

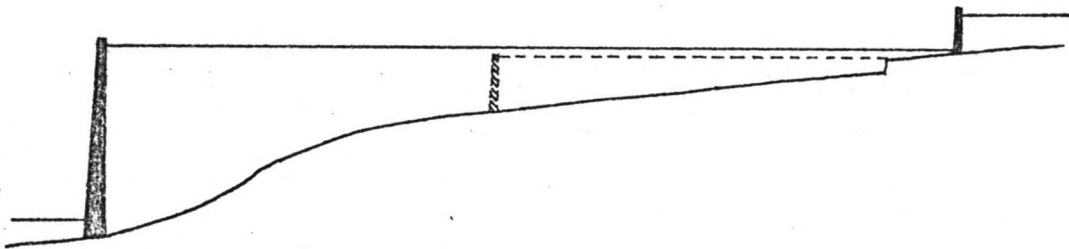
4.17.a

ONTWERP VAN EEN
STUW
IN DE NARMADA



VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
Afd. Civiele Techniek
IH Delft

DEEL A: VOORONDERZOEK



P. Meijers

Afstudeerverslag T.H. Delft,
afdeling der civiele techniek,
vakgroep waterbouwkunde.

Afstudeerdcent: prof. ir. A. Glerum
Begeleider: ir. J. Schippers

Voorwoord.

Het verslag dat thans voor u ligt bevat het resultaat van een belangrijk deel van mijn afstudeerwerk namelijk de hoofdstudie. Hierin wordt het ontwerp van een stuw in India behandeld. Uit het karakter van een afstudeerproject volgt dat het gemaakte ontwerp beslist niet als "bestekklaar" gekenmerkt kan worden. Aan het ontwerp en de berekening van vele onderdelen is slechts zeer summier of in het geheel geen aandacht besteed.

Het verslag bestaat uit drie delen. In het eerste deel, dat men als vooronderzoek kan betitelen, wordt behandeld waarom er een stuw moet komen en wat voor soort stuw in dit geval waarschijnlijk de beste keuze is. In het tweede deel wordt de stuw constructief uitgewerkt. Het derde deel bevat de bijlagen.

Allen die door hun medewerking zoals het verstrekken van gegevens en het begeleiden van de studie meegeholpen hebben aan het tot stand komen van dit verslag wil ik vanaf deze plaats daarvoor hartelijk danken.

Delft, december 1983

P. Meijers

Inhoudsopgave.

DEEL A :

I	Samenvatting	blz.	4
II	Inleiding	"	5
III	Principe oplossingen bevaarbaar maken	"	8
IV	Keuze stuwtype c.q. afsluitmiddel	"	16

DEEL B:

V	Bepaling economisch meest optimale schuifafmetingen	"	48
V.1	De schuif	"	50
V.2	Het bewegingswerk	"	53
V.3	De contragewichten	"	56
V.4	De brug	"	58
V.5	De noodkering	"	59
V.6	De pijlervoet	"	61
V.7	De heftoren	"	70
V.8	Fundering en drempel	"	73
V.9	Stabiliteit van de pijler	"	76
V.10	De woelbak	"	82
V.11	Dimensionering bekleding	"	88
V.12	De landhoofden	"	97
V.13	De overlaat	"	100
V.14	De afvoer	"	110
V.15	Berekening bouwkosten	"	116
V.16	Nabeschouwing	"	120
VI	Definitief ontwerp		
VI.1	Schuifhoogte en hijshoogte	"	122
VI.2	Maximum waterdruk op de stuw	"	124
VI.3	Breedte van de pijler	"	127
VI.4	Ontwerp schotbalken	"	130
VI.5	De heftoren	"	133
VI.6	Afmetingen van de pijlervoet	"	139
VII	Globaal ontwerp van de randpijler	"	181
VIII	De overlaat	"	197
IX	Overige constructies	"	213
	Lijst van geraadpleegde literatuur	"	221

DEEL C:

Bijlage	1 : Kaart van India met ligging Narmada		
"	2 : Afvoer bij Mortakka, Punassa en Gardeshwar		
"	3 : Afvoer bij Mortakka (km. 902)		
"	4 : Afvoer bij Gardeshwar (km. 1168)		
"	5 : Gemeten hoogwatergolf		

- Bijlage 6 : Ligging Narmada tussen Sardar Sarovar en Maheshwar
- " 7 : Lengteprofiel Narmada tussen Sardar Sarovar en Maheshwar
- " 8 : Ontwerpboom
- " 9 : Bouwkosten in India
- " 10 : Woelbakberekeningen
- " 11 : Berekening bouwkosten
- " 12 : Berekening pijler, drempel en pijler los van elkaar
- " 13 : Berekening pijler, drempel en pijler vormen een monolietconstructie
- " 14 : Berekening pijler, de drempel steekt onder de pijler

I SAMENVATTING

In dit verslag is het resultaat neergelegd van het ontwerp van een stuw in de Narmada (in India). Deze stuw maakt deel uit van een veel groter project namelijk het bevaarbaar maken van de Narmada. Na een globale uiteenzetting van de totale situatie wordt het probleem beperkt tot het bevaarbaar maken van een deel van de rivier. Hiervoor zijn een aantal principe oplossingen bedacht die zo goed mogelijk met elkaar zijn vergeleken. Als beste oplossing kwam naar voren dat er een stuw moet worden gebouwd.

Vervolgens is er bekeken welk type stuw er moet worden gebouwd. Hiervoor is er gepoogd om middels ontwerpmethodieken zoveel mogelijk verschillende stuwtypen, en bij de oplossing "verplaatsen afsluitemiddel" ook zoveel mogelijk soorten afsluitemiddelen, te bedenken. Hieruit volgde een groot aantal oplossingen waarvan velen in dit geval niet bruikbaar zijn. M.b.v. een keuzetabel is gepoogd om uit de wel bruikbare oplossingen de beste te kiezen voor deze situatie met als resultaat dat er een hefdeur gekozen is.

Vervolgens zijn de hoofdafmetingen van de schuif bepaald. Aangezien de keuze hiervan volledig door economische overwegingen bepaald wordt is er een soort algemeen ontwerp voor de stuw gemaakt waardoor het mogelijk was om voor willekeurige schuifafmetingen snel een indicatie voor de hoofdafmetingen en de daarbij behorende kosten te krijgen. Door dit voor een groot aantal afmetingen te doen is het mogelijk om de naar verwachting economisch meest optimale schuifafmetingen te bepalen.

M.b.v. deze afmetingen is er een definitief ontwerp voor de stuwpijlers gemaakt. Hierbij is het na meer preciese berekeningen nodig gebleken om het eerder opgestelde ontwerp op bepaalde punten te verlaten.

Vervolgens is er nog enige aandacht besteed aan een aantal andere onderdelen van de stuw.

Tot slot wordt er nog opgemerkt dat in dit verslag, tenzij anders vermeld, steeds met de eenheden kN en m is gerekend.

II INLEIDING

In het midden van India, in de deelstaat Madhya Pradesh, ligt een kolenveld dat men tot ontwikkeling wil brengen. De geplande productie is 20 à 30 miljoen ton steenkool per jaar en wel vanaf 1990 à 1995. Deze steenkool wil men gebruiken om in de deelstaat Gujarat, aan de westkust van India, electriciteit op te wekken. Dit betekent dat de steenkool getransporteerd moet worden.

Voor dit transport zijn er een aantal mogelijkheden aan te geven zoals d.m.v. een slurripijplijn, een transportband, per vrachtwagen, per trein, per schip o.i.d. Verder is het ook mogelijk om niet de steenkool te vervoeren maar bij het kolenveld zelf electriciteit op te wekken en deze d.m.v. hoogspanningsleidingen naar Gujarat te transporteren. Een combinatie van deze mogelijkheden is uiteraard ook mogelijk.

Elke methode heeft zijn voor- en nadelen. Het is hier niet de bedoeling om die tegen elkaar af te wegen en tot een keuze te komen. Hier wordt er verder vanuit gegaan dat de afvoer per schip plaats vindt.

Om dit mogelijk te maken moet er voor een vaarweg gezorgd worden. Dit betekent of een bevaarbare rivier zoeken, of een rivier bevaarbaar maken, of een geheel nieuwe vaarweg aanleggen.

De kolen moeten in westwaartse richting vervoerd worden maar de meeste rivieren in India stromen oostwaarts doordat de waterscheiding gevormd wordt door de West Ghats, een bergrug aan de westkust van India. Een gelukkige omstandigheid is dat de grootste westwaarts stromende rivier, de Narmada, vlak langs het kolenveld loopt en dus in principe voor het kolentransport gebruikt kan worden. In bijlage 1 is een kaart van India met de situatie gegeven.

De Narmada is een typische regenrivier. In het natte seizoen, dat loopt van ongeveer juli t/m oktober, zijn afvoergolven mogelijk van vele tienduizenden kubieke meters per seconde terwijl in het droge seizoen de afvoer tot 20 m³/s kan teruglopen. In de bijlagen 2 t/m 5 zijn wat gegevens over de afvoer vermeld.

De piekafvoeren worden veroorzaakt door depressies die over het stroomgebied trekken. De reden dat de pieken zo hoog zijn is een combinatie van de volgende factoren:

- De depressies trekken van oost naar west over het stroomgebied dus in dezelfde richting als de rivier stroomt.
- De snelheid waarmee de depressies over het stroomgebied trekken

ligt in dezelfde orde van grootte als die waarmee de afvoergolf door de rivier loopt.

- Het stroomgebied is langgerekt, de zijrivieren zijn kort en brengen het regenwater dus vrij kort na de neerslag tot afvoer.
- De ondergrond bestaat uit vast gesteente, er is dus weinig berging van neerslag in de ondergrond.

In zijn natuurlijke staat is de rivier onbevaarbaar door de lage waterstanden in het droge seizoen, de hoge stroomsnelheden in het natte seizoen en de aanwezigheid van watervallen en stroomversnelingen.

Op het moment bestaan er plannen, die gedeeltelijk ook al in uitvoering zijn, om in de rivier een groot aantal dammen te bouwen ten behoeve van de irrigatie, waterkracht en hoogwaterbestrijding. Als deze plannen tot uitvoering komen zal er over grote delen van de rivier scheepvaart mogelijk zijn. Met enige aanvullende werken kan dan de hele rivier bevaarbaar gemaakt worden.

Tevens is het de bedoeling dat er vanaf de Sardar Sarovar dam een irrigatiekanaal door Gujarat aangelegd wordt. Dit kanaal kan ook voor de scheepvaart aangepast worden om de steenkool naar de centrales te vervoeren.

Het is hier niet de bedoeling om maatregelen aan te geven om de hele rivier bevaarbaar te maken. De aandacht beperkt zich tot het gedeelte Sardar Sarovar - Maheshwar. In het volgende hoofdstuk worden maatregelen aangegeven om dit gedeelte bevaarbaar te maken. In de bijlagen 6 en 7 zijn respectievelijk een kaart en een lengteprofiel van het onderhavige riviertraject gegeven.

Op welke ontwerpafvoer in de rivier gerekend moet worden is niet eenduidig te zeggen. Voor de verschillende dammen die in de rivier ontworpen zijn worden verschillende ontwerpafvoeren genoemd. Zo wordt er voor de Narmada Sagar dam (gelegen op 843 km vanaf de bron van de rivier) een ontwerpafvoer van $80.800 \text{ m}^3/\text{s}$ genoemd. Voor de Omkareshwar dam (gelegen op km 902) wordt een ontwerpafvoer van $80.000 \text{ m}^3/\text{s}$ gegeven en voor de Maheshwar dam (km 937) worden ontwerpafvoeren van $80.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $33.700 \text{ m}^3/\text{s}$ genoemd. Voor de Sardar Sarovar dam (km 1153) worden als ontwerpafvoeren genoemd: $87.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $80.800 \text{ m}^3/\text{s}$ en $62.300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Na het gereedkomen van de belangrijkste delen van het Narmada project is het mogelijk om d.m.v. een hoogwaterwaarschuwingssysteem de reservoirs te legen voor de hoogwatergolf passeert en zodoende de piek af te vlakken.

Er zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om, uitgaande van de neerslag, de loop van een hoogwatergolf door de reservoirs van het voltooide Narmada project te berekenen en daaruit de ontwerpafvoer in het hier beschouwde riviergedeelte te bepalen. Gezien de bovenvermelde waarden voor de ontwerpafvoeren bij verschillende dammen wordt als ontwerpafvoer een waarde van $80.000 \text{ m}^3/\text{s}$ aangehouden.

