konstruktie ligt op 13 á 14 m + NAP terwijl het maaiveld op circa 29 m + NAP ligt.

Om de ruimte waarin de liftbak beweegt vrij te houden van grondwater wordt tot boven de grondwaterstand van ongeveer 21,30 + NAP een waterdichte betonnen bak gemaakt, met verticale wanden. Boven het niveau van deze bak wordt een kuil in de grond gevormd met taluds van 1 : 2.

Opgenomen in de wanden van de betonnen bak zijn vier draagtorens van 26 x 6 m buitenwerks, waarin kabelschijven en kontragewichten geplaatst worden. De kontragewichten worden geheel in beton uitgevoerd en meten per toren 24 x 4 x 6 m (lxbxh), verdeeld in 6 gelijke delen. Elk van deze delen wordt door 8 gelijke kabels, lopend over 8 kabelschijven boven in de draagtoren verbonden met de bak. Dit geeft per draagtoren 48 kabels, in totaal 192 stuks.

De aandrijving van de bak wordt verzorgd door 4 hydro-motoren (hydraulische zuigers) geplaatst op de buitenste zijden van elk van de draagtorens aan de bovenzijde van de bak. In de draagtorens worden verder de horizontale geleidingen van de bak en de grendelkonstrukties voor het vasthouden van de bak in hoogste en laagste stand gemonteerd.

De stalen liftbak is 95 m lang bij een inwendige breedte en waterdiepte van respectievelijk 12 m en 3,5 m. De inwendige breedte van de omhullende betonnen bak is 16 m,



de bovenkant van de bodem ervan ligt op 15 + NAP.
Het geheel is op staal gefundeerd, de grondslag bestaat uit grof zand en grind.

De bak wordt aan beide zijden afgesloten door een hefdeur, evenals de aansluitende kanaalpanden. Een deur van de bak en de bijbehorende deur van het kanaalpand worden tegelijk geheven door één hefwerk wat in een portaal boven het kanaalpand opgesteld is.

Boven het hefdeurportaal in het benedenhoofd wordt het bedieningshuis gemaakt.

In het bovenhoofd wordt een tweede hefdeur opgenomen als noodkering om het leeglopen van het kanaal te voorkomen.

Direkt naast het benedenhoofd over het kanaalpand komt een vaste verkeersbrug. De weg daarover loopt door over het benedenhoofd van de huidige sluis.

In het benedenhoofd wordt tevens voorzien in een hoogwaterkering door middel van een verhoogde deur.

Het bovenkanaal wordt op de lift aangesloten door een waterdicht bekleed kanaaldeel om leeglopen te voorkomen.

3. GLOBAAL AKTIVITEITENNETWERK

Om de activiteiten die nodig zijn voor de bouw van de lift in een relatieschema onder te kunnen brengen moet er een volledige lijst opgesteld worden van de konstruktiedelen welke gezamenlijk de konstruktie vormen. Omdat uiteindelijk de bedoeling is om tot een totale bouwtijd te komen, zijn de tijden die nodig zijn voor het verrichten van de te onderscheiden werkzaamheden van belang. Vanuit de konstruktiedelen wordt eerst een lijst van activiteiten opgesteld, deze worden onderling geordend in het globale relatieschema.

De gegevens over de scheepslift die hier gebruikt worden zijn voornamelijk afkomstig uit het hoofdontwerp (lit 2).

De konstruktie is opgebouwd uit de volgende delen:

- stalen bak
- kontragewichten
- verbinding; kabels, kabelschijven e.d.
- hydromotoren voor de aandrijving
- 4 betonnen draagtorens
- een waterdichte betonnen bak
- een bovenhoofd
- een benedenhoofd, met bedieningshuis
- in beide hoofden van de bak hefdeuren met bijbehorende installaties
- een verkeersbrug over het benedenpand
- Door de bodemligging komt het geheel te liggen in een ingraving.
- fundering op staal
- toeleidingskanalen met remmingwerken en wachtplaatsen
- en de aankleding van het geheel, zoals verlichting, looppaden, leuning, bolders en dergelijke.

Allereerst moet worden opgemerkt dat de aanleg van de toeleidende kanalen met wachtplaatsen niet in het te maken plan worden opgenomen, beschouwd wordt de konstruktie

vanaf de brug bij het benedenhoofd tot en met het bovenhoofd.

Er wordt van uitgegaan dat de konstruktie wordt gemaakt in een droge bouwput, welke met natuurlijke taluds in de grond gegraven wordt. Om deze bouwput droog te krijgen is een vrij zware bemaling nodig, er wordt echter van uitgegaan dat er geen speciale maatregelen nodig zijn. Na het graven van de bouwput wordt eerst het zware betonwerk tot ongeveer 2 m boven het grondwaternivo van 21,30 + NAP gemaakt, waarna met het toenemen van het gewicht van de konstruktie de bemaling van de bouwput gestopt kan worden en grond aangevuld tot boven het grondwaternivo.

De deuren en de stalen bak kunnen in een konstruktiewerkplaats geprefabriceerd worden, waarna transport naar de bouwplaats nodig is. Dit stelt eisen aan de afmetingen van de delen.

De betonnen kontragewichten worden op de bouwplaats dichtbij hun uiteindelijke plaats geprefabriceerd, wat in serie kan doordat een groot aantal gelijkvormige elementen nodig is.

De stalen bak en betonnen kontragewichten worden op hulpkonstrukties samengebouwd, op een zodanige hoogte dat voor het spannen van de draagkabels een verplaatsing van enkele centimeters van het kontragewicht, te verkrijgen door vijzels, nodig is.

Uitgegaan wordt van een koppeling tussen de al met water gevulde bak en alle kontragewichten. Een alternatief hiervoor is het koppelen van de lege bak met een klein gedeelte van de kontragewichten, waarna geleidelijk de rest van de kontragewichten wordt gemonteerd onder gelijktijdig vullen van de bak met water. Hier wordt niet verder op ingegaan, de wijzigingen in het totale relatieschema zouden gering zijn.

Overigens zijn de aannamen omtrent het bouwen in een droge bouwput veel belangrijker, deze bepalen de opbouw van de konstruktie en de mogelijkheden voor de fundering.

Er wordt nu een lijst gemaakt van activiteiten

welke nodig zijn voor de realisatie van de konstruktie. Voor elke aktiviteit wordt ook vermeld welke voorafgaande aktiviteiten vereist zijn.

Met behulp van deze globale aktiviteitenlijst kan, na enig puzzelwerk, het globale relatieschema voor de aktiviteiten getekend worden.

Bij het nummeren van de aktiviteiten is gezorgd dat elke genoemde aktiviteit slechts moet worden voorafgegaan door aktiviteiten met een lager nummer. Dit brengt al een zekere ordening aan.

De hoge nummers (66) en (77) zijn later toegevoegd toen gekonstateerd werd dat deze aktiviteiten ontbraken.

Globale lijst van aktiviteiten

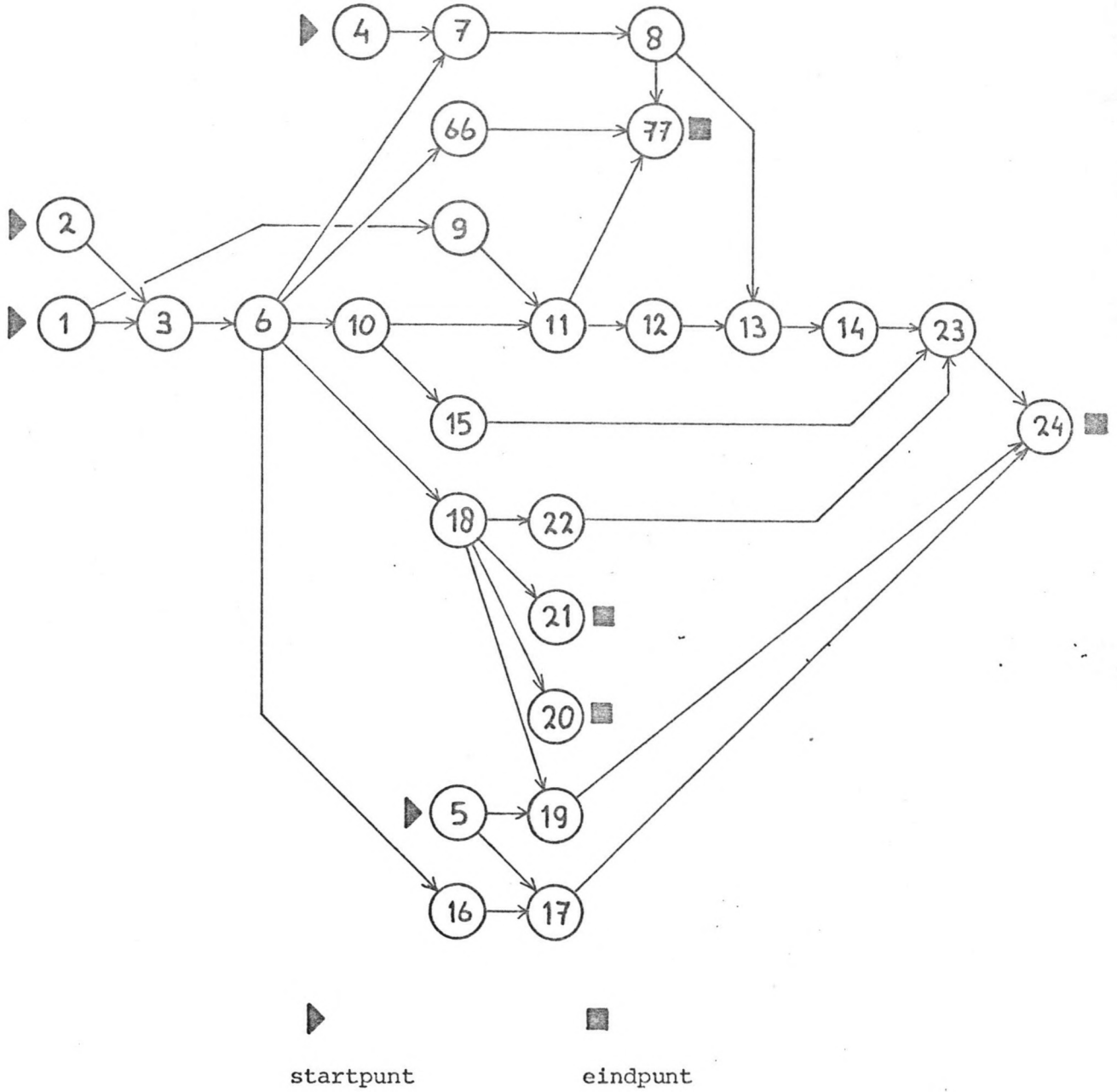
| start na aktiviteit nummer: | nummer van de aktiviteit | omschrijving |
|-------------------------------------|--------------------------------|--|
| direkt | (1) | bouwterrein inrichten |
| direkt | (2) | weg omleggen over toekomstig benedenpand |
| (1) (2) | (3) | bouwput maken |
| direkt | (4) | prefabrikage van de bak in onderdelen |
| direkt | (5) | prefabrikage van de deuren en toebehoren |
| (3) | (6) | betonwerk van bak, torens en hoofden tot 23 + NAP (boven grondwaterstand) |
| (4) (6) | (7) | montage van de bak op tijdelijke onder- steuning |
| (7) | (8) | vullen van de bak met water |
| (1) | (9) | kontragewichten maken |
| (6) | (10) | betonwerk bovenbouw draagtorens maken |
| (9) (10) | (11) | plaatsen kontragewichten op tijdelijke ondersteuning |
| (11) | (12) | monteren lagere en kabelschijven, inhangen kabels, afbouw draagtorens |
| (8) (12) | (13) | spannen van de kabels, verbinden bak en kontragewicht |
| (7) (12) (13) | (14) | monteren van de aandrijving |
| (10) | (15) | monteren geleidingen en grendels |

| | | | | |
|----|----|----|---|--------------------------|
| ⑥ | | ①⑥ | ruwbouw bovendeel bovenhoofd | |
| ⑤ | ①⑥ | ①⑦ | monteren van deuren, aandrijvingen, kontragewichten | |
| ⑥ | | ①⑧ | bovenbouw benedenhoofd met bedienings- huis en brughoofden | |
| ⑤ | ①⑧ | ①⑨ | monteren van deur, aandrijving en kontragewichten | |
| ①⑧ | | ②① | maken brugdek | |
| ①⑧ | | ②② | wegen aansluiten | |
| ①⑧ | | ②③ | installatiewerk in bedieningshuis | |
| ①③ | ①④ | ①⑤ | ②④ | proefdraaien bak |
| ②② | | | | |
| ①⑦ | ①⑨ | ②③ | ②④ | proefdraaien deuren |
| ⑥ | | | ⑥⑥ | aanvullen van de bouwput |
| ⑧ | ①① | ⑥⑥ | ⑦⑦ | bemalingspompen uit |

Het globale activiteitenennetwerk kan nu getekend worden.
Dit is afgebeeld op de volgende bladzijde.

In de voorgaande lijst zijn enkele voorafgaande activiteiten doorgestreept, dit heeft betrekking op activiteiten die al eerder als voorwaarde gesteld werden, de betreffende relatielijnen in het netwerk zouden zinloos zijn en kunnen dus weggelaten worden.

Globaal aktiviteitennetwerk scheepslift



4. MEER GEDETAILLEERD AKTIVITEITENNETWERK

Het in het voorgaande bepaalde globale netwerk wordt nu verfijnd.

Hiermee worden twee doelen beoogd:

- In het eerste netwerk komen enkele zeer grote activiteiten als een geheel voor. Deze kunnen door opsplitsing beter beheersbaar gemaakt worden.
- Aan de globaal omschreven activiteiten kan moeilijk een tijdsduur toegekend worden. Bij opsplitsing in kleinere delen, zo mogelijk aparte werkzaamheden, is dit beter mogelijk.

Ter uitwerking worden nu de genummerde activiteiten uitgebreider behandeld en onderverdeeld. Ook zullen hoeveelheden vermeld worden, welke in het volgende hoofdstuk gebruikt worden bij het toekennen van tijden. De berekeningen van deze hoeveelheden zijn opgenomen als bijlage 1.

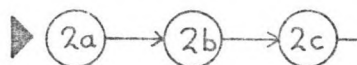
Bij onderverdeelde activiteiten wordt een letter aan het activiteitsnummer toegevoegd, het stukje netwerk waarin deze activiteiten voorkomen wordt gegeven.

Opgemerkt moet nog worden dat dit uitwerken van werkzaamheden gebeurt zonder enige ervaring met bouwen, wat wil zeggen dat geen gebruik gemaakt kan worden van ervaringen met bepaalde volgordes van maken van onderdelen of combineren van werkzaamheden, zaken die door iemand met ervaring bijna intuïtief beoordeeld kunnen worden.

Gedetailleerde lijst van activiteiten

- ① bouwterrein inrichten
Omvat het plaatsen van keten en hekken, aanleggen van een toegangsweg, opruimen van het terrein.
- ② weg omleggen
 - ②a leggen van de aardebaan, 14.700 m³
 - ②b maken wegdek

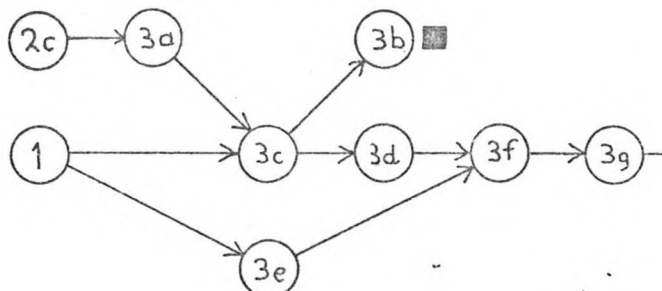
2c omlegging zelf, borden plaatsen en dergelijke



③ bouwput maken

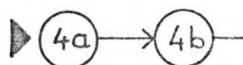
Dit is een grote aktiviteit, onder te verdelen in

- ③a afgraven oude weglighaam, puin verwijderen
- ③b afvoeren overtollige grond, direkt of uit depot
- ③c droog ontgraven tot het grondwater, 21,50 + NAP, 92.000 m³
- ③d bronnen slaan
- ③e gemaal bronbemaling plaatsen
- ③f droogmalen
- ③g rest bouwput ontgraven, 51.000 m³



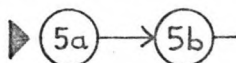
④ prefabrikage bak in onderdelen

- ④a prefabrikage in fabriek
- ④b transport naar de bouwplaats



⑤ prefabrikage deuren

- ⑤a prefabrikage in fabriek
- ⑤b transport naar de bouwplaats



⑥ betonwerk bak, torens en hoofden tot 23 + NAP

Dit is de gehele onderbouw van de bak inklusief de fundering op staal. Om verschillende werkzaamheden tegelijk uit te kunnen voeren wordt dit grote konstruktievolume gesplitst in 8 delen. Voor elk van de delen wordt in bijlage 1 het volume beton en de te bekisten oppervlakte

berekend.

1. bovenhoofd

$$V = 400 \text{ m}^3 \quad A = 1256 \text{ m}^2$$

2. eerste deel van de bak, tot aan de draagtorens, lang 10 m

$$V = 340 \text{ m}^3 \quad A = 340 \text{ m}^2$$

3. bakdeel tussen twee draagtorens, inclusief de torens
lengte bakdeel 20 m

$$V = 1380 \text{ m}^3 \quad A = 2976 \text{ m}^2$$

4. middelste bakdeel, 35 m lang

$$V = 1190 \text{ m}^3 \quad A = 1190 \text{ m}^2$$

5. vierde bakdeel, lang 20 m, weer met twee draagtorens

$$V = 1380 \text{ m}^3 \quad A = 2976 \text{ m}^2$$

6. vijfde bakdeel tot aan benedenhoofd, lang 10 m

$$V = 340 \text{ m}^3 \quad A = 340 \text{ m}^2$$

7. benedenhoofd met bedieningshuis

$$V = 240 \text{ m}^3 \quad A = 880 \text{ m}^2$$

8. onderbouw verkeersbrug

$$V = 150 \text{ m}^3 \quad A = 470 \text{ m}^2$$

Elk van deze eenheden kan apart gebouwd worden, waarbij hier wordt voorbijgegaan aan de problemen die de verbindingen tussen de delen, met of zonder dilatatievoegen, kunnen oproepen.

De 8 delen zijn niet alle even groot, de afstemming van de opvolgende werkzaamheden is daardoor niet ideaal.

