

DI: 80165

VARIANTENSTUDIE ONDERTUNNELING ZANDKREEKSLUIS

"DE ZANDKREEKTUNNEL"

C8741

BIBLIOTHEEK
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Postbus 20.000
3502 LA Utrecht

BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT

NR. C 8741 BDU



Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

Afdeling	Civiele Techniek
Studierichting	Constructie / Waterbouwkunde
Afstudeerders	Martijn Tiemens en Robert Tannemaat
Begeleidende docenten	dhr. R. Gallé en dhr. F de Wit
Bedrijf	Bouwdienst Rijkswaterstaat te Utrecht
Adres	Grtiffioenlaan 2
Postcode / Plaats	3526 LA Utrecht
Contactpersoon	dhr. G. Beaufort (030-2857828)
Begeleiders	dhr. G. Beaufort, dhr. R. Camerik en dhr. J de Vries.

Inleiding

In de provincie Zeeland ligt in de Zandkreekdam, de verbinding tussen Zuid- en Noord Beveland een sluis, de Zandkreeksluis. Deze is gebouwd in het kader van de Deltawerken en heeft twee primaire functies;

Ten eerste het verbinden van het Veerse Meer met de Oosterschelde t.b.v. de scheepvaart en ten tweede ten behoeve van de waterhuishouding. Tevens heeft de sluis een primaire waterkerende functie. Over de sluis ligt, door de behoefte aan een verbinding van de twee oevers, een weg.

De weg over Zandkreekdam, de N256, vormt de verbinding tussen Goes en Zierikzee op respectievelijk Zuid Beveland en Schouwen Duiveland. Deze tweebaansweg kruist de sluis door middel van een enkele bascule brug. Hierdoor wordt de voor de scheepvaart geëiste onbeperkte doorvaarthoogte gerealiseerd.

Het Veerse Meer en de Zandkreeksluis hebben een belangrijke functie voor het scheepvaart verkeer, tussen Rotterdam en de Sloehaven (in de Westerschelde), dat een grote doorvaarthoogte nodig heeft. Voor dit soort schepen is het onmogelijk om de gebruikelijke (kortere) route, via het "kanaal door zuid Beveland" te gebruiken omdat dit kanaal gekruist wordt door hoogspanningsleidingen die de doorvaarthoogte beperken tot ca. 40 meter. Naast de beroepsvaart bestaat het grootste gedeelte van de scheepvaart uit pleziervaart, deze schepen hebben vaak een aanzienlijke masthoogte. Erg belangrijk bij deze kruising van het weg- en vaarverkeer is dan ook de onbeperkte doorvaarthoogte.

Probleemstelling

Door de provincie en Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, is het volgende probleem geconstateerd bij de hierboven genoemde kruising. Door het veelvuldig openen van de brug t.b.v. het gebruik van de sluis, ontstaan er stremmingen voor het wegverkeer.

Bij een lage verkeersintensiteit en in het laag seizoen (minder gebruik van de sluis) is deze stremming beperkt en daardoor geen probleem. Is de verkeersintensiteit op de weg en op het water daarentegen groot dan ontstaan er lange files en daardoor onacceptabele vertragingen.

Voor bovengenoemd probleem zijn een aantal verschillende oplossingen mogelijk, waaronder:

- Een extra beweegbare brug naast de bestaande;
- Een nieuwe beweegbare brug in plaats van de bestaande, die een veel grotere vrije doorvaarthoogte heeft en dus minder vaak open zal moeten;
- Een tunnel onder de sluis door;
- Een tunnel voor de sluis langs.

De twee brug-varianten worden momenteel door de Bouwdienst van Rijkswaterstaat onderzocht. Gekeken wordt of het haalbaar is om één of twee nieuwe bruggen naast de oude te plaatsen. Één van deze zou dan aan de andere kant buiten de sluis komen te liggen, om bij gebruik van de sluis het wegverkeer hier over om te leiden. Bij deze oplossingen wordt wel de capaciteit van de weg vergroot echter het probleem van de stremming wordt hiermee niet geheel opgelost.



Opdracht beschrijving

Bij deze afstudeeropdracht zou de Bouwdienst van Rijkswaterstaat een concurrerend alternatief willen zien in de vorm van een tunnel. Deze variant garandeert een onbeperkte doorvaarthoogte voor de scheepvaart gecombineerd met een continue verkeersstroom voor zowel het varend- als het wegverkeer.

De uitdaging van het zoeken naar een geschikte oplossing ligt niet zozeer in het zoeken naar de uiteindelijke vorm van de constructie maar in de methode van het aanbrengen van de constructie.

Verdeling studiepunten

De verdeling van de tijd uitgedrukt in studiepunten (1 studiepunt staat gelijk aan 40 klokuren werk) over de diverse onderwerpen is als volgt:

- Verzamelen van informatie, 2,5 spt;
- Probleemstelling, -analyse en opstellen eisen en randvoorwaarden, 3,5 spt;
- Literatuurstudie, grondvriezen en onderwaterbeton, 1 spt;
- Afweging van de alternatieven, 4 spt;
- Uitwerken van de gekozen oplossing, 2 spt;
- Voorbereiden van de presentatie, 1 spt.

Totaal 14 studiepunten (is minimaal 560 klokuren).



Samenvatting

In Zeeland ligt, tussen Noord en Zuid Beveland, ter afscheiding van de Oosterschelde en het Veerse Meer, de Zandkreeksdam met daarin de Zandkreeksluis. De dam is in het kader van de Deltawerken gebouwd en vervult een tweetal functies. Ten eerste een, voor het achterliggende land belangrijke, waterkerende functie en ten tweede vormt de dam, met de N256, een belangrijke wegverbinding tussen Noord en Zuid Beveland.

De sluis, gebouwd in 1959, is van groot belang voor de beroepsvaart. Dit komt doordat de sluis gelegen is in een scheepvaartroute van Rotterdam naar de Sloehaven in de Westerschelde waarbij een onbeperkte doorvaarthoogte is geëist. Een alternatieve route met deze onbeperkte doorvaarthoogte is er niet. De sluis voldoet aan deze eis door de aanwezigheid van een enkele bascule brug waarover het wegverkeer de sluis kruist.

Bij deze brug ontstaat het volgende, door Rijkswaterstaat geconstateerde, probleem; Doordat de verkeersintensiteit de laatste jaren flink is toegenomen ontstaat er bij opening van de brug onacceptabele stremming voor het wegverkeer.

Bij Rijkswaterstaat en de Provincie Zeeland bestaat de wens hiervoor een oplossing te zoeken. Intern wordt op het ogenblik gewerkt aan een variantenstudie voor de uitbreiding van de huidige capaciteit van de brug.

De opdracht van Rijkswaterstaat voor dit afstudeerwerk bestaat uit het zoeken van een concurrerend alternatief in de vorm van een tunnel.

Naast de aanpassingen van de weg, wordt door Rijkswaterstaat ook gewerkt aan een doorlaatwerk in de dam ten behoeve van de verbetering van de waterkwaliteit in het Veerse Meer. Of en wanneer dit doorlaatwerk gebouwd zal worden is nog onzeker. Een gecombineerde uitvoering met het tunnelalternatief, is zeer gunstig voor beide problemen en behoort daardoor tot de mogelijkheid. Dit zal namelijk uiteindelijk leiden tot een beperking van de stremming tijdens de uitvoering van het doorlaatwerk omdat tijdens de bouw van het doorlaatwerk, bij een gecombineerde uitvoering, het verkeer, zowel het langzaam, als het snelverkeer, gebruik zal kunnen maken van de tunnel.

Uiteraard dient de uiteindelijke oplossing te voldoen aan nog een aantal andere eisen en randvoorwaarden met betrekking tot het ontwerp en de uitvoering. De belangrijkste hiervan zijn:

- er mag geen stremming voor het wegverkeer optreden;
- er dient zo min mogelijk stremming op te treden voor het vaarverkeer;
- de doorvaarthoogte moet onbeperkt blijven;
- er moet rekening gehouden worden met een uitbreiding van de huidige weg naar twee keer twee rijstroken;
- de natuurwaarden van de Oosterschelde dienen zo min mogelijk aangetast te worden;
- de maximaal op tredende waterstand (N.A.P. + 3,50 m) dient ten alle tijde gekeerd te kunnen worden.

Voor bovengenoemd probleem zijn een groot aantal oplossingsmogelijkheden denkbaar. Om tot een zo goed mogelijke combinatie van de oplossingen te komen, worden de mogelijke oplossingen verdeeld in 4 onderdelen:

1. **Het tracé:** De tunnel kan onder de sluis door worden gemaakt maar ook door het Veerse Meer of de Oosterschelde. De keuze hiervan is sterk afhankelijk van de gekozen tunnelbouwmethode.
2. **De tunnelbouwmethode:**
Een groot aantal methoden zijn beschikbaar zoals: boortunnels, schuiftunnels, perstunnels, zinktunnels en, eventueel in combinatie met de laatste drie methoden, in-situ gebouwde tunnels
3. **De bouwkuipconstructie:**
Deze kan eveneens op een groot aantal manieren uitgevoerd worden. Denk hierbij aan betonnen (diep)wanden, stalen damwanden en folieconstructies. De gekozen constructie is wederom afhankelijk van de tunnelbouwmethode en de bestaande situatie.



4. De ondersteuningsconstructie van de sluis.

Bij een tunnel onder de sluis door dient de sluis ondersteund te worden. Hierbij kan gedacht worden aan een ondersteuning van: palen, jet-grouting, boorpaalwanden, grondvriezen, chemische injectie, etc.

Alle mogelijke oplossingen zijn, in drie fasen, afgewogen. Deze bestaan uit een "go no-go" fase waarin oplossingen, die niet mogelijk zijn, worden geschrapt, een fase waarin de overgebleven oplossingen worden getoetst aan het programma van eisen waarna een drietal oplossingen overblijft en een fase waarin de overgebleven oplossingen onderling worden vergeleken.

De drie overgebleven oplossingen zijn:

1. een in-situ gebouwde tunnel in het Veerse Meer;
2. een schuiftunnel onder de sluis (ondersteuning van de sluis door middel van grondvriestechnieken)
3. een gedeeltelijke in-situ gebouwde tunnel in de Oosterschelde waarbij het tunneldeel ter plaatse van de vaargeul wordt afgezonken.

Als "beste" oplossing is de in-situ tunnel in het Veerse meer naar voren gekomen. De om technische redenen meest interessante oplossing is de schuiftunnel onder de sluis. Deze is dan ook in dit afstudeerverslag verder uitgewerkt.

De uiteindelijke constructie is als volgt. De tunnelmotten worden in de bouwkuip gemaakt en ingeschoven. Voor het inschuiven van de tunnel onder de sluis zullen de moten worden onderverdeeld in twee elementen. Deze elementen worden van beide zijden van de sluis ingeduwd of getrokken. Om de sluis tijdens het inschuiven te ondersteunen zullen er wanden van bevroren grond worden toegepast. De toeritconstructie, die zal aansluiten op de tunnel, is opgebouwd uit stalen combiwanden met een vloer van onderwaterbeton met trekpalen.

In de eind situatie van het tunnelalternatief zal het langzaamverkeer gebruik maken van de bestaande route over de basculebrug op de kruin van de Zandkreekdam.

Ondertunneling in plaats van uitbreiding van de capaciteit van de brug biedt vooral het voordeel van volledige scheiding van het weg en vaarverkeersstromen. Een nadeel van de tunneloplossing zijn de hoge kosten.

Concluderend kan worden gezegd dat een ondertunneling ten opzichte van een overbrugging niet goedkoop is. Maar een "Zandkreektunnel" is zeker een goede investering voor de verdere toekomst en dat maakt de oplossing erg waardevol.



Summary

In Zeeland, between North- and South Beveland, the Zandkreekdam is situated. This dam separates the Oosterschelde from the Veerse Meer. There is also a shiplock situated in the dam, this is the "Zandkreeksluis".

The dam was built in accordance with the "Delta-works" and it serves two purposes. In the first place it has a function as an embankment for the area behind the dam, in the second place the dam, in conjunction with the N256, is a very important connection for the traffic between North- and South Beveland.

The shiplock, which was built in 1959, is of main importance (for professional shipping). This is because the shiplock is situated in the waterway between Rotterdam and the Sloehaven in the Westerschelde in which an unlimited height of ships can be accommodated. Therefore a demand for unlimited height is mandatory. No alternative route which also ensures unlimited height is available. The shiplock meets this demand by means of a single counterpoise bridge over the shiplock.

This bridge is where the problem, ascertained by "Rijkswaterstaat", originates. Because of the fact that the intensity of traffic has increased much during the last few years, **traffic suffers from unacceptable congestion which arises from opening the bridge.**

Both, "Rijkswaterstaat" and the province of Zeeland wish and find a solution for this problem. Within "Rijkswaterstaat" there is a study going on about the enlargement of the capacity of the bridge. The assignment for this study, provided by "Rijkswaterstaat", is to find a competitive alternative which has to consist of some sort of tunnel construction.

Next to the modification of the existing bridge, "Rijkswaterstaat" is also working on a project which comprehends a discharged sluice. This sluice should achieve an improvement of the quality of the water in the Veerse meer. If and when it will be built is still very doubtful.

In consequence of this a combined execution is a possibility from which both constructions can benefit. The congestion during the execution of the "discharged sluice" will not appear because the traffic, both cars, pedestrians and cyclists will be able to use the tunnel which is just finished by that time during the construction of the sluice.

Other requirements and demands the tunnel solution has to meet. Of which the most important are:

- no congestion for the traffic is allowed during construction;
- the appearing congestion for shipping has to be minimized during construction;
- there has to be unlimited height, also during construction;
- the environment of the Oosterschelde should be affected as less as reasonably possible;
- it should always be possible to stem the maximum height of the waterlevel (which is N.A.P. +3,5)

There is a great deal of possible solutions available. To ensure that the right combination of solutions is chosen the solutions have been divided into four different components:

1. The proposed route:

The tunnel can be placed directly under the shiplock but it can also be placed in the Veerse Meer or in the Oosterschelde. The choice will very much depend on the chosen tunnel execution method.

2. The tunnel execution method:

Many methods can be used. For instance, a tunnel drilling method, a tunnel shoving method, a tunnel pressing method a tunnel sinking method and an in-situ tunnel, possibly combined with other methods.

3. Trench construction:

The trench can also be constructed in a few different ways. The trench can be constructed from walls made with concrete trench techniques, sheet piles and methods which use foil.



4. Support system for the shiplock:

If the tunnel is constructed directly under the shiplock, the shiplock needs to be supported. The necessary support can be accomplished by means of: piles, jet-grouting, walls made out of piles, ground freezing and by injecting the ground with hardening chemicals.

The comparison of the solutions has been done in three separate phases. These phases are: Go no-go phase, in which the solutions that cannot or may not be executed will be cancelled. A phase in which the solutions left over will be compared to the demands and requirements concerning the design and the construction of the solution. After this phase is completed, three solutions remain. These solutions will be weighed against each other in the third phase. After that a "best solution" results for the existing problem.

The three solutions left over from the second phase are:

- Tunnel built in-situ in the Veerse Meer;
- Tunnel directly under the shiplock which is brought into place by means of shoving techniques. The support is established by walls from frozen ground
- Partially in-situ built tunnel in the Oosterschelde, the tunnel element which is placed in the fairway will be sunk into place.

The "best tunnel solution" is the in-situ tunnel in the Veerse Meer. The, because of the applied techniques, most interesting and therefor worked out solution, the one with the tunnel directly under the shiplock which is placed by means of shoving techniques.

The solution is worked out like this: The elements will be made in the trench after which they will be shoved into position. The tunnel consists of two parts which will be divided into two elements because of the operation in which the tunnel will be shoved into place. These elements will be pulled or pushed into place from either side of the shiplock. For the support of the shiplock a wall, made out of frozen ground will be used. The trench will be made from sheet piles and a floor from "under water concrete" (concrete which can be constructed under water due to special supplements). The floor will be held into place by piles which are capable of absorbing pulling forces.

In the final stage the cyclists, pedestrians and the traffic with a local destination will use the bridge and the road on the top of the Zandkreekdam.

A tunnelmethod in stead of enlarging the capacity of the bridge will, especially in the future, be very profitable. A disadvantage, is the high of this solution.

In conclusion it can be said that a solution which uses a tunnel instead of a bridge is not cheap. But a Zandkreektunnel will be a good investment for the future and this makes it very valuable.