Als het gehele project voltooid is zal de minimum afvoer toenemen tot een geplande waarde van $300 \text{ à } 600 \text{ m}^3/\text{s}$.

III PRINCIPE OPLOSSINGEN BEVAARBAAR MAKEN

Voor het vervoer van de kolen zal gebruik gemaakt worden van vierbaks duwconvoeien. De afmetingen van een bak zijn: 75 m lang, 11,50 m breed en een diepgang van 3 m als de bak beladen is. Het laadvermogen van een bak is 2100 ton. De afmetingen van de duwboot zijn: 22 m lang, 11 m breed, een diepgang van 2,70 m en een hoogte boven de waterlijn van maximaal 7 m. Een duwconvooi heeft dus een diepgang van 3 m. De benodigde waterdiepte is meer en wel om de volgende redenen:

- Een grotere waterdiepte heeft een gunstig effect op de mogelijke vaarsnelheid. Voor een goede bestuurbaarheid is een overdiepte van 30 à 40 % gewenst.
- T.g.v. de wind zal het water onder een zekere helling gaan staan. Dit veroorzaakt aan de ene kant van het reservoir of kanaalpand een windopzet hetgeen gepaard gaat met een daling van de waterspiegel aan de andere kant.
- In de rivier moet rekening gehouden worden met rotsuitstulpingen en/of zandbanken waar de bakken zonder schade overheen moeten kunnen varen. Eromheen manoeuvreren is niet goed mogelijk gezien de afmetingen van een duweenheid (172 m lang).
Er behoeft hierbij niet met de allerhoogste piek rekening gehouden te worden, deze kan immers verwijderd worden.
- Verder is enige overdiepte handig bij onvoorziene omstandigheden. Als er door wat voor oorzaak dan ook meer water uit dan in een rivierpand stroomt zal de waterspiegel dalen. Door de aanwezige overdiepte is er enige tijd beschikbaar voor het nemen van maatregelen voordat de scheepvaart in de problemen komt.

Voor de vereiste waterdiepte is er een schatting gegeven van 7 m.

Uitgaande van deze waarde is bij de geplande waterstanden in het Sardar Sarovar reservoir (zie bijlage 7) op het gedeelte van Sardar Sarovar tot ongeveer km 1040 het gehele jaar voldoende waterdiepte aanwezig. Vandaar tot de Sahashra-Dhara falls is er slechts een beperkt gedeelte van het jaar en tussen Sahashra-Dhara en Maheshwar is er nooit voldoende vaardiepte aanwezig.

Over een gedeelte van ongeveer 90 km moeten er dus maatregelen genomen worden om het hele jaar voldoende waterdiepte te hebben.

De waterdiepte is het verschil tussen waterstand en bodemligging. Een van de twee (of beiden) moet dus veranderd worden op dit riviergedeelte.

De eerste principe oplossing is het verhogen van de waterstand. Dit kan door of het reservoirniveau op een bepaald peil te handhaven, of een zodanige afvoer te bewerkstelligen dat hierdoor altijd voldoende waterdiepte aanwezig is. De tweede principe oplossing is het verlagen van de bodemligging en een derde mogelijk is om de scheepvaart om het onbevaarbare riviergedeelte heen te leiden. Een daadwerkelijke oplossing kan elementen van meerdere principe oplossingen bevatten.

Op basis van deze principe oplossingen zijn voor het concrete probleem de volgende alternatieve oplossingen aan te geven:

- I : verhogen van de dam bij Sardar Sarovar tot 146⁺.
- II : aanleg van een dam bij Harinphal tot 146⁺.
- III : aanleg van een dam bij Harinphal tot 135⁺ en bij Sahashra Dhara tot 146⁺.
- IV : aanleg van een dam bij Harinphal tot 135⁺ en verplaatsen van de dam bij Maheshwar naar Sahashra Dhara.
- V : aanleg van een dam bij Harinphal tot 135⁺ en uitdiepen van het gedeelte tussen Sahashra Dhara en Maheshwar.
- VI : een lateraal kanaal tussen Harinphal en Maheshwar.
- VII : uitdiepen van de rivier tussen Harinphal en Maheshwar.
- VIII : afvoerregulering.

Uit deze alternatieven zal een keuze gemaakt moeten worden. Dit kan het beste geschieden door ze op een aantal belangrijke punten met elkaar te vergelijken. Het eerste punt betreft de kosten, een goedkope oplossing is erg gewenst. Voor een exacte kostenvergelijking moeten de alternatieven verder worden uitgewerkt, iets dat in het kader van deze studie te ver voert. Wel is bij elke variant een grove schatting van de kosten aangegeven.

Het tweede punt van vergelijking volgt uit het doel waarvoor het stuwmeer wordt aangelegd: water opslaan t.b.v. irrigatie en waterkracht. Bij verschillende varianten neemt de nuttige berging in het reservoir af waardoor er minder water beschikbaar komt voor irrigatie en/of waterkracht. Het eerste uit zich in een kleinere oogst, het tweede in een verminderde energieproductie. Een ander doel van de stuwmeren is de hoogwaterbestrijding. Deze

hoogwaterbestrijding berust erop dat de hoogwatergolf gedeeltelijk in de reservoirs wordt geborgen waardoor de top afgevlakt en excessieve overstromingen voorkomen worden. De mate waarin de varianten dit gedrag beïnvloeden is een derde punt van vergelijking. Het vierde punt betreft de scheepvaart. Iedere sluis in het vaartraject betekend oponthoud en is voor de scheepvaart dus ongewenst maar ook op andere manieren kunnen de varianten het scheepvaartbelang schaden.

Het laatste, vijfde, punt betreft de inundatie. Door de verhoging van het reservoirniveau bij bepaalde alternatieven komt er extra land onder water te staan of moet, als inundatie niet acceptabel is, door de aanleg van dijken beschermd worden tegen overstroming.

Aan de hand van deze punten zullen de varianten nader besproken worden.

I : Verhogen van de dam bij Sardar Sarovar tot 146⁺.

Hierbij is er over het gehele traject voldoende vaardiepte aanwezig. Er zijn geen extra sluizen nodig zodat deze variant voor de scheepvaart ideaal is. Een nadeel is dat er nu totaal geen nuttige berging meer is. Aan dit bezwaar is tegemoet te komen door de dam nog verder te verhogen met naar schatting 15 m (door de hogere waterstand is ook het bergend oppervlak toegenomen zodat voor dezelfde nuttige berging met een kleinere variatie in de waterstand volstaan kan worden dan in de uitgangssituatie). In totaal komt de waterspiegel dus ongeveer 20 m hoger te liggen hetgeen grote inundaties tot gevolg heeft. Een verhoging van de dam heeft ook een verhoging van de aanlegkosten tot gevolg. Dit wordt geschat op $1300 \cdot 10^6$ Rs. (1 rupie is ongeveer 30 cent).

II : Aanleg van een dam bij Harinphal tot 146⁺.

De waterstandsverhoging is minder dan bij I en vindt ook over een minder groot traject plaats. De scheepvaart moet nu echter een extra sluis passeren. Een ander nadeel is dat nu een deel van de nuttige berging in het reservoir verloren gaat. Eventueel kan dit door een extra waterstandsverhoging in het gedeelte Sardar Sarovar - Harinphal en/of het gedeelte Harinphal - Maheshwar gecompenseerd worden. Door tijdig het reservoir leeg te laten lopen is de hoogwaterbestrijding net zo effectief als in het geval er geen dam

aanwezig is. Wel zal er enig verval over de stuw staan als een hoogwatergolf deze passeert maar dit is minder dan de 6 m extra verhoging t.b.v. de scheepvaart.

Het maximum verval over de sluis bij Harinphal is 36 m. De kosten van de sluis worden geschat op $900 \cdot 10^6$ Rs, die van de stuw op $400 \cdot 10^6$ Rs, in totaal dus $1300 \cdot 10^6$ Rs.

III : Aanleg van een dam bij Harinphal tot 135^+ en bij Sahashra Dhara tot 146^+ .

Vergeleken met II is het verlies aan nuttige berging geringer. Tussen Harinphal en Maheshwar kan de hoeveelheid water die geborgen is tussen 135^+ (stuwpeil) en $140,2^+$ (maximum reservoir peil) voor irrigatie en waterkracht gebruikt worden zonder dat dit problemen voor de scheepvaart oplevert.

Een nadeel voor de scheepvaart is wel dat er nu twee extra sluizen te passeren zijn.

Ook voor de hoogwaterbestrijding is de situatie iets ongunstiger geworden, een hoogwatergolf moet nu twee keer een stuw passeren. Het hiervoor benodigde verval veroorzaakt direct bovenstrooms van de dammen een extra verhoging van de waterstand.

Het oppervlak extra geïnundeerd land is vrij gering, alleen tussen Sahashra Dhara en Maheshwar, een traject van 13 km, wordt de waterstand 6 m extra verhoogd.

Bij Harinphal moeten een stuw en een sluis komen. De sluis heeft een maximum verval van 25 m. De kosten van de stuw worden geschat op $350 \cdot 10^6$ Rs, die van de sluis op $500 \cdot 10^6$ Rs.

Bij Sahashra Dhara moet een dam komen met een hoogte van 11 m. De kosten van de sluis hierin worden geschat op $200 \cdot 10^6$ Rs en die van het stuwgedeelte op $200 \cdot 10^6$ Rs. In totaal zijn de kosten dus naar schatting $1250 \cdot 10^6$ Rs.

IV : Aanleg van een dam bij Harinphal tot 135^+ en verplaatsen van de dam bij Maheshwar naar Sahashra Dhara.

I.p.v. een aparte dam bij Sahashra Dhara te bouwen is het ook mogelijk om de plaats van een ontworpen dam daarheen te verschuiven. De voordelen zijn duidelijk: maar een extra dam met sluis i.p.v. twee.

Als nadelen zijn te noemen: de dam wordt hoger, van 16 naar 20 m, en tussen Sahashra Dhara en Maheshwar wordt de waterstand 14 m verhoogd t.o.v. de uitgangssituatie.

Het verlies aan nuttige berging is gelijk aan dat bij IV. De dam bij Harinphal kost naar schatting $850 \cdot 10^6$ Rs, de meerkosten aan de dam bij Maheshwar zijn naar schatting $100 \cdot 10^6$ Rs. In totaal zijn de kosten ongeveer $950 \cdot 10^6$ Rs. Hierbij is er van uitgegaan dat de geologische gesteldheid bij Sahashra zodanig is dat deze verplaatsing zonder bezwaar kan worden uitgevoerd.

V : Aanleg van een dam bij Harinphal tot 135^+ en uitdiepen van het gedeelte tussen Sahashra Dhara en Maheshwar. In dit geval vindt er geen extra inudatie plaats. Het verlies aan nuttige berging is iets geringer dan bij III en IV. Het verschil is echter niet groot want de nuttige berging tussen Sahashra Dhara en Maheshwar is vrij gering.

De scheepvaart en de hoogwatergolf hoeven nu maar een extra dam te passeren.

Als nadelen zijn te noemen dat het verval over de sluis bij Maheshwar toeneemt en dat er gebaggerd moet worden. Het verval over de sluis was bij I, II en III 18 m en wordt nu 29 m.

Van de te baggeren vaargeul moet de bodem op ongeveer 129^+ liggen dus ongeveer 8 m beneden de huidige rivierbodem (bij de keuze van de bodemligging moet rekening gehouden worden met oneffenheden t.g.v. het springen van de rots).

De kosten van de dam bij Harinphal zijn naar schatting $850 \cdot 10^6$ Rs, die van de aanpassing van de sluis $200 \cdot 10^6$ Rs en de kosten van het baggeren zijn naar schatting $350 \cdot 10^6$ Rs. In totaal is de schatting voor de kosten voor deze variant dus $1400 \cdot 10^6$ Rs.

VI : Een lateraal kanaal tussen Harinphal en Maheshwar.

In dit geval is er in het geheel geen verlies aan nuttige berging in het reservoir. Ook m.b.t. de hoogwaterbestrijding verandert de situatie niet. T.b.v. de scheepvaart zijn een sluis en een kanaal nodig.

Het tracé van het kanaal wordt bepaald door de lokale topografie. Aangezien de rivier op het traject nauwelijks kronkelt zal het kanaaltracé niet of nauwelijks korter kunnen worden dan het riviertracé door bochtafsnijdingen. Het kanaal zal ongeveer evenwijdig met de rivier lopen en ongeveer 110 km lang zijn.

Over het kanaal zullen een aantal bruggen t.b.v. het verkeer aangelegd moeten worden. Hier staat tegenover dat bij het ontwerp van de bruggen over de rivier niet met scheepvaart-eisen rekening gehouden behoeft te worden.