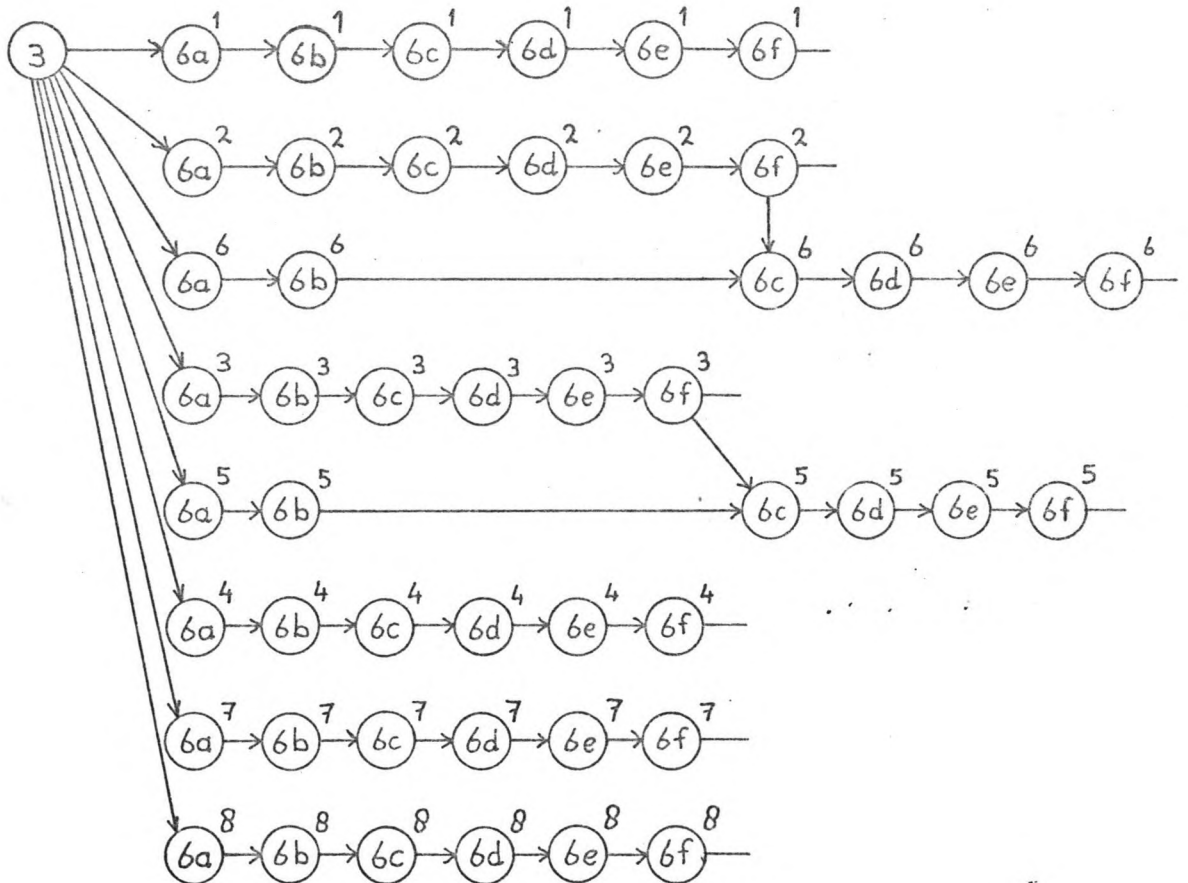
Als een aantal ongeveer gelijke delen onderscheiden kan worden is de afstemming van werkzaamheden beter mogelijk, hiervoor is echter een verdergaande uitwerking van het geheel nodig.

Voor elk van de 8 delen moet de volgende reeks van werkzaamheden uitgevoerd worden.

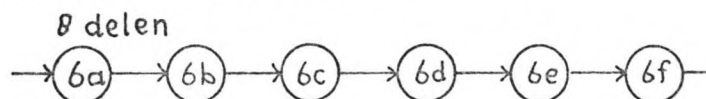
- ⑥a) werkvloer maken
- ⑥b) wapening aanbrengen
- ⑥c) bekisting maken
- ⑥d) beton storten
- ⑥e) verharderen
- ⑥f) ontkisten

Voor enkele delen kan dezelfde bekisting tweemaal gebruikt worden, wat tot gevolg heeft dat dan activiteit (6c) pas kan starten na de voorafgaande (6f). Dit is het geval voor de delen 2 en 6 en voor de delen 3 en 5.

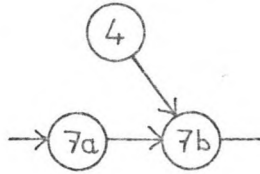
Aktiviteit (6) ziet er in het uitgebreide relatieschema als volgt uit.



Om het gehele netwerk overzichtelijk te houden worden de activiteiten (6a) t/m (6f) daarin slechts één keer getekend op de volgende wijze.



- ⑦ montage van de bak op tijdelijke ondersteuning
 - ⑦a maken van de tijdelijke ondersteuning, dit kan starten als van de betonnen bak de delen 2 tot en met 6 klaar zijn
 - ⑦b montage van de bakonderdelen



⑧ vullen van de bak met water, 4100 m^3

⑨ kontragewichten maken

Het totaal aan kontragewichten moet minder dan 56.000 kN wegen. Hoeveel minder is niet bekend, uitgegaan wordt van een gewicht van 52.000 kN . Bij 6 blokken per draagtoren weegt elk blok dan 2170 kN . Dit is niet handelbaar voor montage in de torens, elk blok wordt gesplitst in 5 delen, welke dan 433 kN (43 ton) worden. Het resultaat is 120 eenheden van hetzelfde gewicht en met bijna dezelfde vorm. Dit is heel goed als serieproductie te maken.

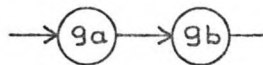
De daarvoor benodigde werkzaamheden zijn:

- maken van repetitiebekistingen
- wapening aanbrengen
- beton storten
- verharderen
- ontkisten
- tijdelijke opslag.

In het netwerk wordt opgenomen:

⑨a maken van repetitiekisten

⑨b in serie maken van de eenheden, 120 stuks



⑩ bovenbouw draagtorens maken

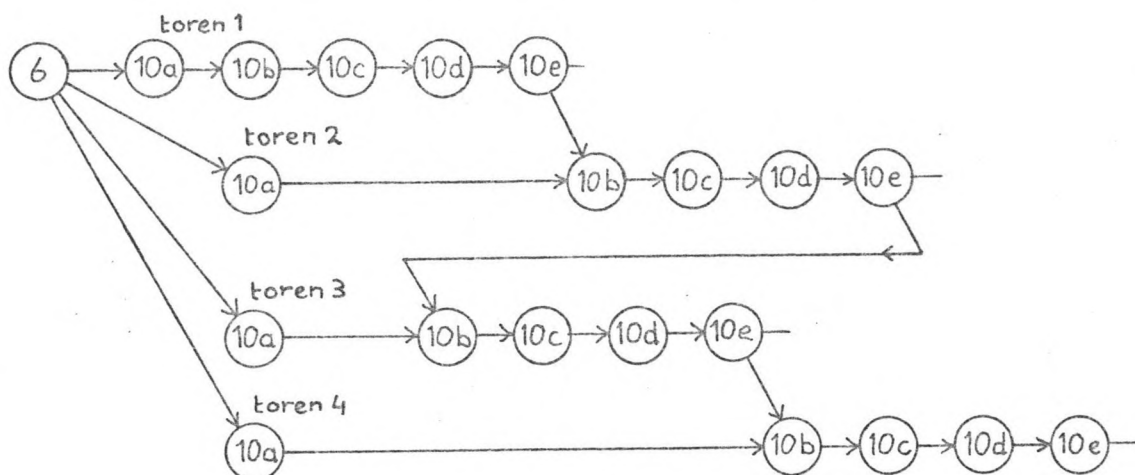
Ook hier is het goed mogelijk om met één bekisting vier torens achter elkaar te maken.

Per toren geldt $V = 248 \text{ m}^3$, $A = 1290 \text{ m}^2$.

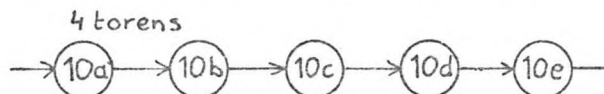
De werkzaamheden zijn:

- ⑩a wapening aanbrengen
- ⑩b bekisting aanbrengen
- ⑩c beton storten
- ⑩d verharderen
- ⑩e ontkisten.

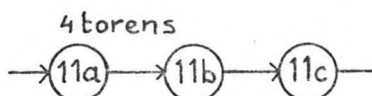
Het volledige netwerk ziet er als volgt uit:



Dit wordt weer in verkorte vorm opgenomen:

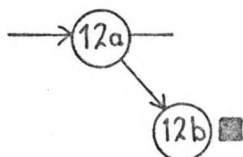


- ⑪ plaatsen kontragewichten op tijdelijke ondersteuning
 - ⑪a maken van de tijdelijke ondersteuning in de draagtorens
 - ⑪b plaatsen en verbinden van de kontragewichtdelen
 - ⑪c monteren van de constructie die de kabels op gelijke spanning houdt
- Dit geheel voor elk van de torens afzonderlijk uit te voeren.



- ⑫ monteren van lagers en kabelschijven, inhangen kabels, afbouwen draagtorens
 - ⑫a monteren van lagers en kabelschijven, inhangen van kabels
 - ⑫b afbouwen van de torens.

Weer vier keer:

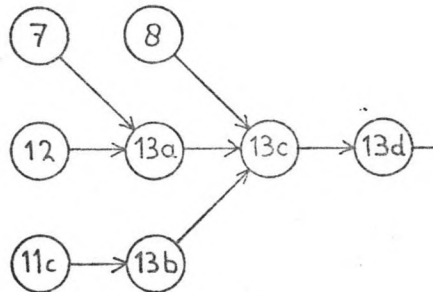


⑬ spannen van de kabels

Dit is een tamelijk belangrijke fase in de bouw. De werkzaamheden in de vier torens moeten op elkaar afgestemd worden, in alle torens worden tegelijk de kabels gespannen. Er zal het nodige toezicht zijn.

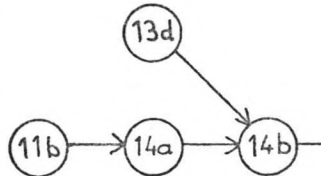
De nu volgende werkzaamheden worden per blok van 2170 kN uitgevoerd, 6 keer per toren.

- ⑬a bevestigen kabels aan bak
- ⑬b opvijzelen kontragewicht
- ⑬c bevestigen kabels via spankonstruktie aan kontragewicht
- ⑬d loslaten vijzels.



⑭ monteren van de aandrijving

- ⑭a monteren van de onderdelen
- ⑭b koppelen met de bak



⑮ monteren van geleidingen en grendels

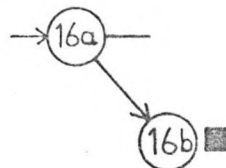
Moet voor elk van de torens gebeuren.

⑯ bovenbouw bovenhoofd

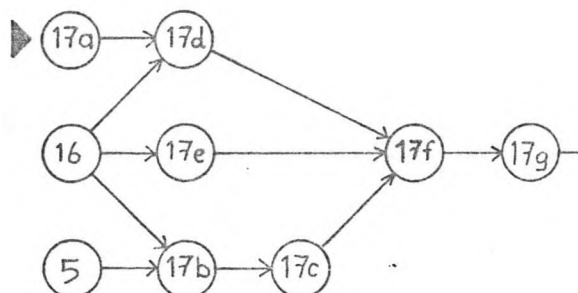
- ⑯a betonwerk

$$V = 386 \text{ m}^3 \quad A = 1750 \text{ m}^2$$

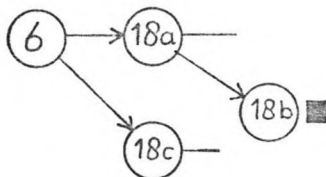
- ⑯b afbouwen



- ①7 monteren van deuren, aandrijvingen, kontragewichten
 - ①7a maken kontragewichten
 - ①7b plaatsen deuren op tijdelijke ondersteuning
 - ①7c monteren geleidingen en afsluitprofielen
 - ①7d plaatsen kontragewichten op tijdelijke ondersteuning met vizzels
 - ①7e aanbrengen loopwielen en kabels
 - ①7f vastmaken kabels
 - ①7g monteren aandrijving



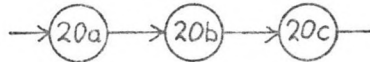
- ①8 bovenbouw benedenhoofd met bedieningshuis en brughoofden
 - ①8a betonwerk benedenhoofd en bedieningshuis
 $V = 428 \text{ m}^3$ $A = 1775 \text{ m}^2$
 - ①8b afbouwen
 - ①8c maken landhoofden voor de brug



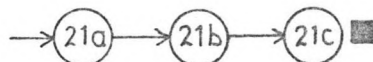
- ①9 monteren van deur, aandrijving en kontragewichten
 - ①9a maken kontragewichten
 - ①9b plaatsen deur op tijdelijke ondersteuning
 - ①9c monteren geleidingen en afsluitprofielen
 - ①9d plaatsen kontragewichten op tijdelijke ondersteuning met vizzels
 - ①9e aanbrengen loopwielen en kabels
 - ①9f vastmaken kabels
 - ①9g monteren aandrijving

Het netwerk is gelijk aan dat van activiteit ①7.

- 20 maken brugdek
 - 20a aanbrengen prefab balken
 - 20b dek storten, verharden
 - 20c afwerken wegdek



- 21 wegen aansluiten
 - 21a grondlichaam maken
 - 21b weg aanleggen
 - 21c wegomlegging opheffen

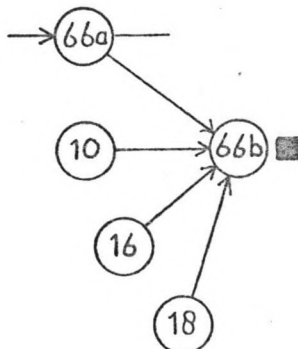


- 22 installatiewerk in bedieningshuis

- 23 proefdraaien van de bak

- 24 proefdraaien deuren

- 66 aanvullen van de bouwput
 - 66a aanvullen bouwput tot boven grondwater
 $v = 42.000 \text{ m}^3$
 - 66b rest aanvullen, taluds afwerken
 $v = 36.000 \text{ m}^3$



- 77 bemalingspompen uit

Dit is de gehele lijst van activiteiten. Hiermee kan het gedetailleerde activiteitenennetwerk getekend worden. Dit is te vinden op tekening 1.

5. INVULLING TIJDSHEMA

Het getekende aktiviteitennetwerk wordt omgewerkt tot een tijdplanning door het invullen van een benodigde tijd voor elk van de genoemde activiteiten. Het bepalen van deze tijden is nu aan de orde, daarna worden deze in het dan enigszins aangepaste netwerk ingevuld, volgens de methode "activity on the node".

Hieruit volgen dan de totale bouwtijd in werkdagen en het kritische pad.

Als eenheid voor de tijdmeting worden werkbare werkdagen gebruikt, de omrekening hiervan naar kalenderdagen wordt nu behandeld.

Werkbare werkdagen

Niet op elke van de 365 of 366 dagen die een kalenderjaar telt wordt gewerkt, het aantal gewerkte dagen is kleiner dan het aantal kalenderdagen.

Uitgaande van kalenderdagen vallen hele dagen af door:
weekend
vakantie + vrije dagen
onwerkbaar weer.

Daarnaast valt er van een werkdag van nominaal 8 uren nog tijd af, bijvoorbeeld voor koffiedrinken, dat is hier echter niet aan de orde.

In het uitvoeringsplan voor een dwarshelling (lit 4) is gebruik gemaakt van de: 'Prognoseschaal Werkbare werkdagen op G.W.W.-werken in Nederland op basis van statistische gegevens'. (lit 5)

Deze komt uit op 197 werkbare dagen per jaar met de onderstaande verdeling.

| | aantal werkbare dagen |
|-----|-----------------------|
| jan | 10 |
| feb | 13 |
| mrt | 17 |
| apr | 20 |

| | |
|-----|----|
| mei | 20 |
| jun | 20 |
| jul | 10 |
| aug | 20 |
| sep | 20 |
| okt | 20 |
| nov | 17 |
| dec | 10 |

totaal 197 per jaar

Deze schaal wordt ook hier toegepast, dit heeft tot gevolg dat de uitvoeringstijden van dwarshelling en lift eenvoudig vergeleken kunnen worden.

5.1 Bepaling tijdsduur activiteiten

Algemeen

Voor een aantal civiele werkzaamheden, met name beton- en grondwerk, is de tijdsduur te bepalen met behulp van bekende gegevens over produktie per uur.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van lit 3 en daarnaast van lit 1. De tijdsduren welke met deze gegevens bepaald worden zijn sterk beïnvloedbaar door de inzet van minder of meer mensen en materieel. Als de hele tijdplanning uitgewerkt is kunnen deze bewerkingstijden dan naar behoefte vergroot of verkleind worden, de eerste invulling geschiedt intuïtief.

Voor de werkzaamheden die niet vallen onder beton- of grondwerk worden tijdsduren geschat in werkdagen, dit blijft globaal, wat echter in dit stadium niet anders kan.

Enkele delen van het activiteitenennetwerk zijn zodanig getekend dat het repetitieëlement er niet uit blijkt. Bij de invulling van de tijden wordt daar wel rekening mee gehouden.

Invulling van de tijdsduur voor de activiteiten

- ① bouwterrein inrichten 10 dagen

②a leggen van de aardebaan

De grond hiervoor kan gehaald worden uit de te maken bouwput. De aanwezige weg moet overgestoken worden. Het is droog grondverzet en verdichting is gewenst.

Aangenomen als tijd wordt de duur van het grondverzet. Mogelijk is een dragline met 2 vrachtauto's. Te rijden afstand is ongeveer 150 m heen en terug.

In lit 3 staan produkties voor draglines. Neem hieruit een dragline met 600-literbak, produktie $66 \text{ m}^3/\text{uur}$.

Hierbij een reductiefaktor 0,7 voor storten op vrachtauto, verder geen reducties.

Stel 7 uur per dag produktie.

De duur is dan $\frac{14.700}{66 \times 0,7 \times 7} = 45$ dagen.

Dat is wel wat lang, een snellere methode is gewenst. Deze wordt gezocht in het inzetten van een scraper van 8 m^3 .

Neem voor vullen en ledigen elk 1,5 min aan, daarbij te rijden $2 \times 150 = 300 \text{ m}$. Met gemiddeld 18 km/u of 5 m/s duurt dit 60 sec.

De cyclusduur is dan 4 min

Capaciteit $15 \times 8 = 120 \text{ m}^3/\text{uur}$ dit gedurende 7 uur per dag

De duur wordt dan $\frac{14.700}{7 \times 120} = 17,5$ dagen.