Voorwoord

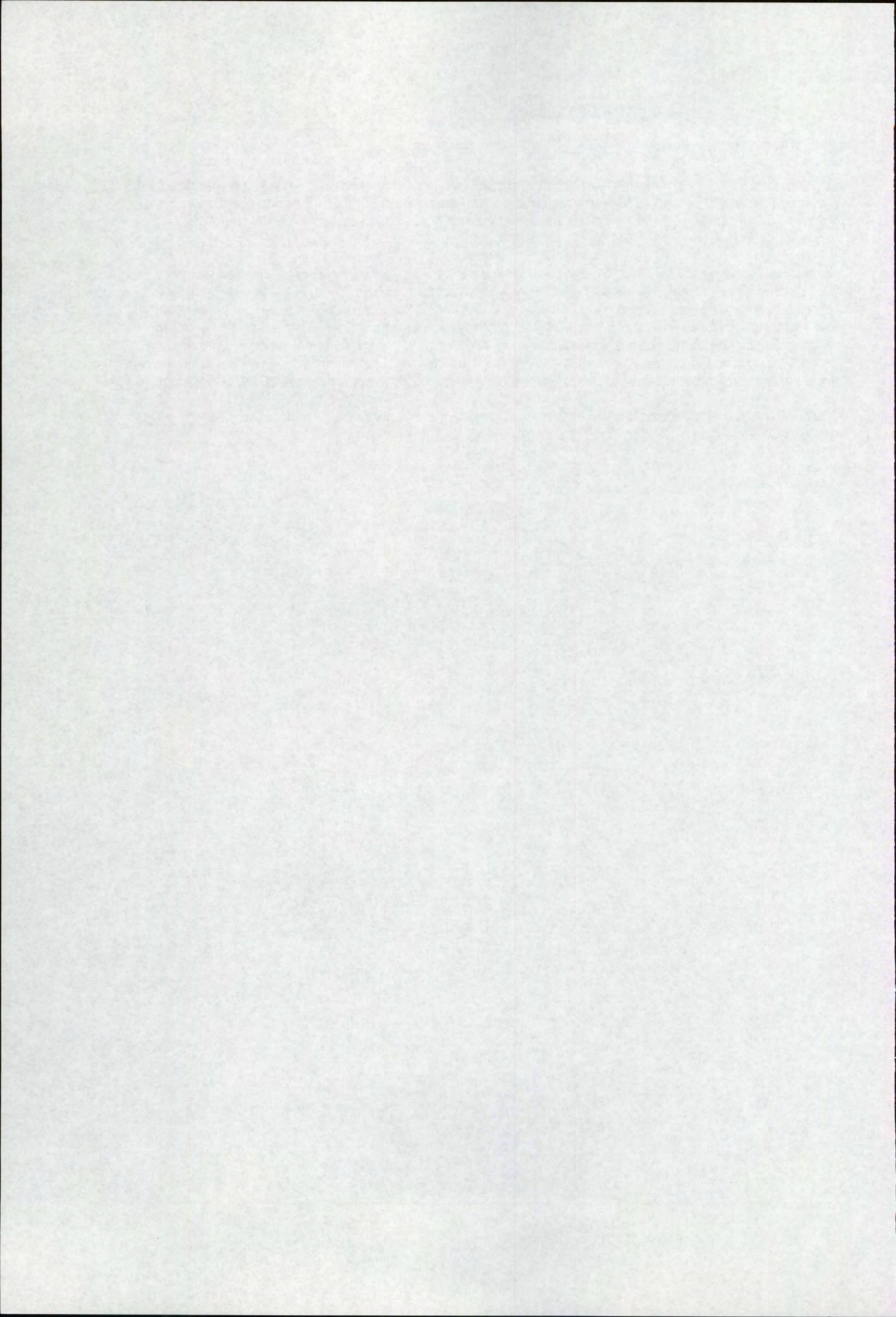
Van nul naar Zandkreektunnel in 14 weken, dit lijkt niet haalbaar maar toch zijn we er het grotendeels in geslaagd. Vooral in de laatste weken voor de inleverdatum heeft de computer per dag meer aan dan uit gestaan. Maar ondanks de grote tijdsdruk ligt het dan toch voor u. Ons afstudeerverslag over de ondertunneling van de Zandkreeksluis.

Zoals veelal gebruikelijk is willen wij dit voorwoord gebruiken om een aantal personen bedanken voor hun begeleiding bij dit project. Als eerste onze begeleider en contactpersoon bij de Bouwdienst Gé Beaufort voor de tijd die altijd kon worden vrij gemaakt en de altijd positieve insteek op de tijden dat wij heel even het spoor bijster waren. Naast Gé Beaufort gaat ook onze dank uit naar Rene Camerik voor de tijd en begeleiding tijdens de uitwerking van de oplossing. Als laatste willen we iedereen bij de Bouwdienst bedanken voor de tijd die we in gebruik hebben genomen voor het stellen van vragen en het zoeken naar informatie. Hierbij moet met name Jelle de Vries genoemd worden, voor de constructieve begeleiding.

Verder dank aan alle vaders, moeders en huisgenootjes voor de mentale en voedselrijke steun gedurende de laatste maanden.

Martijn Tiemens & Robert Tannemaat

Arnhem, 26 mei 1999





Inhoudsopgave

1 INLEIDING.....	1
2 SITUATIE OMSCHRIJVING.....	2
2.1 OMGEVING.....	2
2.2 ZANDKREEKDAM.....	2
2.3 ZANDKREEKSLUIS.....	3
2.4 VERKEER.....	3
2.5 GRONDMECHANISCHE GEGEVENS.....	4
3 EISEN EN RANDVOORWAARDEN.....	5
3.1 EISEN M.B.T. HET WEGVERKEER.....	5
3.2 EISEN M.B.T. HET SCHEEPVAARTVERKEER.....	6
3.3 ECONOMISCHE EISEN.....	6
3.4 OVERIGE EISEN.....	6
3.5 RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN.....	7
4 OPLOSSINGENSMOGELIJKHEDEN.....	9
4.1 TRACÉ VARIANTEN.....	9
4.2 TUNNELBOUWMETHODEN.....	9
4.3 UITVOERMETHODEN TOERITTEN.....	10
4.4 ONDERSTEUNING SLUIS.....	10
5 BEPALING HOOFDAFMETINGEN.....	12
5.1 INWENDIGE BREEDTE.....	12
5.2 INWENDIGE HOOGTE.....	13
5.3 VLUCHTROUTE.....	13
5.4 TUNNELAFMETINGEN.....	13
5.5 TECHNISCHE BESCHRIJVING TRACÉ VARIANTEN.....	14
6 AFWEGING VARIANTEN.....	16
6.1 FASE 1. GO - NO GO.....	16
6.2 FASE 1A. ONDERSTEUNINGSMETHODE EN TOERITTYPE KEUZE.....	17
6.3 FASE 2. KEUZE MATRIX.....	19
6.4 FASE 3. ONDERLINGE AFWEGING.....	21
7 TECHNISCHE OMSCHRIJVING.....	23
7.1 TUNNEL CONSTRUCTIE.....	23
7.2 TOERITCONSTRUCTIE.....	23
7.3 IJSWANDEN.....	24
7.4 SCHUIFPROCEDURE.....	24
7.5 ALGEMEEN.....	24
8 GLOBALE BOUWPLANNING.....	25
9 EINDCONCLUSIE.....	26
10 LITERATUUR.....	27



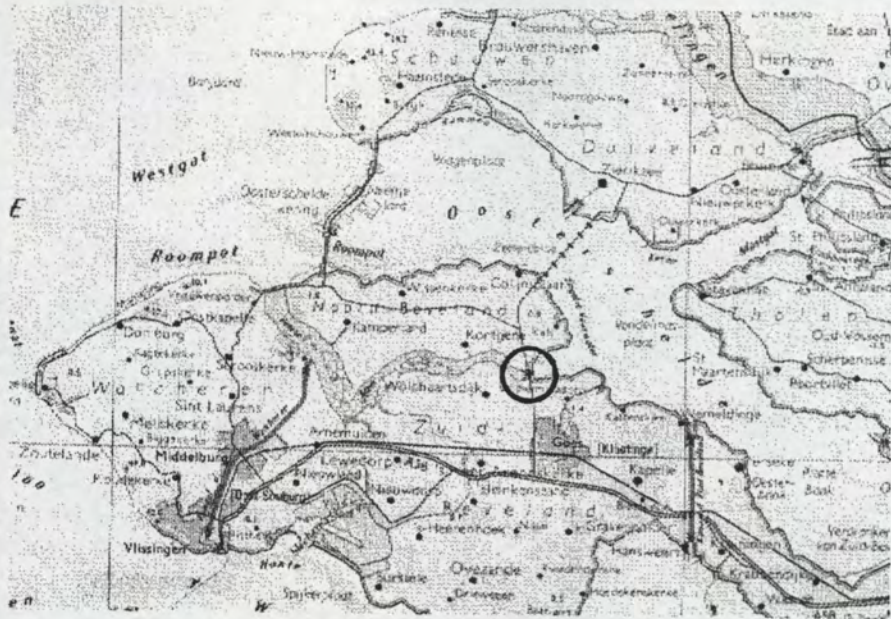
1 Inleiding

Door de toename van de intensiteit van het wegverkeer ontstaan er stremmingen op die plaatsen waar de capaciteit van de weg niet kan voldoen aan de intensiteit. Dit is ook het geval op de N256 die op de Zandkreekdam in Zeeland (de verbindingsweg tussen Goes en Zierikzee) de Zandkreeksluis kruist. In tijden van hoge verkeersintensiteit ontstaan er, door het openen van de brug t.b.v. de doorgang van het scheepvaart verkeer, onacceptabele stremmingen voor het wegverkeer. Dit vindt met name plaats in het zomerseizoen wanneer zowel het aanbod weg- als scheepvaart verkeer hoog is.

Op het moment dat de stremmingen te groot worden moet er worden nagedacht over een oplossing van het probleem. Bij de kruising van de Zandkreeksluis kan dit door het verhogen van de capaciteit van de huidige brug of door het aanbrengen van een tunnel onder sluis.

In dit afstudeerproject zal worden onderzocht in hoeverre de ondertunneling een goede oplossing is en of dit een concurrerend alternatief kan vormen met de uitbreiding van de capaciteit van de brug.

Door een goede analyse van het probleem en het opstellen van alle mogelijke tunnelvarianten wordt gekomen tot een aantal oplossingen die kunnen worden toegepast om de groei van de intensiteit van het wegverkeer te kunnen opvangen en daarmee oplossing bieden aan de stremmingen.



Figuur 1. Ligging Zandkreeksluis



Figuur 2. Luchtfoto Zandkreekdam (vanaf ZW-zijde)



2 Situatie omschrijving

In deze situatie omschrijving zal het gebied uitgebreid worden besproken. Hierbij wordt aandacht besteed aan een aantal aspecten die bij de keuze, de afweging en het ontwerp van de oplossing van belang zijn.

Als eerste wordt de topografie van het gebied nader bekeken, waarna de constructie van de dam, de sluis en de weg met daarbij het weg- en vaarverkeer zullen worden behandeld. Hierbij zullen de toekomstplannen aangaande de bestaande situatie ook worden genoemd. Als laatste worden de grondmechanische gegevens terplekke van de dam behandeld.

2.1 Omgeving

Zoals vermeld, in de opdracht omschrijving, ligt de sluis in de Zandkreekdam (zie figuur 1). Aan de oostzijde van de dam bevindt zich de Oosterschelde, aan de westzijde ligt het Veerse Meer. Onlangs is de Oosterschelde uitgeroepen tot natuurgebied, dit houdt in dat aanpassingen of werkzaamheden hier moeilijk tot uitgesloten zijn.

Nabij de dam ligt, in de Oosterschelde een mosselbank, aan de zuidkant in de Oosterschelde ligt een oude veerstoep die in bezit is van restaurant "het Katse Veer" (zie figuur 2).

Voor het Veerse Meer gelden geen restricties wat betreft de bouw of de te gebruiken uitvoeringsmethoden in verband met aanwezige natuurwaarden. (Zie ook tekening 1, blad 1 voor gedetailleerde situatie).

2.2 Zandkreekdam

De dam bestaat uit een zandlichaam met een kleiafdichting met een dikte variërend van 0,50 tot 0,80 m. De teen bestaat uit een mijnsteenkade (die zeer waterdoorlatend is) met een afdekking van betonblokken. Voor de mijnsteenkade ligt bodembescherming bestaande uit een kraagstuk met stortsteen bestorting. De teenbreedte van de dam is ca. 110 meter en de breedte op wegniveau is ongeveer 25 meter. Voor een aantal doorsneden over dam zie tekening 1, blad 2.

In de dam ligt een aantal caissons, deze zijn gebruikt om de dam ten tijde van de aanleg te dichten. In lengterichting liggen 16 caissons waarvan er 14 precies op de wegas liggen, de andere twee liggen net naast de as en zijn gebruikt om het laatste gat te dichten. De caissons liggen tussen 120 en 335 meter aan de zuidzijde van de sluis (zie tekening 2, blad 2)

Op de dam staan drie huizenblokken bestaande uit elk twee huizen, hiervan is er één in rijks-bezit en de rest behoort aan particulieren. De woningen staan circa honderd meter ten noorden van de sluis aan de westzijde van de provinciale weg. Midden op de dam is een parkeerplaats gesitueerd met een mobiel wegrestaurant cq cafetaria (zie figuur 2).

In de nabije toekomst zal in de dam, t.b.v. de verbetering van de waterkwaliteit in het Veerse Meer, op ongeveer 230 meter ten zuiden van de sluis, een doorlaatwerk worden gebouwd. Voor deze studie zal worden aangenomen dat de definitieve situatie van het doorlaatwerk eventueel kan worden aangepast aan de ligging van de tunnel. Het doorlaatwerk krijgt een breedte van ca. 18 meter ter plaatse van de dam en 40 meter ter plaatse van de uitstroomopeningen, en wordt gefundeerd op staal. In verband met de fundering van de caissons in de dam ligt de onderkant van het doorlaatwerk relatief hoog (N.A.P. - 8,50 m). Dit is gedaan uit het oogpunt van kosten besparing. Voor de aanleg en de definitieve constructie worden tot ca. N.A.P. - 14,50 m damwanden geslagen. (zie voor ontwerp doorlaatwerk tekening 1, blad 4). Een eventueel gecombineerde uitvoering van het doorlaatwerk en de tunnel dient bekeken te worden omdat het voor beide gunstige aspecten (gecombineerde uitvoering = kostenbesparing) met zich mee kan brengen.



Figuur 3. Zandkreeksluis, landhoofd Veerse Meer



Figuur 4. Brug over de Zandkreeksluis



2.3 Zandkreeksluis

De sluis (figuur 3) is gebouwd in 1959 in het kader van de "deltawerken" en maakt deel uit van het drie-eilanden plan. De afmetingen van de sluis zijn: (zie ook tekening 1, blad 3):

▪ schutlengte:	140 m;
▪ totale lengte:	201 m;
▪ mootlengte:	16,6 m;
▪ mootlengte t.p.v. hoofd:	36,3 of 48,3 m;
▪ breedte inwendig:	20 m;
▪ breedte uitwendig:	24 m;
▪ wanddikte:	2 m;
▪ totale inwendige hoogte:	9,5 m;
▪ bovenkant sluisloten:	N.A.P. + 4,0 m;
▪ drempeldiepte:	N.A.P. - 5,5 m;
▪ onderzijde sluisvloer:	N.A.P. - 7,8 m;
▪ onderzijde sluishoofden:	N.A.P. - 8,5 m.

Het waterstandsverschil over de sluis is maximaal 2,80 meter, het vullen van de kolk duurt hierbij ongeveer 11 minuten.

De sluis bestaat uit 11 moten waarvan de 4 moten bij de sluishoofden afwijkende afmetingen hebben, de overige 7 moten hebben een lengte van 16,6 meter. De voegen tussen deze moten zijn in de wanden en de vloer respectievelijk dubbele- en enkele tandvoegen. De sluis is gefundeerd op staal en het aanlegniveau ligt op N.A.P. - 7,8 meter.

2.4 Verkeer

2.4.1 Opbouw weg

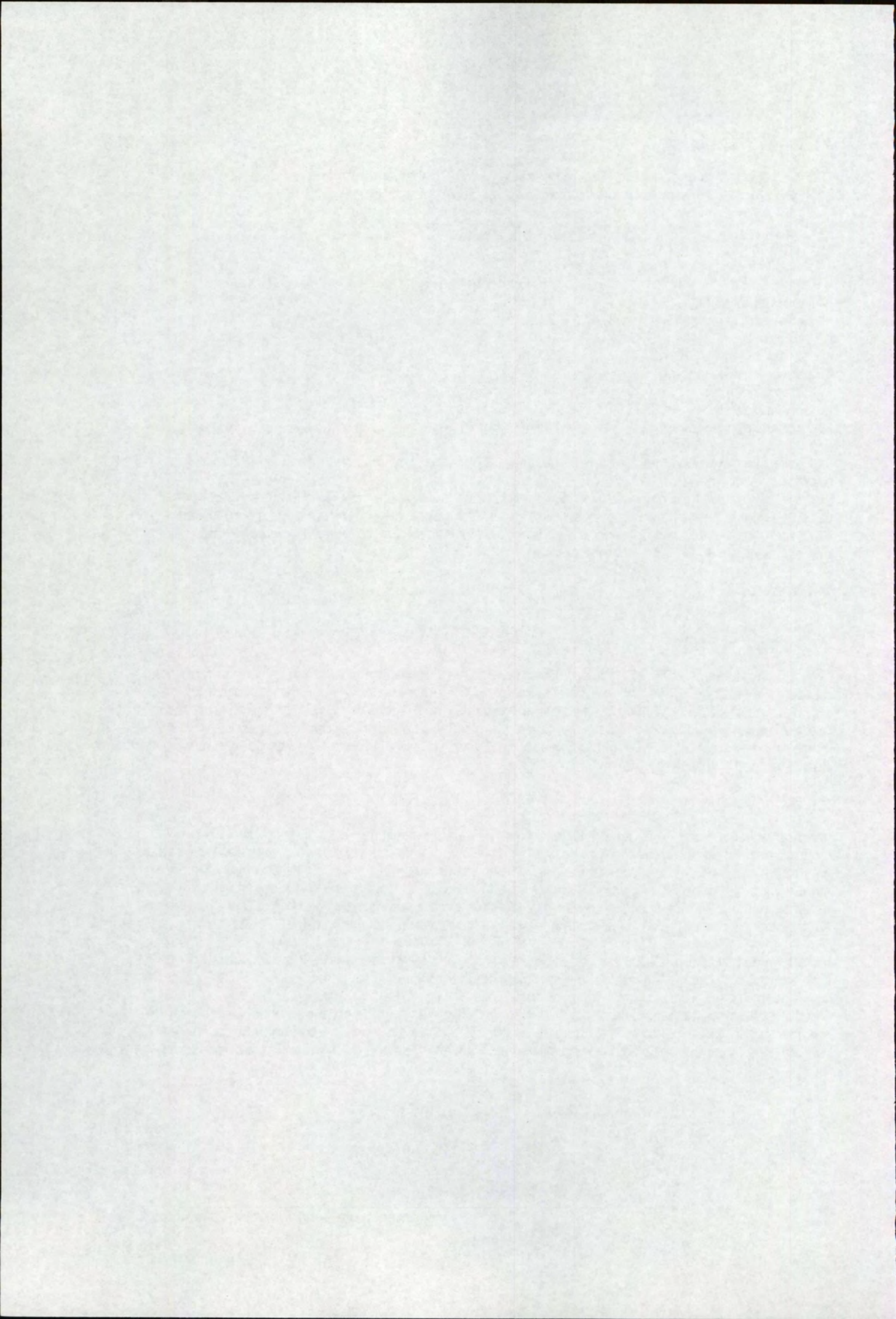
Over de dam loopt de N256 (Deltaweg). Deze provinciale weg heeft een belangrijke verbindingfunctie tussen Zuid en Noord Beveland en bestaat uit één rijbaan met twee stroken, met een totale breedte van 6,10 m. Naast de hoofdweg ligt een parallelweg met een breedte van 5,60 m. De weg kruist de sluis met een basculebrug. In de toekomst zal de weg deel uit gaan maken van de "Midden Zeeland route" en wordt mede daarom uitgebreid tot twee keer twee rijbanen. De ontwerpsnelheid van de nieuwe weg komt daarmee op 100 km/u te liggen.