Inudatie van land t.g.v. een waterstandsverhoging in het stuwmeer is er niet. Het kanaal zelf neemt echter ook ruimte in hetgeen als een vorm van inundatie is te beschouwen.

De aanlegkosten van het kanaal worden geschat op $1700 \cdot 10^6$ Rs en die van de sluis op $800 \cdot 10^6$ Rs, in totaal dus $2500 \cdot 10^6$ Rs.

VII : Uitdiepen van de rivier tussen Harinphal en Maheshwar.

De voordelen van deze oplossing zijn dat er nu geen extra dam nodig is en dat er geen inundatie optreedt. Verder is de nuttige berging zelfs iets toegenomen.

Een nadeel is de grote diepte die het kanaal moet krijgen. T.o.v. het minimum reservoirniveau van $110,6^+$ moet voldoende waterdiepte aanwezig zijn. Dit betekent een bodemligging rond de 105^+ oftewel bij Maheshwar ongeveer 35 m beneden het huidige rivierbed. Verder komt er over de sluis bij Maheshwar een verval van 54 m te staan.

De totale kosten van het baggeren (in rots) worden geschat op $3000 \cdot 10^6$ Rs, de meerkosten van de sluis op $900 \cdot 10^6$ Rs zodat de totale kosten op ongeveer $5000 \cdot 10^6$ Rs geschat kunnen worden.

VIII : Afvoerregulering.

In het voorgaande is bij alle varianten uitgegaan van een horizontale waterspiegel. Bij stromend water zal de waterspiegel echter onder een helling gaan staan. Aangezien de bodem ook onder een helling ligt kan geprobeerd worden om op deze manier voldoende waterdiepte te verkrijgen.

De gemiddelde bodemhelling tussen Harinphal en Sahashra Dhara is: $i_b = 2,85 \cdot 10^{-4}$. De evenwichtsdiepte moet zijn: $a_e = 7$ m. Bij een geschatte C-waarde van $50 \text{ m}^2/\text{s}$ betekend dit een debiet van: $q = \sqrt{C^2 \cdot i_b \cdot a_e^3} = 15,6 \text{ m}^2/\text{s}$.

Als de vaargeul op 300 m breed geschat wordt betekend dit dat er constant een debiet van $4700 \text{ m}^3/\text{s}$ door de rivier moet stromen en dit is veel meer dan de geplande minimum afvoer van 300 à $600 \text{ m}^3/\text{s}$ en ook veel meer dan de over het

jaar gemiddelde afvoer van ongeveer 1000 m³/s. Deze oplossing is dus onmogelijk.

Door in het rivierbed een vaargeul te modelleren die smaller is dan de rivierbedding en waarbinnen alle obstakels verwijderd zijn zodat de benodigde waterdiepte geringer wordt is de waterbehoefte wel terug te dringen maar blijft groot. Wil men toch afvoerregulering toepassen dan zal er waarschijnlijk bovenstrooms water aan irrigatie doeleinden onttrokken moeten worden. Verder zal de stroomsnelheid in de rivier voor de nodige problemen zorgen.

Van de acht hiervoor besproken varianten valt de laatste af omdat het niet haalbaar is. Uit de overgebleven zeven varianten zal een keuze gemaakt moeten worden.

In de volgende tabel worden de varianten op de verschillende punten kwalitatief met elkaar vergeleken. Op de onderste regel wordt een totale waardering gegeven, een soort gewogen gemiddelde van de verschillende waarderingen. Hierbij is aan het kostenaspect een groot gewicht toegekend en aan het aspect hoogwaterbestrijding het minste gewicht omdat de varianten op dit punt slechts marginaal verschillen.

variant	I	II	III	IV	V	VI	VII
kosten	□	□	□/+	+	□/-	--	--
nuttige berging	+	-	□	□	□	+	+
hoogwaterbestrijding	+	+	-	-	-	+	+
scheepvaart	+	□	-	□	□	□	+
inundatie	--	□	++	+	++	+	++
totale waardering	-	□	□/+	+	□	-	-

De betekenis van de symbolen is: ++ zeer goed
 + goed
 □ matig
 - slecht
 -- zeer slecht

De wegingsfactoren zijn respectievelijk 10, 10, 1, 5 en 5. Bij de totale waardering is rekening gehouden met de extreem grote inundatie bij I en de extreem hoge kosten bij VI en VII.

Volgens deze tabel is III of IV de beste oplossing d.w.z. een dam stuw bij Harinphal en een extra dam bij Sahashra Dhara of verplaatsen van de Maheshwar dam daar naar toe.

Wat de voorkeur verdient moet een nadere studie uitwijzen. De aandacht wordt verder gericht op het ontwerp van de stuw bij Harinphal met een stuwpeil van 135^+ , d.w.z. 5 m onder het maximum waterstandsniveau in het reservoir van $140,2^+$.

IV KEUZE STUWTYPE c.q. AFSLUITMIDDEL

In het vorige hoofdstuk is aangetoond dat er bij Harinphal een stuw moet komen. In dit hoofdstuk zal worden bepaald welk type stuw c.q. afsluitmiddel er moet komen. Heel algemeen geformuleerd moet er een constructie komen die naar wens de waterstand tot het stuwpeil (135^+) keert of de ontwerpaafvoer ($80.000 \text{ m}^3/\text{s}$) zonder schade laat passeren.

Middels een ontwerpboom (zie bijlage 8) zijn er voor deze constructie zoveel mogelijk oplossingen bedacht. De vraag of een bepaalde oplossing zinnig of onzinnig is is hierbij buiten beschouwing gelaten. De ontwerpboom bestaat uit twee gedeelten: een algemeen gedeelte en een subboom (boom 2) die aangeeft in welke richtingen een afsluitmiddel uit een stuwopening verwijderd kan worden. Deze subboom komt op drie plaatsen in de eigenlijke ontwerpboom voor. Terwille van de overzichtelijkheid is hij apart vermeld.

M.b.v. deze ontwerpboom zijn de volgende oplossingen te bepalen. Tenzij anders vermeld is zijn de schetsjes dwarsdoorsneden.

1- Hevel.

In het geval een hoogwatergolf de dam passeert kan de waterstand boven de kruin van de dam uitkomen (de maximum waterstand in het reservoir is $140,2^+$ terwijl het stuwpeil 135^+ is). Het geheel zal dan als een gewone overlaat werken zodat de bouw van een hevel geen enkele zin heeft.

2- Overlaat.

De kruin van de overlaat zal hoger moeten liggen dan 135^+ . Volgens de methode zoals die in V.13 aangegeven zal worden is het vereiste vrijboord ongeveer 2,50 m dus moet de kruin op $137,5^+$ liggen. De beschikbare breedte is ongeveer 1600 m. De afvoerformule luidt: $Q = \frac{2}{3} \mu \cdot B \cdot H^{3/2} \cdot \sqrt{2g}$. Als wordt geschat $\mu = 0,75$ volgt hieruit $H = 8\text{m}$ oftewel de waterstand bovenstrooms van de stuw is $145,5^+$ en dit wordt niet acceptabel geacht zodat deze oplossing niet in aanmerking komt.

Denkbaar is wel een combinatie van een beweegbare kering met een overlaat.

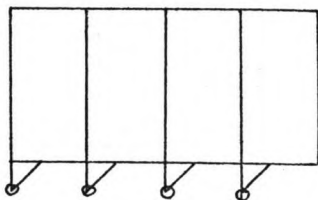
3- Pomp.

Aangezien bij een hoogwatergolf het water door eigen verval over de kruin van de dam kan stromen heeft een pomp geen enkele zin.

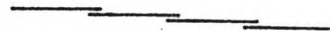
4- Duiker.

Afhankelijk van de gekozen afmetingen zijn er meer of minder duikers nodig. In de duiker zijn ook afsluitmiddelen nodig, net als bij een gewone stuw. De aanwezigheid van een dak maakt het betonwerk evenwel duurder zodat dit geen economische oplossing is.

5-



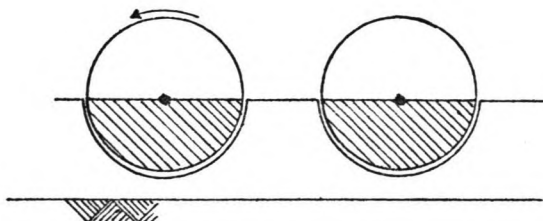
vooraanzicht



bovenaanzicht

De stuw bestaat hier uit een aantal schuin achter elkaar geplaatste verticale schotten die middels een scharnier aan de onderkant (met de draaiingsas in de stroomrichting) opzij gedraaid kunnen worden. In principe kan op deze manier een oneindige breedte zonder tussenpijlers afgesloten worden. De waterdichtingen tussen de verschillende schotten zullen moeilijk te realiseren zijn. Ook zal het scharnier sterk genoeg moeten zijn om de waterdruk op te nemen. De beweging kan geschieden d.m.v. kabels vanaf een brug over de stuw of door vijzels onderaan de schuif.

6-

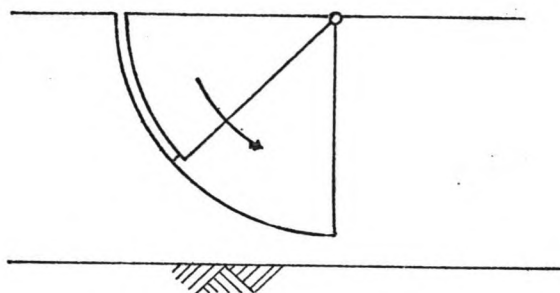


vooraanzicht

Hier bestaat de stuw uit een cirkelvormige schijf, half dicht, half open, met een horizontale draaiingsas in de stroomrichting. Openen geschiedt door de schijf 180° te draaien.

Het voordeel van dit type afsluitemiddel is dat er weinig kracht nodig is om het te bewegen. D.m.v. contragewichten kan men het zwaartepunt van de schijf laten samenvallen met de draaiingsas zodat alleen de tapwrijving overwonnen behoeft te worden.

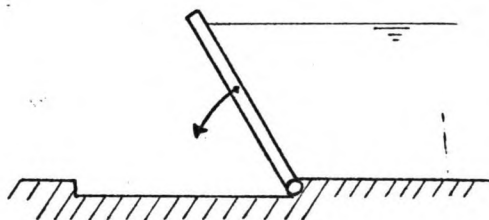
7-



vooraanzicht

Het afsluitemiddel bestaat hier uit een cirkelsegment met een horizontale draaiingsas in de stroomrichting. Openen geschiedt door het afsluitemiddel naar beneden te draaien waardoor de opening vrijkomt. Deze oplossing vereist een diepe nis onder de constructie wat kostenverhogend werkt.

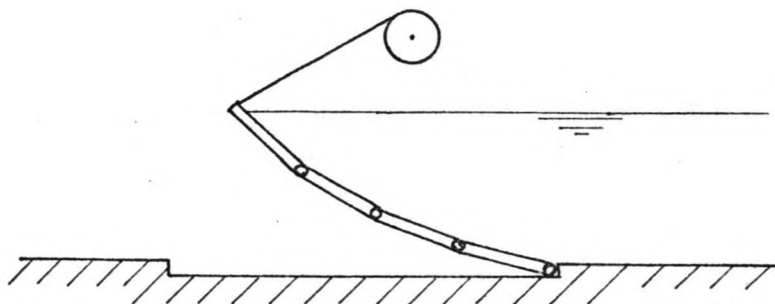
8- Klepstuw.



Bij deze oplossing bevindt het scharnier zich altijd onder water. Een nadeel is dat in gesloten stand het bewegingswerk een kracht moet blijven uitoefenen om de klep omhoog te houden. Om dit nadeel te ondervangen zou als variant de klep tegen de waterdruk kunnen rusten.* Openen is dan mogelijk door bijvoorbeeld ballasttanks met water te vullen.

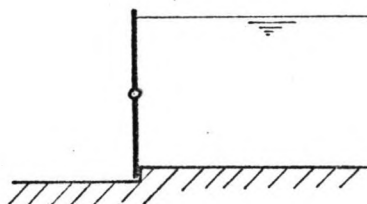
*vergelijk ontwerp stormvloedkering Venetië.

9-



Het afsluitmiddel bestaat hier uit een aantal scharnierend aan elkaar verbonden "planken" die d.m.v. een kabel omhoog getrokken kunnen worden. Goed beschouwd is dit een ingewikkelder vorm van 8. Wel is het op deze manier mogelijk om het buigend moment in de klep te reduceren.