Zet twee van deze scrapers in, de duur wordt dan 9 dagen

②b maken wegdek 2 dagen

②c omleggen weg 1 dag

③a afgraven oude weg, puin verwijderen 2 dagen

③b afvoeren overtollige grond

Dit kan over de weg of over het water en naar keuze direkt uit de ontgraving of uit depot. Deze keuze is afhankelijk van de uitvoering van de rest van het werk, de toeleidingskanalen met name. Er is in elk geval een depot nodig voor de grond die weer gebruikt wordt voor aanvulling van de bouwput. Een depot voor af te voeren

grond heeft als voordeel het opvangen van afstemmingsverliezen, als nadeel het een keer extra oppakken, wat naar verhouding veel kost.

De te vinden tijd is niet erg belangrijk voor het verloop van de bouw. Er wordt uitgegaan van de vorming van een depot, waarbij de afvoer wordt gesteld op 40 dagen.

③c) ontgraven tot grondwater, 92.000 m^3

Dit kan gebeuren door de 2 scrapers die al aanwezig zijn voor de wegomlegging. Het depot wordt gesteld op een afstand van 150 m.

De capaciteit van een scraper is $120 \text{ m}^3/\text{uur}$, voor 2 scrapers samen komt dat op $7 \times 2 \times 120 = 1680 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Duur $\frac{92.000}{1680} = \underline{55 \text{ dagen}}$.

③d) bronnen slaan 5 dagen

③e) gemaal bronbemaling plaatsen

Dit omvat het leggen van leidingen, maken van een gebouwtje, installeren en aansluiten van één of meer pompen, met een reservepomp.

Stel de volgende deeltijden:

leidingen leggen 10 dagen

gebouwtje plaatsen 2 dagen

installeren pompen 5 dagen

aansluiten elektriciteit 2 dagen.

Als er van wordt uitgegaan dat leidingen leggen en pompen installeren na elkaar bepalend is wordt de totale duur 15 dagen.

③f) droogmalen van de bouwput

Hiervoor moet een tijd gesteld worden die de wachttijd aangeeft tot met de diepe ontgraving begonnen kan worden. Daarvoor is het niet nodig dat de grondwaterstand al tot op de bodem van de te maken put gedaald is. Eventueel kan de bemaling al starten terwijl verderop nog bronnen geslagen moeten worden. De wachttijd is dan tot nul te reduceren. Stel hier echter 2 dagen.

③g) rest bouwput ontgraven, 51.000 m³

Door de diepe ingraving en gefaseerde uitvoering zijn de scrapers moeilijk inzetbaar. Hier wordt uitgegaan van gebruik van een dragline en vrachtauto's.

Deze activiteit leent zich voor gefaseerde uitvoering in combinatie met het diepe betonwerk, ⑥. Mogelijk kan bespaard worden op de bemaling door kleine delen tegelijk te ontgraven.

De tijdbepaling voor ③g) komt bij ⑥ aan de orde.

④a) en ④b) prefabrikage van de bak en transport naar de bouwplaats

Het transport kan het best in gedeelten gebeuren zodanig dat wat op de bouwplaats aankomt zonder tussenopslag meteen geplaatst kan worden.

Om het tijdschema overzichtelijk te houden wordt hier uitgegaan van volledige prefabrikage en daarna transport van alle onderdelen tegelijk. Vanaf het schip worden deze zonder tussenopslag direkt in het werk geplaatst.

Bij nadere uitwerking verdient deze activiteit aandacht omdat hier het staalwerk en het betonwerk met elkaar in contact komen. Voor het staalwerk zal een apart bestek gemaakt worden, wat bepalingen bevat die een afleverdatum vastleggen om de koppeling staal-beton goed te doen verlopen.

Voor de fabrikage wordt 3 maanden aangenomen

④a) 60 dagen

en voor het transport inclusief laden 5 dagen

④b) 5 dagen.

⑤a) prefabrikage deuren

Deze kunnen heel goed in de werkplaats volledig gebouwd en daarna geleverd worden. Ook deze zullen in het staalbestek opgenomen worden.

Duur van de fabrikage 20 dagen

⑤b) transport naar de bouwplaats

Het laden gaat sneller dan bij de bak, transportsnelheid is dezelfde 4 dagen

(3g) en (6a) tot en met (6f) grond- en betonwerk onder het normale grondwaterpeil

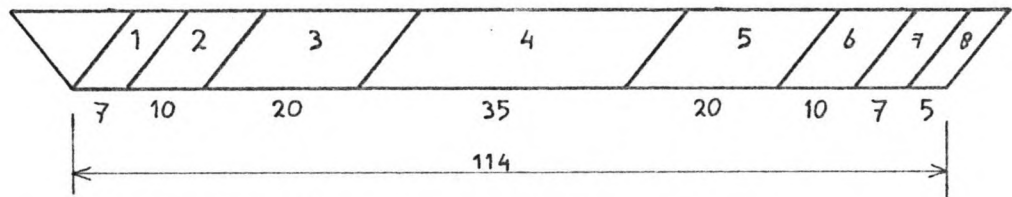
Deze activiteiten worden als een geheel behandeld, ze worden alle uitgevoerd voor elk van de delen 1 t/m 8.

1. bovenhoofd
2. eerste deel van de bak, 10 m lang
3. tweede deel van de bak met twee draagtorens, 20 m lang
4. derde deel van de bak, 35 m lang
5. vierde deel van de bak met twee draagtorens, 20 m
6. vijfde deel van de bak, 10 m
7. benedenhoofd met bedieningshuis
8. onderbouw verkeersbrug.

De per onderdeel benodigde hoeveelheden beton en bekisting zijn al berekend, voor het grondverzet is alleen de totale hoeveelheid bekend, 51.000 m^3 .

De verdeling hiervan over de delen is afhankelijk van de volgorde van ontgraven, doordat ook in lengterichting van de bouwput taluds worden gevormd moet voor het eerste te graven deel meer ontgraven worden.

Aangenomen wordt nu een volgorde van deel 1 naar deel 8 zodat voor deel 1 een extra volume moet worden gerekend, gekenmerkt door een lengtemaat. Het oppervlak van de dwarsdoorsnede is bekend, namelijk 425 m^2 . De totale lengte van 120 m wordt verdeeld over de acht delen.



| | |
|--------|-----|
| deel 1 | 7 m |
| 2 | 10 |
| 3 | 20 |
| 4 | 35 |
| 5 | 20 |
| 6 | 10 |

7 7

8 5

totaal 114 m.

De overblijvende 6 m wordt toegekend aan de extra ontgraving van deel 1.

De te ontgraven hoeveelheden worden:

deel 1 5525 m³

2 4250

3 8500

4 14875

5 8500

6 4250

7 2975

8 2125

totaal 51.000 m³

Om de diverse werkzaamheden te kunnen plannen worden alle tijdsduren uitgedrukt in werkdagen. Voor het grondwerk wordt met behulp van de produktie van het graafwerktuig de hoeveelheid direkt omgerekend in werkdagen. Voor het betonwerk worden uit de hoeveelheden eerst de aantallen te besteden manuren afgeleid. Voor de omrekening naar werkdagen is het nodig het aantal werkuren per dag te kennen en het aantal mensen in de ploeg, de ploeggrootte.

De benodigde manuren voor het betonwerk worden nu berekend. Gebruikte cijfers komen uit lit 1 en 3.

Te onderscheiden zijn:

- a. werkvloer maken
- b. wapening aanbrengen
- c. bekisten
- d. beton storten
- f. ontkisten.

Voor betonstorten kan voor dit grote werk $\frac{1}{2}$ uur/m³ aangehouden worden, alleen voor dunne werkvloeren wordt 1 uur/m³ aangehouden.

Voor het verharden van beton wordt 2 dagen gesteld, ook voor de werkvloeren.

Voor de wapening wordt een hoeveelheid van 80 kg/m^3 aangehouden. Uit lit 1 volgt een kostprijs van f 0,55 per kg vlechtwerk bij een uurloon van 32,--. Hieruit volgt

$$\frac{32}{0,55} = 58,2 \text{ kg/uur.}$$

Per m^3 beton wordt 80 kg verwerkt, dit geeft $\frac{80}{58,2} = 1,4 \text{ uur/m}^3$.

Uit lit 3 volgt voor een groot werk 20 uur per ton staal.

Bij 80 kg/m^3 is dit $0,080 \times 20 = 1,6 \text{ manuur/m}^3$.

De overeenstemming tussen de beide gevonden waarden is goed, de waarde van $1,6 \text{ manuur/m}^3$ wordt verder gebruikt.

Voor de werkvloer wordt uitgegaan van een dikte van 5 cm en een wapening van 80 kg/m^3 . Per m^3 beton kost dit $1 + 1,6 = 2,6 \text{ manuur}$.

Bij een dikte van 0,05 m is dit gelijk aan $0,13 \text{ manuur per m}^2$. De oppervlakken van de werkvloer zijn ook in bijlage 1 berekend.

Voor de bekisting worden waarden gegeven van 1,75 en $1,50 \text{ uur/m}^2$ voor bekisten en ontkisten samen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen eenmaal te gebruiken bekisting en tweemaal te gebruiken bekisting, de laatste voor de delen 2, 3, 5 en 6. De volgende waarden worden gebruikt.

eenmalige bekisting

| | |
|-----------------|------------------------|
| bekisting maken | $1,25 \text{ uur/m}^2$ |
| ontkisten | $0,5 \text{ uur/m}^2$ |

tweemaal te gebruiken bekisting

| | |
|-------------------|-----------------------|
| eerste keer maken | $1,5 \text{ uur/m}^2$ |
| ontkisten | $0,5 \text{ uur/m}^2$ |
| weer aanbrengen | $0,5 \text{ uur/m}^2$ |
| ontkisten | $0,5 \text{ uur/m}^2$ |

Voor alle activiteiten zijn nu de basisgegevens voor de tijdsduur te berekenen, voornamelijk manuren. Alle zijn

verzameld in de volgende tabel.

| aktiviteit: | 3g | 6a | 6b | 6c | 6d | 6e | 6f |
|-------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| deel: | ontgraven (m ³) | werkvloer (manuur + dagen) | wapening (manuur) | bekisting (manuur) | storten (manuur) | verharden (dagen) | ontkisten (manuur) |
| 1 | 5525 | 12 + 2 | 640 | 1570 | 200 | 2 | 628 |
| 2 | 4250 | 23 + 2 | 544 | 510 | 170 | 2 | 170 |
| 3 | 8500 | 89 + 2 | 2208 | 4464 | 690 | 2 | 1488 |
| 4 | 14875 | 82 + 2 | 1904 | 1488 | 595 | 2 | 595 |
| 5 | 8500 | 89 + 2 | 2208 | 1488 | 690 | 2 | 1488 |
| 6 | 4250 | 23 + 2 | 544 | 170 | 170 | 2 | 170 |
| 7 | 2975 | 12 + 2 | 384 | 1100 | 120 | 2 | 440 |
| 8 | 2125 | 4 + 2 | 240 | 588 | 75 | 2 | 235 |

Vanuit deze gegevens worden de benodigde tijdsduren in werkdagen berekend. Voor een werkdag wordt gerekend 8 manuren, voor elke activiteit wordt een ploeggrootte bepaald, die per activiteit voor alle acht delen hetzelfde wordt gehouden.

Als uitgangspunt wordt gehanteerd het deel voor deel ontgraven, de capaciteit van de ontgravende dragline is bepalend voor de start van de volgende activiteiten.

Voor het bepalen van de ploeggrootte voor elk van de activiteiten wordt de volgende formule gebruikt:

Het totaal aantal bewerkingsuren voor de delen 1, 2 en 3 tesamen moet een tijd in werkdagen opleveren gelijk aan de duur van het ontgraven van deze drie delen samen. Hieruit volgt dan de ploeggrootte. Hierbij wordt gesteld dat vier man een minimale grootte is.

Door deze berekeningen, voorafgegaan door de berekening van de tijdsduur voor het ontgraven volgt voor elke activiteit per deel een tijd in werkdagen. Al deze tijden kunnen in een tijdschema ingetekend worden, waaruit dan de totale duur van het werk volgt.

In het te tekenen tijdschema gelden als regels:

- per deel slechts één activiteit tegelijk

- een aktiviteit slechts op één deel tegelijk
- de aktiviteiten $(6c)^5$ en $(6c)^6$ kunnen pas starten na respectievelijk $(6f)^3$ en $(6f)^2$

In de berekeningen wordt één decimaal meegenomen, afronding op hele dagen geschiedt in de resulterende totaaltijden.

De berekeningen en het tijdschema volgen nu. Het tijdschema wat hier bepaald wordt is niet meer dan een eerste opzet. Vanuit dit schema kunnen verbeteringen aangebracht worden zodat uiteindelijk een optimaal schema ontstaat. Deze volgende fase zal hier niet behandeld worden.

Duur van het ontgraven, 3g

Neem hiervoor de dragline met vrachtauto's welke bij aktiviteit $(2a)$ afgekeurd werd. Het aantal vrachtauto's is nader te bepalen. De produktie van deze dragline is $7 \times 0,7 \times 66 = 323 \text{ m}^3$ per dag.

Totale duur van de ontgraving is dan $\frac{51.000}{323} = 158$ dagen.

Dit wordt te lang geacht, gestreefd wordt naar verdubbeling van de capaciteit door het inzetten van twee draglines, of een grotere.

De totale produktie $647 \text{ m}^3/\text{dag}$

tijdsduur dan $\frac{51.000}{647} = 78,8$ dagen

Hiermee is ook de duur van de ontgraving voor alle delen te berekenen, zie de tabel op blz 34.

De ontgravingsduur van de eerste drie delen samen is 28,2 dagen. Hieraan worden nu de volgende aktiviteiten gerelateerd.

werkvloer, 6a

totaal te besteden manuren 124

per dag $\frac{124}{28,2} = 4,4$

Dit zou betekenen dat één man genoeg is. Hier wordt de minimale ploeggrootte van 4 man gehanteerd. Dit geeft 32 manuren per dag. Bij de zo te berekenen tijden zijn in de tabel telkens 2 dagen opgeteld voor verharding.

wapening aanbrengen, 6b

totaal te besteden manuren voor de eerste drie delen
is 3392

per dag $3392/28,2 = 120,3$

een ploeggrootte van 15 man geeft 120 manuren per werkdag

bekisting maken, 6c

totaal te besteden 6544 manuur

per dag 232,1

ploeggrootte 28 man geeft 224 manuur/dag

beton storten, 6d

totaal te besteden 1060 manuur

per dag 37,6

ploeggrootte 5 man geeft 40 manuur/dag

verharden, 6e

Hiervoor wordt telkens 2 dagen genomen. Dit is een benadering die in feite onjuist is. De werkelijke verhardingstijd is soms nul, als deze in het weekend valt, waar zeker naar gestreefd zal worden. Daarnaast worden de grote volumes niet in één keer gestort, bij elke keer storten treedt deze wachttijd op. Omdat dit hier niet nader uit te werken is wordt de aannname gebruikt.

ontkisten, 6f

totaal te besteden 2286 manuur

per dag 81,1 manuur

ploeggrootte 10 man geeft 80 manuur/dag

Alle resultaten, gemeten in werkdagen zijn verzameld in de tabel op de volgende bladzijde. Met deze tijden kan een tijdschema getekend worden, zie hiervoor tekening 2.

Tijdsduur van alle activiteiten (6) in werkdagen

aktiviteit:

| | 3g ontgraven | 6a werkvloer | 6b wapening | 6c bekisting | 6d storten | 6e verharden | 6f ontkisten |
|---------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| deel: 1 | 8,5 | 2,4 | 5,3 | 7,0 | 5,0 | 2 | 7,9 |
| 2 | 6,6 | 2,7 | 4,5 | 2,3 | 4,3 | 2 | 2,1 |
| 3 | 13,1 | 4,8 | 18,4 | 19,9 | 17,3 | 2 | 18,6 |
| 4 | 23,0 | 4,6 | 15,9 | 6,6 | 14,9 | 2 | 7,4 |
| 5 | 13,1 | 4,8 | 18,4 | 6,6 | 17,3 | 2 | 18,6 |
| 6 | 6,6 | 2,7 | 4,5 | 0,8 | 4,3 | 2 | 2,1 |
| 7 | 4,6 | 2,4 | 3,2 | 4,9 | 3,0 | 2 | 5,5 |
| 8 | 3,3 | 2,1 | 2,0 | 2,6 | 1,9 | 2 | 2,9 |
| totaal | 78,8 | 10,5 + 16 | 72,2 | 50,7 | 68,0 | | 65,1 |

Uit het getekende schema blijkt dat deel 6 niet hoeft te wachten op deel 2, deel 5 moet wel wachten op het ontkisten van deel 3.

Door de berekeningswijze vraagt activiteit (6c) een grote ploeg mensen, welke kort aan het werk zijn. Een aanpassing hierin lijkt gewenst.

Op deze en vele andere mogelijke aanpassingen wordt hier niet ingegaan, een nadere beschouwing van één bouwdeel volgt later.

De totale bouw tijden per deel van de konstruktie volgen uit het schema, in afgeronde getallen.

| deel | tijd vanaf start (3g) ¹ tot voltooiing (6f) voor dit deel |
|------|--|
| 1 | <u>38</u> dagen |
| 2 | <u>40</u> |
| 3 | <u>109</u> |
| 4 | <u>117</u> |
| 5 | <u>154</u> |
| 6 | <u>119</u> |
| 7 | <u>124</u> |
| 8 | <u>127</u> |

⑦a) maken tijdelijke ondersteuning bak

Deze ondersteuningskonstruktie kan in fasen gemaakt worden en eventueel ook geprefabriceerd. Als een deel van de ondersteuningskonstruktie klaar is kan daarop al worden begonnen met de montage van de bak. Daarom wordt hier een tijd aangenomen die verloopt tussen beginnen met de ondersteuningskonstruktie en het begin van de montage van de bak, 5 dagen.

⑦b) montage van de bak

Hiervoor wordt 5 weken aangenomen, dat is 25 dagen.

⑧ vullen van de bak met water

Dit is een werk wat 24 uur per dag door kan gaan, door middel van een pomp of een leiding uit het bovenpand. De tijd kan worden berekend voor een kleine pomp met een opbrengst van 10 liter/sec. De opvoerhoogte is gering, hoogstens enkele meters.

Nodig is 4.123.000 liter

bij 10 l/s een tijd van 412.300 sec = 115 uur

bij 24 uur per dag 4,8 dagen, afgerond 5 dagen

Deze tijd wordt geaccepteerd. Een kortere tijd is eenvoudig te bereiken door een wat grotere pomp in te zetten.

⑨a) maken van repeteerbekisting kontragewichten

Stel dat er vier bekistingen gemaakt worden in een tijd van 15 dagen.