2.4.2 Opbouw brug

Over de sluis ligt een enkele basculebrug (figuur 4), deze is tegelijk met de sluis gebouwd. De brug bestaat uit een middengedeelte dat geschikt is voor snelverkeer en twee zijstroken waarvan de westelijke strook bestemd is voor langzaam verkeer en verkeer met een lokale bestemming. De andere strook wordt niet gebruikt. Het wegdek op de brug bestaat uit een houten rijdek, voorzien van een asfaltverharding. De fundering van de brug en de sluis kolk zijn één geheel. De brug is dus eveneens op staal gefundeerd waarbij het aanlegniveau gelijk is aan dat van het sluishoofd (N.A.P. - 8,50 m)

In 1998 is de brug circa 4.200 keer geopend waarvan juli met 710 openingen de drukste maand was. Een brugopening duurt gemiddeld 4,5 minuut. Dit betekent dat het wegverkeer gemiddeld 1 uur per dag wordt gestremd. In het toeristische seizoen is dit zelfs 2 uur per dag.

Rijkswaterstaat heeft onderzoek verricht naar de mogelijkheid van het vervangen of aanpassen van de huidige brug, onzeker hierbij is of de huidige brug in zijn geheel zal worden vervangen of zodanig zal worden aangepast dat deze voldoet aan de verwachte capaciteit van de "Midden Zeeland route" (zie bijlage 1).





2.4.3 Wegverkeer

Het wegverkeer over de N256 bestaat uit alle verkeerstypen. In 1998 passeerden ongeveer 8.000 voertuigen de brug (per rijrichting en per etmaal), waarvan 7% vrachtverkeer (zie tellingen, bijlage 1). Voor het ontwerp van de oplossing dient rekening gehouden te worden met een groeiende verkeersintensiteit van 2% per jaar tot 12.000 voertuigen per rijrichting per etmaal (prognose voor 2010),

2.4.4 Scheepvaartverkeer

Het scheepvaartverkeer bestaat grotendeels uit recreatievaart. De intensiteit neemt de laatste jaren licht af, de grootte van de schepen en daarmee de masthoogte neemt daarentegen toe. In 1998 passeerden 2.252 schepen de sluis (in één richting). In verband met de recreatievaart is de intensiteit in de zomermaanden 10 tot 16 keer zo groot als die in de wintermaanden. (zie bijlage 1).

2.5 Grondmechanische gegevens

2.5.1 Hoogteligging

De hoogte van de dam ligt tussen N.A.P. + 6,1 en + 7,7 meter. De bodem van het Veerse Meer en de Oosterschelde ter plaatse van de Zandkreekdam ligt, ten opzichte van N.A.P., gemiddeld op de volgende diepten:

- Veerse Meer (in de vaargeul): - 5,5 m
- Veerse Meer (buiten vaargeul): - 3,3 m
- Oosterschelde (in de vaargeul): - 5,5 m
- Oosterschelde (buiten vaargeul): - 2,8 m

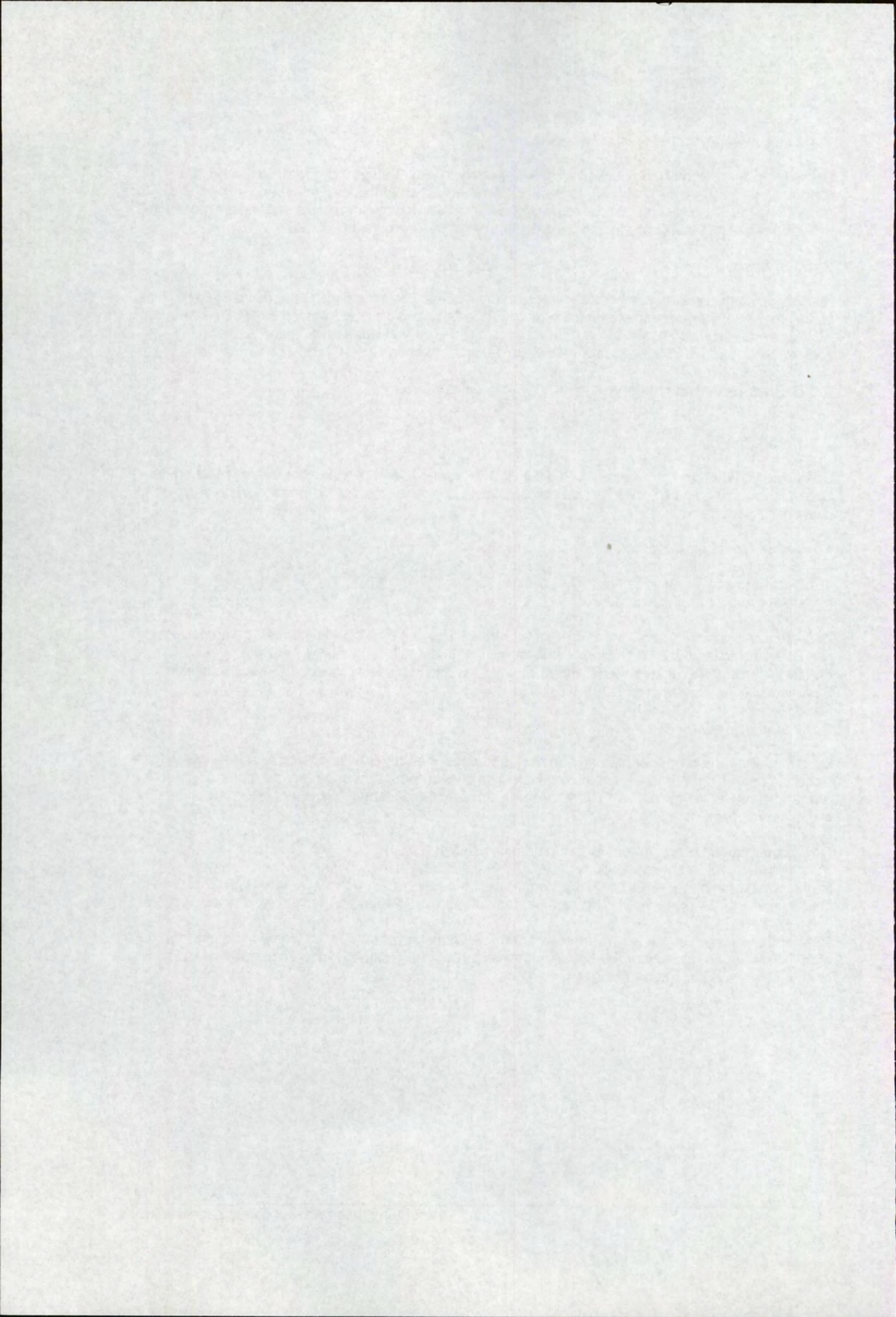
De waterstand van het Veerse Meer varieert tussen N.A.P. + 0,5 en -1,0. Het normale zomerpeil ligt op N.A.P. De waterstand van de Oosterschelde varieert met het getij van N.A.P. + 1,85 tot N.A.P. -1,77 meter. De te keren stormvloedstand in de Oosterschelde wordt door de "Oosterschelde Stormvloedkering" begrenst tot N.A.P. + 3.50 m.

2.5.2 Bodemopbouw

De opbouw van de grond ter plaatse van het Veerse Meer en de Oosterschelde is globaal als volgt: Vanaf de bodem ligt een circa 1 meter dikke kleilaag, waaronder een ongeveer 10 meter dik, slecht dragende laag die afwisselend bestaat uit zand- en zandige kleilagen. Hieronder begint de draagkrachtige zandlaag.

De opbouw van de grond in- en onder de dam is als volgt: Vanaf de kruin van de dam tot circa N.A.P. - 21,0 meter bevinden zich voornamelijk (kleiige) zandlagen die op N.A.P. - 14,0 tot - 16,5 meter worden onderbroken door een sterk kleiige zandlaag. De bovenste 12 tot 14 meter van de dam bestaat uit een kunstmatig aangebrachte zandlaag.

De grondwaterstand in de dam varieert van N.A.P. - 0,4 meter tot N.A.P. (ten tijde van de meting), hierbij dient opgemerkt te worden dat deze met het getij in de Oosterschelde varieert. Voor verdere gegevens en hoogten zie tekening 2, blad 1 en 2.





3 Eisen en Randvoorwaarden

3.1 Eisen m.b.t. het wegverkeer

3.1.1 Verkeerstypen

Van het tracé dienen, rekening houdend met de "Midden Zeeland route" de volgende verkeerstypen gebruik te kunnen maken:

- Auto- en vrachtverkeer, klasse IV
- Landbouwverkeer
- (Brom-)fietsverkeer
- Voetgangers

Indien nodig of gewenst dienen voor verschillende verkeerstypen passende maatregelen genomen te worden. Denk hierbij aan de scheiding van het (brom-)fietsverkeer van het snelverkeer.

3.1.2 Ontwerp van het tracé

Het lengte- en dwarsprofiel van het tracé van de tunnel en de toeritten dient ontworpen te worden volgens de RONA (Richtlijnen Ontwerp Niet Autosnelwegen). Hierbij moet als uitgangspunt gelden dat het een autoweg betreft (100 km/u) met een intensiteit van maximaal 12.000 voertuigen per rijrichting per etmaal. Voor de afmetingen van de dwars- en langsprofielen zie bijlage 2. Voor de sterkte van de constructie moet rekening gehouden worden met een verzwaarde verkeersklasse "Klasse 720" (volgens NEN 6788).

Voor de dimensionering van de tunnel moet worden uitgegaan van het benodigde "Profiel van Vrije Ruimte" voor het ontwerpvoertuig (grootst mogelijke voertuig). De tunnelafmetingen zijn hierbij gerelateerd aan de rijbaanindeling.

De rijbaan moet minimaal bestaan uit twee rijstroken per richting, een kruipstrook zal niet worden toegepast omdat het transportverkeer, welke gebruik zou moeten maken van de kruipstrook, slechts een klein aandeel in het totale wegverkeer betreft. Waarbij de deceleratie (snelheidsafname), door de tunnelhelling en lengte, niet dusdanig is dat een kruipstrook is benodigd. Voor de rijbaanindeling, zie tekening 5.

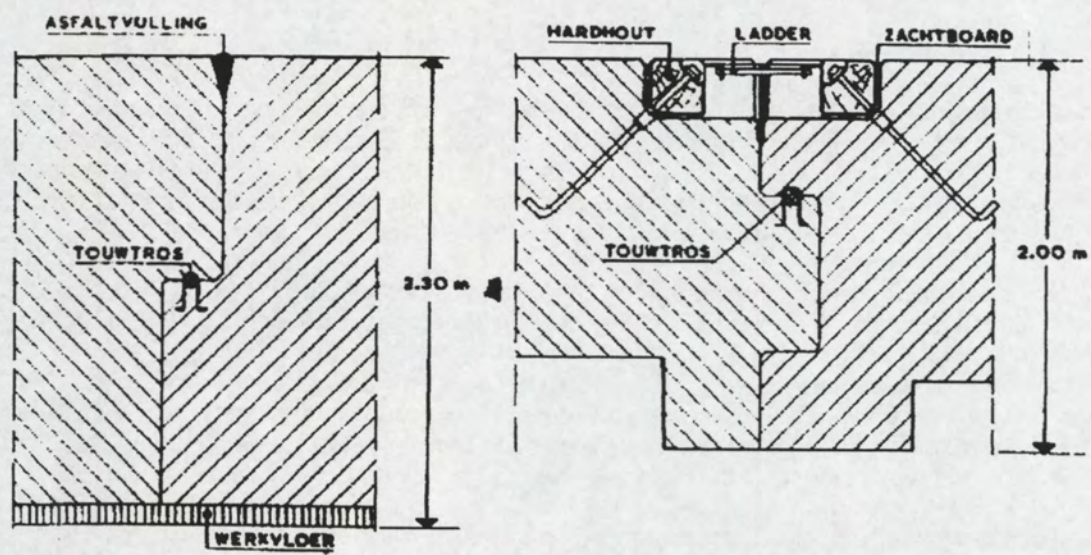
Voor het wegverkeer gelden de volgende waarden, een maximale helling van de toeritten van 4,5% (rekening houdend met alle typen verkeer), een minimale voetboogstraal van 2.500 meter en een topboogstraal van 10.000 meter, voor overige waarden zie bijlage 2.

Bij het ontwerp van de wanden van het open gedeelte van de toeritten dient tevens rekening gehouden te worden met de maximale voorkomende (grond)waterstanden ter plekke vermeerderd met een veiligheid van minimaal 0,50 meter.

3.1.3 Veiligheid

Bij het ontwerp van de tunnel dient rekening te worden gehouden met twee soorten veiligheid. Ten eerste de (verkeers-)technische veiligheid. Hieronder wordt o.a. verstaan de aanwezigheid van vluchtroutes, aanrijvoorzieningen, de afvoer van uitlaatgassen, maatregelen ter voorkoming van verblinding tijdens het in- en uitrijden van de tunnel en maatregelen ter voorkoming en beheersing van calamiteiten (brand, explosies e.d.).

Ten tweede dient er rekening te worden gehouden met de zgn. sociale veiligheid. Hiervoor dient de tunnel voldoende verlicht en overzichtelijk te zijn. Dit is met name relevant voor het, eventueel aanwezige, langzaam verkeer, zoals (brom-)fietsers, voetgangers en landbouwvoertuigen.



Figuur 5. Tandvoeg in sluisvloer en kolkwand



3.1.4 Hinder tijdens de aanleg

Tijdens de aanleg van de tunnel en bijhorend tracé dient er zo weinig mogelijk hinder te worden veroorzaakt voor het wegverkeer. Aangezien er geen alternatieven voor de route bestaat worden stremmingen niet toegestaan. Een tijdelijke snelheidsbeperking (tijdens de bouw) is eventueel mogelijk.

3.2 Eisen m.b.t. het scheepvaartverkeer

De eisen met betrekking tot het vaarverkeer zullen gericht zijn op het gebied van hinder en (tijdelijke) aanpassing aan de huidige situatie.

3.2.1 Aanpassing huidige situatie

Door de aanleg van een tunnel mag er geen verandering komen in de afmetingen en capaciteit van de sluis. Ook dient de bestaande vaargeul zoveel mogelijk behouden te worden. Tijdelijke verlegging van de geul ten behoeve van de aanleg van de tunnel is wel mogelijk, hiervoor zullen m.b.t. de benodigde diepgang passende maatregelen genomen moeten worden. Bij omlegging van de geul moet rekening gehouden worden met de afmetingen, snelheid en draaicirkel van passerende schepen teneinde stremmingen en gevaarlijke situaties te voorkomen. De benodigde diepte van de vaargeul wordt gelijk gehouden aan die van de huidige situatie: N.A.P. -5,0 meter, bij een breedte van minimaal 20 meter. Maximale versmalling van de sluisbreedte tijdens uitvoering bedraagt vijf meter, dit betekent dat de versmaling aan beide zijden maximaal 2,5 meter bedraagt.

3.2.2 Veiligheid

Ter bescherming tegen beschadiging door aanvaring van schepen, krabbende en vallende ankers moet het tunneldak zich minimaal 1,5 m onder de waterbodem te vinden. Deze bescherming kan bestaan uit het aanbrengen van bodembescherming (stortsteen). Ook moet er gelet worden op uitspoeling van de deklaag door erosie t.g.v. het in- en uitlaten van water t.b.v. het schutproces.

3.2.3 Hinder tijdens de aanleg

Tijdens de uitvoering dient te stremming van het scheepvaartverkeer tot een minimum beperkt te blijven. Hierbij is een buitendienststelling van de sluis gedurende een weekend of een aantal doordeweekse dagen wél mogelijk. Dit moet dan wel ruim voor tijd bekend gemaakt zijn in de diverse scheepvaartkranten en vakbladen.

Ook dient tijdens de uitvoeringsfase rekening gehouden te worden met de geëiste onbeperkte doorvaarthoogte die ook tijdens de uitvoering gehandhaafd moet blijven.

3.3 Economische eisen

Indien mogelijk dient het ontwerp dusdanig uitgedacht te zijn dat het kostentechnisch een concurrerende positie kan innemen tussen de andere, door Rijkswaterstaat bekeken oplossingen voor het probleem. Mede door deze eis moet er bij de toepassing van boor- of zinktunnels de afweging worden gemaakt of de extra kosten opwegen tegen het behaalde voordeel.

Bij de afweging van het ontwerp dient ook gelet te worden op de bedienings- en onderhoudskosten welke de bepaalde oplossingen met zich mee brengen.

3.4 Overige eisen

De waterkerende functie van de dam dient gedurende de uitvoering van de tunnelconstructie op het huidige niveau te blijven, dit in verband de veiligheid. Alleen gedurende het zomerseizoen mogen in de waterkerende constructie werkzaamheden plaats hebben.

3.4.1 Zettingen

Door de detaillering van de voegen tussen de sluismoten dient er extra rekening gehouden te worden met de zetting tijdens en na het aanbrengen van de tunnel. Door de tandvoeg, in de vloer tussen de tunnelmoten, kunnen ongelijke zettingen slecht worden gevolgd wat tot lekkages en uitspoeling van de



ondergrond kan leiden. Maximale optredende, gelijkmatig verdeelde, zettingen moeten ter plaatse van de sluis zo laag mogelijk gehouden worden met een maximum van 1 à 2 cm.