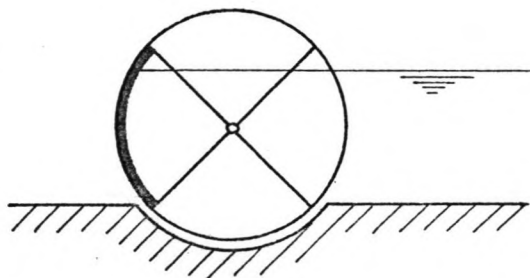
10- Vlinderklep.



Door een geschikte plaatskeuze van de draaiingsas kan de kracht, nodig om de klep te openen en/of gesloten te houden zo klein mogelijk gemaakt worden. Exact uitbalanceren is niet mogelijk omdat met een variërende waterstand benedenstrooms van de stuw rekening gehouden moet worden.

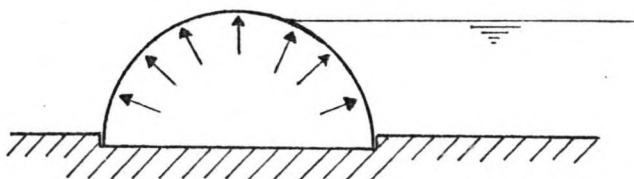
Doordat de klep zich in geopende stand in de stroom bevindt zal hij een extra weerstand geven.

11- Cirkelsegmentstuw.



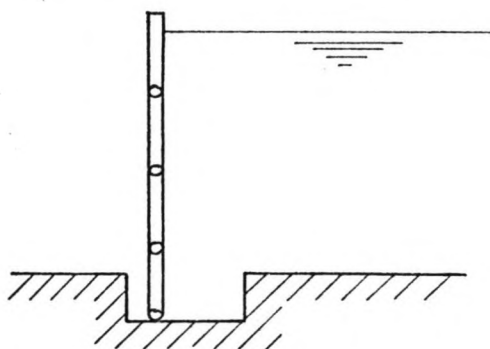
Bij deze oplossing is de kracht om de stuw te openen minimaal. Het eigen gewicht van het stuwvlak kan uitgebalanceerd worden en verder behoeft het stuwvlak tijdens het bewegen niet tegen de waterdruk in beweging te worden zodat alleen de tapwrijving overwonnen behoeft te worden. Een nadeel is dat de schuif gemakkelijk klemloopt als er stenen in de schuifkas terecht komen.

12- Schulpstuw.

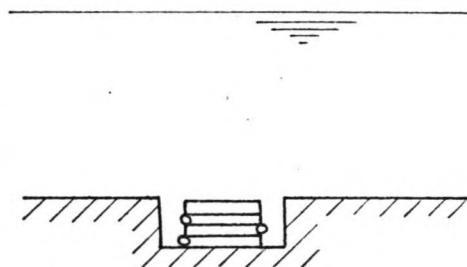


De stuw bestaat hier uit een opblaasbaar profiel. Het profiel moet constant onder druk gehouden worden waardoor het kwetsbaar wordt voor stroomstoringen en mankamenten aan de pomp. Verder is de stuw ook kwetsbaar voor aanvaringen.

13-

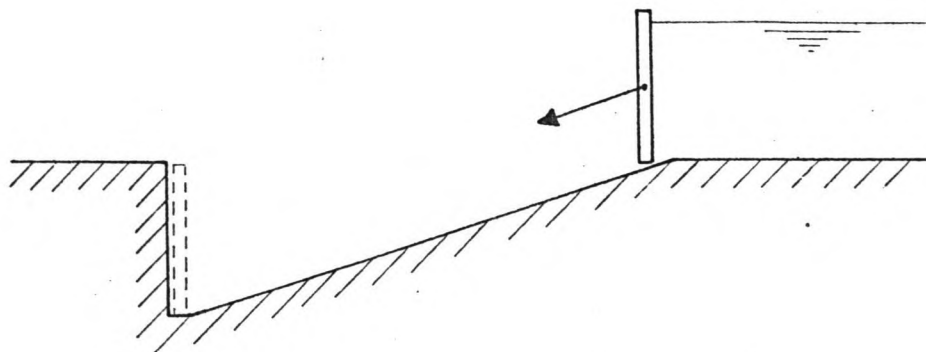


gesloten stand



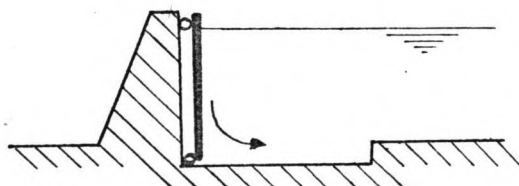
geopende stand

Het afsluitmiddel bestaat hier uit een aantal scharnierend aan elkaar verbonden planken die in geopende stand op elkaar gestapeld worden. Hiervoor is een relatief diepe nis nodig. De belasting op de planken kan zijdelings naar zij-aanslagen afgevoerd worden.



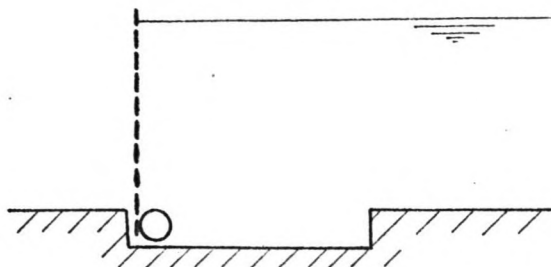
Het afsluutmiddel bestaat hier uit een verticaal schot dat langs een hellingbaan in een onderwaternis verdwijnt. Deze hellingbaan kan zowel in de stroomopwaartse als in de stroomafwaartse richting lopen. In beide gevallen zijn er uitgebreide voorzieningen nodig om de schuif tijdens het bewegen stabiel te laten zijn en verder zal de nis waarin de schuif verdwijnt gevoelig zijn voor inslibbing en de weerstand tijdens het lozen vergroten. Ook zal door de hellingbaan de constructie lang worden.

15- Kantelstuw.



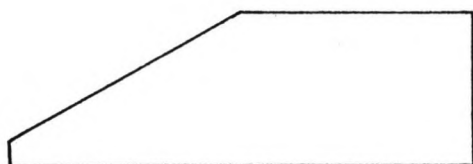
Deze stuw bestaat uit een schot dat in gesloten stand verticaal staat en in geopende stand horizontaal ligt. Het bewegen geschiedt door rollen onder- en bovenaan het schot. Tijdens het openen moet het schot tegen de waterdruk in bewogen worden.

16- Roldeur.

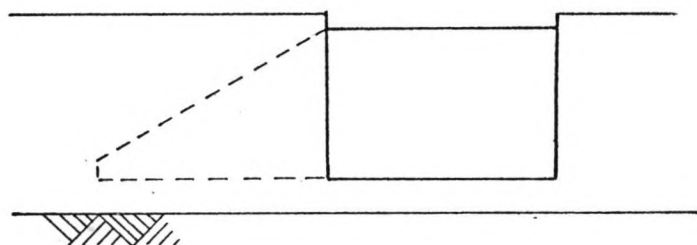


Deze oplossing bestaat uit een aantal scharnierend aan elkaar verbonden planken die middels een rol onderaan de pijlerconstructie tijdens het bewegen om de hoek geleid kunnen worden en dan in geopende stand horizontaal komen te liggen. Een nadeel van deze oplossing vormen de vele scharnieren.

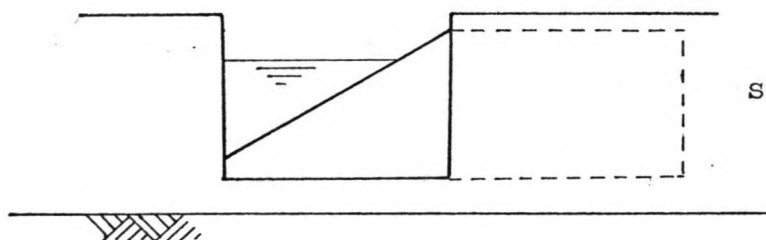
17-



de deur



stuw gesloten

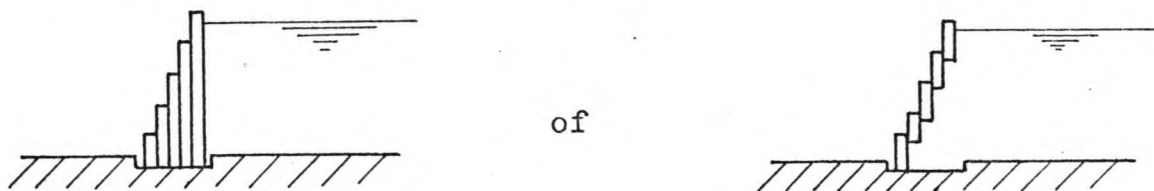


stuw open

vooraanzichten

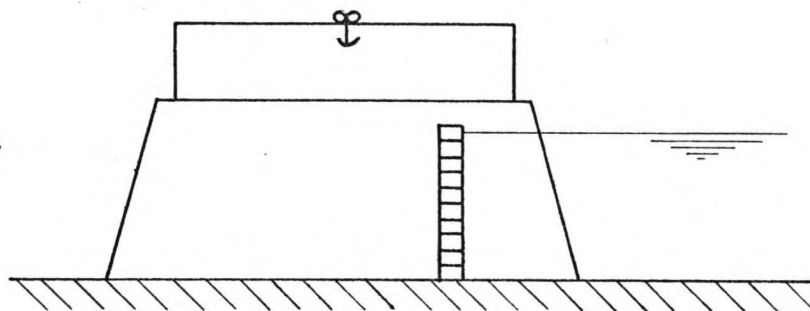
Deze oplossing, die in feite een gekunstelde vorm is van "water stroomt over afsluitmiddel" en "afsluitmiddel transleert naar opzij" heeft als voordeel dat de stuwopening geleidelijk wordt vrijgegeven en als nadeel dat de stuwopening niet zo erg groot is en de stuw een groot breedtebeslag heeft.

18- Een aantal roldeuren achter elkaar.



Het openen geschiedt door eerst de hoogste roldeur te verwijderen, vervolgens de een na hoogste, enzovoort. Het voordeel van deze stuw boven een gewone roldeur is dat de stuwopening geleidelijk vrijgegeven kan worden. Als nadelen zijn te noemen: het grote aantal deuren, het breedtebeslag en de niet zo eenvoudig te realiseren waterdichting, ondersteuning in gesloten stand en de geleiding van de deur tijdens het openen.

19- Schotbalkenstuw.



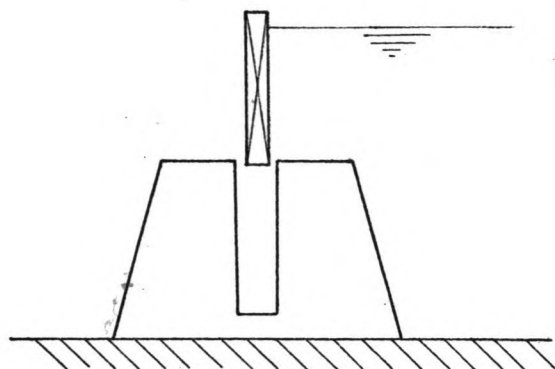
Het afsluitmiddel bestaat hier uit een aantal op elkaar gestapelde schotbalken. Om de stuw te openen moeten dezen er m.b.v. een loopkat uitgetild worden waarna ze boven de waterspiegel op de pijlers weggezet kunnen worden. Hier zijn ze goed bereikbaar voor onderhoud.

Men kan overwegen om de stromingsdruk op een schotbalk tijdens het hijsen te verminderen door aan de bovenstroomse zijde van de schotbalk een kleine rolschuif gelijk op te bewegen.

De waterdichtheid wordt verkregen door de balken op elkaar te laten rusten. Dit stelt echter wel hoge eisen aan de maatvastheid en vormvastheid van de balken aangezien er anders spleten kunnen ontstaan.

Het is mogelijk om een loopkat meerdere openingen te laten bedienen.

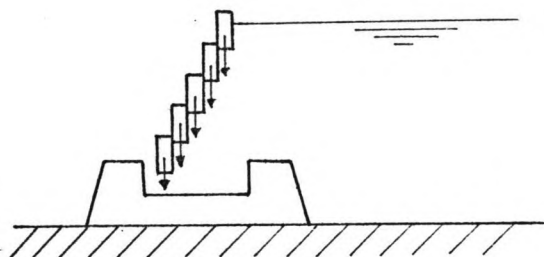
20- Afzinkdeur.



In dit geval wordt de deur in een onderwaterkamer afgezonken. Een voordeel van deze oplossing is dat tijdens het openen onder verval het eigen gewicht meewerkt om de wrijving te overwinnen.

Als nadelen zijn te noemen: de aanleg van een diepe kamer en het feit dat de deur altijd onder water is.