⑨b) in serie maken van kontragewichten

In dit proces wordt er vanuit gegaan dat de benodigde wapening kant en klaar in de kist geplaatst wordt. Het proces bestaat dan uit:

wapening plaatsen

beton storten

verharden

ontkisten.

Voor dit proces wordt 3 dagen aangehouden, waarvan 2 voor verharding. Bedacht moet worden dat ook in weekenden en op vrije dagen de verharding doorgaat, als hier

rekening mee gehouden wordt bespaart dit werkdagen.
Het aantal malen dat dit proces doorlopen moet worden
is $\frac{120}{4} = 30$ keer per bekisting. De duur is dan 90 dagen.
Na 24 dagen zijn al genoeg eenheden beschikbaar voor
één draagtoren. Dit gegeven wordt niet ingevoerd tenzij
dit later nodig blijkt.

⑩a tot en met ⑩e bovenbouw draagtorens

Deze activiteiten worden weer gezamenlijk beschouwd,
er is weer de mogelijkheid van repeteren.

De activiteit ⑩a kan starten na voltooiën van ⑥f³
en ⑥f⁵. Dit is in het gedetailleerde relatienetwerk
niet terug te vinden, in de tijdplanning wordt er wel
rekening mee gehouden, omdat deze activiteiten waarschijn-
lijk wel op het kritische pad liggen.

Voor de deelactiviteit ⑩ wordt weer een aparte tijd-
planning uitgewerkt, waarbij weer wordt gebruik gemaakt
van de per onderdeel bepaalde tijdsduren in manuren.
Aangenomen wordt dat de vier te maken draagtorens gelijk
zijn, de berekeningen worden dan voor één toren gemaakt.
Dezelfde bewerkingstijden worden gebruikt als bij ⑥.

10a, wapening aanbrengen

1,6 manuur/m³ en 248 m³

geeft 397 manuur

10b, bekisting aanbrengen

Omdat de hier te gebruiken bekisting viermaal gebruikt
moet worden in plaats van tweemaal zoals bij ⑥ wordt
de vervaardigingstijd langer genomen.

Te gebruiken tijden:

vooraf vervaardigen 1,5 manuur/m²

aanbrengen 0,5 manuur/m²

verwijderen 0,5 manuur/m².

De betreffende oppervlakte is 1290 m².

Hieruit volgt: vervaardigen bekisting (eenmaal) 1935 manuur
bekisten 645 manuur.

10c, beton storten

0,5 manuur/m³ en 248 m³

geeft 124 manuur

10d, verharden duurt 2 dagen

10e, ontkisten kost 645 manuur.

De bewerkingen welke repeterend plaats kunnen vinden zijn (10b) tot en met (10e). De wapening (10a) kan van tevoren gevlochten worden. De te gebruiken bekisting kan ook van tevoren gemaakt worden, deze is niet afhankelijk van het gereedkomen van andere onderdelen.

Om nu van manuren te komen tot werkdagen wordt aangenomen dat er één ploeg mensen is die alle werkzaamheden verricht. De grootte van deze ploeg is te berekenen zodanig dat in de 2 dagen verhardingstijd van toren 1 de wapening van toren 2 klaargemaakt kan worden en zo verder.

Benodigd 397 manuren in twee dagen, is 198,5 uur/dag.

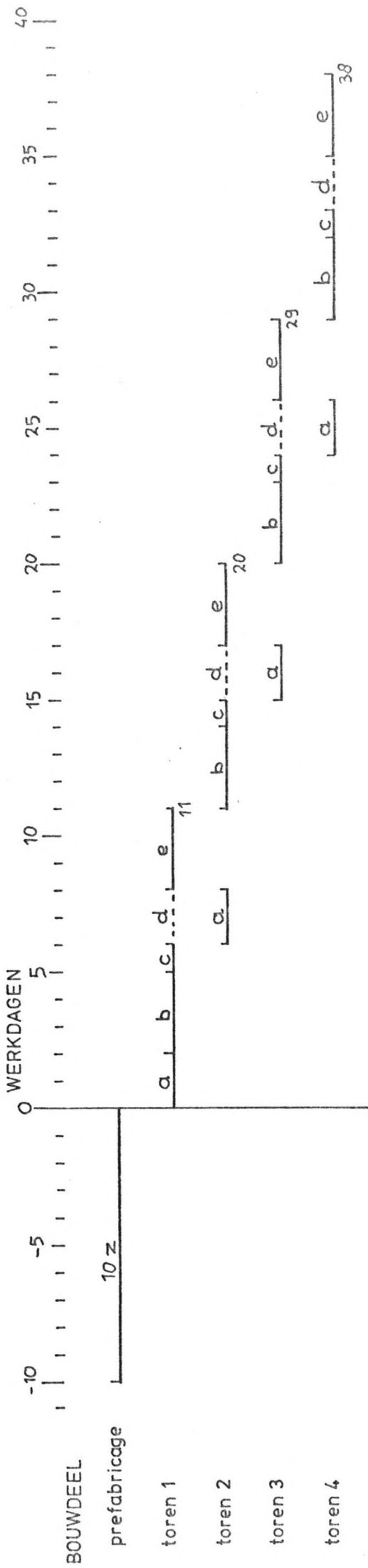
De ploeggrootte wordt 25 man, wat 200 manuren per werkdag oplevert.

Nu zijn alle bewerkingstijden te vinden, afgerond op hele dagen.

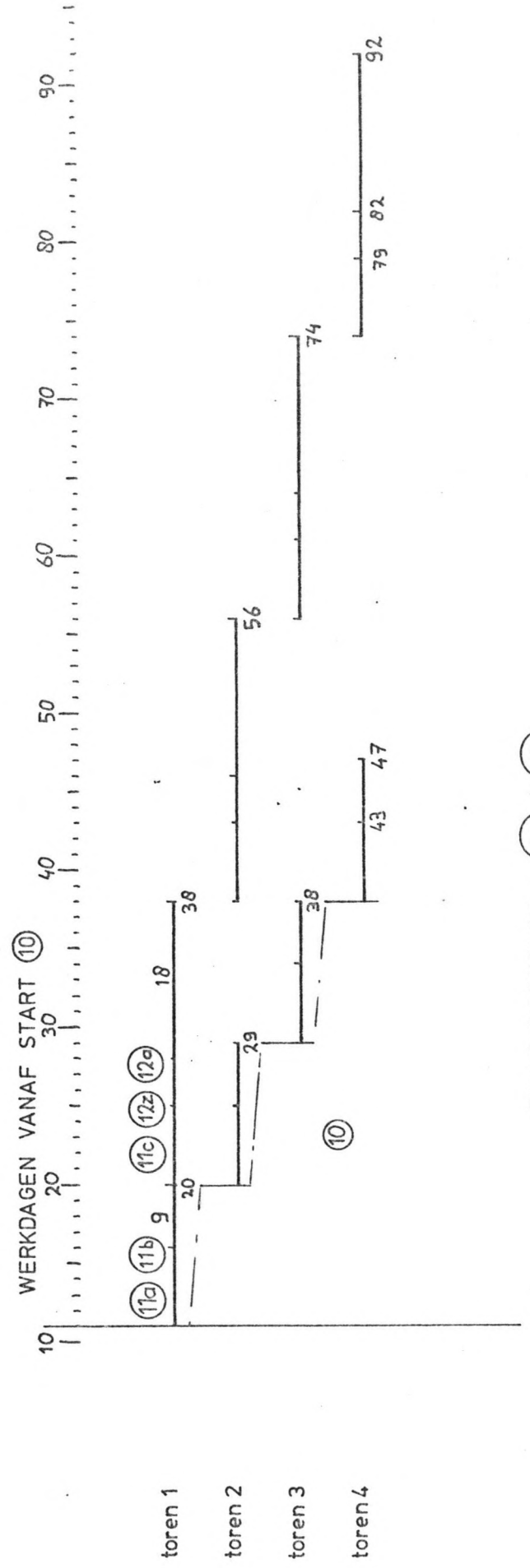
| | | |
|----------------------------|----------|----------|
| 10z prefabrikage bekisting | 1935 uur | 10 dagen |
| 10a wapening aanbrengen | 397 uur | 2 dagen |
| 10b bekisting aanbrengen | 645 uur | 3 dagen |
| 10c beton storten | 124 uur | 1 dag |
| 10d verharden | | 2 dagen |
| 10e ontkisten | 645 uur | 3 dagen |

Het tijdschema voor vier torens is hiermee te tekenen. dit is te vinden op de volgende bladzijde.

| | |
|---|-------------|
| Daaruit is te zien dat vanaf het begin van deze activiteit nodig is voor het voltooiën van deel 1 | 11 dagen |
| | 2 20 |
| | 3 29 |
| | 4 38 dagen. |



TIJDSHEMA 10



TIJDSHEMA 11 · 12

In de grote tijdplanning wordt 38 dagen aangehouden.

Daarin wordt ook nieuw vermeld de aktiviteit

⑩z) prefabrikage bekisting 10 dagen

⑪a) tot en met ⑫b) werk aan de draagkonstruktie boven
in de torens

De aktiviteiten ⑪ en ⑫ worden ook vier keer uitgevoerd en lenen zich weer goed voor een repeterende werkwijze. In het tijdschema kan een combinatie gemaakt worden met ⑩.

Aktiviteit ⑬ wordt nog niet meegenomen, deze is dermate belangrijk dat apart zorg vereist is. Er zal tijdens het spannen van de kabels ook de nodige extra controle plaatsvinden.

Per toren zijn de te beschouwen aktiviteiten:

⑪a) maken ondersteuning met vijzels

Dit is een tijdelijke konstruktie die aangebracht kan worden op bevestigingspunten welke in de wanden zijn gemaakt. Stel 5 dagen.

⑪b) plaatsen en koppelen van de kontragewichtsdelen
Neem aan dat per uur één eenheid van 430 kN verwerkt kan worden. Er zijn 30 eenheden in een toren te plaatsen dus 30 uur nodig, 4 dagen.

⑪c) konstruktie om de kabels op gelijke spanning te houden

Hiervan zijn er 6 per toren nodig. Deze kunnen kant-en-klaar aangevoerd worden zodat alleen montage nodig is, stel 5 dagen.

Vòòr het monteren van lagers en kabelschijven moeten eerst ankerbouten aangebracht worden. Het stellen hiervan moet met de nodige zorg gebeuren en wordt als extra aktiviteit ingevoerd.

⑫z) stellen ankerbouten 3 dagen

⑫a) monteren van lagers en kabelschijven, inhangen
kabels

Van elk 48 stuks. De lagers zullen gesteld worden op
injektiespecie en de ankerbouten. Kabelschijven monteren
is dan een kwestie van hijsen en bouten vastdraaien.
Neem voor een lager monteren 20 minuten, daarbij voor
alle lagers samen 1 dag afstellen, 1 dag injekteren en
2 dagen voor verharden.

totaaltijd dan $48 \times 1/3$ uur plus 4 dagen
is 6 dagen.

Voor kabelschijven monteren ook 20 minuten per stuk,
duur dan 2 dagen.

Voor kabels inhangen eveneens 20 minuten (gewicht 1,5 kN
per stuk) totaal 2 dagen

Het geheel duurt dan 10 dagen.

De injektiespecie is dan 6 werkdagen oud en minstens
één weekend, dus totaal minstens 8 dagen. Deze tijd
voor verharding is belangrijk omdat al snel na deze
montage het totale gewicht van bak en kontragewichten
hierop zal rusten.

⑫b) afbouwen van de toren

Dit houdt in het maken van de laatste wanden, vloeren
en dergelijke, dak maken en afwerken. Stel hiervoor
20 dagen.

Het geheel van activiteiten ⑪ en ⑫ kan nu in drie
groepen worden verdeeld.

⑪a) en ⑪b) door een betonmontageploeg, 9 dagen.

⑪c) , ⑫z) en ⑫a) door een werktuigbouwkundige
montageploeg, 18 dagen.

⑫b) is niet bepalend voor de voortgang van het werk,
er zijn geen vervolgactiviteiten op.

De activiteiten ⑪a) tot en met ⑫a) worden nu aangesloten
op het tijdschema van activiteit ⑩, waarbij er van
uitgegaan wordt dat er één betonmontageploeg is en één
werktuigbouwkundige montageploeg. Zie voor de getekende
uitwerking bladzijde 38.

In de grote tijdplanning wordt aangehouden:

- 11a 5 dagen
- 11b 4 dagen
- 11c 32 dagen
- 12z 3 dagen
- 12a 10 dagen.

Met activiteit (12b) kan op de 39e dag gestart worden. Er wordt vanuit gegaan dat voor elke toren direkt na het voltooien van (12a) met (12b) gestart kan worden. De in het tijdschema op te nemen duur is dan 20 dagen.

(13) spannen van de kabels

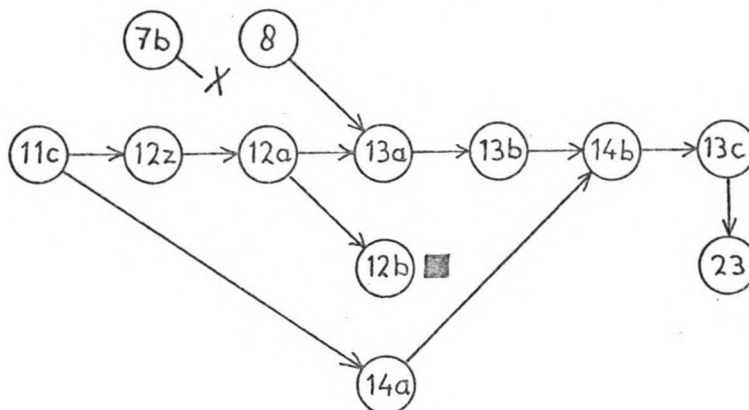
Deze activiteit zal met de nodige voorzorgen omringd worden en met vele mensen tegelijk uitgevoerd, omdat nu voor het eerst alle delen tot een geheel gemaakt worden. De oorspronkelijke verdeling van de activiteiten 13a tot en met 13d wordt verlaten, voor de duur van het spannen wordt 4 dagen gesteld, plus 5 dagen voor het opruimen van elk van de ondersteuning. De ondersteuning van de bak kan worden verwijderd nadat de bak door middel van de bewegingsinstallatie over enige afstand omhoog is bewogen.

(13a) vastmaken draagkabels 4 dagen

(13b) ondersteuning kontragewichten verwijderen 5 dagen

(13c) ondersteuning bak verwijderen 5 dagen

Het relatieschema rond (13) wijzigt als volgt:



(14a) monteren onderdelen aandrijving

Deze worden in een fabriek gemaakt en hoeven op het

werk alleen gemonteerd te worden. Voor het gehele werk 20 dagen.

⑭ koppelen met de bak 4 dagen

⑮ monteren van geleidingen en grendels 20 dagen

⑯ betonwerk bovenbouw bovenhoofd

De werkzaamheden zijn weer te berekenen in manuren, waaruit werkdagen afgeleid kunnen worden.

$$V = 386 \text{ m}^3 \quad A = 1750 \text{ m}^2$$

wapening vlechten $1,6 \text{ uur/m}^3$: 618 uur

bekisting aanbrengen (eenmalig) $1,25 \text{ uur/m}^2$: 2190 uur

storten $0,5 \text{ uur/m}^3$: 193 uur

verharden 2 dagen

ontkisten $0,5 \text{ uur/m}^2$: 875 uur

Neem als ploeggrootte aan:

voor wapening 10 man

storten 5 man

bekisten en ontkisten 15 man

Totale duur dan te berekenen

| | uur | ploeg | dagen |
|-----------|------|-------|-----------------|
| wapening | 618 | 10 | 8 |
| bekisting | 2190 | 15 | 18 |
| storten | 193 | 5 | 5 |
| verharden | | | 2 |
| ontkisten | 875 | 15 | 7 |
| | | | <u>40 dagen</u> |

⑰ afbouwen

Stel hiervoor 30 dagen

⑱ maken kontragewichten

Het gewicht hiervan is in de orde van 200 kN. Bij een volumegewicht van 24 kN/m^3 geeft dit een volume van 8 m^3 . Dit is een kleine klus, kan makkelijk in 10 dagen.

- (17b) plaatsen deuren op tijdelijke ondersteuning, ook de reservedeur, 3 dagen
- (17c) monteren geleidingen en profielen 5 dagen
- (17d) plaatsen kontragewichten op vijzels 2 dagen
- (17e) aanbrengen loopwielen en kabels 3 dagen
- (17f) vastmaken kabels, weer met de nodige zorg omgeven 1 dag
- (17g) monteren aandrijving, voor twee deuren te doen in 8 dagen

(18a) betonwerk bovenbouw benedenhoofd

Met toepassing van dezelfde waarden als bij het bovenhoofd volgt ($V = 428 \text{ m}^3$ $A = 1775 \text{ m}^2$)

| | | uur | ploeg | dagen |
|-----------|-------------|------|-------|-----------------|
| wapening | 428 x 1,6 | 685 | 10 | 9 |
| bekisting | 1775 x 1,25 | 2219 | 15 | 18 |
| storten | 428 x 0,5 | 214 | 5 | 5 |
| verharden | | | | 2 |
| ontkisten | 1775 x 0,5 | 888 | 15 | 7 |
| | | | | <u>41 dagen</u> |

(18b) afbouwen

Duurt door de aanwezigheid van het bedieningshuis langer dan het bovenhoofd, 40 dagen

Alle activiteiten (19) zijn te vergelijken met (17), er zijn enkele verschillen doordat in het benedenhoofd slechts één deur geplaatst wordt.

- (19a) 10 dagen
- (19b) 2 dagen
- (19c) 3 dagen
- (19d) 2 dagen

19e 3 dagen

19f 1 dag

19g 5 dagen

20a prefab balken brugdek monteren 5 dagen

20b dek storten en verharden 10 dagen

20c afwerken wegdek 5 dagen

21a grondlichaam aansluitende wegen

Dit is een werk van dezelfde orde van grootte als de wegomlegging bij aanvang van het werk, neem hiervoor inclusief afwerken 15 dagen.

21b weg aanleggen 5 dagen

21c wegomlegging opheffen 1 dag

22 installatiewerk in bedieningshuis

Hier is moeilijk een tijd voor te geven, stel 20 dagen.

23 proefdraaien bak

Dit is inclusief tijd nodig voor het verhelpen van kleine mankementen en afstellen, 15 dagen

24 proefdraaien deuren 5 dagen

Dit kan pas als buiten voor de deuren water aanwezig is. Het graven van de toeleidingskanalen valt buiten deze planning, hier is wel de aansluiting tussen de planning van deze aparte delen te vinden.

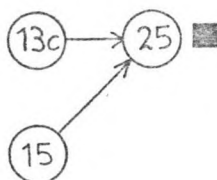
Er wordt als nieuwe activiteit toegevoegd

25 opruimen van het terrein, verhelpen van kleine defekten en afwerken

Deze activiteit kan starten tegelijk met het proefdraaien van de bak, duur 15 dagen.