Ook moet er bij een eventuele bemaling rekening gehouden worden met de grondwaterstandverlaging t.p.v. de sluis en de invloed hiervan. Nieuw aangebrachte grondlagen dienen voldoende verdicht te zijn teneinde zettingen zo beperkt mogelijk te houden.

3.4.2 Bedieningsgebouw

Het, voor de tunnel benodigde, bedieningsgebouw dient i.v.m. de kosten zo klein en eenvoudig mogelijk geconstrueerd te worden. Door het ontwerp van de tunnel eenvoudig te houden is het niet nodig een gecompliceerd signaleringssysteem aan te brengen. Dit heeft zeer zeker invloed op de kosten en afmetingen van het bedieningsgebouw. Zo mogelijk dient het bedieningsgebouw voor de tunnel geïntegreerd te worden bij het bedieningsgebouw van de sluis.

3.5 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Naast bovenstaande eisen dient er ook rekening gehouden te worden met een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten. Deze hebben vooral betrekking op de huidige situatie en het gewenste behoud daarvan.

3.5.1 Bestaande obstakels

3.5.1.1 Caissons

In de dam ligt een aantal, met zand gevulde, caissons die ten tijde van de aanleg zijn gebruikt om de dam te dichten. De caissons staan op een laag basaltstortsteen van ongeveer 1,2 meter dik die over de volledige breedte van de dam is aangebracht (zie tekening 2, blad 2). In de huidige situatie hebben de caissons geen functie meer en kunnen, indien benodigd, worden verwijderd.

3.5.1.2 Natuurgebieden

Ten noordoosten van de dam ligt in de Oosterschelde een natuurgebied en een mosselbank. Bij het ontwerp dient er dusdanig rekening mee gehouden te worden dat deze gebieden zo min mogelijk worden aangetast. Ook de invloed van de grondwateronttrekking op de omgeving moet beperkt blijven. Verder dient er voorkomen te worden dat natuur onnodig wordt doorsneden en aangetast.

3.5.1.3 Kabels en leidingen

Riolering

In het gedeelte van de dam ten noorden van de schutsluis ligt een rioleringsbuis (\varnothing 200). Deze sluit aan op de huizen op de dam, en ligt tussen de parallelweg en de hoofdweg. In het deel ten zuiden van de schutsluis liggen geen rioleringsbuizen. De waterafvoer wordt hier geregeld door een open betonnen goot waarvan de onderkant tien centimeter onder het wegdek ligt.

Waterleiding

In de dam ligt, op circa 2,5 meter ten westen van de parallelweg (Veerse Meer zijde), een waterleiding de diepteligging en diameter hiervan zijn onbekend.

Overige leidingen

In de dam ligt een vijftal spanningskabels eveneens ten westen van de parallelweg (tussen 1,5 en 2,5 meter). Ook liggen er in totaal 10 PTT kabels, op ca. 2 meter uit kant asfalt van de parallelweg. Als laatste ligt er in de dam tussen de hoofdrijbaan en de parkeerstrook, een kabel van Rijkswaterstaat (werktuigkundige en elektrische dienst).



3.5.1.4 Overige obstakels

De gehele dam heeft een mijnsteenkade die, zoals al eerder genoemd, waterdoorlatend is. Overige punten zijn een oude veerstoep in de Oosterschelde en woningen welke indien mogelijk behouden moeten blijven. Deze woningen zijn, van oorsprong, sluiswachtershuizen. Één ervan is nu nog rijkseigendom de overige zijn particulier bezit.

3.5.2 Geplande aanpassingen aan huidige situatie

3.5.2.1 Doorlaatwerk

Het doorlaatwerk is gedimensioneerd op een gemiddeld debiet van $40 \text{ m}^3/\text{sec}$, bij het uiteindelijke ontwerp van de tunnel en de toeritten moet daarom rekening gehouden worden met voldoende vrije ruimte voor het doorstroomprofiel. De breedte van het doorstroomprofiel is gelijk aan de inwendige breedte van het doorlaatwerk (16 meter). Als tijdens de aanleg van de tunnel de bouw van het doorlaatwerk reeds is voltooid moet hier, ook bij een tijdelijke bouwkuip, rekening mee gehouden worden.

Het doorlaatwerk kan gezien de ligging, indien nodig, worden aangepast aan het ontwerp van de tunnel en toeritten. Ook een gezamenlijke uitvoering is mogelijk. (zie voor ontwerp doorlaatwerk tekening 1, blad 4).

3.5.3 Toegestane aanpassing huidige situatie

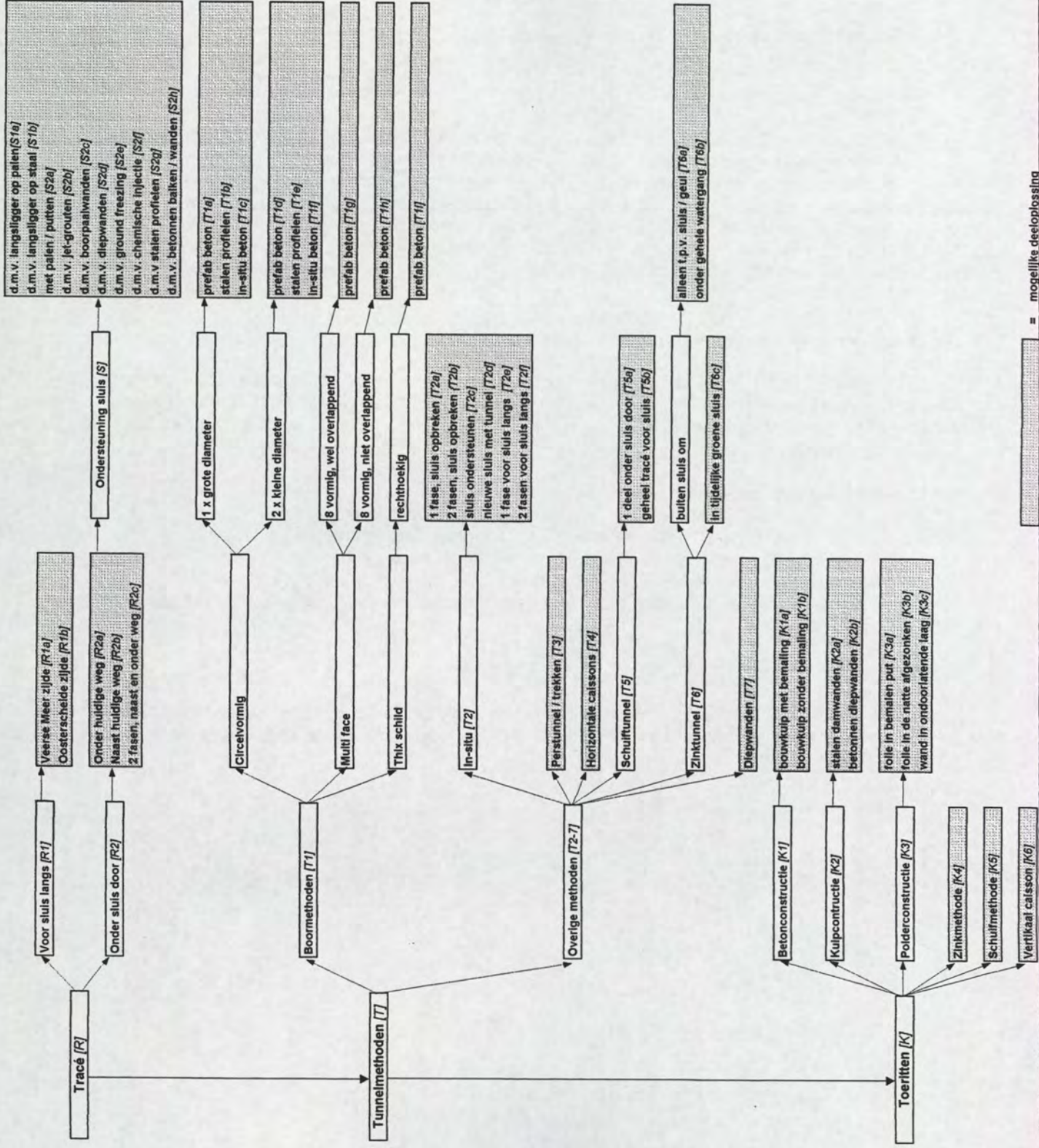
Tijdens de uitvoering mogen de primaire functies (het vormen van de verbinding tussen Zuid- en Noord Beveland en het instand houden van peilverschillen) van de dam niet worden verstoord. Ook dienen eventuele tijdelijke alternatieven voor de dam een minimale kruinhoogte te hebben van NAP + 3,50 m (excl. veiligheidsfactoren). Dit is de extreme waterstand aan Oosterschelde zijde.

3.5.4 Hinder tijdens aanleg

Tijdens de uitvoering van het project dient rekening gehouden te worden met hinder voor de omwonenden. Ook de invloed van trillingen die ontstaan bij het heien op de omgeving heeft hiermee te maken. De noodzaak om dichtbij de woningen te heien moet zoveel mogelijk worden voorkomen. Zonodig dienen passende maatregelen genomen te worden zoals alternatieve methoden om palen of damwanden in de grond te brengen.

3.5.5 Overigen

Gezien het zoute milieu van het (grond-) water dient hier bij de keuze van het toegepaste materiaal rekening gehouden mee te worden. Dit geldt zowel voor de bouwfase als voor de definitieve fase.



= mogelijke deeloplossing



4 Oplossingsmogelijkheden

Voor de oplossing van het probleem zijn vele oplossingen mogelijk. Zoals al in de inleiding staat vermeld is Rijkswaterstaat op dit moment aan het onderzoeken of het mogelijk is om de oplossing te vinden in het aanbrengen van een aantal extra (nieuwe)bruggen.

Voor de andere oplossing, ondertunneling van de sluis, zal in dit hoofdstuk een aantal mogelijkheden worden ontwikkeld. Om het probleem systematisch aan te kunnen pakken is er een onderverdeling gemaakt in drie groepen, te weten:

1. het tracé;
2. de tunnelbouwmethode;
3. de toeritten.

De mogelijke oplossingen zijn uitgezet in een ontwerpboom (zie linker pagina). In de volgende paragrafen zullen de oplossingsmethoden worden besproken. Een uitgebreide ervan beschrijving is te vinden in bijlage 3.

4.1 Tracé varianten

Voor het tracé zijn in principe vijf alternatieven (zie tekening 3).

- Voor de sluis langs;
 - Veerse Meer zijde;
 - Oosterschelde zijde (met in acht name van de natuurgebieden).
- Onder de sluis door.
 - In zijn geheel ter plaatse van de weg, het oorspronkelijke wegtracé verandert hierbij niet;
 - In zijn geheel naast de weg, stremming voor het wegverkeer tijdens de uitvoer is dan nihil;
 - In twee delen ter plaatse van de weg. Eén deel onder de weg en één deel er naast.

4.2 Tunnelbouwmethoden

Hieronder zullen alle mogelijke tunnelbouwmethoden worden genoemd en beschreven:

4.2.1 Boormethoden

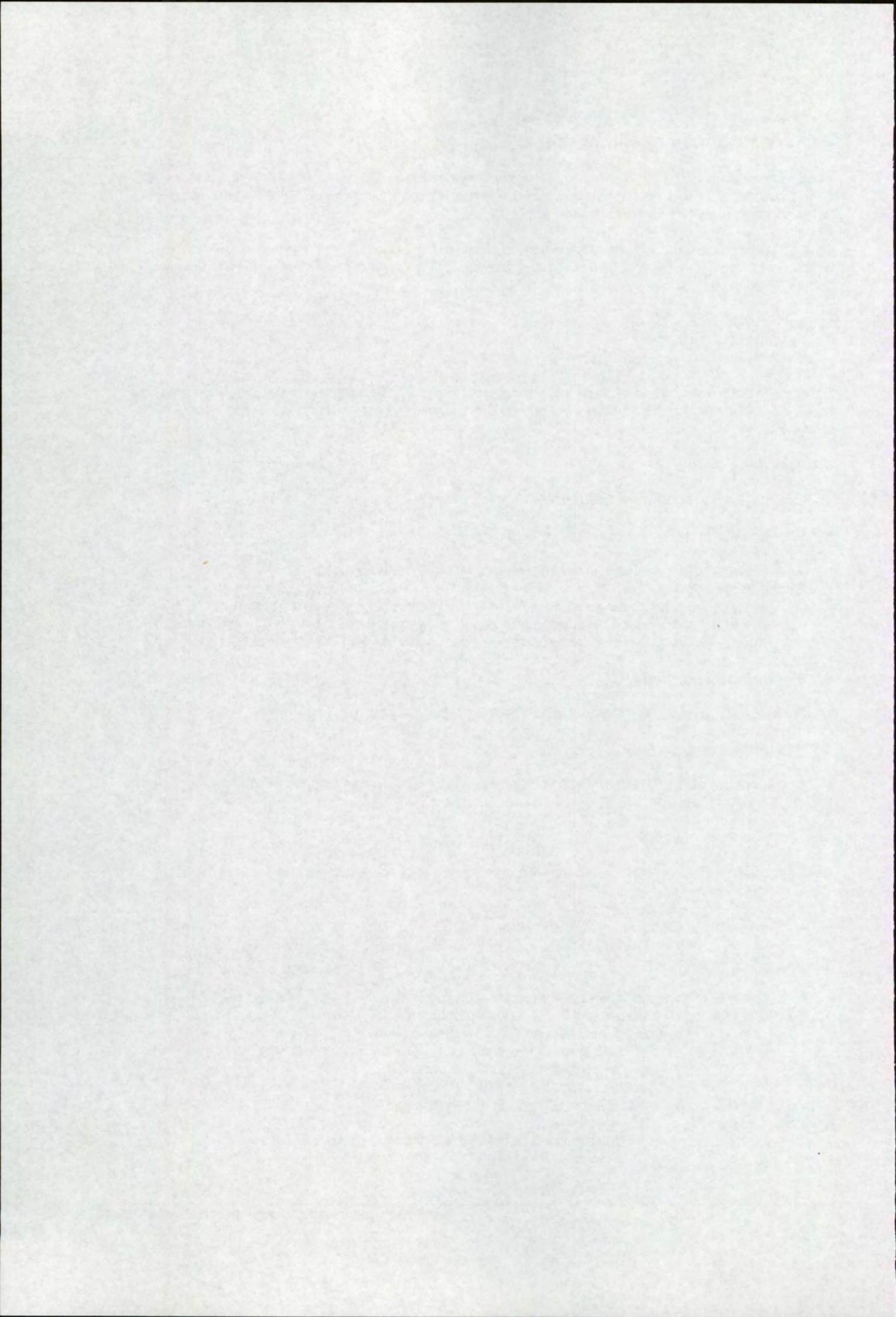
- Boortunnel, deze oplossing kan worden onderverdeeld in de volgende methoden:
 - 1 x grote diameter;
 - 2 x kleine diameter;
 - multi face methode;
 - thix-schild.

Hierbij kan tevens een onderverdeling worden gemaakt naar het materiaal van de tunnelwand:

- stalen elementen;
- prefab betonnen elementen;
- in-situ beton (lining van staalvezelbeton).

4.2.2 Overige methoden

- In-situ tunnel (in bouwput. Uitvoermethode per tracé verschillend:
 - onder sluis door:
 - sluis gedeeltelijk afsluiten en openbreken (2 fasen);
 - sluis geheel afsluiten en openbreken (1 fase);
 - tijdelijke "groene sluis" waarin tunneldeel wordt afgezonken;
 - sluis ondersteunen en tunnel eronder door bouwen.
 - nieuwe sluis met tunneldeel eronder bouwen, bestaande sluis afbreken;
 - voor sluis langs:
 - in twee delen bouwen 1) buiten vaargeul 2) t.p.v. vaargeul;
- Pers- / trektunnel;
 - De tunnelmoot onder de sluis wordt door de grond geperst / getrokken.





- Horizontale caissonmethode;
 - Een horizontaal geplaatst caisson met snijrand wordt onder de sluis door geduwd.
- Schuiftunnel (kan zowel onder sluis door als ervoor langs);
 - vanaf één zijde schuiven, met onderling flexibele aansluiting;
 - vanaf één zijde schuiven, met constante kromtestraal, onderling stijf verbonden;
 - vanaf 2 zijden schuiven, rechte, onderling star verbonden, elementen.
- Zinktunnel;
 - buiten de sluis om. Alleen t.p.v. sluis / geul;
 - buiten de sluis om. Onder gehele watergang door;
 - door de sluis d.m.v. het wegbreken van een sluismoot of bij "groene sluis".
- Diepwanden.
 - Door opbreken sluisvloer kunnen diepwanden worden gevormd waarna de vloer opnieuw wordt aangebracht. Onder de sluisvloer kan dan vervolgens worden ontgraven zodat de vloer van de tunnel kan worden gestort. De diepwanden vormen hiermee de wanden van de tunnel.

4.3 Uitvoermethoden toeritten

Op de uiteinden van de tunnel zullen bij het overgangsgedeelte de toeritten aansluiten. Deze kunnen op verschillende manieren worden aangelegd. De vorm van de toerit is afhankelijk van de situatie, open of gesloten. Deze vormen hiermee respectievelijk een verdiept aangelegde weg of een tunnel.