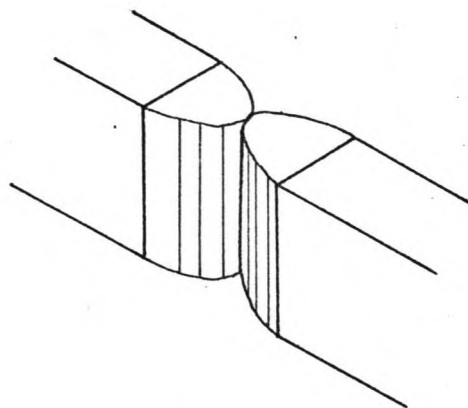
21- Afzinkbare schotbalken.



Hier is in feite de afzinkdeur (zie nr. 20) in stukjes geknipt die de een na de ander, beginnend bij de hoogste, afgezonken kunnen worden.

Vergeleken met de afzinkdeur is nu geen diepe kamer nodig. Daarentegen is het aantal bewegingswerken nu vermeerderd omdat ieder deel zijn eigen bewegingswerk nodig heeft. Ook is de waterafdichting moeilijker geworden.

22- Verticale schulpstuw.



Dit is een oppompbare stuw waarbij het grondvlak niet horizontaal ligt maar verticaal staat. Over deze oplossing kunnen dezelfde opmerkingen gemaakt worden als bij 12.

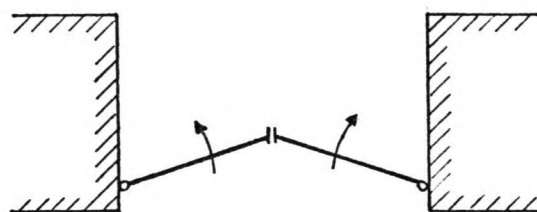
23- Harmonicadeur.



bovenaanzicht

Het afsluitmiddel bestaat hier uit een aantal verticale delen die middels verticale pianoscharnieren met elkaar verbonden zijn. Het verschil met 13 is dat de delen in geopende stand niet op elkaar gestapeld zijn maar tegen elkaar aan geschoven worden.

24- Puntdeuren.

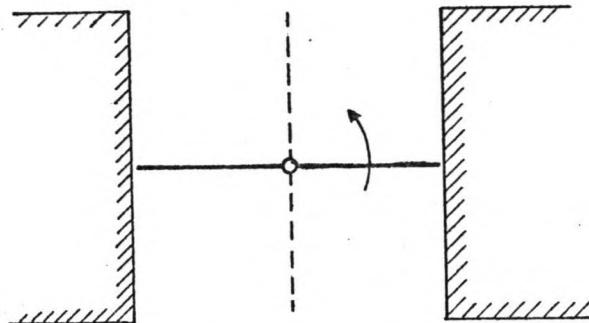


bovenaanzicht

Bij deze, van de schutsluizen bekende oplossing, zal, afhankelijk van welke zijde als bovenstroomse zijde gekozen wordt, de deuren tegen de waterdruk in geopend moeten worden of het gehele droge seizoen d.m.v. drukcilinders o.i.d. tegen de

waterdruk in gesloten gehouden moeten worden. In beide gevallen moet er een grote kracht uitgeoefend worden. Denkbaar is een toepassing als waaierdeur om deze kracht te leveren. Hierdoor zal het breedtebeslag wel toenemen.

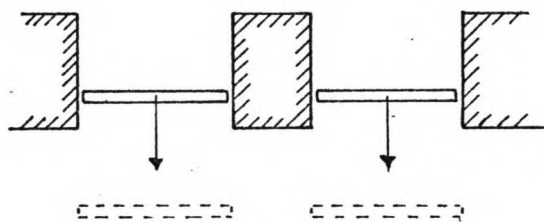
25- Draaideur met middenscharnier.



bovenaanzicht

In dit geval kan de waterdruk op de deur zodanig uitgebalanceerd worden dat voor het bewegen weinig kracht nodig is. Het feit dat de deur zich in geopende stand nog in de opening bevindt zal een extra weerstand geven.

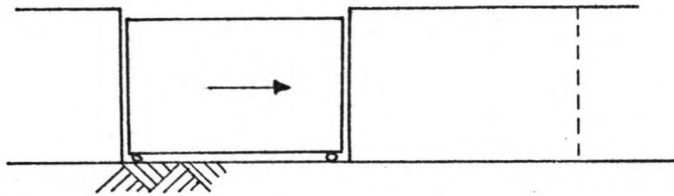
26- In de stroomrichting translaterende deur.



bovenaanzicht

De deur kan hier, bijvoorbeeld door plaatsing op rolwagens, in de stroomrichting verschoven worden. In geopende stand zal de deur zich echter nog in de stroom bevinden en een aanzienlijke weerstand uitoefenen.

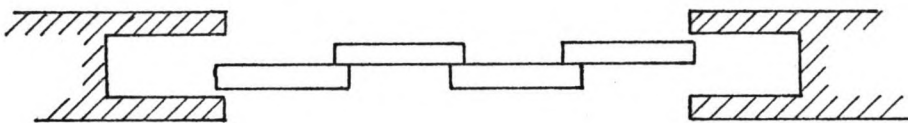
27- Roldeur.



vooraanzicht

Deze oplossing heeft als nadeel dat hij nogal wat plaats in de breedte vraagt. Verder is het moeilijk om tijdens het openen onder verval de deur voldoende stabiliteit te geven.

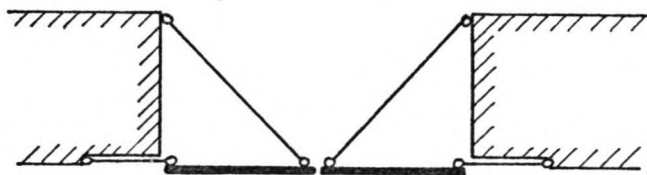
28- Gedeelde roldeur.



bovenaanzicht

Om het nadeel van het grote breedtebeslag van een gewone roldeur op te vangen zou deze in een aantal delen gesplitst kunnen worden die achter elkaar in de nis gerold worden. Als nadeel geldt dat de mogelijke lekkage aanzienlijk toeneemt terwijl ook het opvangen van de waterdruk op de delen niet zo eenvoudig is. Denkbaar is een oplossing om over de opening aan de bovenkant een geleidebalk aan te brengen zodat de delen niet in de breedte maar in de hoogte overspannen.

29-



stuw gesloten

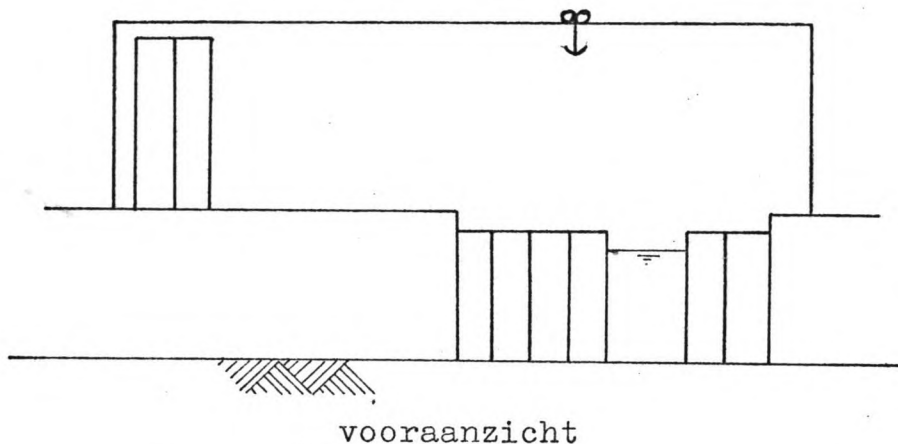


stuw open

bovenaanzichten

Bij deze stuw is de beweging hetzelfde als bij een moderne treindeur. Afhankelijk van wat als waterkerende zijde wordt gekozen moet de deur tegen de waterdruk in geopend of moeizaam tegen de waterdruk in gesloten gehouden worden.

30-

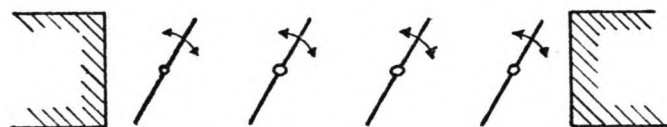


stuw gedeeltelijk open

Het afsluutmiddel bestaat hier uit een aantal naast elkaar geplaatste elementen die d.m.v. een loopkat uit de opening getild en zijwaarts op de pijler geplaatst kunnen worden. De nadelen van deze oplossing zijn: het grote breedtebeslag, het grote aantal spleten tussen de elementen en het grote benodigde eigen gewicht van de elementen om kantelen en glijden te voorkomen. Met het laatste hangt ook de dimensionering van de loopkat samen.

Het is mogelijk om een loopkat meerdere openingen te laten bedienen.

31- Jaloezieën met verticale draaiingsas.

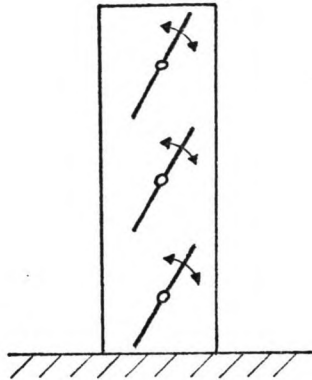


bovenaanzicht

In feite is dit een opdeling van oplossing 25 in meerdere delen. Doordat de elementen kleiner geworden zijn kan de constructie ook lichter worden. Daar staat tegenover dat

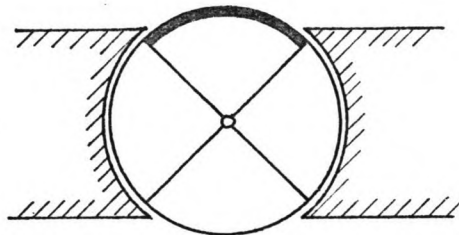
het aantal storende elementen in de opening is toegenomen evenals het aantal mogelijke lekwegen.

32- Jaloezieën met horizontale draaiingsas.



Deze oplossing is in feite een opdeling van oplossing 10 in meerdere delen. Hierover kunnen dezelfde opmerkingen gemaakt worden als bij 31.

33- Cirkelsegmentstuw met verticale as.



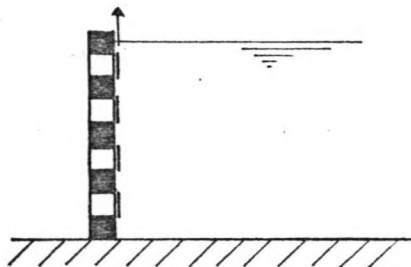
bovenaanzicht

In dit geval bestaat het afsluitmiddel uit een cylinder met verticale draaiingsas die voor $1/4$ deel dicht en voor de rest open is. Indien gesloten bevindt het dichte, waterkerende, deel zich aan de bovenstroomse of benedenstroomse zijde van de stuw. Openen geschiedt door de cylinder 90° te draaien waardoor het waterkerende deel aan de zijkant komt.

De verticale as en eventuele verstijvingen vormen storende elementen in het doorstroomprofiel.

Doordat het zwaartepunt zich bij openen en sluiten slechts horizontaal verplaatst en het afsluitmiddel niet tegen de waterdruk in bewegen hoeft te worden kan het bewegingswerk licht zijn.

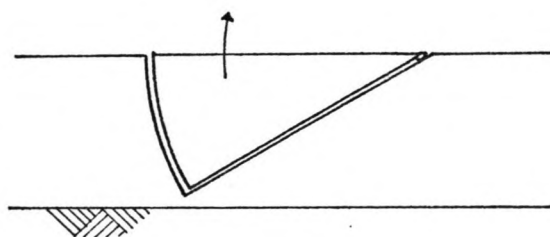
34- Geperforeerde wand met schuif.



Hier bestaat het afsluitmiddel uit een wand met openingen die d.m.v. een speciale schuif afgesloten kunnen worden. De hefhoogte van de schuif is in tegenstelling tot die bij een gewone hefdeur gering.

De vele relatief kleine openingen zullen de doorstroming aanzienlijk belemmeren. Deze oplossing is ideaal als over een grote breedte en hoogte een goed verdeeld klein debiet afgelaten moet worden maar niet om, zoals hier het geval is, over een beperkte breedte een zeer groot debiet door te laten.