Als startpunt wordt de tijd gekozen waarop de technische

installaties van de lift gereed zijn, de voorafgaande activiteiten zijn (13c) en (15).



(66a) aanvullen bouwput tot boven grondwater

Hiervoor wordt een combinatie van materieel gebruikt welke een capaciteit heeft gelijk aan die bij de diepe ontgravingen, $647 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Totaal 42.000 m^3 aan te vullen, dit kost 65 dagen

Dit werk kan ingepast worden in het schema van (6), als blijkt dat het kritische pad hierlangs loopt.

(66b) rest grondaanvulling

Dit betreft ook het afwerken van de taluds en voltooiing van het bijkomende werk. Weer wordt dezelfde capaciteit aangenomen, wat bij $V = 36.000 \text{ m}^3$ een duur van 57 dagen geeft. Ook dit werk kan als dat gewenst is eerder starten dan uit de nu te maken tijdplanning volgt.

(77) bemalingspompen uit

Dit kost geen tijd, nul dagen dus. Wel tijd kost het daarna verwijderen van leidingen, pompen en huisje. Stel hiervoor 10 dagen.

Met de bovenstaande gegevens is een tijdplanning te tekenen. De relaties hierin zijn niet hetzelfde als in het gedetailleerd relatieschema, de wijzigingen zijn in de tekst gegeven.

In het tijdschema worden nu eerst alle activiteiten en hun relaties getekend, daarbij worden de tijdsduren ingevuld.

Vanaf het begin van het werk worden dan voor elke activiteit de vroegst mogelijke begin- en eindtijd ingevuld. Vanaf de laatst voorkomende werkdag worden terugrekenend

voor elke aktiviteit de laatst mogelijke begin- en eind-tijd ingevuld.

De aktiviteiten waarbij de vroegste en de laatst mogelijke tijden dezelfde zijn liggen op het kritische pad, deze zijn bepalend voor de voortgang van het werk.

Op de volgende bladzijde is een resumé gegeven van alle aktiviteiten met hun nummers en de toegekende tijdsduur.

De tijdplanning volgens 'activity on the node' is te vinden als tekening 3.

In tekening 3 zit een fout

Aktiviteit 3f, droogmalen van de bouwput, is niet opgenomen als aparte aktiviteit, volgens de gegeven toelichting is deze ook niet opgenomen in de combinatie met aktiviteit 6.

Bij opneming van (3f) 2 dagen zouden alle eindtijden van aktiviteiten erna met 2 dagen opschuiven, het werk is dan ook twee dagen later klaar.

Het is echter geen bezwaar om ervan uit te gaan dat het droogmalen van de bouwput nul dagen duurt, zoals in de toelichting gezegd. Dit aanhoudende verandert geen van de gevonden tijden, de in het verhaal genoemde getallen blijven geldig.

Resumé van de activiteiten

| akt | tijd | | akt | tijd | |
|-------------|-------------------|--|-----|------|---|
| 1 | 10 | bouwterrein inrichten | 11a | 5 | ondersteuning kontra- gewichten |
| 2a | 9 | aardebaan wegomlegging | 11b | 4 | plaatsen gewichten |
| 2b | 2 | wegdek maken | 11c | 32 | kabelbevestigingen |
| 2c | 1 | omleggen weg | 12z | 3 | stellen ankerbouten |
| 3a | 2 | opbreken oude weg | 12a | 10 | lagers, schijven, kabels |
| 3b | 40 | afvoer vrijkomende grond | 12b | 20 | afbouw draagtorens |
| 3c | 55 | ontgraven tot grondwater | 13a | 4 | vastmaken draagkabels |
| 3d | 5 | bronnen slaan | 13b | 5 | weghalen ondersteuning kontragewicht |
| 3e | 15 | gemaal plaatsen | 13c | 5 | weghalen ondersteuning bak |
| 3f | 2 | droogmalen | 14a | 20 | monteren onderdelen aandrijving |
| 4a | 60 | prefabrikage bak | 14b | 4 | koppelen aandrijving en bak |
| 4b | 5 | transport naar bouw | 15 | 20 | geleidingen en grendels |
| 5a | 20 | prefabrikage deuren | 16a | 40 | betonwerk bovenbouw bovenhoofd |
| 5b | 4 | transport naar bouw | 16b | 30 | afbouw bovenhoofd |
| 3g t/m 6f | | worden gekombineerd beschouwd, tijden voor gereed komen per bouwdeel. Omvat ontgraven en betonwerk tot 23 +. | 17a | 10 | kontragewichten deur |
| deel 1 | na 38 dagen klaar | | 17b | 3 | plaatsen deuren |
| 2 | 40 | | 17c | 5 | geleidingen monteren |
| 3 | 109 | | 17d | 2 | plaatsen kontragewicht |
| 4 | 117 | | 17e | 3 | loopwielen en kabels |
| 5 | 154 | | 17f | 1 | vastmaken kabels |
| 6 | 119 | | 17g | 8 | monteren aandrijvingen |
| 7 | 124 | | 18a | 41 | betonwerk bovenbouw benedenhoofd |
| 8 | 127 | | 18b | 40 | afbouw benedenhoofd |
| 7a | 5 | tijdelijke ondersteuning bak | 18c | 15 | landhoofden brug |
| 7b | 25 | montage bak | 19a | 10 | als 17a |
| 8 | 5 | bak vullen met water | 19b | 2 | t/m |
| 9a | 15 | bekisting kontragewichten | 19c | 3 | 17g |
| 9b | 90 | serieproduktie gewichten | 19d | 2 | |
| 10a t/m 10e | | bovenbouw draagtorens totaal 38 dagen | 19e | 3 | |
| 10z | 10 | prefabrikage bekisting | 19f | 1 | |
| | | | 19g | 5 | |
| | | | 20a | 5 | balken brukdek leggen |
| | | | 20b | 10 | druklaag e.a. storten |
| | | | 20c | 5 | afwerken wegdek |

| akt | tijd | |
|-----|------|--------------------------------|
| 21a | 15 | grondlichaam wegen |
| 21b | 5 | weg leggen |
| 21c | 1 | wegomlegging opheffen |
| 22 | 20 | installatiewerk bedieningshuis |
| 23 | 15 | proefdraaien bak |
| 24 | 5 | proefdraaien deuren |
| 25 | 15 | opruimen en afwerken |
| 66a | 65 | aanvullen bouwput tot g.w.s. |
| 66b | 57 | rest grondaanvulling |
| 77 | 10 | bemalingspompen weghalen |

5.2 Invulling van de tijdplanning

Als vroegst mogelijke eindtijden voor activiteiten zonder vervolg resulteren:

| activiteit | eind na dagen |
|------------|--------------------|
| 3b | 109 |
| 12b | 340 |
| 16b | 182 |
| 18b | 279 |
| 21c | 237 |
| 24 | 358 -- |
| 25 | 353 |
| 66b | 350 |
| 77 | 317 |

De laatste eidtijd is 358 dagen. Dit is ook de totale duur van het werk.

Na terug-invullen volgt het kritische pad. Dit loopt langs de activiteiten:

| | | |
|----------|-----|-----|
| 2a | 10 | 13b |
| 2b | 11a | 14b |
| 2c | 11b | 13c |
| 3a | 11c | 23 |
| 3c | 12z | 24. |
| 3d | 12a | |
| 3f/6f; 5 | 13a | |

De nu gemaakte tijdplanning is een eerste opzet, er zijn vele verbeteringen mogelijk. Enkele opmerkingen:

- Als verkorting van de totale bouwtijd gewenst is kunnen diè activiteiten geselecteerd worden waarbij bekorting van de tijdsduur eenvoudig mogelijk is. Degene hiervan welke op het kritische pad liggen komen als eerste in aanmerking voor een nadere beschouwing.

- Verbetering kan worden verkregen door na te gaan hoeveel mensen en materieel tegelijkertijd op het werk aanwezig moet zijn. De activiteiten welke een variatiemogelijkheid bieden in begin- en eindtijd kunnen dan zo gepland worden dat de bezetting optimaal is.

- In de uitwerking van activiteit ⑥ is ter vereenvoudiging aangenomen dat alle beton in één keer gestort wordt. Dit is in werkelijkheid niet mogelijk, de hoogte van een stort wordt beperkt door de optredende druk onder in de bekisting. Hierna wordt bekeken welke invloed op de tijdplanning een meer de werkelijkheid benaderende berekening heeft. Hiervoor wordt bouwdeel 5 beschouwd, dit ligt op het kritische pad.

6. NADERE BESCHOUWING VAN DE TIJDSDUUR VAN HET BETON STORTEN

In het voorgaande zijn bij de bepaling van de tijd nodig voor het betonwerk vereenvoudigingen aangebracht. Nu wordt nader onderzocht welke invloed deze vereenvoudigingen hebben op de totale bouwtijd.

Gekozen wordt voor een beschouwing van activiteit 3g/6f;5. Deze ligt op het kritische pad, een verlenging van de bouwduur heeft direkt een verlenging van de totale duur van het werk tot gevolg.

Het verloop van deze activiteit zoals berekend is te volgen op tekening 2.

Het betreft het ontgravings- en betonwerk onder de normale grondwaterstand, voor bouwdeel 5, een gedeelte van de waterdichte betonnen bak en twee draagtorens.

Bij de gemaakte uitwerking zijn totaaltijden gebruikt voor elk van de uit te voeren werkzaamheden, afgeleid uit eenheidstijden per bewerking. Hierbij is nauwelijks gekeken naar de uitvoering zoals deze in werkelijkheid plaats zal vinden. Dat zal hier wel gebeuren.

De bouw begint met het maken van een werkvloer. Deze krijgt geringe belastingen te dragen, er rijden bijvoorbeeld geen auto's over de bodem van de bouwput. Daarop wordt eerst de vloer gestort, met kleine opstortjes voor de wanden, waaruit stekeinden van de wapening omhoog steken. Na verhardening hiervan wordt de wapening voor de wanden aan deze stekeinden bevestigd, de bekisting wordt gesteld tegen het opstortje aan, wat schoongemaakt wordt voor het storten zelf. Dan wordt een verticale wandsektie gestort. De hoogte hiervan wordt bepaald door de kracht van de vloeibare beton welke op de bekisting werkt. Deze is onderaan de wand het grootst. De te bereiken hoogte in één stort ligt op 4 à 5 m zonder bijzondere maatregelen voor de bekisting.

Uit dit stort steken weer stekeinden omhoog als de wand nog hoger moet worden, het proces wordt dan herhaald.

Toegepast op dit specifieke geval zal het stortproces als volgt verlopen.

Begonnen wordt op 13⁺ met het maken van de werkvloer onder de draagtorens en de laagste delen (ribben) van de bakbodem. Deze vloer moet verharden, dan wordt daarop de wapening en de bekisting klaargemaakt voor het eerste stort, wat bestaat uit de vloer en funderingsstroken van de torens en de ribben van de bakbodem. Storthoogte tot ongeveer 14⁺. Deze beton verhardt en wordt ontkist. Dan wordt tussen de ribben grond aangevuld tot 14⁺, waarop tussen de al gestorte delen een werkvloer voor de rest van de bakbodem wordt gemaakt.

Het tweede stort bestaat dan uit de vloer van de bak tussen de torens tot een hoogte van 15⁺, voor zover nodig kan ook van de omtrek van de draagtorens een meter gestort worden.

Het derde stort kan bestaan uit de wanden van de draagtorens van 14⁺ of 15⁺ tot 19⁺, een hoogte van 4 of 5 m. Het vierde stort vormt dan de wanden van 19⁺ tot 24⁺, de te bereiken hoogte. Voor elk stort wordt de cyclus wapening vlechten- bekisting aanbrengen-beton storten-verharden-ontkisten doorlopen.

Totaal resulteren dus vier stort. Het derde en vierde stort wordt uiteraard voor elk van de beide torens afzonderlijk uitgevoerd, in feite zijn het er dus zes. Misschien bestaat de mogelijkheid om de bekisting voor de wanden van de torens meermalen te gebruiken, twee keer boven elkaar of voor beide torens op dezelfde hoogte na elkaar, dit hangt af van de uiteindelijke vormgeving.

Om nu konklusies te kunnen trekken omtrent verlenging of verkorting van de bouwtijd moeten enige berekeningen uitgevoerd worden.

Als basis voor deze berekeningen zullen uiteraard de al bekende gegevens dienen over betonvolume en -oppervlakte, ploeggrootten en bewerkingstijden.

Uitgaande van deze gegevens en het tijdschema op tekening 2 zijn er twee mogelijkheden.

- De eerste is het invoeren van een uitvoering in vier stortst na elkaar, waarbij de ploeggrootte, bewerkingstijden en hoeveelheden niet gewijzigd worden. De totaal-tijden blijven dan dezelfde, hieruit kunnen konklusies getrokken worden over de gevolgen voor de bouwtijd van het rekening houden met de beperkte storthoogte. Te verwachten valt dat de bouwtijd langer wordt doordat meerdere malen de tijd voor verharding in het tijdschema voor gaat komen.

- De tweede mogelijkheid gaat verder, naast de bovenstaande aanpassingen kan ook aan de totaaltijd nodig per bewerking een aanpassing geschieden. Bijvoorbeeld de in de berekening gebruikt ploeggrootte van 28 man voor het aanbrengen van bekisting is niet reëel. Deze geeft te korte tijdsduren voor het aanbrengen van de bekisting. In de praktijk zal dit langer duren dan in de berekeningen gevonden, vooral doordat werkzaamheden als afstellen en meten slechts met weinig mensen tegelijkertijd uitgevoerd kunnen worden.

Hierna wordt de eerste mogelijkheid uitgewerkt, waarmee de invloed van de beperkte storthoogte gevonden wordt. Voor de tweede, verdergaande, uitwerking wordt volstaan met enkele opmerkingen.

6.1 Eerste uitwerking

Gegevens, overgenomen uit het voorgaande

betonvolume $V = 1380 \text{ m}^3$
oppervlakte te bekisten $A = 2976 \text{ m}^2$
oppervlakte werkvloer 684 m^2

Totaaltijden voor de bewerkingen

| | ploeg | in dagen | in manuren | eenheidstijd |
|--------------|-------|----------|------------------------------|-------------------------|
| 6a werkvloer | 4 | 4,8 | 89 + 2 dagen verharden | 0,13 uur/m ² |
| 6b wapening | 15 | 18,4 | 2208 | 1,6 uur/m ³ |
| 6c bekisting | 28 | 6,6 | 1488 | 0,5 uur/m ² |

| | | | | |
|------------------|----|---------|------|------------------------|
| 6d beton storten | 5 | 17,3 | 690 | 0,5 uur/m ³ |
| 6e verharderen | | 2 dagen | | |
| 6f ontkisten | 10 | 18,6 | 1488 | 0,5 uur/m ² |

Berekening

Om nu deeltijden per stort te kunnen berekenen worden de totalen van betonvolume, bekistingsoppervlak en werkvloeroppervlak verdeeld over de vier stort.

Dit kan gedeeltelijk berekend worden, de rest wordt zo geschat dat de totalen kloppen.

Sluitpost bij de bekisting vormen de ribben van de vloer. Hiervoor blijft 326 m² over. Een ribbe van 18 m lang en 1 m hoog vergt 36 m², er kunnen dus ongeveer 9 van deze ribben gemaakt worden, op 26 m. Dat kan, de waarde 326 m² is acceptabel.

| | werkvloer (m ²) | volume (m ³) | bekisting (m ²) |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1. ribben vloer | 120 | 160 | 326 |
| vloer torens | 324 | 124 | 130 |
| 2. bakvloer | 240 | 480 | 40 |
| 3. onderdeel torens | - | 2x 155 | 2x 620 |
| 4. bovendeel torens | - | 2x 155 | 2x 620 |

Hiermee worden de bewerkingstijden, per activiteit per stort berekend. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat het derde en vierde stort voor elk van de twee torens afzonderlijk wordt uitgevoerd.

| | stort 1 13 ⁺ /14 ⁺ | stort 2 14 ⁺ /15 ⁺ | stort 3 14 ⁺ /19 ⁺ | stort 4 19 ⁺ /24 ⁺ |
|------------------------|---|---|---|---|
| werkvloer maken, uur | 57,7 | 31,2 | - | - |
| verharderen, dagen | 2 | 2 | - | - |
| wapening vlechten, uur | 454,4 | 768 | 2x 248 | 2x 248 |
| bekisting, uur | 228 | 20 | 2x 310 | 2x 310 |
| storten, uur | 142 | 240 | 2x 77,5 | 2x 77,5 |
| verharderen, dagen | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ontkisten, uur | 228 | 20 | 2x 310 | 2x 310 |

Met de bekende, ongewijzigde, ploeggrootten wordt dit omgewerkt tot werkdagen.

| | stort 1 13 ⁺ /14 ⁺ | stort 2 14 ⁺ /15 ⁺ | stort 3 14 ⁺ /19 ⁺ | stort 4 19 ⁺ /24 ⁺ |
|---------------------------|---|---|---|---|
| werkvloer maken, 4 man | 1,8 | 1,0 | - | - |
| verharden | 2 | 2 | - | - |
| wapening vlechten, 15 man | 3,8 | 6,4 | 2x 2,1 | 2x 2,1 |
| bekisting, 28 man | 1,0 | 0,1 | 2x 1,4 | 2x 1,4 |
| beton storten, 5 man | 3,6 | 6,0 | 2x 1,9 | 2x 1,9 |
| verharden | 2 | 2 | 2x 2 | 2x 2 |
| ontkisten, 10 man | 2,9 | 0,3 | 2x 3,9 | 2x 3,9 |

De grondaanvulling tussen de ribben van 13⁺ naar 14⁺ staat niet in deze tabel, hiervoor wordt 1 dag gerekend.

Nu wordt het tijdschema van tekening 2 aangepast. Voor de aansluiting van het nieuw te maken deel wordt uitgegaan van de starttijd voor de wapening 83,3 dagen. Hier wordt nu gestart met de wapening voor het eerste stort. De eerste werkvloer komt hier nog voor.

Vanaf dit punt wordt gesteld dat het verloop van de bouw van dit deel 5 voorrang krijgt boven andere bouwdelen omdat dit deel het kritische pad bepaalt.

Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat de eerste deelbekisting van bouwdeel 3 ook al beschikbaar is, deel 3 wordt immers ook in vier stort na elkaar uitgevoerd. De wachttijd voor de meermalen te gebruiken bekisting vervalt dus.