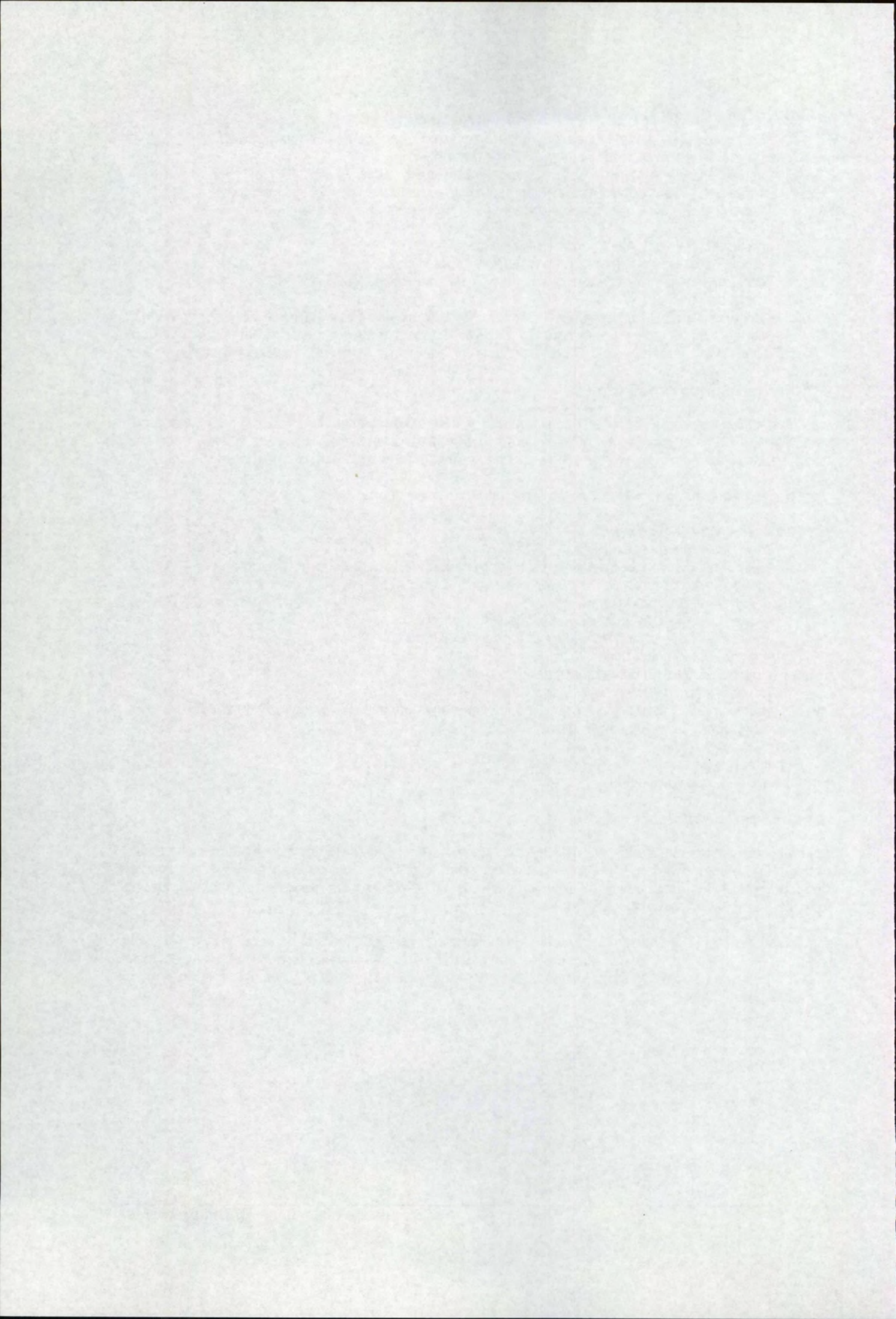
Voor de uitvoering komen de volgende bouwmethoden in aanmerking:

- Betonconstructie, te bouwen in;
 - een bouwkuip met bemaling;
 - een bouwkuip zonder bemaling (damwanden en onderwaterbeton, met trekpalen of gewichtsvloer).
- Kuipconstructie, bestaande uit;
 - stalen damwanden en vloer van (onderwater)beton;
 - betonnen diepwanden en een vloer (onderwater)beton.
- Kunstmatige polderconstructie
 - folieconstructie, in bemalen put aangebracht;
 - folieconstructie, in den natte afgezonken;
 - cement-bentoniet wanden of stalen damwanden in natuurlijk aanwezige of kunstmatig aangebrachte waterremmende bodemlaag.
- Zinkmethode;
- Schuifmethode;
- Caissonmethode (vertikaal).

4.4 Ondersteuning sluis

Als de keuze valt op een tracé onder de sluis door (zie § 4.1) zal, behalve bij de boormethoden, de sluis ondersteund moeten worden. In verband met de optredende zettingen, die de sluis moeilijk kan volgen en de mogelijkheid om onder de sluis te kunnen werken, is het van belang om hiervoor een goede oplossing te vinden. Er zijn een aantal mogelijkheden:

- Sluis moten "ophangen" aan ondersteuningsconstructie (langsligger) die steunt op putten, poeren of palen. De langsligger kan door middel van deuvels aan de sluiswanden worden bevestigd. Deze methode kan worden toegepast over meerder moten of alleen ter plaatse van de voegen.
- Sluis moten ondersteunen d.m.v..
 - palen;
 - jet grouting;
 - boorpaal wanden;
 - diepwanden;
 - grondvriestechnieken;
 - chemische injectie.
 - stalen balken
 - betonnen wanden





- Enkele sluismoten (2 à 3) onderling bevestigen zodat langere moot ontstaat. Zodra ongeveer 1/3 van de breedte ontgraven is kan de tunnel in-situ worden gemaakt zonder dat de sluis ernstige zettingen gaat vertonen.

Bij deze mogelijkheden dient in gedachten gehouden te worden dat de ondersteuningsconstructie lichter gedimensioneerd kan worden als de sluisbak, ten tijde van werkzaamheden onder de sluis, leeg is en de grondwaterstand niet verlaagd wordt. Uiteraard dient hierbij de kanttekening geplaatst te worden dat het eerste slechts een aantal dagen mogelijk is.



5 Bepaling hoofdafmetingen

Door de provincie is, in verband met het feit dat de weg deel uit gaat maken van de "Midden Zeeland Route" en de benodigde capaciteit, vastgelegd dat de huidige weg moet worden uitgebreid tot een autoweg met 2 x 2 (gescheiden) rijstroken.

De geschatte verkeersintensiteit voor 2010 is 12.000 voertuigen per richting per etmaal. Een tweestrooks-100 km/u weg heeft een capaciteit van 1900 personen auto equivalenten per uur, dit komt neer op 46.500 auto's per etmaal per rijrichting. De prognose voor de verkeersintensiteit in 2050 is 29.000 auto's per etmaal per rijrichting. De nieuwe route zal, wat betreft de capaciteit, wederom met 2% groei per jaar en uitgaan van 12.000 auto's in 2010 zeker tot 2075 voldoen. (zie bijlage 1).

De afmetingen van de tunnel worden volledig bepaald door de afmetingen van het verkeer. De dimensionering van het dwarsprofiel is dan ook gebaseerd op het benodigde profiel van vrije ruimte van de verkeersklassen die gebruik maken van de tunnel.

Om de afmetingen van de tunnel zo beperkt mogelijk te houden is voor gekozen om het langzaamverkeer ((brom)fietsers en trekkers), in de nieuwe situatie, de huidige brug te blijven gebruiken. Dit scheelt aanzienlijk in het benodigde dwarsprofiel en daarmee in de kosten.

5.1 Inwendige breedte

Een rijbaan is in principe opgebouwd uit een hoofdrijbaan, een aantal strepen in langsrichting, eventueel een vluchtstrook en in tunnels een redresseerstrook (kantstrook) en/of een kruipstrook. Naast de rijbaan worden zogenaamde "stepbarriers" geplaatst. Deze zorgen ervoor dat voertuigen die de muur raken niet terugkaatsen, met alle gevolgen van dien, maar als het ware "vastlopen" in de stepbarrier.

Zoals reeds vermeld wordt de weg een twee-keer-twee strooks weg, geschikt voor verkeersklasse IV met een ontwerpsnelheid van 100km/u. De hoofdrijbaan bestaat dientengevolge uit twee rijstroken met een breedte van 3,25 m per stuk. De strepen zijn twee kantstrepen van 15 centimeter en een deelstreep van 10 centimeter. Een vluchtstrook is in dit geval niet nodig omdat deze alleen wordt toegepast bij een snelweg. Een redresseerstrook wordt wel toegepast en heeft een breedte van één meter.

Een kruipstrook (of een inhaalstrook) bij tunnels draagt zorg voor een snelle en veilige afwikkeling van het verkeer dat de tunnel uitrijdt. Aangezien de weg aan het einde van een tunnel omhoog gaat, loopt de snelheid van voertuigen enigszins terug. Bij personenauto's is deze deceleratie (snelheidsafname) vrij gering, bij transportverkeer echter is deze groter. Om te voorkomen dat de snelheidsverschillen tussen transportverkeer en het overige verkeer te groot worden wordt er, bij een hoge deceleratie van het vrachtverkeer, een kruip- of inhaalstrook toegepast zodat het overige verkeer zeker twee rijstroken kan blijven gebruiken.

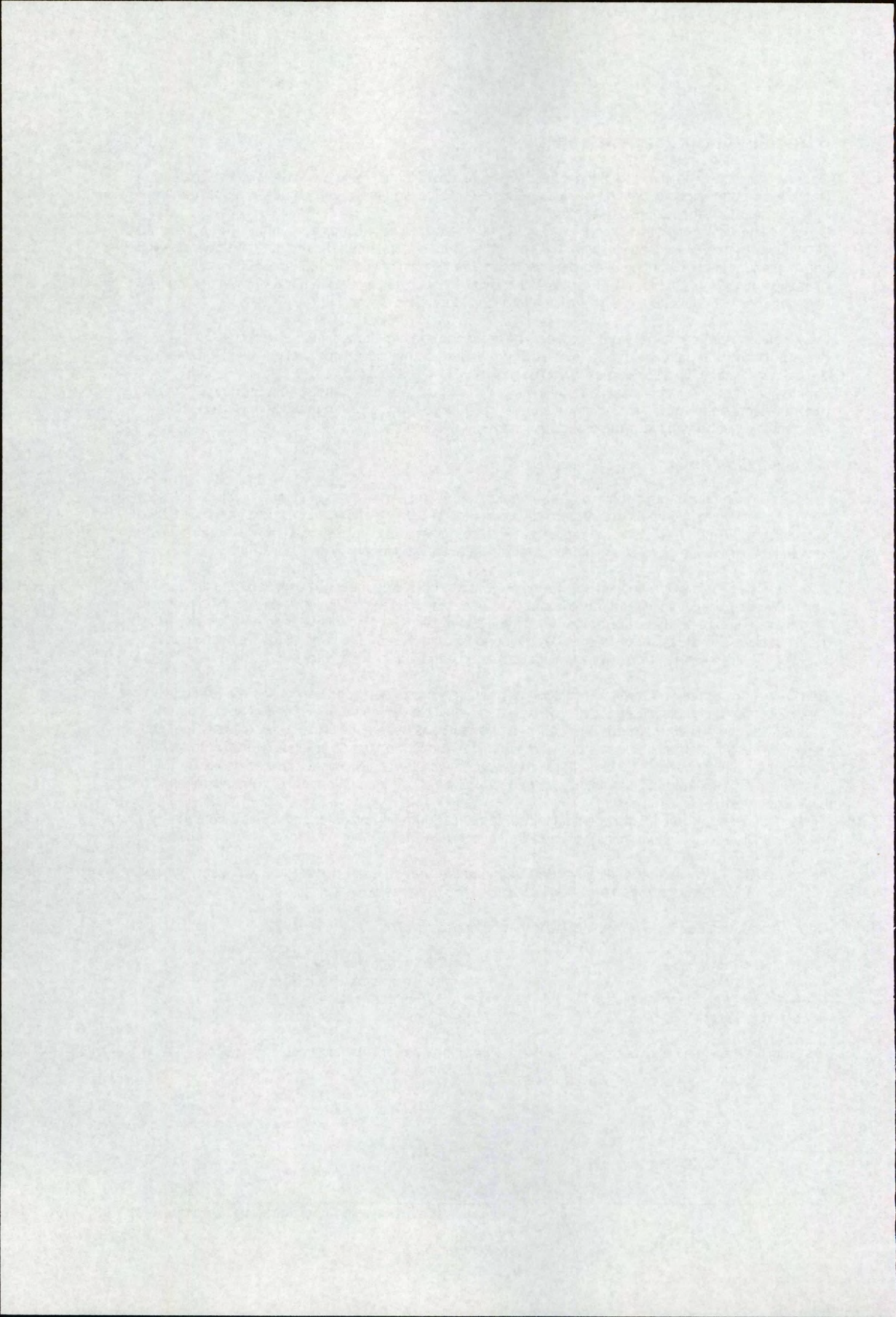
Bij een hellingshoek van 4,5 % is de snelheidsafname na 500m ongeveer 20km/u, hierbij wordt de toestand kritiek en is het toepassen van een kruipstrook gewenst.

Aangezien het vrachtverkeer in dit geval een klein aandeel van de totale hoeveelheid wegverkeer behelst (slechts 7%), is er voor gekozen om géén kruipstrook toe te passen.

Resumerend wordt de breedte van het dwarsprofiel opgebouwd uit:

▪ twee stepbarriers,	b = 0,35 m per stuk	= 0,70 m
▪ twee kantstroken,	b = 1,0 m per stuk	= 2,00 m
▪ twee rijstroken, (incl. kantstrook)	b = 3,25 m per stuk	= 6,50 m
▪ een deelstreep	b = 0,1 m	= 0,10 m

De totale breedte van het Profiel van Vrije Ruimte wordt hiermee 9,3 meter (zie tekening 5, blad 1).





5.2 Inwendige hoogte

De benodigde inwendige hoogte van de tunnel bestaat uit de hoogte van het ontwerpvoertuig, de asfaltlaag plus het overlagen ervan, en de dwarsverkanting t.b.v. waterafvoer. Bij de hoogte van het ontwerpvoertuig is in verband met de veiligheid een overhoogte meegenomen (hoge lading, etc).

Voor een moot met twee rijstroken wordt de hoogte als volgt:

▪ hoogte van ontwerpvoertuig:	$h = 4,50$ m
▪ hoogte voor asfaltlaag:	$h = 0,10$ m
▪ hoogte verkanting (2%):	$h = 0,20$ m
▪ overhoogte i.v.m. overlagen	$h = 0,10$ m

De totale hoogte van het profiel van vrije ruimte wordt hiermee 4,9 meter (zie tekening 5).

5.3 Vluchtroute

In een tunnel dienen voldoende vluchtmogelijkheden aanwezig te zijn. Dit in verband met brand, aanrijdingen en andere calamiteiten. De vorm en aanwezigheid van een vluchtroute heeft veel invloed op de afmetingen van de dwarsdoorsnede van de tunnel.

In principe kunnen drie mogelijke vluchtroutes worden genoemd:

1. Vluchtroute in een middenkanaal (tussen de rijbanen in), hierdoor ontstaat een bredere maar veilige tunnel;
2. Andere wegheft als vluchtroute gebruiken, hiervoor is een uitgebreid signaleringssysteem en bedieningsgebouw nodig. Bij deze oplossing dienen de twee tunnelhelften volledig brand- en waterdicht van elkaar gescheiden te zijn waarbij deze scheiding om een bepaalde afstand (bijv. 100 meter) van branddichte doorgangen zijn voorzien (dit principe wordt bij de Westerschelde tunnel toegepast);
3. Als het gesloten gedeelte van de tunnel kort is kunnen er, in het overgangsdeel van het gesloten gedeelte naar de toeritten, inkassingen in de wanden gemaakt worden. In deze inkassingen bevindt zich een trappenhuis naar het maaiveld, deze inkassingen dienen aan beide zijden van de weg aangebracht te worden.

Oplossing 1 en 2 kunnen worden toegepast worden bij tunnels met een lang gesloten gedeelte. Indien het gesloten gedeelte van de tunnel korter is dan 100 meter is de aanwezigheid van een vluchtroute niet noodzakelijk. Door het gesloten tunneldeel dus zo kort mogelijk te houden kan de ruimte van een vluchtroute worden uitgespaard.

5.4 Tunnelafmetingen

De tunnel kan een aantal mogelijke doorsnedevormen hebben, de afmetingen van deze vormen zijn met behulp van de benodigde inwendige afmetingen te bepalen. Om ook de uitwendige afmetingen te kunnen bepalen zijn eveneens waarden voor wand-, dek- en dakdiktes nodig. Voor de wanddikte wordt in eerste instantie 0,5 meter aangehouden, voor de dek- en dakdikte 0,8 meter en voor een vluchtkanaal minstens 1,35 meter¹.

De afmetingen van de boortunnels zijn waarden die vastgesteld worden aan de hand van een bepaalde verkeersklasse en een bepaald profiel van vrije ruimte. De wanddikte wordt aangehouden 0,5 meter.

<i>Doorsnedenvarianten:</i>	<i>Breedte (uitwendig (m))</i>	<i>Hoogte (uitwendig (m))</i>
Rechthoekig:		
▪ zonder scheiding	19,6	6,5
▪ met scheiding	20,1	6,5
▪ met vluchtkanaal	21,95	6,5
▪ twee moten	10,3 (per stuk)	6,5

¹ de gehanteerde waarden komen uit de ARTO (zie: bronvermelding (hoofdstuk 10))



Cirkelvormig:

▪ twee kleine diameters	12,2	12,2
▪ één grote diameter	ca. 21	ca 21
▪ overlappende 8-vorm	21,5 (1/6 D overlappend)	12,2
▪ niet overlappende 8-vorm	24,4	12,2

Hierbij moet opgemerkt worden dat bij toepassing van twee kleine cirkelvormige diameters de tussenafstand van de tunnelbuizen minimaal 2 à 3 keer de diameter dient te zijn tenzij er maatregelen worden getroffen, de minimale tussenafstand is dan minimaal gelijk aan de diameter.