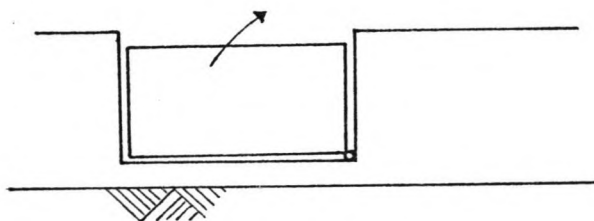
35-



vooraanzicht

Deze oplossing is te vergelijken met nr.7. Het verschil bestaat hierin dat het cirkelsegment niet naar beneden maar naar boven gedraaid wordt bij het openen zodat de diepe nis vervalst.

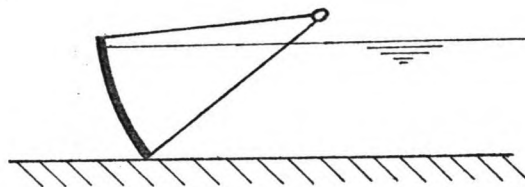
36-



vooraanzicht

I.p.v. het cirkelsegment bij 35 kan men ook van een rechthoekige deur met een scharnier in een benedenhoek gebruik maken. Het voordeel is dat er dan meer opening vrijgegeven wordt, een nadeel is dat het zwaartepunt een grotere verticale verplaatsing ondergaat bij het openen.

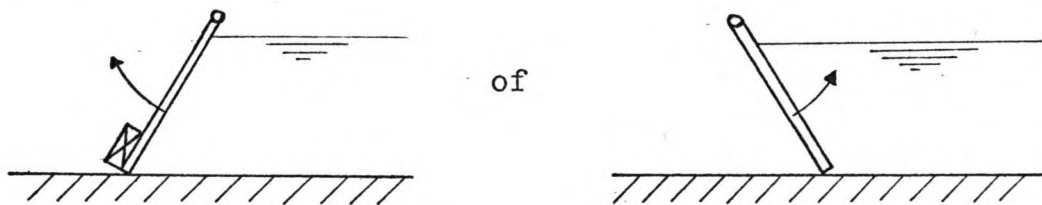
37- Segmentstuw.



Bij deze stuw gaat, als het stuwvlak een deel van een cirkel met het draaipunt van het segment als middelpunt is, de waterdruk door het draaipunt zodat bij het openen van de stuw alleen het eigen gewicht en de tapwrijving overwonnen moeten worden. Hierdoor kunnen de hefkrachten gering zijn.

Als nadeel geldt dat het afsluitmiddel zelf duurder zal zijn dan een gewone rechthoekige deur door de aanwezigheid van de steunarmen en het gebogen stuwvlak.

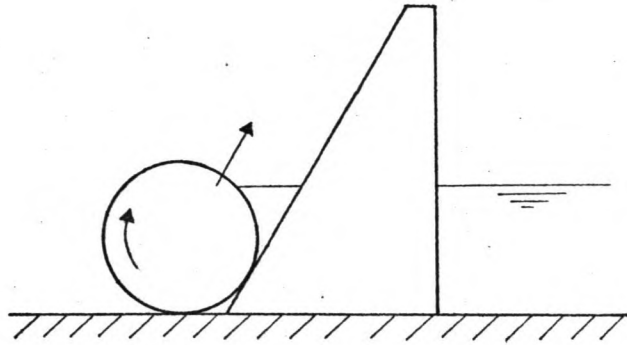
38- Klepstuw met bovenscharnier.



Het draaipunt bevindt zich hier, in tegenstelling tot bij nr.8, boven water dus voor onderhoud bereikbaar. Om te voorkomen dat in gesloten stand de klep door de waterdruk geopend wordt kan gedacht worden aan een ballastkist onderaan de klep. Hierdoor neemt het eigen gewicht wel toe.

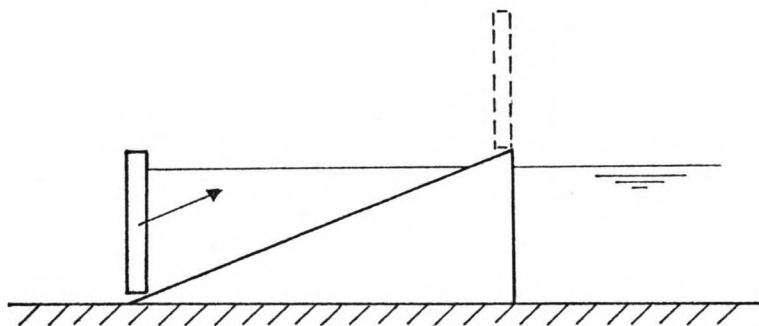
Een variant is om de klep door de waterdruk dicht te laten drukken. Hierbij moet de klep bij openen onder verval echter wel tegen de waterdruk in getrokken worden.

39- Cylinderstuw.



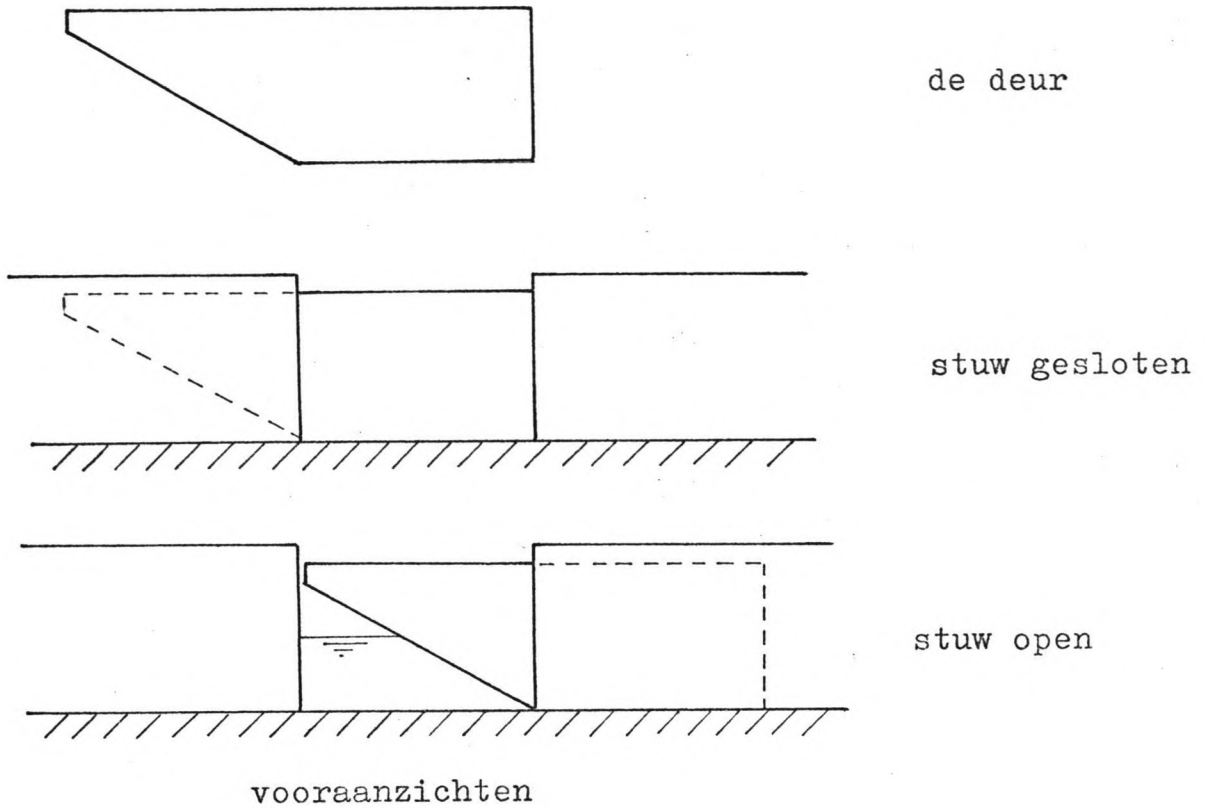
Deze oplossing bestaat uit een cylinder die bij het openen tegen een helling omhoog rolt. Het afsluutmiddel is torsiestijf zodat een eenzijdige aandrijving mogelijk is. Een nadeel is dat het een vrij dure constructie is.

40-



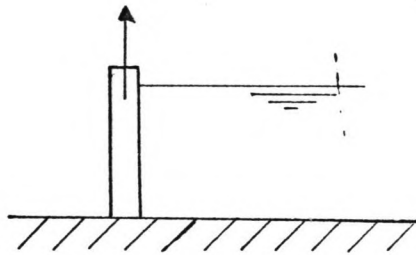
Deze oplossing is te vergelijken met nr.14. Hij verschilt hiervan doordat de schuif nu boven water komt zodat er geen diepe nis met alle daaraan verbonden nadelen nodig. Doordat de schuif langs een helling beweegt is, om de schuif zelf te verplaatsen, een kleinere kracht nodig dan bij een hefdeur. Doordat de schuif tegen de waterdruk in beweegt wordt dit gunstige effect weer teniet gedaan.

41-



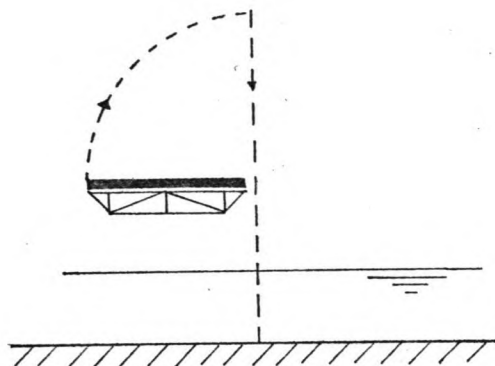
Deze oplossing is identiek met nr.17 met dit verschil dat het water nu onder i.p.v. over het schuine deurgedeelte stroomt. Er kunnen hier dezelfde opmerkingen gemaakt worden als bij nr.17.

42- Hefdeur.

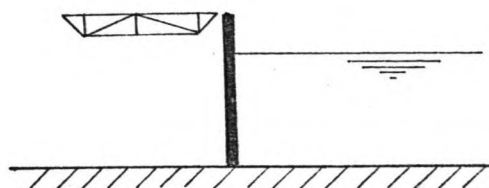


Bij deze oplossing zijn heftorens nodig om de deur boven water te krijgen. Behalve het eigen gewicht moet het bewegingswerk ook de wrijving op de zijaanslagen overwinnen. Een voordeel is dat de schuif voor onderhoud boven water kan komen.

43-



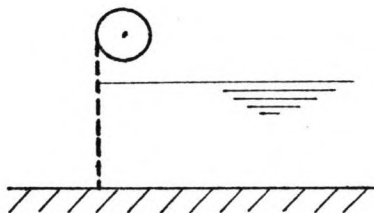
stuw open



stuw gesloten

Een uitbreiding op de beweging van de hefdeur is dat na het hijsen de deur 90° gekanteld wordt zodat ze horizontaal komt te liggen. Als voordeel boven de normale hefdeur geldt dat in geopende stand de deur minder opvalt hetgeen esthetisch aantrekkelijk kan zijn. De noodzaak van heftorens wordt op deze manier niet omzeild.

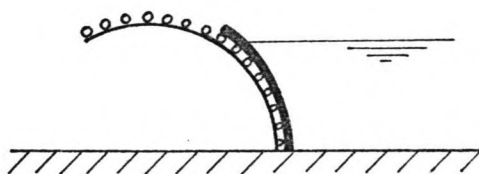
44- Oproldeur.



Bij deze oplossing bestaat de deur uit een aantal scharnierend aan elkaar verbonden delen die in geopende stand op een rol zijn gewikkeld.

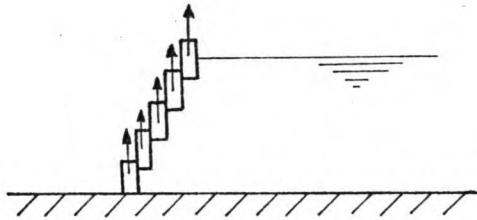
Een nadeel van deze oplossing wordt gevormd door het grote aantal scharnieren en de daardoor ingewikkelde constructie en moeilijke waterdichting.

45-



De stuw bestaat hier uit een gebogen stuwvlak dat middels rollen aan de pijler of het stuwvlak uit de stuwopening verwijderd kan worden. Esthetisch gezien is deze oplossing net zo aantrekkelijk als 44 maar de constructie is eenvoudiger.

46-



Deze oplossing is in feite een in stukjes geknipte hefdeur. Openen geschiedt door de laagste balk het eerste te heffen, daarna de een na laagste, enzovoort. Vergeleken met de hefdeur is nu een minder hoge heftoren nodig. Daarentegen is het aantal bewegingswerken vermeerderd omdat ieder deel zijn eigen bewegingswerk nodig heeft. Ook is het aantal lekwegen vergroot.

47- IJsdam.