64,3

$\frac{1,8}{66,1}$

$\frac{1,0}{98,6}$

werkvloer maken (4 man)

$\frac{2}{68,1}$

$\frac{2}{100,6}$

verharden

83,3
 $\frac{3,8}{87,1}$

wapening (15 man)

$\frac{2,1}{117,5}$
 $\frac{2,1}{119,6}$

$\frac{2,1}{131,3}$
 $\frac{2,1}{133,4}$

bekisting (28 man)

$\frac{1,0}{88,1}$

$\frac{0,7}{107,1}$

$\frac{1,4}{119,6}$
 $\frac{1,4}{121,0}$

$\frac{1,4}{133,4}$
 $\frac{1,4}{134,8}$

beton storten (5 man)

$\frac{3,6}{91,7}$

$\frac{6,0}{113,1}$

$\frac{1,9}{121,5}$
 $\frac{1,9}{123,4}$

$\frac{1,9}{135,3}$
 $\frac{1,9}{137,2}$

verharden

$\frac{2}{93,7}$

$\frac{2,1}{115,1}$

$\frac{2,1}{123,5}$
 $\frac{2,1}{125,4}$

$\frac{2,1}{137,3}$
 $\frac{2,1}{139,2}$

ontkisten (10 man)

$\frac{2,9}{96,6}$

$\frac{0,3}{115,4}$

$\frac{3,9}{127,4}$
 $\frac{3,9}{131,3}$

$\frac{3,9}{141,2}$
 $\frac{3,9}{145,1}$

grond aanvullen

$\frac{1}{97,6}$

HERZIEN TIJDSHEMA BETON STORTEN

Uit het tijdschema volgt dat de bouw nu eerder klaar is, in plaats van later, namelijk na 145,1 dagen.

Er zijn twee oorzaken voor het snellere verloop:

1. De wachttijd op de bekisting van deel 3 is vervallen, deze bedroeg $109,2 - 101,7 = 7,5$ dagen.
2. Door de opdeling kunnen nu verschillende werkzaamheden tegelijkertijd plaatsvinden, deze overlappings sparen tijd.

De bouw van dit deel is nu $153,7 - 145,1 = 8,6$ dagen eerder klaar. Als hiervan de 7,5 dagen wachttijd wordt afgetrokken resulteert een tijdsbesparing door het fijner opdelen van 1,1 dagen. Op de totale duur van ongeveer 65 dagen is dit gering, de konklusie is dat het opdelen op de totale tijd nauwelijks invloed heeft, het effect van het vermijden van wachttijden is daarentegen duidelijk.

Als wat verder wordt gekeken, naar het gehele tijdschema van tekening 2, is er wat meer te zeggen.

Er staan nog enkele grote activiteiten in die in de praktijk in kleinere delen uitgevoerd worden. Het totaal aantal bouwdelen neemt daardoor toe. Er ontstaan mogelijkheden om de afstemmingsverliezen tussen de werkzaamheden te verminderen doordat een werkploeg bezig kan blijven met zijn specifieke activiteit, telkens op een ander bouwdeel. Het grote gat tussen de delen 2 en 3 in het tijdschema kan zo mogelijk gedicht worden, hierbij is de snelheid van het ontgraven nog wel bepalend. Er zijn mogelijkheden voor een snellere voltooiing van belangrijke bouwdelen, met name deel 5. Als direkt na het ontgraven, op 64,3 dagen, dit deel met voorrang wordt gebouwd kan de bouw ervan nog 15,2 dagen sneller verlopen.

6.2 Tweede uitwerking

In het bovenstaande is aan de bouwtijd gesleuteld door getallen anders te rangschikken, wat winst op blijkt te kunnen leveren.

Naar de grootte van de getallen zelf is echter niet gekeken. Hieromtrent nu enige opmerkingen, deze worden niet verder uitgewerkt.

- Genoemd werd al de ploeggrootte van 28 man bij bekisten. Deze moet lager worden. Het plaatsen van panelen e.d. kan nog wel met veel mensen tegelijk gebeuren, het afwerken, maatvoering en controle, kost veel tijd waarin slechts enkele mensen ermee bezig zijn. In de berekening kan nog wel een gemiddelde ploeggrootte gebruikt worden, deze zal bijvoorbeeld 10 man kunnen bedragen. Hierdoor neemt de tijd in werkdagen nodig voor de bekisting toe, deze zal dan waarschijnlijk bepalend worden voor de voortgang van het werk, totaal moeten nog steeds evenveel manuren gemaakt worden.

Het totaal aantal manuren (zie blz 31) is 11.378, bij een ploeggrootte van 10 man komt dit overeen met 142 werkdagen.

- Voor beton storten staan vaak tijden vermeld van meerdere dagen. Met storten kan echter niet om 17 uur gestopt worden om er de volgende dag om 8 uur weer mee verder te gaan, alle beton van een stort moet achter elkaar gestort worden. Dit kan betekenen kontinuierlijk gedurende de storttijd, mogelijk is ook het uitbreiden van het aantal mensen, wat in de berekeningen direkt gekoppeld is met de stortcapaciteit in m^3 /uur. Het wordt goed mogelijk geacht om $20 m^3$ /uur te storten, ongeveer drie truckmixers. Dit kan met een mobiele kraan met kubel of met een betonpomp.

Het grootste stort uit de voorgaande beschouwing is het tweede, de bakbodem van $480 m^3$. Dit vergt dan 24 uur met een bezetting van 10 man. De andere stort is kleiner, het overwerk kan daarbij beperkt blijven.

Duidelijk is dat de in het tijdschema getekende storttijd afneemt. Daarnaast zal in de praktijk zoveel mogelijk op vrijdag gestort worden om het weekend te benutten voor verharding. Ook dit heeft een bekortend effect op het tijdschema.

- In de getallen voor het maken van de werkvloer is gerekend met tijd voor aanbrengen van wapening. Te bezien valt nog of deze wapening nodig is, de werkvloer wordt slechts licht belast. De vervaardigingstijd per m² kan dan korter. Daartegenin werkt het effect dat voor het afwerken van beton in een dunne laag veel tijd nodig is en er nog geen rekening is gehouden met egaliseren van de bodem van de bouwput, waardoor de bewerkingstijd weer toeneemt.

- De bouwvolgorde van de acht bouwdelen is aangenomen van 1 tot 8. In verband met het belang van de torens voor de voltooiing van het werk kan nagegaan worden of niet eerst moet worden begonnen met de ontgravingen van de delen 3 en 5.

Resumerend kan gezegd worden dat, ondanks allerlei wijzigingen die de bouwtijd kunnen bekorten, de invloed van het bekisten overheersend is. De bouwduur zal hierdoor toenemen. Deze toename kan beperkt blijven door het zoveel mogelijk voorkomen van wachttijden.

7. DE BOUWDUUR VAN DE SCHEEPSLIFT

Bekend is nu hoeveel werkdagen er nodig zijn voor het bouwen van de scheepslift. Door middel van de ook al genoemde prognoseschaal werkbare werkdagen is het mogelijk deze tijdsduur op de kalender uit te zetten.

In het gehele bouwproces vormt de feitelijke bouw echter slechts een onderdeel. De belangrijkste vraag die in dit verband gesteld kan worden is: Hoeveel tijd verloopt er vanaf het moment waarop besloten wordt daadwerkelijk de lift te gaan bouwen tot het moment waarop deze in bedrijf gesteld wordt.

Op deze vraag wordt nu een antwoord gezocht.

Het gehele proces van totstandkoming van een bouwwerk bestaat uit verschillende fasen. Alles begint als de behoefte gevoeld wordt aan een nieuw bouwwerk. Dan zal wat verkennend onderzoek worden gedaan om te zien wat de meest geschikte oplossing is voor het voorliggende probleem. Hieruit resulteert dan een keuze, in dit geval het bouwen van een scheepslift.

De volgende stap is het overtuigen van degenen die mee moeten beslissen over de noodzaak van de bouw. Hiervoor is overleg nodig omtrent de financiering, de ruimtelijke planning en de inpassing in al bestaande structuren. Hier komt ook het proces van inspraak en het verkrijgen van vergunningen aan de orde.

Deze stap kan jaren in beslag nemen, vaak bepalen de financiën het moment van bouwen, soms wegen andere factoren zwaarder. Deze fase eindigt op het moment dat de daartoe bevoegde persoon of instantie beslist dat er gebouwd moet gaan worden.

Dan begint de technische realisatie, met het uitwerken van het ontwerp. Daarop volgt de aanbesteding en dan kan er gebouwd worden. Bij deze technische realisatie komen ook vergunningen en inspraakprocedures nog om de hoek kijken, als de bouw daadwerkelijk begint moeten deze zaken in orde zijn.

Dan wordt het kunstwerk gebouwd. Na de voltooiing wordt

het werk opgeleverd, de aannemer zorgt nog enige tijd voor het onderhoud en de feitelijke levensduur begint met de inbedrijfstelling.

Hierna volgen nog verdere fasen in de levensduur, met onderhoud, mogelijk reparaties en wijzigingen en uiteindelijk de sloop.

De technische realisatie vormt hierin maar een klein gedeelte. Slechts dit kleine gedeelte is van belang voor het beantwoorden van de boven gestelde vraag. De technische realisatie, zonder de nevenactiviteiten op het gebied van vergunningen, inspraak en dergelijke, bestaat uit

| | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| tijdstip | aktiviteit met tijdsduur |
| groen licht voor de bouw | |
| | maken van het ontwerp |
| | bestek schrijven |
| start aanbestedings- procedure | |
| | aannemer gaat rekenen |
| inschrijving gunning | |
| | feitelijke bouw |
| in bedrijf stellen. | |

In dit proces kan worden uitgegaan van een globaal uitgewerkt ontwerp voor het bestek, detailtekeningen kunnen tijdens de bouw gemaakt worden terwijl het ontwerp wordt voltooid.

Voor de aanbesteding kan worden gedacht aan een selectie van de aannemers vooraf omdat het een bijzonder werk betreft. Als opdrachtgever fungeert hier de overheid, ook het ontwerpen en toezien op de uitvoering is voor rekening van de overheid, in dit geval Rijkswaterstaat. Zonodig gebeurt dit laatste in samenwerking met particuliere bureau's.

Door tijden in te vullen in dit proces volgt eenvoudig

de totale tijdsduur.

- maken van het ontwerp. Uitgaande van wat nu bekend is omtrent de scheepslift kan dit in 3 maanden voldoende zijn uitgewerkt voor het bestek.
- bestek schrijven kan in twee maanden
- de tijd voor de aannemer tussen opening van de inschrijving en de aanbesteding wordt ook op twee maanden gesteld
- dan kan nog een maand verlopen tot de gunning
- de feitelijke bouw beslaat 358 werkdagen. Als rekening wordt gehouden met een uitloop van ongeveer 10 % is twee jaar een goede schatting voor de bouwtijd, dit is 394 dagen.

De totale tijd die verstrijkt tussen het verkrijgen van het groene licht voor de bouw en de inbedrijfstelling is dan 2 jaar en 8 maanden. Hiermee is de vraag beantwoord.

Over het bestek nog het volgende.

Te verwachten valt dat de aannemer die het werk gaat maken niet in staat is het staalgedeelte, wat onder meer de bak, kabels, kabelschijven en geleidingen omvat, in eigen beheer te vervaardigen. Hij zal ook niet genegen zijn hiervoor een prijs te geven omdat hij niet deskundig is op dit gebied en dus teveel risico zou lopen.

Een konstruktie die hier toe te passen is is het in het betonbestek opnemen van een stelpost voor het staalwerk. Dit heeft als gevolg dat de aanneemsom van het betonbestek de totale bouwkosten omvat. Er wordt een apart staalbestek gemaakt, wat dan ook apart aanbesteed wordt, waarbij de staalaannemer als onderaannemer van de betonaannemer werkt. Het verschil tussen de werkelijke kosten van het staalwerk en de stelpost is dan voor rekening van de opdrachtgever. De betonaannemer loopt dan geen onnodig risico en kan toch een totaalprijs geven.

8. KONKLUSIES

Het opstellen van een uitvoeringsplan heeft twee oogmerken, het is zowel een hulpmiddel voor het bepalen van de bouwtijd als voor de bouwkosten.

Naast het uitvoeringsplan voor een scheepslift te Panheel is er ook een uitvoeringsplan voor een dwarshelling op dezelfde plaats (lit 4). Getracht zal worden om konklusies te trekken uit een vergelijking van beide.

Bouwtijd

Voor de lift is een totale bouwduur gevonden van 2 jaar en 8 maanden.

Voor de dwarshelling bedraagt deze tijd 4 jaar en 5 maanden, wat een nogal groot verschil is.

Het verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door een verschil in de aanname voor de tijd nodig voor het maken van het ontwerp vòòr de aanbesteding en het uitbrengen van het bestek. Bij de lift is hiervoor 5 maanden aangenomen, bij de dwarshelling 23 maanden. Een vergelijking van deze tijden is echter niet te maken, beide zijn geschat, het verschil berust op een verschil van inzicht in de mate waarin het ontwerp uitgewerkt moet zijn.

De duur van de aanbestedingsprocedure is om dezelfde reden niet vergelijkbaar.

Wel vergelijkbaar zijn de tijden benodigd voor de feitelijke bouw, voor beide ontwerpen zijn deze op vergelijkbare wijze bepaald. Deze tijd bedraagt voor de lift 358 werkdagen, voor de dwarshelling 367 werkdagen. De overeenkomst tussen deze getallen is opvallend. Dit leidt tot de konklusie dat de tijd nodig voor de feitelijke bouw voor beide gelijk is.

Als voor de overige fasen in het bouwproces (ontwerp en aanbesteding) voor beide dezelfde tijden worden aangenomen is ook de totale bouwtijd voor beide gelijk.

Bouwkosten

In het vooronderzoek van dit afstudeerwerk (lit 1) is zowel voor de lift als voor de dwarshelling bepaald wat de totale kosten zullen zijn over een levensduur van 50 jaar.

Hiertoe zijn de bouwkosten en de bedrijfskosten voor beide bepaald, evenals de bouw- en bedrijfskosten van het noodzakelijk bij het kunstwerk te bouwen gemaal. Alle kosten zijn gekapitaliseerd naar 1 januari 1980 en opgeteld. De resultaten worden hier nog eens gegeven.

| | bouw | bouw | bedrijf | bedrijf | totaal | vergelijkend |
|--------------|------|--------|---------|---------|--------|--------------|
| | | gemaal | | gemaal | | |
| dwarshelling | 46,3 | 22,4 | 49,8 | 129,5 | 248,0 | 111% |
| lift | 36,3 | 22,4 | 44,0 | 129,5 | 232,2 | 104% |

De percentages in de laatste kolom geven de verhouding aan met de totale kosten van het goedkoopste alternatief, een spaarbekkensluis. In het vooronderzoek wordt gekonkludeerd dat de totale kosten voor beide alternatieven als gelijk te beschouwen zijn, de verschillen in kostprijs zijn kleiner dan de onnauwkeurigheid van de berekeningen.

De optredende verschillen tussen de alternatieve oplossingen worden nu nog eens beschouwd.

Dit kan alleen voor de bouwkosten. De kosten van het gemaal zijn voor beide gelijk en het verschil in bedrijfskosten komt voort uit een berekend verschil in energieverbruik, waar niets nieuws over bekend is geworden.

De gegeven bouwkosten zijn bruto, de netto-bouwkosten zijn een faktor 2 kleiner en werden als volgt opgebouwd.

| samenstellende onderdelen: | | dwarshelling | lift |
|----------------------------|---|--------------|-------------|
| grondverzet | f | 428.000,- | 334.000,- |
| betonwerk | f | 1.367.000,- | 1.160.000,- |
| bekisting | f | 177.000,- | 556.000,- |

| | | | |
|-----------------------|---|---------------------|---------------------|
| deuren | f | 4.320.000,- | 4.320.000,- |
| bak | f | 10.800.000,- | 9.000.000,- |
| kontragewicht (staal) | f | 2.800.000,- | - |
| railbaan (staal) | f | 510.000,- | - |
| drijfwerk | f | 2.430.000,- | 2.430.000,- |
| staalkabels | f | 325.000,- | 340.000,- |
| totaal nettokosten | f | <u>23.157.000,-</u> | <u>18.140.000,-</u> |

Met behulp van het uitvoeringsplan is niets te zeggen over de kosten, daarvoor is te weinig bekend.

Het is wel mogelijk om de posten voor beton- en grondwerk te controleren aan de hand van de hoeveelheden die in bijlage 1 berekend zijn. Als dezelfde netto prijzen ook weer gebruikt worden blijven deze kosten vergelijkbaar met de getallen uit het vooronderzoek.

| | |
|-----------------------|---|
| Grondverzet ontgraven | 143.000 m ³ |
| weer aanvullen | <u>78.000 m³</u> |
| totaal | 221.000 m ³ (was 72.600 m ³) |
| eenheidsprijs | f 4,60/m ³ |
| kosten dan | f 1.017.000,- |

| | | |
|-------------------|---|--|
| Hoeveelheid beton | onderbouw | 400 m ³ |
| | | 340 |
| | | 1380 |
| | | 1190 |
| | | 1380 |
| | | 340 |
| | | 240 |
| | | 154 |
| | torens | 4x 248 |
| | ben. hoofd | 386 |
| | bov. hoofd | 428 |
| | kontragew. | <u>2170</u> |
| | | 9400 m ³ (was 5300 m ³) |
| eenheidsprijs | | |
| | 80 kg/m ³ wapening à 1,35/kg | 108,-/m ³ |
| | beton | <u>111,-/m³</u> |
| | totaal | f 219,-/m ³ |

kosten dan f 2.059.000,-

| | |
|---------------------|---|
| Bekisting onderbouw | 1256 m ² |
| | 340 |
| | 2976 |
| | 1190 |
| | 2976 |
| | 340 |
| | 880 |
| | 470 |
| torens | 4x 1290 |
| ben. hoofd | 1750 |
| bov. hoofd | <u>1775</u> |
| totaal | 19113 m ² (was 6250 m ³) |
| eenheidsprijs | f 89,- /m ² |
| kosten dan | f 1.701.000,- |

Een vergelijking van de herberekende kostenposten:

| | vooronderzoek | nu |
|---------------|---------------|-------------|
| grondverzet f | 334.000,- | 1.017.000,- |
| betonwerk f | 1.160.000,- | 2.059.000,- |
| bekisting f | 556.000,- | 1.701.000,- |

De kosten zijn aanzienlijk hoger dan de eerste berekening. Dit is veroorzaakt doordat het ontwerp van de scheepslift nu verder uitgewerkt is dan bij de kostprijsberekening in het vooronderzoek. De beton- en bekistinghoeveelheden zijn toegenomen door de aanwezigheid van de waterdichte betonnen bak, de hoeveelheid grondverzet is toegenomen door een hernieuwde berekening van de grootte van de bouwput.