5.4.1 Mogelijke doorsneden

5.4.1.1 Rechthoekig

De keuze van de doorsnede hangt nauw samen met het gekozen tracé en de toegepaste uitvoeringsmethode van de tunnel. De gunstigste vorm is de rechthoekige doorsnede met scheiding. De doorsnede zonder scheiding kan toegepast worden indien de beschikbare breedte te gering is voor een doorsnede met scheiding. Een tunnel met vluchtkanaal wordt alleen toegepast als het gesloten gedeelte langer is dan 100 meter. Twee rechthoekige doorsneden worden kunnen worden toegepast indien de tunnel onder de sluis wordt gemaakt of gebracht waarbij fasering van de uitvoer, i.v.m. de beschikbare ruimte of ondersteuningsconstructie, gewenst is.

5.4.1.2 Cirkelvormig

Bij de cirkelvormige constructies hangt de doorsnedenvorm af van het beschikbare en benodigde ruimte beslag. Voor het minimale ruimte beslag zijn de 8-vormige doorsneden het gunstigst. De oplossing met twee kleine diameters heeft, door een benodigde tussenruimte van 2 à 3 keer de diameter een erg grote breedte nodig en de oplossing met één grote diameter ligt, i.v.m. de benodigde gronddekking van één keer de diameter, erg diep.

5.5 Technische beschrijving tracé varianten

In hoofdstuk 4 is een beschrijving gegeven van de verschillende mogelijkheden van tracés. In deze paragraaf worden deze verder technisch bekeken. Hierbij wordt aandacht besteed aan de volgende punten:

- Vertikaal alignement;
- Horizontaal alignement;
- Aansluiting op bestaande wegtracé;
- Inpasbaarheid van het tracé op de bestaande situatie.

5.5.1 Alignement

Voor de tracés zullen het horizontale en verticale tracé worden uitgetekend. Hierbij wordt rekening gehouden met de minimale boogstralen en zichtlengten welke gelden voor een klasse IV route (zie bijlage 2, §2.2).

Het verticale tracé is te zien op tekening 1, blad 1 en 2, en het horizontale op tekening 3, blad 1. Uit deze tekeningen kunnen een aantal dingen geconcludeerd worden.

5.5.1.1 Vertikaal

Bij het verticale tracé moet aan een aantal aspecten aandacht besteed worden, namelijk; de hoogte van de dam en de dijk, welke niet mag worden aangepast, de maximale optredende (grond)waterstand terplekke (N.A.P. + 3,5 m) en het doorlaatwerk.

Doordat de damhoogte niet mag worden aangepast wordt er voor gekozen om het tracé dat langs de dam komt te liggen, verlaagd aan te leggen. Voor een tracé door het Veerse Meer betekent dit dat de dijk langs het meer wordt doorsneden. Hiervoor dient een passende oplossing gevonden te worden.



5.5.1.2 Horizontaal

Voor het horizontale alignement zijn een viertal tracés uitgetekend, te weten:

1. Aan Veerse Meer zijde voor de sluis langs (R1a)²;
2. Aan Oosterschelde zijde voor de sluis langs (R1b);
3. Ongeveer in het midden onder de sluis door (behorende tot R2b);
4. Direct naast de bestaande weg onder de sluis door (R2b en R2c).

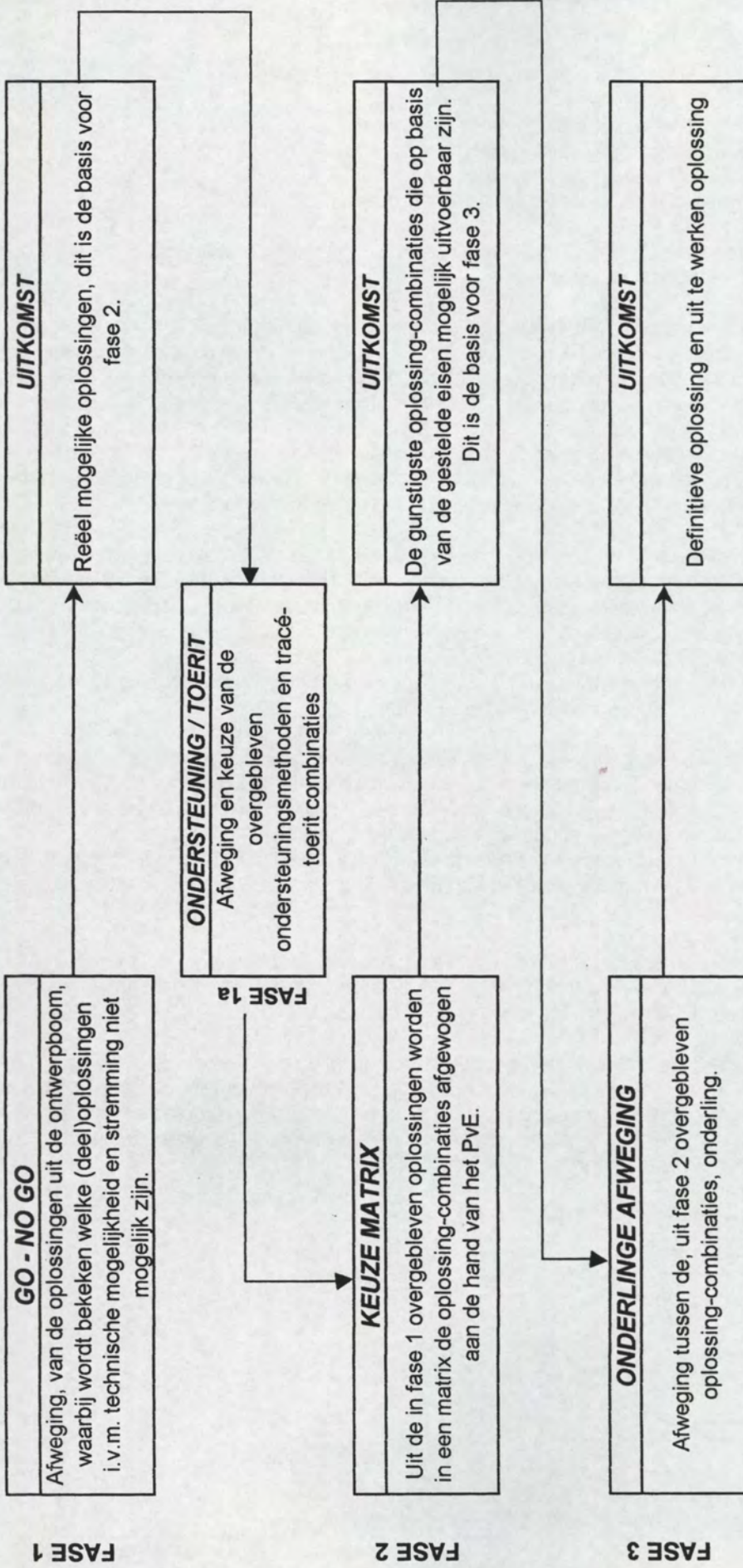
Het tracé ter plaatse van de huidige weg (R2a en R2c) is niet uitgetekend omdat daar m.b.t. het horizontale alignement weinig aan zal veranderen.

Naast de boogstralen zoals aangegeven in §2.2 van bijlage 2 is er voor de tracés van een recht gedeelte onder de sluis uitgegaan van ca. 25 meter (sluisbreedte). Hiervoor is gekozen omdat het gecompliceerd wordt om onder de sluis een gebogen tunneldeel te bouwen. Een groter recht gedeelte zal echter te veel invloed hebben op de lengte van de toeritten tot het punt waarop deze aansluiten op het bestaande tracé.

Vergelijken we het verticale met het horizontale tracé dan valt op dat de aansluiting op de bestaande route bij het verticale tracé verder van de sluis af ligt dan volgens het horizontale. Het horizontale tracé zal hier op worden aangepast omdat het anders een bochtig laag gelegen tracé wordt.

- Ad. 1 De ligging van het tracé voor de sluis langs in het Veerse Meer is zo gekozen dat de uitvoering en de kosten zo optimaal mogelijk worden gehouden. Er is dus niet voor gekozen om dit tracé direct voor de sluis langs te leggen omdat, dan extra maatregelen getroffen zouden moeten worden om uitspoeling van grond onder de sluis te voorkomen, de landtong ten zuiden van de sluis moet worden gekruist, de werkruimte beperkt is. Het tracé komt dus voor de uitmonding van de sluis langs te liggen (zie tekening 3). De totale lengte van dit alternatief wordt ongeveer 1.530 meter.
- Ad. b Het tracé voor de sluis langs aan de andere zijde van de sluis is zo ingepast dat er zo weinig mogelijk oppervlakte van Oosterschelde in gebruik wordt genomen. Hierdoor is er voor gekozen om het tunneldeel zo dicht mogelijk langs de sluis te leggen. Om uitspoeling van het zand onder de sluis te voorkomen kan er een damwand worden geslagen. Een bijkomend voordeel hiervan is dat het tracé vrij kort voor de sluis langs kan zodat de lengte door de Oosterschelde (natuurgebied) zo kort mogelijk is. De totale lengte van dit tracé is ca. 1.240 meter.
- Ad. c Door zo dicht mogelijk achter de huizen langs te gaan (rekening houdend met tuinen en pad) wordt de lengte van deze tracévariant verkort en de ligging vastgelegd. De totale lengte van dit tracé is tevens ca. 1.240 meter.
- Ad. d Zoals op tekening 3 te zien is moeten er om dit tracé uit te kunnen voeren de huizen worden gesloopt. Het is gezien de minimale horizontale boogstraal niet mogelijk om voor of achter de woningen langs te gaan. Vertikaal gezien is het ook niet mogelijk om ter plaatse van de woningen een dusdanig niveau bereikt te hebben dat er een gangbare situatie ontstaat. De lengte van dit alternatief is ook niet veel korter, ca. 1230 meter.

² codes refereren naar ontwerpboom (H4)





6 Afweging varianten

Naar aanleiding van het oplossingschema (ontwerpboom) welke in hoofdstuk 4 is samengesteld wordt in dit hoofdstuk een afweging gemaakt om tot een passende oplossing te komen.

De afweging is opgedeeld in *drie fasen*. In de *eerste fase* zullen alle methoden apart worden bekeken op hun mogelijkheid (go – no go methode). Tussen de eerste en de tweede fase (*fase 1a*) worden de overgebleven ondersteuningsmethoden afgewogen en wordt er aan elke mogelijk tracé een toeritconstructie toegekend. Op die manier kunnen er, met de mogelijke tunnelmethoden, de ondersteuningsmethoden en de tracé-toerit combinaties, verschillende oplossingcombinaties gevormd worden.

Deze combinaties zullen in *fase 2* worden getoetst aan het programma van eisen en een globale kosten afweging. De oplossingcombinaties welke hierbij voldoende scores worden mee genomen naar *fase 3* alwaar een logische keuze wordt gemaakt. (zie voor de procedure ook het schema op de linker pagina).

6.1 Fase 1. Go - No go

In dit deel van de afweging zal een ruwe schifting worden gemaakt in het grote aantal mogelijke oplossingen. Zoals de titel van deze paragraaf al doet vermoeden, wordt er gekeken welke mogelijke oplossing zal worden meegenomen naar de volgende fase.

Hierbij worden de oplossing-mogelijkheden uit de ontwerpboom (grijs gearceerd de ontwerpboom in hoofdstuk 4), aan de hand van een tweetal argumenten bekeken. Het gaat hierbij om de technische mogelijkheid, en de (negatieve) invloed die de oplossing, tentijde van de uitvoering, op de stremming van het scheepvaart- en wegverkeer heeft.

Het afwegingsaspect "technische mogelijkheid" is tweeledig. Ten eerste wordt er gekeken of het constructief haalbaar is, en ten tweede of er voldoende kennis en ervaring mee is.

De methoden die op basis van bovengenoemde aspecten afvallen worden hieronder genoemd, een verdere uitleg van de keuze staat beschreven in bijlage 4 (§4.1).

nr.	Beschrijving	Criterium
R2a	Tracé onder huidige weg door	Stremming wegverkeer
R2c	Tracé naast en onder huidige weg	Technisch niet mogelijk (sloop woningen)
S1a	Ophangen d.m.v. langsligger op palen	Technisch niet mogelijk
S2a	Ophangen d.m.v. langsligger op staal	Technisch niet mogelijk
S2a	Ondersteunen met palen/putten	Stremming scheepvaart
S2b	Ondersteunen met jet-grouten	Stremming scheepvaart
S2c	Ondersteunen met boorpaalwanden	Stremming scheepvaart
S2d	Ondersteunen met diepwanden	Stremming scheepvaart
S2f	Ondersteunen met chemische injectie	Technisch niet bewezen
S2g	Ondersteunen met stalen liggers	Technisch niet mogelijk (aanbrengen)
T1a	Boren, 1 x grote diameter (prefab)	Diameter niet mogelijk
T1b	Boren, 1 x grote diameter (staal)	Diameter niet mogelijk / kosten t.o.v. prefab beton
T1c	Boren, 1 x grote diameter (in-situ)	Diameter niet mogelijk / technisch niet bewezen
T1e	Boren, 2 x kleine diameter (staal)	Kosten t.o.v. prefab beton
T1f	Boren, 2 x kleine diameter (in-situ)	Technisch niet bewezen
T1g	Multi-face, overlappende cirkels	Technisch niet bewezen
T1h	Multi-face, niet overlappende cirkels	Technisch niet bewezen
T1i	Thix schild	Technisch niet bewezen
T2a	Tunnel in-situ, 1 fase door sluis heen	Stremming scheepvaart
T2b	Tunnel in-situ, 2 fasen door sluis heen	Stremming scheepvaart
T2e	Tunnel in-situ, 1 fase voor sluis langs	Stremming scheepvaart
T3	Pers-, trektunnel	Technisch niet mogelijk
T4	Horizontaal caisson	Technisch niet bewezen
T6c	Zinktunnel in tijdelijke groene sluis	Stremming scheepvaart
T7	Diepwanden	Stremming scheepvaart

Tabel 1; afgevalen oplossingen fase 1.



6.2 Fase 1a. Ondersteuningsmethode en toerittype keuze

Om voor fase 2 en aantal reële combinaties, van de in hoofdstuk 4 genoemde groepen (tracé, tunnelbouw methoden en toeritten), te kunnen vormen worden in deze paragraaf de ondersteuningsmethoden voor het tracé "onder de sluis door" besproken, en zal per tracé worden bekeken welke toeritmethode(n) er het beste bij past.

6.2.1 Ondersteuningsmethode

Na fase 1 zijn de volgende ondersteuningsmethoden nog over:

- Grondvriestechieken (S2e)
- Betonnen wanden (S2h)

Met deze methoden kunnen drie oplossing-combinaties gecreëerd worden. Deze zijn:

1. wanden persen, rest ontgraven en tunnel in-situ bouwen;
2. grond bevroren, grond ontgraven en tunnel in één keer in-situ bouwen.
3. grond bevroren, wanden in-situ bouwen, rest ontgraven en rest in-situ bouwen;

De afmetingen van de constructies zijn bepaald aan de hand van het benodigde profiel van vrije ruimte, de constructies zijn berekend op zakkings tijdens de bouw en opdrijven na voltooiing (bij een lege sluisbak). De tunnelmoten bestaan, in dwarsrichting, uit delen met één rijstrook. Er zijn voor een twee * twee strooks rijweg dus vier tunnelmoten nodig. Dit is noodzakelijk in verband met de sterkte van de sluisvloer.

- Ad. 1 Als de prefab-wanden in de grond zijn aangebracht kan de ruimte ertussen ontgraven worden waarna de wanden, het dak en vloer van de tunnel "aan de prefab-perswanden" vast gestort kunnen worden. De wanden zijn drie meter dik, het dak 1,2 meter en de vloer 2,2 meter.

Een groot voordeel bij deze oplossing is de zekerheid bij uitvoering. In tegenstelling tot de oplossing met de ijswanden treden er waarschijnlijk geen nazakkingen op omdat er geen grond bevroren wordt en omdat het gewicht van de gehele constructie bijna even groot is als het gewicht van de grondmoot.

Een nadeel bij de oplossing is de geleiding van de prefab wanden in dwarsrichting. In verband met knik zal de wand waarschijnlijk niet in één keer over de volledige lengte en hoogte aangebracht kunnen worden. Hierbij komt dat de wand deel uitmaakt van de uiteindelijke constructie, afwijkingen van 50 centimeter zijn nog niet problematisch maar grotere afwijkingen kunnen wel problemen opleveren.

- Ad2. De grond wordt bevroren, er ontstaan twee "ijswanden", de grond tussen deze wanden wordt ontgraven en de tunnelmoot wordt ertussen gebouwd. De volgende tunnelmoot kan nu gebouwd worden met één ijswand waarbij de vorige tunnelmoot eveneens gebruikt wordt als ondersteuningswand. De inwendige afmetingen van de tunnelmoten zijn dezelfde als bij oplossing 1, de wanddikte is één meter dik, de dak en vloerdiktes zijn 1,2 meter dik.

Voordeel van deze constructie is dat de buiten en binnenafmetingen van de tunnel met vrij grote zekerheid gemaakt kunnen worden omdat de ondersteuningsconstructie van de sluisvloer los staat van de tunnel.

Nadelen bij deze oplossing zijn. Ten eerste de optredende zettingen die onvoorspelbaar en waarschijnlijk vrij groot zijn. Ten tweede de kruip van het ijs onder de belasting van de sluis, en ten derde de te nemen maatregelen tegen het opdrijven van de uiteindelijk constructie als er twee tunnelmoten naast elkaar gemaakt worden (wat in verband met de kosten zeker zal gebeuren).

- Ad. 3 Er wordt een aantal ondersteuningswanden gemaakt van bevroren grond waarna de grond ertussen wordt ontgraven. Nu kunnen de wanden in-situ gemaakt worden, zodra de wanden gereed zijn kan de grond ontdooit worden en doen de wanden dienst als ondersteuningsconstructie. Het dak en de vloeren kunnen worden gemaakt waarna de



tunnelmoot gereed is. De afmetingen van de uiteindelijke constructie zijn, in verband met opdrijven, precies hetzelfde als die van oplossing 1.