In principe zou men als stuw ook een ijssdam kunnen gebruiken. Het theoretische voordeel hiervan is dat, als er een hoogwatergolf aankomt, het volledige dalprofiel vrijgegeven kan worden door de dam af te smelten zodat er zich dan geen enkel obstakel in de rivier bevindt.

Praktisch zal het verwezenlijken van een ijssdam in een gebied waar 's zomers de temperatuur tot 40°C kan oplopen niet eenvoudig zijn. Indien het al mogelijk is zal het in korte tijd afsmelten de nodige problemen geven. Tevens zullen koelbuizen nodig zijn die door de dam en, na afsmelten van de dam, door de doorstroomopening lopen zodat het theoretische voordeel van geen obstakel in de rivier niet meer op gaat. Er bevinden zich in tegendeel vele obstakels (koelbuizen) in de stroom.

48- Caissons.

De opening zou ook middels caissons afgesloten kunnen worden. Op het moment dat de opening geopend moet worden zal er sprake zijn van een waterstandsverschil aan beide zijden van een

caisson. Dit is te nivelleren door doorstroomopeningen in de caissons te openen. Opdrijven van een caisson is pas mogelijk als de waterstand aan beide zijden praktisch gelijk is. Het is de vraag of de waterdiepte daarna nog voldoende is om de caissons op te drijven.

Om de caissons te verplaatsen zou men duwboten kunnen lenen van de kolentransportmaatschappij. Als deze daartoe niet genegen is is men verplicht om zelf enige duw en/of sleepboten beschikbaar te houden.

Uit de 48 bedachte oplossingen moet er een gekozen worden en wel degene die in de onderhavige situatie het beste voldoet. Bij een aantal oplossingen is al vermeld dat ze niet in aanmerking komen. Op grond van een aantal overwegingen is nog van een groot aantal oplossingen te zeggen dat ze in dit geval niet de ideale oplossing zijn.

Een randvoorwaarde die aan de stuw gesteld wordt is dat hij in het dal past. Wil de ontwerpafvoer van $80.000 \text{ m}^3/\text{s}$ met een niet te groot verval over de stuw, bijvoorbeeld 1 m, de stuw passeren dan is er een doorstroomvlak van ongeveer 15.000 m^2 nodig. Wordt dit vergeleken met het beschikbare dwarsprofiel van ongeveer 50.000 m^2 waarin ook de sluis, drempel, landhoofden en stuwpijlers een plaats moeten vinden dan is het duidelijk dat dit invloed heeft op de keuze. Op grond van deze randvoorwaarde kunnen alle oplossingen waarbij niet efficiënt met de beschikbare ruimte wordt omgegaan zoals door een groot breedtebeslag of de aanwezigheid van storende elementen in de doorstroomopening verder buiten beschouwing blijven. Verder komen er een aantal oplossingen voor met een groot aantal scharnieren in het afsluitmiddel. Gezien de te verwachten grote afmetingen van de afsluitmiddelen zullen deze scharnieren ook op grote krachten gedimensioneerd moeten worden. Ze maken de constructie ingewikkeld dus duur terwijl er geen enkele reden is om ze in dit geval toe te passen.

Ook voor oplossingen waarbij het afsluitmiddel uit een groot aantal losse delen bestaat geldt dat ze onnodig ingewikkeld dus duur zijn. Tot slot zijn er nog een aantal oplossingen die op zich wel voldoen maar die vergeleken met andere oplossingen alleen meer nadelen hebben zoals oplossing 14 t.o.v. de afzinkdeur zodat ze niet de ideale oplossing vormen en dus buiten beschouwing kunnen blijven.

Na deze eerste selectie blijven er nog negen over waarvan niet eenvoudig aangetoond kan worden dat ze niet de ideale oplossing zijn. Deze oplossingen zijn:

- 8 : klepstuw
- 11 : cirkelsegmentstuw
- 19 : schotbalkenstuw
- 20 : afzinkdeur
- 24 : puntdeuren
- 37 : segmentstuw
- 38 : klepstuw met bovenscharnier
- 39 : cylinderstuw
- 42 : hefdeur

Deze oplossingen zullen aan de hand van een aantal criteria intensiever met elkaar vergeleken worden. Deze criteria, die hierna uitgebreider besproken zullen worden, zijn:

- de kosten van aanleg en onderhoud moeten zo laag mogelijk zijn.
- de stuw moet eenvoudig en goed te onderhouden zijn.
- de stuw moet voldoende waterdicht zijn.
- de stuw moet geopend en gesloten kunnen worden als dat nodig is.
- maatschappelijke belangen.

Bij de kosten van de stuw zijn te onderscheiden de kosten van de bouw, het onderhoud en de bediening van de stuw.

De bouwkosten houden verband met de hoeveelheid verwerkt materiaal (staal en beton) in de pijlers, afsluitmiddelen, drempel en landhoofden. De laatste twee zullen bij alle varianten ongeveer even groot zijn en kunnen dus buiten beschouwing blijven.

Verder spelen ook een rol de arbeidskosten om het materiaal te verwerken die stijgen als de constructie ingewikkelder wordt en de kosten van het bewegingswerk.

De cylinderstuw zal van alle mogelijke oplossingen de grootste hoeveelheid staal vragen. Verder is deze ook qua vorm het meest gecompliceerd. Bij de schotbalkenstuw is de vorm van het afsluitmiddel het eenvoudigst. De kosten van het bewegingswerk zullen in dit geval ook het laagste zijn omdat een loopkat meerdere openingen kan bedienen en de takel slechts een schotbalk tegelijk hoeft op te tillen en niet het gehele afsluitmiddel in een keer.

Bij de puntdeuren zal het bewegingswerk het duurste zijn gezien de grote krachten die uitgeoefend moeten worden.

De onderhoudskosten worden bepaald door de mate van slijtage en verwerking en de bereikbaarheid. Het onderdeel dat het meest aan slijtage onderhevig is is de afdichtstrip. Bij een afsluitmiddel waarbij de afdichtstrip tijdens het bewegen langs de aanslag schuurt zal deze meer slijten dan bij een afsluitmiddel waarbij hij vrij komt van de aanslag.

De verschillende oplossingen zullen allen dezelfde mate van verwerking ondergaan aangezien ze allen uit dezelfde materialen (staal en beton) opgebouwd zijn en in hetzelfde klimaat staan. Hierop behoeven ze dus niet met elkaar vergeleken te worden.

De bereikbaarheid van de verschillende onderdelen bepaalt de hoeveelheid arbeidstijd die nodig is voor het onderhoud. Zo is bij de afzinkdeur de bereikbaarheid van de afdichtstrip slecht omdat deze zich altijd onder water bevindt.

Aangezien de stuw het gehele droge seizoen gesloten moet blijven om het stuwpeil te handhaven en in het natte seizoen waarschijnlijk niet vaak bewogen zal worden (door de ruimte die er tussen stuwpeil en maximum reservoir niveau bestaat kunnen kleine afvoergolven over het afsluitmiddel afgevoerd worden) zullen de kosten van de bediening gering zijn en tevens voor alle varianten ongeveer gelijk. Dit aspect wordt verder niet in de onderlinge afweging betrokken. In principe zijn alle kosten in geld uit te drukken. Hiervoor is het echter nodig om van alle varianten een uitgewerkt ontwerp te maken hetgeen hier te ver voert. Vandaar dat er met een kwalitatieveafweging gewerkt wordt.

Hiervoor is al gesproken over het kostenaspect dat met onderhoud samenhangt maar onderhoud heeft ook invloed op het goed functioneren en de levensduur van de constructie. Daarom wordt er nog apart aandacht aan besteed.

De onderdelen van de stuw die onderhoud behoeven zijn: het bewegingswerk, de waterdichting en de schuif.

Onder het bewegingswerk kunnen alle onderdelen verstaan worden die nodig zijn om een afsluitmiddel te openen of te sluiten zoals: scharnieren, hefkabels, hijsinrichtingen, etc. Delen die altijd onder water zitten zoals bij de afzinkdeur de geleidestrips of -wielen en bij de klepstuw het scharnier zijn moeilijk te onder-

houden en te inspecteren aangezien daarvoor eerst de stuwopening drooggezet moet worden. Bij de schotbalkenstuw is de situatie t.a.v. het onderhoud van het bewegingswerk het eenvoudigste aangezien de loopkat altijd boven water is.

De waterdichting bestaat in principe uit een rubber strip. Indien het afsluitmiddel boven water kan komen als het reservoirniveau boven het stuwpeil ligt zoals bij de hefdeur is het vervangen hiervan een relatief eenvoudige bezigheid. In dit geval is inspectie ook eenvoudig. In andere gevallen moet de opening eerst middels noodkeringen drooggezet worden.

Het onderhoud van de schuif bestaat hoofdzakelijk uit schilderwerk om roestvorming tegen te gaan en eventueel het verwijderen van aangroei. Waar het afsluitmiddel boven water kan komen gaat dit eenvoudiger dan waar de opening eerst middels noodkeringen drooggezet moet worden. Bij de schotbalkenstuw is het schilderwerk het eenvoudigste aangezien de balken middels de loopkat o.i.d. naar een werkplaats aan het einde van de dam vervoerd kunnen worden. Daar is hij zonder steigerwerk o.i.d. van alle kanten goed bereikbaar.

Bij het onderhoud hoort ook het verwijderen van eventuele aanzandingen. Waar de drempel uit een horizontale bodem bestaat zal er enkel in de zijnissen wat aanzanding kunnen optreden. Waar de drempel een verdieping heeft kan wel aanzanding optreden die moeilijker te verwijderen is naarmate de verdieping dieper is.

De geplande minimumafvoer in de rivier is 300 à 600 m³/s. Deze afvoer zal in principe ook de stuw mogen passeren. Een gedeelte hiervan is nodig voor het schutten van de scheepvaart, een gedeelte zal verdampen en verder zal er voor lokaal gebruik ook water aan het pand onttrokken worden.

Hier staat tegenover dat er ook zijdelingse instroming van water (grondwater, afvalwater en beekjes) zal plaatsvinden. Als men de gemiddelde afvoercijfers van Gardeshwar en Mortakka met elkaar vergelijkt blijkt dat in het droge seizoen de onttrekking en instroming op dit traject elkaar vrij aardig in evenwicht houden. Voorzichtigheid is evenwel geboden om dit gegeven ook voor de toekomst te gebruiken. Door de aanwezigheid van een groot waterreservoir in de nabijheid kan het gebruik van irrigatiewater toenemen zodat moeilijk te zeggen is welke lek in de toekomst bij

Harinphal door stuw en ondergrond toelaatbaar is. Wel kan de conclusie getrokken worden dat het niet teveel mag zijn. Als er meer water uit het riviertraject verdwijnt dan er in komt zal het waterniveau langzaam zakken waardoor de scheepvaart in de problemen komt. Aangezien de stuw juist aangelegd wordt om de scheepvaart voldoende waterdiepte te geven mag dit niet gebeuren. Aan de waterdichtheid van de stuw worden daarom vrij strenge eisen gesteld. De waterdichtheid hangt in de eerste plaats af van het aantal mogelijke lekwegen. De schotbalkenstuw voldoet in dit opzicht slecht omdat er daar tussen iedere twee schotbalken een spleet zit.

Verder speelt de zekerheid van de dichting een rol. Afsluitmiddelen waarbij de afdichtstrip door het gewicht van de schuif of de waterdruk op de schuif worden samengedrukt bieden een grotere zekerheid dan die waarbij dit niet het geval is.

De waterdichtheid kan ook onvoldoende worden als door vervormingen t.g.v. de belasting, temperatuur o.i.d. de ruimte tussen afsluitmiddel en oplegzone zo groot wordt dat de afdichtstrip dit niet meer kan overbruggen.

Waterverlies kan ook optreden als een schip tegen het afsluitmiddel botst en zodoende een lek veroorzaakt. Deze gebeurtenis kan tot de zeldzame gebeurtenissen gerekend worden aangezien de scheepvaart normaal door de sluis gaat en ook daarheen geleid wordt. Verder treedt in dit geval het waterverlies maar bij één afsluitmiddel op zodat dit ook een reden is om niet teveel gewicht aan de mogelijke beschadiging bij aanvaring toe te kennen.

In het droge seizoen zal de stuw gesloten zijn maar als er, in het natte seizoen, een hoogwatergolf aankomt moet de stuw geopend zijn. Er mag worden gerekend op een waarschuwingstijd van 24 uur.