Het valt te verwachten dat door het verder uitwerken van het ontwerp van de dwarshelling ook daar kostenverhogingen optreden, in welke mate is niet bekend. Aangenomen kan worden dat de kostenverhoging voor de dwarshelling van de zelfde orde is als die van de lift. De kosten voor beton- en grondwerk samen zijn dan voor dwarshelling en lift nu, net als in het vooronderzoek, ongeveer even hoog.

In de overige posten van de kostenberekening treden geen veranderingen op, hierover zijn geen nadere gegevens. Gekonkludeerd kan dan worden dat het verschil in bouwkosten tussen de dwarshelling en de lift blijft bestaan. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door enkele posten die bij de dwarshelling wel optreden en bij de lift niet. Dit zijn de railbanen en de wielstellen onder de bak en het kontragewicht. Hiertegenover staan bij de lift slechts een konstruktie om de beweging van de bak te geleiden en een groter aantal kabelschijven. Deze laatste zijn overigens niet apart in de kostenberekening opgenomen.

Er zal een kostenverschil blijven, de bouw van de dwarshelling is wat duurder dan van de lift. Doordat voor de totale kosten ook de overige kosten bij de bouwkosten worden opgeteld neemt het kostenverschil, dat nu toch aanzienlijk is, in de totaalprijs in verhouding af.

LITERATUUR

1. J. Bol, M.H. Meijer,
Uitbreiding van het sluiscomplex te Panheel, vooronderzoek,
afstudeerverslag, TH Delft, 1980
2. J. Bol,
Uitbreiding van het sluiscomplex te Panheel,
het ontwerp van een scheepslift,
afstudeerverslag, TH Delft, 1981
3. drs J. de Jong ing,
Weg- en waterbouwkundig begroten,
Stam, Culemborg, 3e druk 1973
4. M.H. Meijer,
Uitbreiding van het sluiscomplex te Panheel,
bedrijfskundige aspecten van een dwarshelling,
afstudeerverslag, TH Delft, 1980
5. L.G. Volker,
De methodiek van de raming-van-kosten voor de uitvoering
van materieel-intensieve civieltechnische werken,
Deel II De algemene grondslagen van de raming-van-
kosten, blz 2.1.9
kollegediktaat, TH Delft, herziene uitgave 1977
6. prof ir H.J. Wagenmaker, ir D.W. Greven m sc,
De organisatie van het bouwen bb 20 A,
kollegediktaat, TH Delft, voorlopig concept 1976

Berekeningen van hoeveelheden behorend bij de activiteiten in het gedetailleerd activiteitenennetwerk.

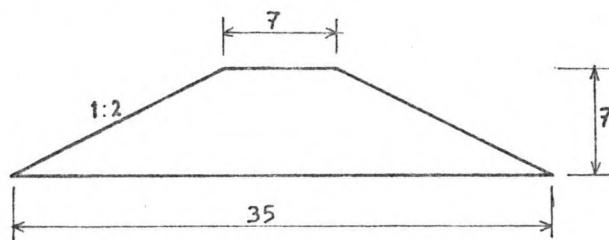
②a leggen van de aardebaan

Schatting voor de lengte van de te maken omlegging 100 m.

Ophogen van 22,00 + NAP tot 29,00 +, vereist wegniveau is 29,50 +.

ophoging 7 m

aangenomen dwarsprofiel



oppervlak dwarsprofiel

$$O = \frac{1}{2} (7 + 35) \times 7$$

$$= 147 \text{ m}^2$$

volume van de aardebaan

$$V = 147 \times 100$$

$$= 14.700 \text{ m}^3$$

③c droog ontgraven tot grondwater

③g droog ontgraven rest bouwput

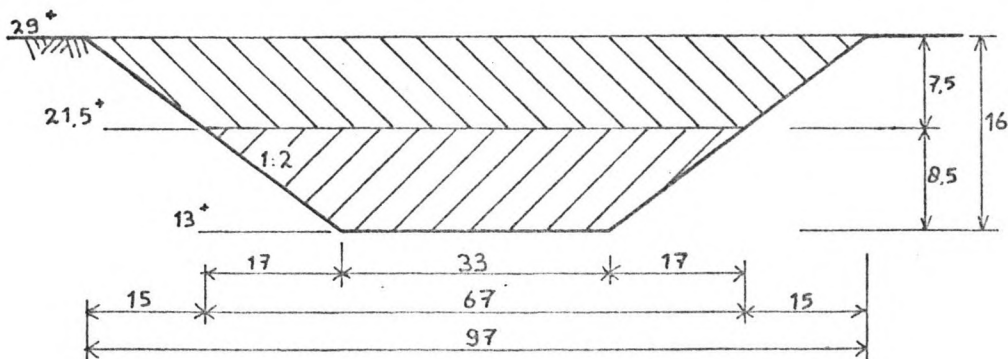
Voor de bouwput worden ook taluds 1 : 2 aangenomen.

Bodembreedte van de bouwput 33 m op 13,00 +.

Aangenomen lengte voor bovenste ontgraving gemiddeld 150 m.

'' '' '' onderste '' '' 120 m.

aangenomen dwarsprofiel



volume bovenste ontgraving

$$V = 150 \times (33 + 2 \times 17 + 15) \times 7,5$$

$$= 92.250 \text{ m}^3$$

volume onderste ontgraving

$$V = 120 \times (33 + 17) \times 8,5$$

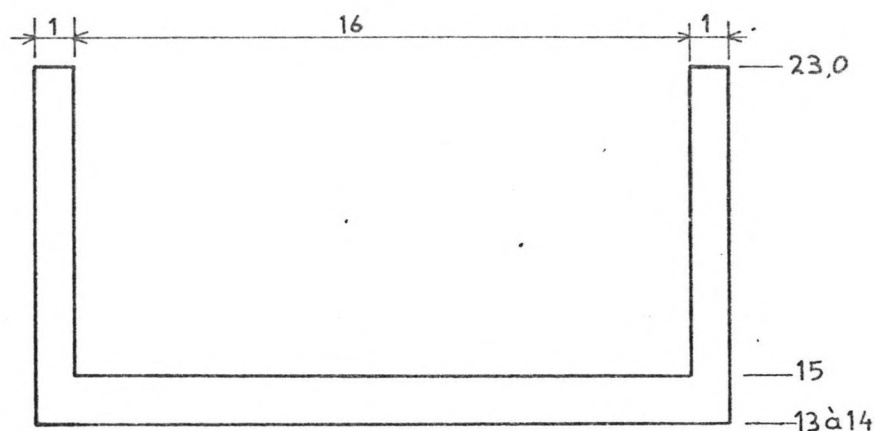
$$= 51.000 \text{ m}^3$$

totaal volume 143.000 m³

⑥ betonwerk tot 23 + NAP

Voor de berekening van betonvolumes en oppervlakken worden eenvoudige profieldoorsneden aangenomen, met gemiddelde dikten.

Profiel betonnen bak



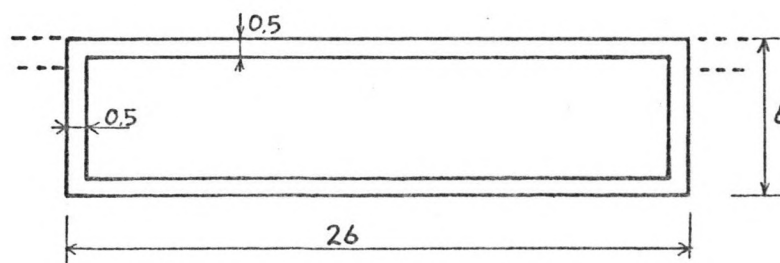
bodemdikte buiten torens 1 m

bodemdikte tussen torens 2 m.

Profiel draagtorens (horizontale doorsnede)

buitenafmetingen 26 x 6 m

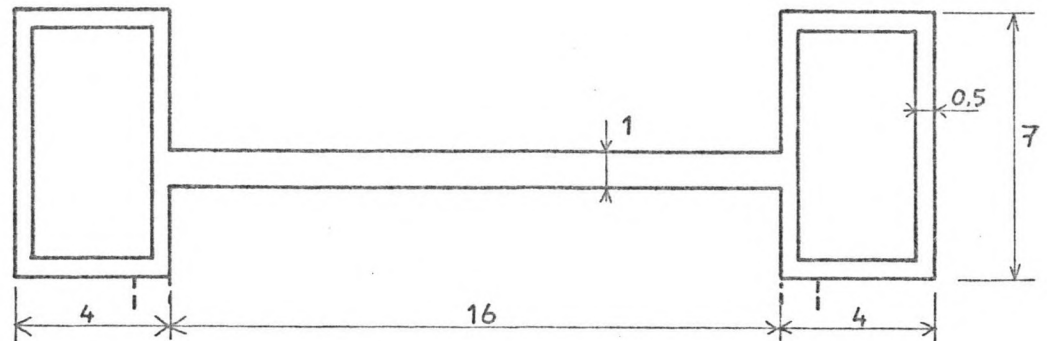
wanddikte 0,5 m



Het betonvolume aan de voet van de torens voor de vloer en de funderingsstroken wordt in rekening gebracht door

aan de onderzijde 1 m lengte extra te rekenen. Bij bodemligging op 13 + wordt dan 12 + in de berekening gebruikt.

Profiel hoofden (horizontaal)



Deze bestaan uit twee torens van 4 x 7 m uitwendig met 0,5 m wanddikte, verbonden door een verticale keermuur van 16 x 1 m.

Voor fundering en vloer wordt voor de torens weer 1 m lengte extra gerekend. De torens worden beëindigd op 14 +, in de berekening is ingevoerd 13 +.

Betonvolumes:

1. bovenhoofd

2 torens van 13 + tot 24,50 +

wand van 14 + tot 24,50 +

$$V_1 = 2 \times 10 \times 11,5 = 230 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 16 \times 1 \times 10,5 = 168 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{totaal}} = 400 \text{ m}^3$$

2. eerste bakdeel, 10 m lang

$$V = (16 \times 1 + 2 \times 9 \times 1) \times 10 = 340 \text{ m}^3$$

3. tweede bakdeel plus twee draagtorens

van bakdeel alleen de vloer te rekenen over 20 m

2 torens van 12 + tot 24 +

$$V_1 = 16 \times 2 \times 20 = 640 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 2 \times 31 \times 12 = 744 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{totaal}} = 1380 \text{ m}^3$$

4. derde bakdeel, 35 m lang

$$V = (16 \times 1 + 2 \times 9 \times 1) \times 35 = 1190 \text{ m}^3$$

5. vierde bakdeel, 20 m lang, plus twee torens

$$V = 1380 \text{ m}^3$$

6. vijfde bakdeel, 10 m

$$V = 340 \text{ m}^3$$

7. benedenhoofd

2 torens van 13 + tot 23 +

keerwand van 14 + tot 16,5 +

$$V_1 = 2 \times 10 \times 10 = 200 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 16 \times 1 \times 2,5 = 40 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{totaal}} = 240 \text{ m}^3$$

8. De brugpijlers kunnen meteen helemaal gemaakt worden.

Hiervoor wordt aangenomen twee pijlers met een breedte van 10 m en een dikte van 0,7 m.

Hoogte van 16 + tot 26 +, met 1-m extra in de berekening voor de voet.

$$V = 2 \times 10 \times 0,7 \times 11 = 154 \text{ m}^3$$

Te bekisten oppervlakken:

Vanuit dezelfde gegevens worden nu de oppervlakken berekend, waarbij alleen gerekend wordt op bekisting voor verticale wanden.

1. bovenhoofd

$$2 \text{ torens } A = 2 \times [2 \times (7 + 4) + 2 \times (6 + 3) \times 11,5] \\ = 920 \text{ m}^2$$

$$\text{wand } A = 2 \times 16 \times 10,5 = 336 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{totaal}} = 1256 \text{ m}^2$$

2. eerste bakdeel

$$2 \text{ wanden } A = (2 \times 8 + 2 \times 9) \times 10 = 340 \text{ m}^2$$

3. tweede bakdeel plus twee torens

alleen de torens vergen bekisting

$$A = 2 \times [2 \times (26 + 6) + 2 \times (25 + 5)] \times 12 = 2976 \text{ m}^2$$

4. derde bakdeel

$$A = (2 \times 8 + 2 \times 9) \times 35 = 1190 \text{ m}^2$$

5. vierde bakdeel plus twee torens

$$A = 2976 \text{ m}^2$$

6. vijfde bakdeel

$$A = 340 \text{ m}^2$$

7. benedenhoofd

$$\begin{aligned} 2 \text{ torens } A &= 2 \times [2 \times (7 + 4) + 2 \times (6 + 3)] \times 10 \\ &= 800 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{wand } A = 2 \times 16 \times 2,5 = 80 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{totaal}} = 880 \text{ m}^2$$

8. 2 brugpijlers

$$A = 2 \times 2 \times (10 + 0,7) \times 11 = 470 \text{ m}^2$$

Ook benodigd in de berekening is de oppervlakte van de werkvloer voor elk van de delen.

1. bovenhoofd

$$\text{onder keermuur } 16 \text{ m}^2$$

$$\text{onder torens } 2 \times 5 \times 8 = 80 \text{ m}^2$$

$$\text{totaal } 96 \text{ m}^2$$

2. eerste bakdeel

$$18 \text{ m breed, } 10 \text{ m lang } 180 \text{ m}^2$$

3. tweede bakdeel plus torens

$$\text{onder de bak } 18 \times 20 = 360 \text{ m}^2$$

$$\text{onder torens } 2 \times 6 \times 27 = 324 \text{ m}^2$$

$$\text{totaal } 684 \text{ m}^2$$

4. derde bakdeel

$$18 \times 35 = 630 \text{ m}^2$$

5. vierde bakdeel plus torens 684 m^2

6. vijfde bakdeel 180 m^2

7. benedenhoofd

gelijk aan bovenhoofd, 96 m^2

8. brug

2 pijlers $2 \times 11 \times 1,5 = 33 \text{ m}^2$

⑩ bovenbouw draagtorens

Vier identieke torens, van 24 + tot 32 +, met dezelfde doorsnede als gegeven bij ⑥.

Per toren:

betonvolume $V = 31 \times 8 = 248 \text{ m}^3$

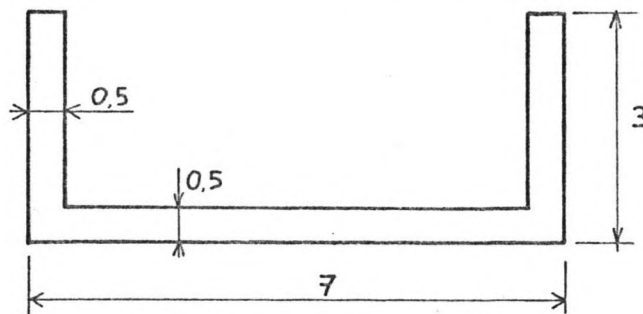
oppervlak $A = [2 \times (26 + 6) + 2 \times (25 + 5)] \times 8 = 992 \text{ m}^2$

Op het bekistingsoppervlak wordt een toeslag van 30 % gelegd voor sparingen, deuren, trappen, balken en dergelijke.

Dit geeft $A = 1,30 \times 992 = 1290 \text{ m}^2$

⑫ bovenbouw bovenhoofd

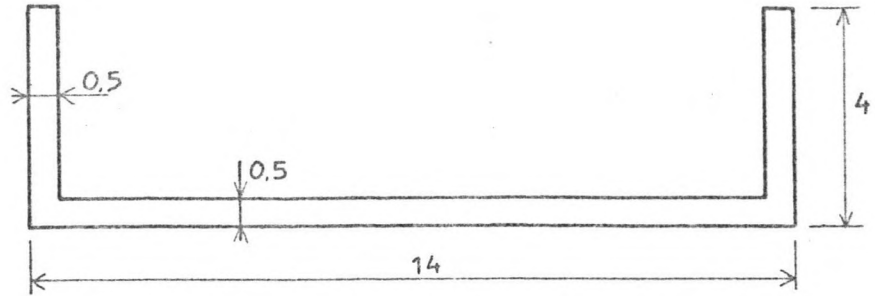
De twee torens van $4 \times 7 \text{ m}$ worden doorgetrokken van 24,50 + tot 34,50 +. Daarbovenop komt een horizontaal portaal waarvoor als dwarsdoorsnede wordt aangenomen



opp $A = 0,5 \times 7 + 2 \times 0,5 \times 2,5 = 6 \text{ m}^2$

De lengte hiervan is 24 m.

Voor de overgang op het in de grond gegraven aansluitende kanaal wordt een U-vormige verbindingsgoot aan het hoofd gemaakt met een lengte van 4 m.



betonvolume:

$$\text{torens } V = 2 \times 10 \times 10 = 200 \text{ m}^3$$

$$\text{portaal } V = 6 \times 24 = 144 \text{ m}^3$$

$$\text{kanaalaansluiting } = V = 10,5 \times 4 = 42 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{totaal}} = 386 \text{ m}^3$$

te bekisten oppervlak:

$$\text{torens } A = 2 \times [2 \times (4 + 7) + 2 \times (3 + 6)] \times 10 = 800 \text{ m}^2$$

$$\text{portaal bodem } A = 7 \times 24 = 168 \text{ m}^2$$

$$\text{wanden } A = 2 \times 3 \times 24 + 2 \times 2,5 \times 24 = 264 \text{ m}^2$$

$$\text{kanaalaansluiting } A = [14 + 2 \times 4 + 2 \times 3,5] \times 4 = 116 \text{ m}^2$$

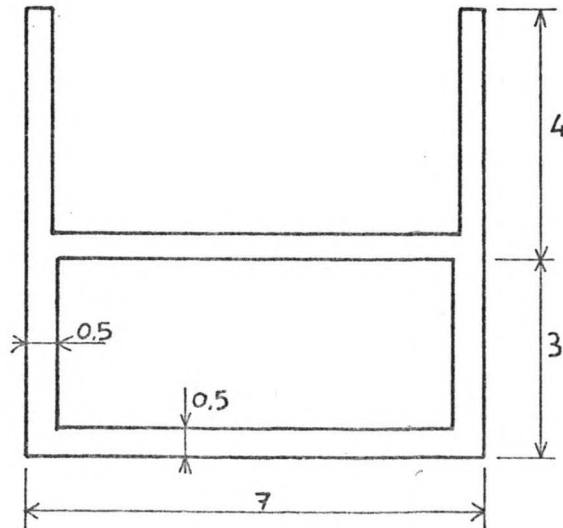
$$A_{\text{totaal}} = 1348 \text{ m}^2$$

Met 30 % toeslag wegens sparingen, deuren, trappen en dergelijke

$$A_{\text{totaal}} = 1,3 \times 1348 = 1750 \text{ m}^2$$

⑮ betonwerk bovenbouw benedenhoofd met bedieningshuis

De twee torens worden doorgetrokken van 23 + tot 28 +, daarbovenop weer een portaal van 24 m lang.