Voordelen van deze constructie zijn de beperkte tijd waarvoor grondbevriezen nodig is en de minder ernstige zettingsgevaaren. Een gedeelte van de grond wordt pas ontgraven als de betonnen wanden al gebouwd zijn en zal tijdens de "vries-fase" een dragende functie hebben waardoor niet het gehele gewicht van de sluis op de kruipgevoelige ijswanden terecht komt.

Nadeel van deze constructie zijn de zettingen van het ijs en de kosten van de methode.

6.2.2 Tracé-toerit combinaties

Elke tracé heeft zijn eigen ligging waaraan een aantal eigenschappen kunnen worden toegekend.

Zo kan er voor elk deel van het tracé worden beredeneerd welk soort toerit er wordt toegepast.

De verschillende typen toerit zijn zeer divers. Een groot aantal staan beschreven in hoofdstuk 4, maar combinaties van de genoemde typen zijn zeer zeker mogelijk. Met deze typen als basis zal hieronder per tracé worden beschreven welk soort toerit(-constructie) voor welk deel zal worden toegepast. Hiervoor is het tracé op gedeeld in een noord- en zuidzijde, dit is t.o.v. de sluisas.

Algemeen probleem bij de toeritten is de (grond)waterstand ter plekke. Hiervoor kan men damwanden met een onderwaterbeton vloer aanbrengen en bij geringere diepte een vliesconstructie. Bij deze vliesconstructie is er voor gekozen dat deze nog toe te passen is bij een maximale benodigde gronddekking van ca. 2 meter (m.b.t. reaktiekracht voor de opwaartse druk van het grondwater). Dit betekent dat bij droog ballastzand het vlies tot ca. 3 meter onder de grondwaterstand kan liggen. Extra ballast door het in stand houden van een "polderpeil" in de vliesconstructie kan niet worden toegepast omdat dit tot wateroverlast in de tunnel zal leiden.

6.2.2.1 Voor de sluis langs in het Veerse Meer

Noordzijde Gezien de ruimte welke beschikbaar is voor de aanleg van de toerit, kan vanaf de diepte waar de benodigde gronddekking onder het gestelde maximum komt, een vliesconstructie worden toegepast. Het gedeelte hier voor wordt gemaakt uit (dam)wanden met een onderwaterbetonvloer. Eventueel kan er voor gekozen worden om de damwanden tot net boven de grondwaterstand uit te laten steken en het bovenste gedeelte onder talud te ontgraven.

Zuidzijde Aan de zuidzijde van de sluis ontstaat er een heel ander probleem. Hier is alleen open water waardoor andere oplossingen moeten worden gekozen. Vanaf het punt waar de nieuwe weg op de oude route aansluit zal een landtong worden opgespoten waarin, gelijk aan de noordzijde, gekozen wordt voor een vliesconstructie. Voor de rest van de toerit naar de tunnel zal een verticale (dam)wand worden gebruikt. Hierbij moet rekening gehouden worden dat er een ruimte open blijft voor de doorstroming van het water uit het doorlaatwerk.

6.2.2.2 Voor de sluis langs in de Oosterschelde

Noordzijde In tegenstelling tot het vorige tracé is hier de ruimte zeer beperkt. Dit komt door de aanwezigheid van het natuurgebied aan de noord-oostzijde van de dam. Hierdoor zal de gehele toerit uit ruimte besparing worden gemaakt uit verticale (dam)wanden met zonodig een onderwaterbetonvloer.

Zuidzijde Ook aan deze zijde van de sluis zal de damwand uit ruimte besparing worden gemaakt uit verticale (dam)wanden met (zonodig) een onderwaterbetonvloer. Voor beide zijden geldt dat er een afwerking kan worden gerealiseerd, bestaande uit een grondlaag die onder talud tegen de wand wordt aangebracht. Dit om het uiterlijk van de omgeving niet aan te tasten.



6.2.2.3 Onder de sluis door

Noordzijde Dit tracé is zo ingetekend dat de lengte ervan zo kort mogelijk is. Dit betekent echter wel dat de ruimte beperkt wordt door de woningen aan de dam. Ook hier zullen dus verticale (dam)wanden worden gebruikt. Deze zullen, indien qua ruimte mogelijk, tot boven de grondwaterstand uit steken waarna het bovenste gedeelte grond onder talud kan worden ontgraven.

Zuidzijde In het Veerse Meer zal net als bij een al eerder genoemde tracé mogelijkheid een landtong worden toegepast met daarop aansluitend een toerit van verticale (dam)wanden. Het doorlaatwerk vormt hierbij een groter obstakel. Deze mogelijke kruising kan gevormd worden door een duiker welke over de toerit heen ligt. Dit dient dan op een dusdanige plaatst op het tracé te gebeuren dat de doorrijdhoogte voldoende blijft.

6.3 Fase 2. Keuze matrix

Na de selectie op basis van "go – no go" in paragraaf 6.1 zijn een aantal mogelijkheden over. In de voorgaande paragraaf is aan de verschillende tracés een toeritconstructie "toegewezen" en zijn de mogelijke ondersteuningsconstructies voor de sluisbak behandeld.

Er kan nu een lijst worden opgesteld met een aantal zogenaamde "oplossing-combinaties". Al deze combinaties worden na voorafgaande afweging (§6.1 en 6.2) reëel geacht.

Door middel van een keuzematrix worden de oplossing-combinaties getoetst aan het programma van eisen, de globale kosten en een aantal overige, belangrijke, eisen.

Hieronder staan de mogelijke oplossing-combinaties. Een korte toelichting, voor- en nadelen en de bepaling van de onderlinge verhouding van de kosten e.d. staat in de bijlage 4 (§4.2).

Veerse Meer zijde:

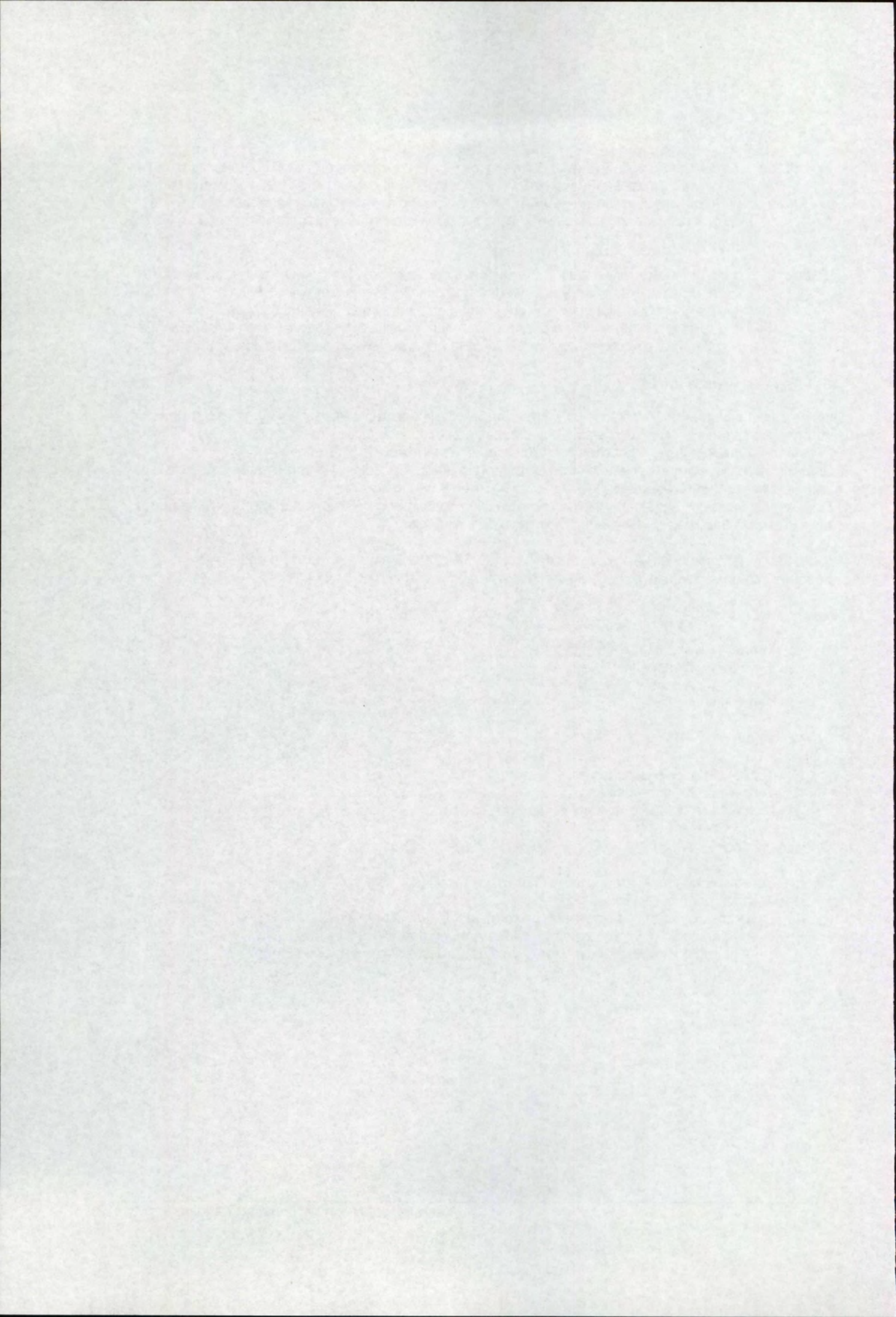
- a) Tunnel in twee fasen, geheel in-situ;
- b) Tunnel in zijn geheel schuiven;
- c) Tunnel in zijn geheel zinken;
- d) Tunnel in twee fasen: sluitdeel zinken, rest in-situ;

Oosterschelde zijde:

- e) Tunnel in zijn geheel schuiven;
- f) Tunnel in zijn geheel zinken;
- g) Tunnel in twee fasen: sluitdeel zinken, rest in-situ;

Onder sluis door:

- h) Boren met de tunnelboormachine (TBM);
- i) Wanden persen, rest in-situ;
- j) Ondersteuning d.m.v. grondvriezen, tunnelmoot in één keer in-situ;
- k) Ondersteuning d.m.v. grondvriezen, alleen wanden daarna rest, in-situ;
- l) Ondersteuning d.m.v. grondvriezen, tunneldeel schuiven (g.w.s. niet verlagen).





6.3.1 Afweging op basis van programma van eisen

Kosten (gewicht: 4)

De kosten zijn bij het ontwerp erg belangrijk omdat de oplossing moet concurreren met een, door de eenvoud, relatief vrij goedkope oplossing (brug). De kosten worden vergeleken op basis van de zogenaamde: "globale kosten". Hiervoor worden de oplossing-combinaties, wat betreft grondwerk, de uitvoeringsmethode e.d. met elkaar vergeleken. Op basis van deze vergelijking zal een waarde worden gegeven voor de elk onderdeel van de kosten waarbij de uitvoering, in verband met het aandeel ervan in de kosten, dubbel telt.

Stremming vaarverkeer (gewicht: 1)

Dit is een belangrijke eis uit het programma van eisen, en weegt daarom zeker mee bij de afweging. Aangezien alle oplossingen hieraan, zij het in verschillende mate, voldoen weegt dit criterium niet zwaar.

6.3.2 Afweging op basis van ruimtelijke vormgeving

Uiterlijke inpassing (gewicht: 2)

De verschillende oplossingen brengen verschillende aanpassingen aan het landschap met zich mee. Alle oplossingen passen, wat betreft afmetingen, binnen de beschikbare ruimte, maar tussen de oplossingen onderling is wel een groot verschil wat betreft beleving en inpassing in de omgeving. Aangezien dit voor de provincie en de omwonende zeer belangrijk is maar verder geen grote gevolgen met zich meebrengt wordt het gewicht 2 eraan toegekend.

Combinatie met doorlaatwerk (gewicht: 2)

Als de tunnel gebouwd wordt gebeurt dit waarschijnlijk gelijk, of in ieder geval gecombineerd, met de aanleg van het doorlaatwerk. De inpassing van dit doorlaatwerk van belang voor de keuze van de oplossing.

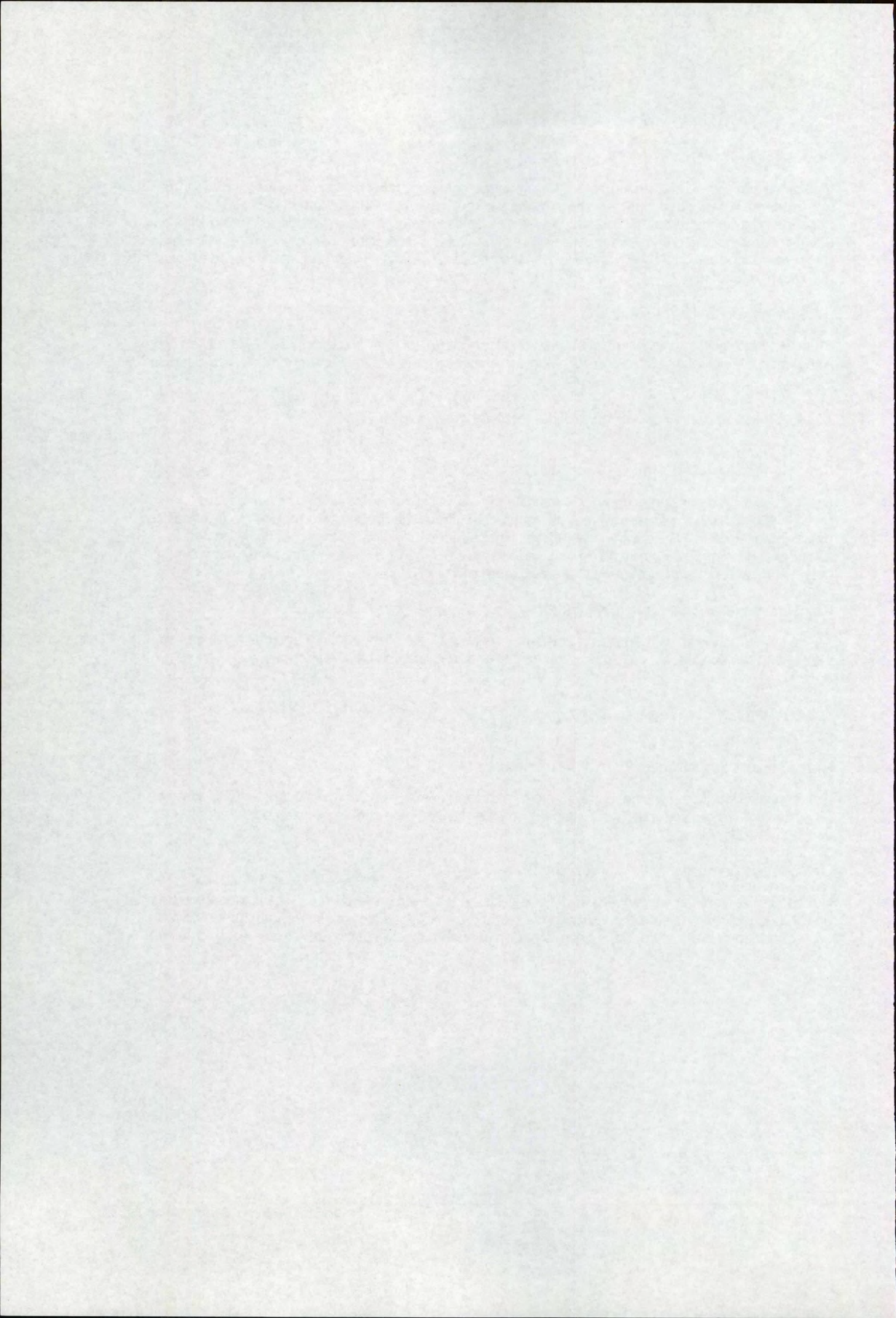
6.3.3 Afweging op basis van uitvoering:

Risico van uitvoering (gewicht: 3)

Een aantal mogelijke oplossingen brengen een aanzienlijk risico met zich mee voor de sluis, deze kan ofwel zettingen gaan vertonen (wat mits gelijkmatig en binnen de gestelde grenzen geen ramp hoeft te zijn) of zelfs bezwijken.

Onzekerheid gebruikte methode (gewicht: 2)

Voor de keuze van de oplossingen wordt liefst gekozen voor een methode die vaker is toegepast en waar dus voldoende ervaring mee is. Methoden die tot nu toe weinig zijn toegepast brengen bepaalde onzekerheden met zich mee. Deze onzekerheden kunnen tot extra kosten en vertragingen e.d. leiden (vooropstellend dat het ook goed mogelijk is dat zich geen problemen voordoen).





6.3.4 Keuzematrix

Door oplossing-combinaties nu uit te zetten tegen de hierboven gestelde criteria kunnen er waarden aan worden toegekend. Deze waarden zullen worden vermenigvuldigd met het gewicht van het criterium zodat de totale score van de oplossing kan worden bepaald.