Voor het beheer van de stuw zijn er een aantal mogelijkheden:

- Men kan aan het begin van het natte seizoen de stuw openen en aan het einde ervan weer sluiten. De voordelen hiervan zijn dat zowel het openen als het sluiten net zo rustig kan gebeuren als men wenst en er alle tijd is om bij een eventuele weigering maatregelen te nemen. Het nadeel is dat er het gehele natte seizoen, dus niet alleen tijdens hoogwatergolven, geen scheepvaart mogelijk is.
- Men kan met het openen van de stuw ook wachten totdat de eerste hoogwatergolf eraan komt. Kleine afvoergolven kunnen over de gesloten stuw gespuid worden. Nu vindt het openen later in het

seizoen plaats, mede doordat de eerste hoogwatergolven in bovenstroomse reservoirs worden opgevangen en de stuw dus niet bereiken. Voor het tijdstip van sluiten heeft men de mogelijkheid om hiermee te wachten tot na het natte seizoen of op een zodanig moment dat de staart van de hoogwatergolf voldoende is om het gedeelte Harinphal - Sahashra Dhara tot het stuwpeil te vullen. In het eerste geval ligt de scheepvaart stil totdat het waterniveau in het Sardar Sarovar reservoir tot 135⁺ gestegen is. In het tweede geval moet het moment van sluiten goed gekozen worden.

Er wordt hier verder vanuit gegaan dat de stuw geopend wordt als er een hoogwatergolf aankomt zodat de scheepvaart zolang mogelijk kan doorgaan. Uit het oogpunt van de scheepvaart is het gewenst dat na de hoogwatergolf het stuwpeil weer aanwezig is. Dit betekent dat er in stromend water gesloten moet worden.

Bij het openen en sluiten van de stuw valt in de eerste plaats op dat dit onder verval moet geschieden. Dit zal bij een segmentstuw gemakkelijk gaan maar bij de puntdeuren meer moeite vergen.

Verder moet het openen en sluiten in een beperkte tijd plaats vinden. In het algemeen zal dit geen problemen geven maar bij de schotbalkenstuw, waarbij de elementen er een voor een uitgetild of geplaatst moeten worden kan dit wel kritiek worden.

Ook kan in dit verband de kans dat een afsluitmiddel weigert open of dicht te gaan genoemd worden. Als een afsluitmiddel weigert open te gaan zal het verval over de stuw toenemen, weigert hij dicht te gaan dan kan het stuwpeil niet gehandhaafd worden. Dit weigeren kan gebeuren als het bewegingswerk kapot gaat of als het afsluitmiddel klem loopt. Vooral de cirkelsegmentstuw is voor het laatste gevoelig.

Een laatste aspect bij het openen is dat er daarbij hoge stroomsnelheden kunnen ontstaan die aanleiding kunnen zijn voor ontgrondingen en waartegen dus maatregelen genomen moeten worden. Voor het openen is 24 uur beschikbaar en deze tijd kan men benutten om het debiet te beheersen door het afsluitmiddel langzaam te openen. Dit beheersen gaat bij onderafvoer beter dan bij bovenafvoer. Bij de puntdeuren zal het beheersen moeilijk gaan omdat een kleine variatie in de druk van de bewegingscilinders grote verplaatsingen tot gevolg heeft.

Behalve de hiervoor behandelde punten, die de stuw en het functio-

neren ervan zelf betreffen, kan men ook vanuit de omgeving de stuw bekijken.

In de eerste plaats kan er daarbij gekeken worden hoe de stuw in het landschap past. Een stuw waarbij hoge constructies nodig zijn zoals bij de hefdeur zal meer domineren dan een waarbij dit niet het geval is. Of men dit mooi of lelijk vindt is een kwestie van smaak. Vanwege dit zuiver persoonlijke element wordt het buiten beschouwing gelaten.

Verder kan er ook naar milieubelangen gekeken worden. De keuze van een bepaald type stuw verandert niets aan de waterhuishouding en dus ook niets aan het milieu. Wel kan men overwegen of de aanleg van een vistrap zinvol is maar zo'n constructie staat naast de eigenlijke stuw en heeft dus niets met de keuze daarvan te maken. Aangezien een deel van het jaar de waterstand boven het stuwpeil ligt is het zinvol om de scheepvaart in deze periode door de stuwopeningen te laten passeren en zodoende het obstakel sluis te vermijden. Daar waar het afsluitmiddel onder water verdwijnt of, zoals bij de puntdeuren, in nissen aan de zijkant is dit mogelijk. Daar waar het afsluitmiddel boven water hangt moeten maatregelen genomen worden om bij één of twee openingen het afsluitmiddel zover te kunnen hijsen dat onderdoorvaart mogelijk is. Vanzelfsprekend moet de breedte van de opening ook voldoende zijn maar dit geldt voor alle stuwtypen.

Het landverkeer kan ook bepaalde eisen aan de stuw stellen in die zin dat een brug over het complex moet kunnen lopen die de beide rivieroeveren met elkaar verbindt. Bij alle varianten is het echter mogelijk om een brug over de stuwpijlers aan te leggen zodat op dit punt de varianten niet van elkaar verschillen.

In het voorgaande zijn een aantal beoordelingscriteria opgesomd die elk weer onderverdeeld zijn in een aantal detailaspecten. Terwille van de overzichtelijkheid worden ze nog eens systematisch vermeld:

A: kosten:	bouwkosten:	volume staal en beton
		ingewikkeldheid
		bewegingswerk
	onderhoudskosten:	slijtage
		bereikbaarheid

B: onderhoud: bewegingswerk
 waterafdichting
 schuif
 aanzanding

C: waterdichtheid: aantal lekwegen
 zekerheid afdichting
 vervormingen afsluitmiddel
 beschadiging bij aanvaring

D: openen & sluiten: onder verval
 in beperkte tijd
 kans op weigeren
 begrenzing debiet

E: doorlaten scheepvaart

Al deze aspecten zijn moeilijk correct in een objectieve grootheid als geld uit te drukken. Wel is het mogelijk om de varianten op deze punten onderling kwalitatief te vergelijken en de mate waarin ze aan het ideaal voldoen met een voldoeningcijfer aan te geven. De aspecten zullen niet allen even zwaar wegen. Door aan ieder aspect een waarderingcijfer toe te kennen die de zwaarte van het aspect t.o.v. de andere aspecten aangeeft, de voldoeningcijfers met de bijbehorende waarderingcijfers te vermenigvuldigen en per variant op te tellen kan men per variant een totale waardering krijgen. De variant met de hoogste waardering is, als alles goed is gedaan, de beste oplossing.

In de volgende matrix is de volgorde van belangrijkheid van de verschillende beoordelingscriteria bepaald.

	A	B	C	D	E
A: kosten	X	0	1	0	0
B: onderhoud	1	X	1	0	0
C: waterdichtheid	0	0	X	0	0
D: openen & sluiten	1	1	1	X	1
E: doorlaten scheepvaart	1	1	1	1	X
	3	2	4	1	0

De opzet is zodanig dat als er ergens een 1 is ingevuld dit betekent dat het in de kolom vermelde criterium belangrijker is geacht dan het op de rij vermelde criterium, bij een 0 is het net andersom.

Door de kolommen vervolgens op te tellen volgt er een onderlinge volgorde. Hieruit volgt een eerste schatting van de gewichten. Door de waardering van A met a aan te geven, die van B met b, enzovoort, is deze eerste schatting (de som van de waarderingcijfers is op 100 gesteld):

a= 30
b= 20
c= 40
d= 10
e= 0

Deze schatting is te verfijnen door te kijken of het goed voldoet aan een bepaald criterium en het slecht voldoet aan 2 of 3 anderen is te preferen boven het omgekeerde. Zo wordt een goedkope variant verkozen boven een oplossing die duur is maar wel makkelijk te onderhouden, zeer goed te openen en waarbij scheepvaartpassage gemakkelijk gaat dus:

$$a > b + d + f$$

Op dezelfde manier is te bepalen dat moet gelden:

$$b > d + e$$

$$c > a + e$$

$$c > a + b$$

Als op basis hiervan de waarderingcijfers gecorrigeerd worden resulteert er:

a= 28
b= 13
c= 47
d= 8
e= 4

De waarderingcijfers voor de criteria zijn nu toegekend. Ieder criterium is echter in een aantal detailaspecten opgedeeld die onderling ook niet even zwaar zijn. Dit is in rekening te brengen door per criterium aan de detailaspecten een waarderingcijfer toe te kennen die de onderlinge zwaarte aangeeft en waarvan de som 10 is. Door dit waarderingcijfer met het waarderingcijfer voor het criterium te vermenigvuldigen is de waardering van een detailaspect t.o.v. alle overige detailaspecten te verkrijgen. In de tabel op de volgende bladzijden is het voorgaande uitgewerkt.

	waardering			Klepstuw		cirkelsegment- stuw		schotbalkenstuw		afzinkdeur	
	criterium	detail	totaal	vold.	waard.	vold.	waard.	vold.	waard.	vold.	waard.
A: <u>kosten</u>	28	5	140	5	700	6	840	7	980	8	1120
volume staal en beton		1	28	7	196	6	168	8	224	7	196
ingewikkeldheid		1	28	8	224	7	196	9	252	6	168
bewegingswerk		1	28	7	196	6	168	4	112	7	196
slijtage		2	56	5	280	5	280	8	448	5	280
bereikbaarheid	13										
B: <u>onderhoud</u>		2	26	5	130	6	156	8	208	5	130
bewegingswerk		3	39	5	195	5	195	7	273	5	195
waterafdichting		2	26	6	156	6	156	8	208	6	156
schuif		3	39	4	156	4	156	7	273	3	117
aanzanding	47										
C: <u>waterdichtheid</u>		3	141	7	987	6	846	2	282	6	846
aantal lekwegen		3	141	6	846	6	846	6	846	7	987
zekerheid afdichting		3	141	6	846	6	846	4	564	7	987
vervormingen		1	47	7	329	7	329	7	329	7	329
beschadiging	8										
D: <u>openen & sluiten</u>		3	24	7	168	7	168	6	144	6	144
onder verval		2	16	7	112	7	112	5	80	7	112
in beperkte tijd		2	16	5	80	4	64	6	96	5	80
kans op weigeren		3	24	6	144	6	144	6	144	6	144
begrenzing debiet	4	10	40	7	280	7	280	7	280	7	280
E: <u>doorlaten scheepvaart</u>											
totale waardering			6025		5950		5743		6467		6467
onderlinge verhouding			87		86		83		93		93

vervolg

	puntdeuren		segmentstuw		klepstuw met bovenscharnier		cilindersstuw		hefdeur	
	vold.	waard.	vold.	waard.	vold.	waard.	vold.	waard.	vold.	waard.
A: <u>kosten</u>										
volume staal en beton	5	700	6	840	8	1120	2	280	9	1260
ingewikkeldheid	7	196	6	168	7	196	5	140	7	196
bewegingswerk	4	112	7	196	7	196	5	140	6	168
slijtage	7	196	6	168	7	196	5	140	7	196
bereikbaarheid	5	280	7	392	7	392	7	392	7	392
B: <u>onderhoud</u>										
bewegingswerk	3	78	7	182	7	182	7	182	7	182
waterafdichting	5	195	7	273	7	273	7	273	7	273
schuif	6	156	7	182	7	182	7	182	7	182
aanzanding	6	234	7	273	7	273	7	273	7	273
C: <u>waterdichtheid</u>										
aantal lekwegen	5	705	6	846	6	846	6	846	6	846
zekerheid afdichting	7	987	6	846	6	846	6	846	7	987
vervormingen	6	846	6	846	6	846	7	987	7	987
beschadiging	6	282	6	282	6	282	7	329	6	282
D: <u>openen & sluiten</u>										
onder verval	3	72	7	168	7	168	7	168	6	144
in beperkte tijd	7	112	7	112	7	112	7	112	7	112
kans op weigeren	5	80	7	112	7	112	7	112	6	96
begrenzing debiet	4	96	7	168	7	168	7	168	7	168
E: <u>doorlaten scheepvaart</u>										
doorlaten scheepvaart	7	280	6	240	4	160	5	200	5	200
totale waarderung		5607		6294		6550		5770		6944
onderlinge verhouding		81		91		94		83		100

Volgens deze tabel scoort de hefdeur het hoogste, daarom wordt deze ook gekozen. In de volgende hoofdstukken wordt op basis van deze keuze het ontwerp van de stuw verder uitgewerkt.

Terzijde wordt nog opgemerkt dat de voorgaande methode in wezen subjectief is. Het toekennen van voldoenings- en waarderingscijfers gebeurt op basis van de inzichten die de opsteller van de keuze-tabel op het moment van het opstellen heeft. Indien een andere opsteller of dezelfde enige tijd later het werk zou overdoen hoeft niet noodzakelijkerwijs dezelfde uitkomst verkregen te worden.