Het bedieningshuis wordt hierboven als een tweede verdieping van het portaal opgebouwd.

Als dwarsoppervlak van het geheel wordt tweemaal die van alleen het benedendeel aangehouden, 12 m^2 .

betonvolume:

$$2 \text{ torens } V = 2 \times 10 \times 5 = 100 \text{ m}^3$$

$$\text{portaal } V = 12 \times 24 = 288 \text{ m}^3$$

Voor een aansluiting aan het benedenpand ongeveer $V = 40 \text{ m}^3$

$$V_{\text{totaal}} = 428 \text{ m}^3$$

te bekisten oppervlak:

$$2 \text{ torens } A = 2 \times [2 \times (4 + 7) + 2 \times (3 + 6)] \times 5 = 400 \text{ m}^2$$

$$\text{portaal } A = 2 \times (168 + 264) = 864 \text{ m}^2$$

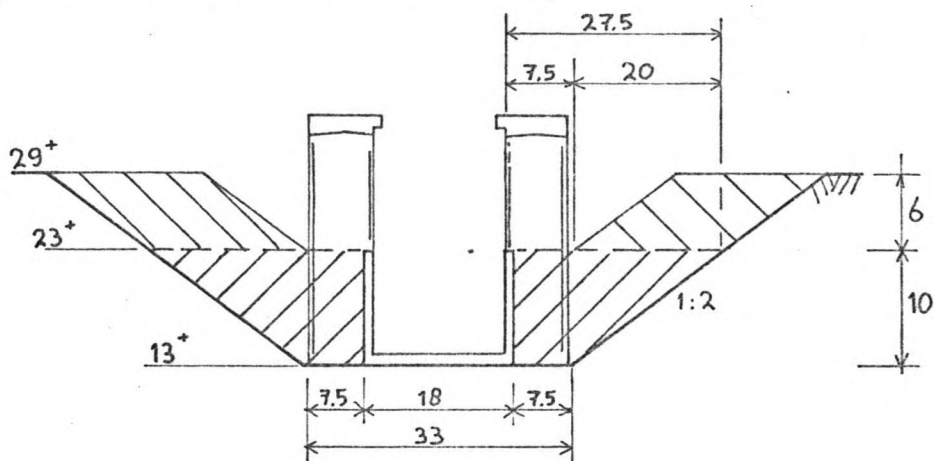
$$\text{kanaalaansluiting geschat } A = 100 \text{ m}^2$$

$$\text{Het totaal is } A = 1364 \text{ m}^2$$

Ook hier weer 30 % toeslag

$$A_{\text{totaal}} = 1364 \times 1,30 = 1775 \text{ m}^2$$

⑥ aanvullen van de bouwput



De onderste aanvulling wordt gemaakt tot 23 +, de gehele oppervlakte wordt hierbij aangevuld. In de bovenste aanvulling worden de blijvende taluds opgenomen.

Bij verwaarlozing van de ruimte ingenomen door de torens volgt het aan te vullen volume onder 23 + uit de figuur.

De lengte is 120 m.

$$V = 2 \times (7,5 + 27,5) \times \frac{1}{2} \times 10 \times 120 = 42.000 \text{ m}^3$$

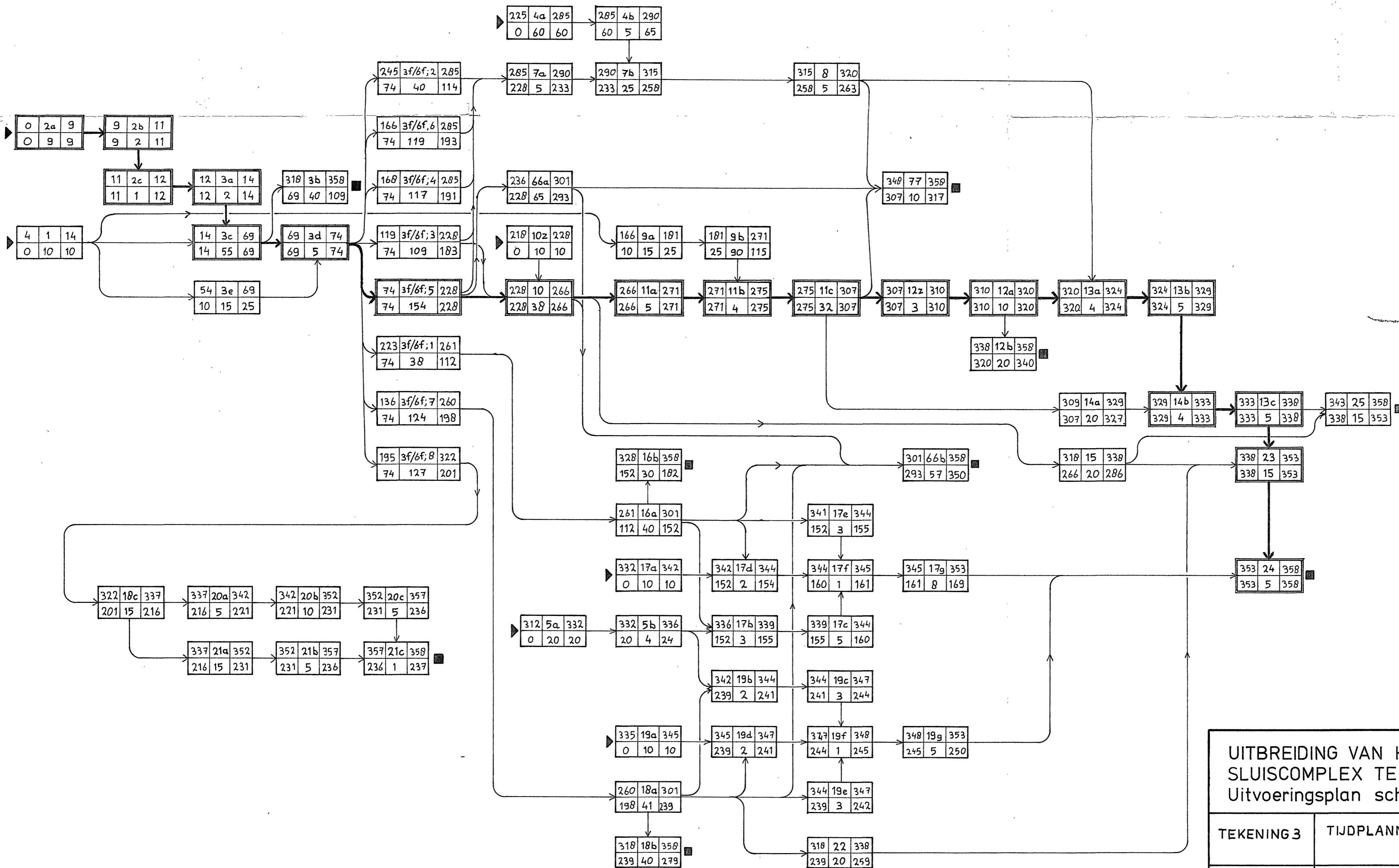
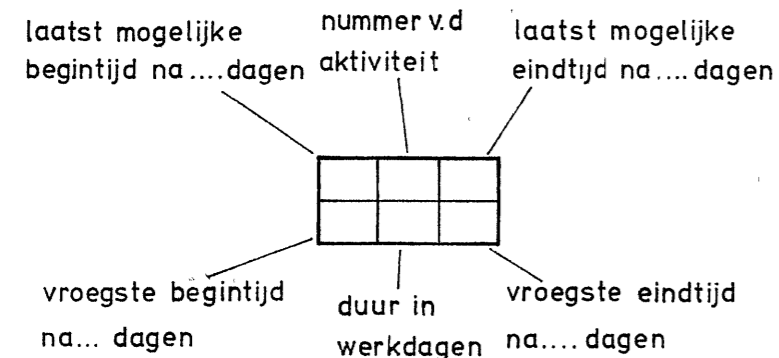
De hogere aanvulling is over een lengte van 150 m.

$$V = 2 \times 6 \times 20 \times 150 = 36.000 \text{ m}^3$$

De grondbalans van de bouwput ziet er als volgt uit:

| | |
|----------------|------------------------|
| ontgraven | 143.000 m ³ |
| weer aanvullen | 78.000 m ³ |
| | - |
| overschot | 65.000 m ³ |

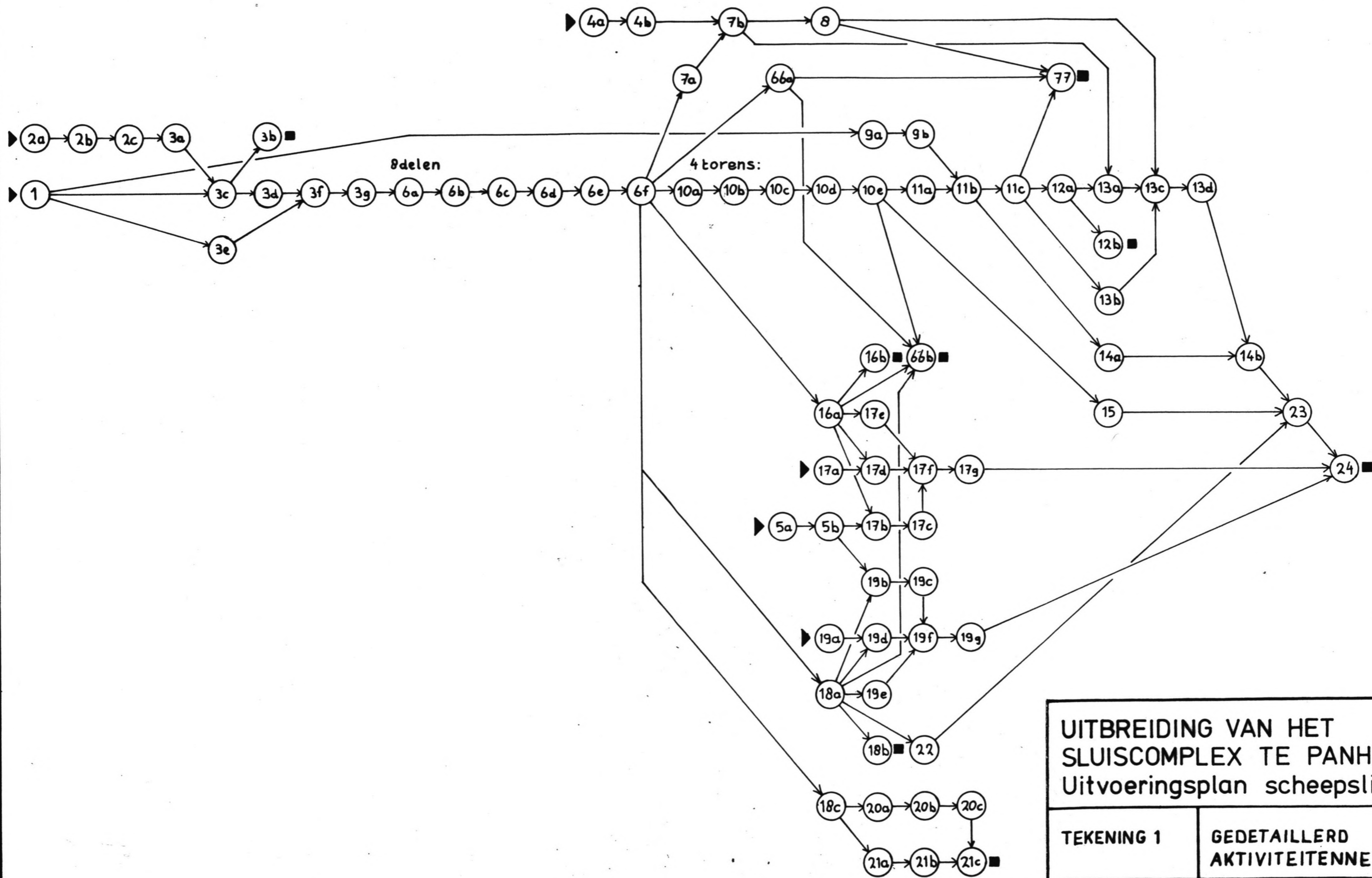
Dit overschot is af te voeren uit het werk.



UITBREIDING VAN HET
SLUISCOMPLEX TE PANHEEL
Uitvoeringsplan scheepslift

TEKENING 3 TIJDPLANNING

get J.P.M. Bol
9 april '81



| | |
|---|---|
| UITBREIDING VAN HET SLUISCOMPLEX TE PANHEEL Uitvoeringsplan scheepslift | |
| TEKENING 1 | GEDETAILLERD AKTIVITEITENNETWERK |
| get. J.P.M. Bol mrt '81 | |

WERKDAGEN



ACTIVITEIT:

3g ontgraven

6a werkvloer (4 man)

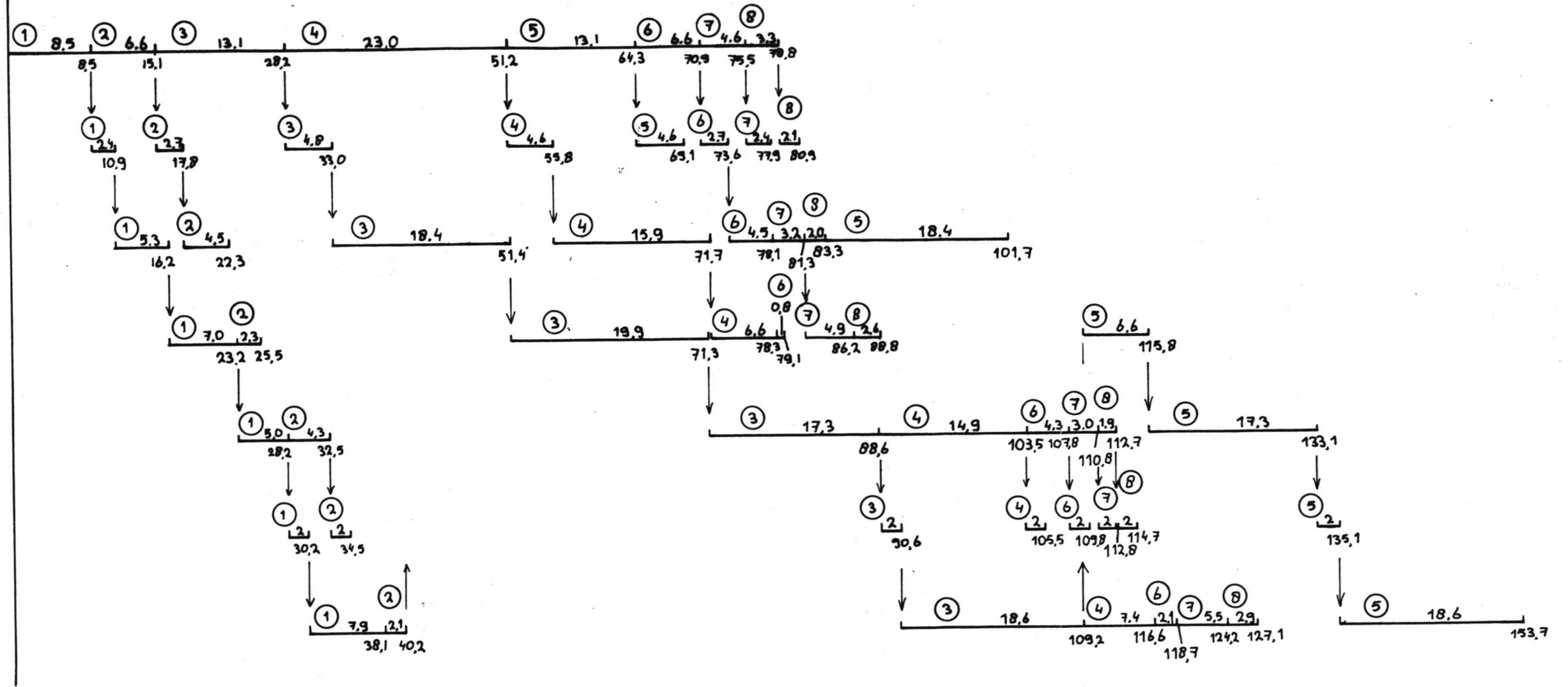
6b wapening (15 man)

6c bekisting (28 man)

6d storten (5 man)

6e verharden

6f ontkisten (10 man)



(a) = nummer bouwdeel
 b = duur activiteit
 c = eindtijd

| | |
|---|---|
| UITBREIDING VAN HET SLUISCOMPLEX TE PANHEEL Uitvoeringsplan scheepslift | |
| TEKENING 2 | TIJDSHEMA GROND- EN BETONWERK ONDER G.W.S. |
| get. J.P.M. Bol apr. '81 | |

Uitbreiding van het sluiscomplex te Panheel
deelontwerp Uitvoeringsplan voor een scheepslift

Jan Bol

SAMENVATTING

Beschouwd wordt de uitvoering van een scheepslift, welke konstruktief is uitgewerkt in het hoofdontwerp.

Vanuit de gegevens uit het konstruktief ontwerp en vanuit gemaakte berekeningen omtrent konstruktievolumes, wordt de konstruktie in onderdelen uiteengerafeld.

Voor de realisatie van de konstruktie moeten deze onderdelen na elkaar gemaakt worden, de onderlinge afhankelijkheid ervan bepaalt de bouwvolgorde. Deze bouwvolgorde wordt vastgelegd in een globaal netwerk van uit te voeren activiteiten. In een tweede stap worden de uit te voeren activiteiten wat fijner onderverdeeld. Dit heeft een toename van het aantal onderlinge relaties tot gevolg.

Een gedetailleerd activiteitennetwerk is het resultaat. Voor elk van de nu onderscheiden activiteiten wordt een tijdsduur ingevuld. Voor de bekende civieltechnische activiteiten, beton- en grondwerk, kunnen deze tijden berekend worden met behulp van standaardtijden, voor veel andere activiteiten wordt een aannemelijke tijd geschat.

Alle tijden worden ingevuld in het gedetailleerd activiteitennetwerk, waardoor dit verandert in een tijdplanning, welke getekend wordt als 'activity on the node'schema.

Hieruit resulteren de totale bouwtijd, welke uitkomt op 358 werkdagen, en het kritische pad voor de bouw.

Omdat in het voorgaande gewerkt is met sterke vereenvoudigingen en zo de realiteit geweld aangedaan wordt, wordt een kleine reeks activiteiten nader beschouwd en gedetailleerd uitgewerkt. Dit heeft een geringe vergroting van de bouwduur tot gevolg.

Gekonkludeerd wordt dat de feitelijke bouwtijd nauwelijks verschilt voor de scheepslift en voor de dwarshelling, welke parallel is uitgewerkt. De in een vooronderzoek globaal bepaalde bouwkosten worden geëvalueerd. Enkele nu te berekenen posten vallen ruwweg tweemaal zo duur uit. Dit geldt echter niet voor alle kostenposten.