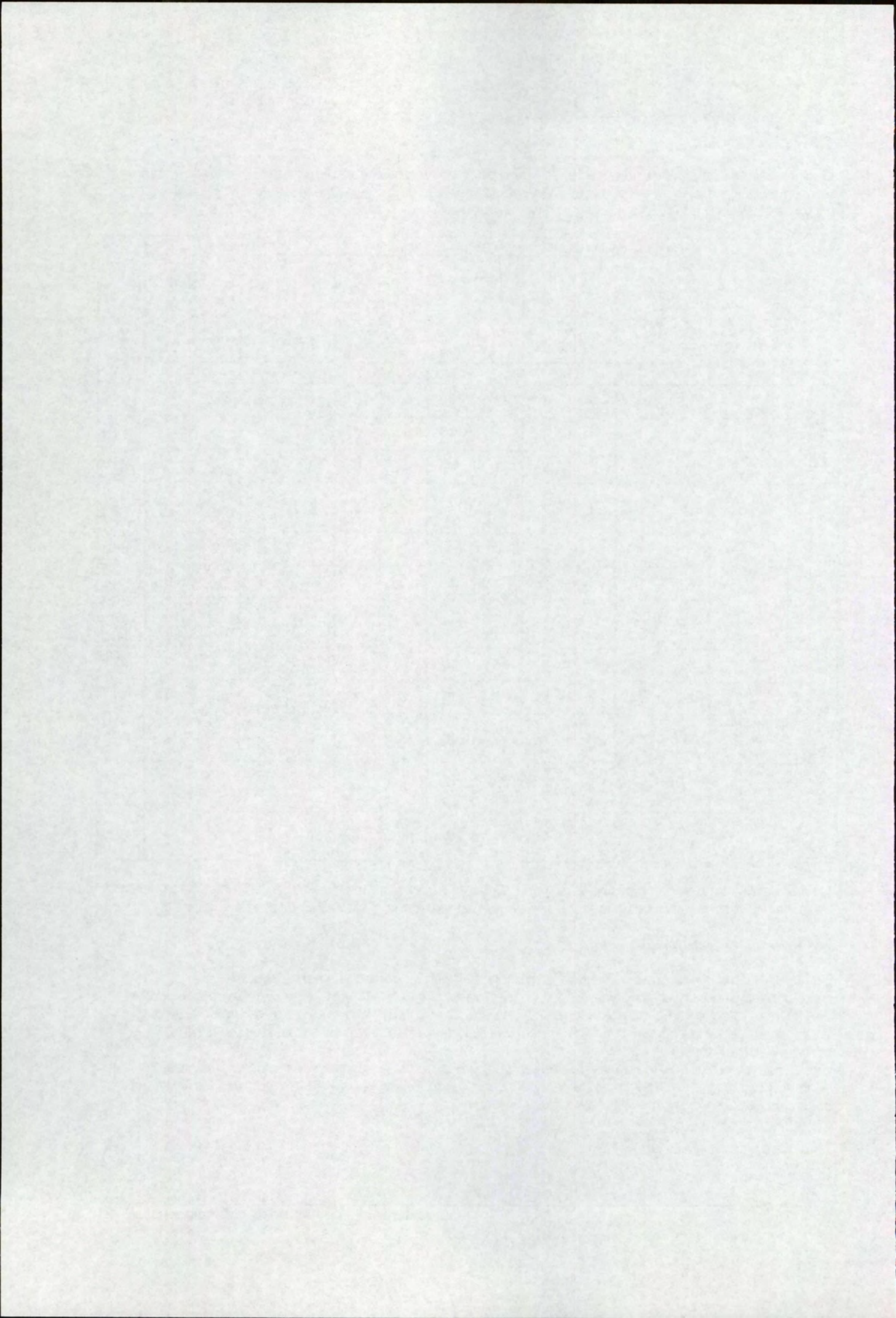
Oplossing			Programma van Eisen				Ruimtelijke inpassing				Uitvoering				TOTAAL
			Kosten		Stremming		Uiterlijk		Doorlaatwerk		Risiko		Onzekerheid		
			4	14	5	5	2	4	4	8	5	15	5	10	
Veerse Meer	a	2 fasen, in-situ	3.5	14	5	5	2	4	4	8	5	15	5	10	56
	b	Geheel schuiven	1.75	7	4	4	2	4	4	8	4	12	2	4	39
	c	Geheel zinken	2.25	8	2	2	2	4	4	8	4	12	4	8	43
	d	2 fasen, zinken en in-situ	3.53	9	1	1	2	4	4	8	4	12	4	8	45
Oosterschelde	e	Geheel schuiven	3	12	4	4	3	6	2	4	3	9	2	4	39
	f	Geheel zinken	3.5	14	1	1	3	6	2	4	3	9	4	8	42
	g	2 fasen, zinken en in-situ	4.25	17	1	1	4	8	2	4	3	9	4	8	45
Onder sluis door	h	Boren met TBM	1.25	5	5	5	5	10	5	10	0	0	1	2	33
	i	Wanden persen	2.5	10	5	5	5	10	3	6	2	6	2	4	43
	j	Vriezen, tunnel in-situ	3.	12	5	5	5	10	3	6	2	6	2	4	43
	k	Vriezen, wanden in-situ	3.	12	5	5	5	10	3	6	1	3	2	4	40
	l	Vriezen, tunnel schuiven	3	12	5	5	5	10	3	6	3	9	3	6	48

Uit deze matrix komen de oplossing a, d, g en l als beste naar voren. In de volgende en laatste fase zullen deze vier oplossing-combinaties tegen elkaar worden afgewogen om tot een eindoplossing te komen.

6.4 Fase 3. Onderlinge afweging

Een keuzematrix is een goed hulpmiddel om de oplossingen te toetsen aan een aantal eisen, randvoorwaarden en overige uitvoerings- en ontwerpaspecten. De uitkomst van een keuzematrix is zeker niet feilloos. In het algemeen kan door een kleine verandering in de keuze van de gewichten de uitkomst veranderen. Vanwege deze onnauwkeurigheid zal de uiteindelijke keuze van de beste oplossing beredeneerd worden.

Uit de matrix worden daartoe de vier hierboven genoemde oplossing-combinaties in deze paragraaf onderling afgewogen. Uit deze oplossingen zal nu "de beste" oplossing gekozen worden, en er wordt een oplossing gekozen die verder uitgewerkt zal worden.





De oplossingen, met de aandachtspunten op een rij, waartussen gekozen moet worden zijn:

In twee fasen door Veerse Meer, geheel in-situ (a)

Eenvoudige methode met weinig risico's en onzekerheden. Absoluut geen stremming aan weg- en vaarverkeer.

Onder sluis door, ondersteunen met grondvriezen en tunneldeel schuiven (i)

Kort tracé, daardoor relatief minder bouwmaterialen nodig. Een aantrekkelijk inpassing in de huidige situatie. Technisch moeilijker uitvoerbaar door ongebruikelijke methoden, daardoor duurder.

In twee fasen door Veerse Meer, sluitdeel zinken, rest in-situ (d)

In twee fasen door Oosterschelde, sluitdeel zinken, rest in-situ (g)

Met de zinkmethode is in Nederland veel ervaring en daardoor veel zekerder uit te voeren dan vries- en schuiftechnieken met dit soort grote afmetingen. Een nadeel is het optreden van stremmingen tijdens de uitvoering, deze zijn minimaal maar wel degelijk aanwezig.

In principe wordt er doorgaans geen gebruik gemaakt worden van zinkmethoden als uitvoering in-situ beton een mogelijkheid is. Dit in verband met extra kosten en de bewerkelijke uitvoering. Aangezien het enige verschil tussen a en d het zink-deel is en daarom oplossing d niets toevoegt waarmee voordeel te behalen valt aan oplossing a, valt oplossing d af.

6.4.1 Conclusie en keuze

1. Door het geringe risico en genoemde voordelen is oplossing a (in twee fasen door Veerse Meer. In-situ bouwen) de beste oplossing voor het probleem. De methode is veruit het eenvoudigst en de kosten zullen, zelfs gezien het lange tracé, zeker concurrerend zijn ten opzichte van de andere oplossingen.
2. Oplossing I (sluis ondersteunen met grondvriestechneken en tunneldeel inschuiven); door het schuiven en de vriestechneken, technisch het interessantst voor deze afstudeeropdracht en zal dan ook verder worden uitgewerkt. Door de beperkte lengte van het tracé en de goede inpassing in de huidige situatie is deze oplossing, afgezien van de toegepaste ongebruikelijke methoden, een zeer goede oplossing.
3. Als laatste, oplossing g (twee fasen door Oosterschelde, zinken en in-situ); deze oplossing is voor bovengenoemde oplossingen een goed alternatief en dient zeker genoemd te worden als aanbeveling. Aangezien het uiterlijk in de eindsituatie niet erg aantrekkelijk is en er toch bepaalde risico's voor de sluis toch aanwezig zijn, ondanks dat de tunnel niet onder de sluis doorgaat behaalt, deze oplossing de "derde plaats".



7 Technische omschrijving

In het voorgaande zijn een aantal overwegingen, berekeningen en keuzes gemaakt waaruit nu de uiteindelijke oplossing, de vorm en de afmetingen hiervan volgen. De (tunnel-)oplossing is zowel constructief als wat betreft bouwplanning uitgewerkt. In dit hoofdstuk zal een globaal beeld gegeven worden van de eindoplossing. De verdere uitwerking hiervan staat in de bijlagen (nummers vermeld bij desbetreffende onderwerp) en in de rest van het eigenlijke verslag (bouwplanning hoofdstuk 8).

De volgende aspecten zullen hier kort behandeld en verduidelijkt worden:

1. tunnelconstructie;
2. toeritconstructie;
3. ijswanden;
4. schuifprocedure.

7.1 Tunnel constructie

In dwarsdoorsnede is gekozen voor een dubbele tunnelmoot. Zoals uit de berekening van de capaciteit van de sluis (zie bijlage 5) al bleek is een hart-op-hart afstand, voor de ondersteuningsconstructie van de sluis, dan groter 16,6 meter niet mogelijk. Hierdoor ontstaat, in verband met de vereiste tunnelbreedte, de noodzaak om de tunnel in twee, van elkaar gescheiden, delen te maken. De tunnel bestaat dientengevolge uit twee rechthoekige moten die naast elkaar liggen, ertussen ligt alleen een grondmoot. Voor elke rijrichting is nu één, tweebaans tunnelmoot beschikbaar. (zie ook tekening 5; dwarsdoorsneden).

Iedere tunnelmoot bestaat uit twee tunneldelen ofwel elementen. Deze twee elementen worden tijdens de schuifsessie onder de sluis gebracht en naar elkaar toe geschoven waardoor één tunnelmoot ontstaat. De tunnelelementen zullen, voordat ze worden ingeschoven, in-situ worden gemaakt in bouwkuipen aan weerszijden van de sluis. Deze bouwkuipen sluiten aan op de toeritten. De waterdichtheid bij de aansluiting van de twee tunnelelementen zal gewaarborgd worden door zogenaamde "Gina"-profielen. (voor uitgebreide informatie over de schuifsessie en aansluitingen zie bijlage 6, §6.1)

De afmetingen van twee aaneengeschakelde tunnelelementen zijn als volgt:

	Uitwendig	Inwendig
Breedte	12,1 m	9,3 m
Hoogte	9 m	5 m
Lengte	28 m	28 m

De wanddikte is 1,4 meter, de vloer en dakdikte bij inschuiven zijn beide 1 meter. Nadat de tunnelelementen ingeschoven en onderling bevestigd zijn zal een twee meter dikke laag ballastbeton aangebracht worden.

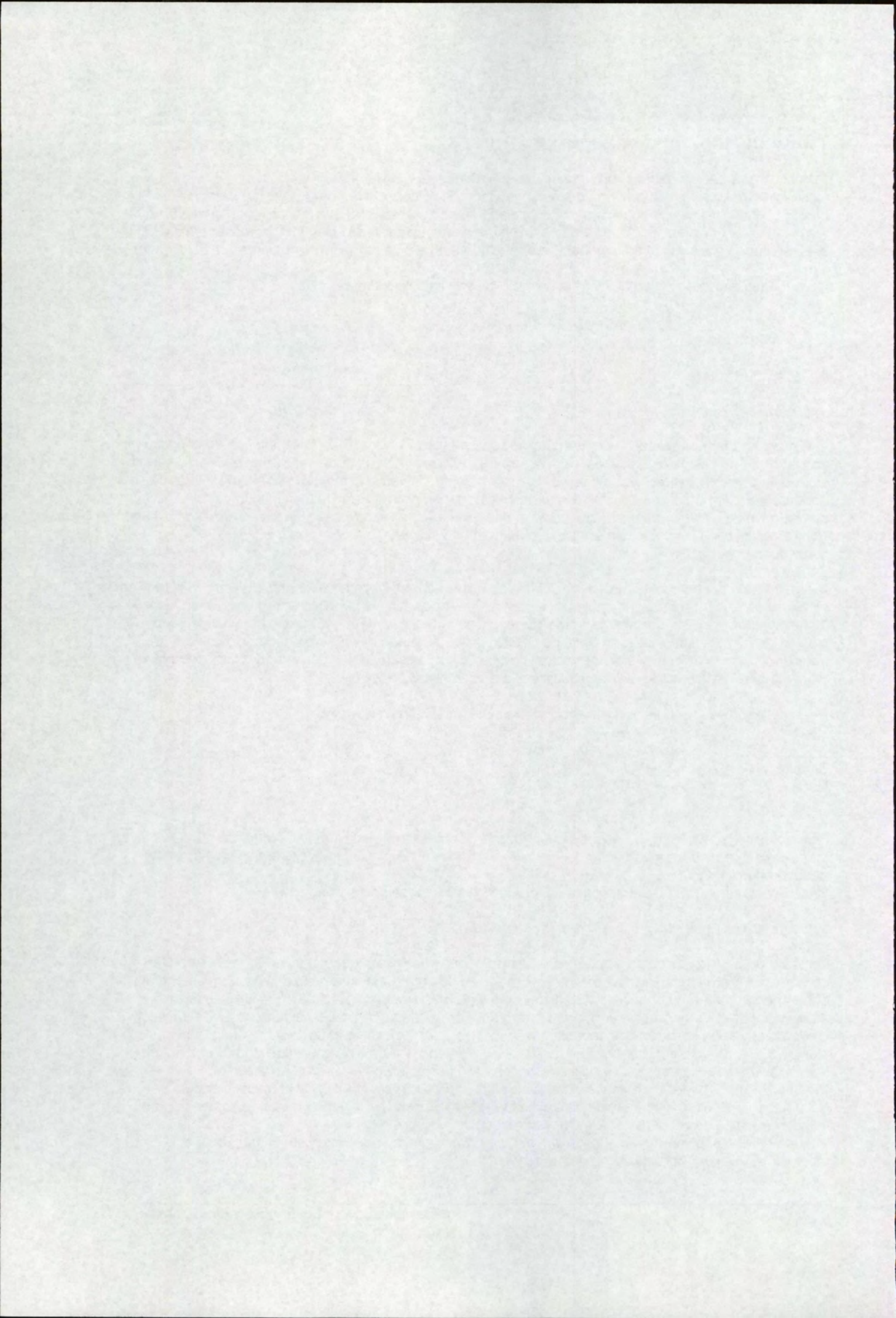
Voor de berekening van de afmetingen de tunnel inclusief wapening zie bijlage 12.

7.2 Toeritconstructie

De toeritconstructie bestaat in de bouwfase uit een onderwaterbetonvloer met trekpalen en een stalen combiwand. Hierbij zullen, in verband met reductie van de optredende momenten in de wand, stempels aangebracht worden op ongeveer 1,25 meter boven de grondwaterstand (N.A.P. +4,75m). In later stadium zal deze bouwkuip "vervangen" worden door een volledig betonnen constructie. Deze zal voor de opname van de krachten ook gebruik maken van de, in de bouwfase aangebrachte, trekpalen en stempels. De onderwaterbetonvloer en de stalen combiwand wordt na de bouwfase in verband met de kortere levensduur echter als "onbruikbaar" beschouwd (maar blijven uiteraard wel bestaan).

Vanaf 2,5 meter onder de maximale waterstand (3,5 - 2,5 = + 1,0 m N.A.P.) zal in plaats van een betonnen toeritconstructie een folieconstructie toegepast worden. Dit in verband met de kosten van een folieconstructie die veel geringer zijn dan van een betonnen constructie.

Voor de berekening van de afmetingen van de combiwand en de onderwaterbetonvloer: zie bijlage 7, voor meer informatie over onderwaterbeton zie bijlage 15.





7.3 IJswanden

Tijdens de inschuifprocedure dient de sluisbak ondersteund te worden. Dit gebeurt door middel van ijswanden. Deze wanden hebben een dikte, verlopend van 3 meter onderin tot 1 meter bovenin en een hoogte van 10,5 meter. De wanden worden aangebracht door middel van horizontale boortechieken (geringe zetting). Voor het aanbrengen van de horizontale buizen t.b.v. het grondbevriezen zal een aparte, vrij smalle, bouwkuip, in het verlengde van de gewone bouwkuip, worden aangebracht. Deze kuip heeft als functie het garanderen van een waterdichte bouwkuip voor de tunnelelementen. Dit omdat het mogelijk is dat bij het aanbrengen van de grondvriesbuizen grondwater in de bouwkuip kan komen. Gedurende de instandhouding van de ijswanden dient de tijd en de vorderingen van de tunnel zeer nauwgezet bewaakt te worden zodat de tijdsduur waarover de ijswanden benodigd zijn zo gering mogelijk is. Dit is zeer relevant aangezien de ijswanden zeer hoge en tijdsafhankelijke kosten met zich meebrengen.

De berekening van de ijswanden is te vinden in bijlage 12. Meer informatie over Grondvriestechieken staat vermeld in de literatuurstudie in bijlage 14.

7.4 Schuifprocedure³

De vier tunnelelementen zullen nadat de bouw ervan voltooid is, worden afgeballast en door middel van kopschotten waterdicht afgesloten. De bouwkuip zal vol met water worden gezet waarna de tunnelelementen, aan de bovenzijde gefixeerd door een geleide rail, zullen gaan drijven. Zodra de bouwkuip vol met water staat kunnen de bouwkuip begrenzende damwanden, tussen de bouwkuip en de zogenaamde "vrieskuip", onder water weggebrand worden en kunnen de tunnelelementen ingeschoven worden. Nadat deze ingeschoven zijn worden ze onderspoelt, waterdicht aangesloten op de bouwkuip en zodanig afgeballast dat ze niet op zullen drijven. Hierna zal de ballastlaag aangebracht kunnen worden en kunnen de ballasttanks verwijderd worden. Uiteindelijk zullen de bouwkuipen leeg worden gepompt.

Tijdens de gehele schuifprocedure staat er water in de bouwkuip. Dit dient twee doelen, ten eerste moeten de tunnelelementen een opdrijvend vermogen hebben om ingeschoven te kunnen worden en ten tweede heeft de sluisbak de opwaartse kracht van het water nodig ter vermindering van de druk op de ijswanden. Voor het laatstgenoemde aspect is effect groter en gunstiger naarmate de waterstand in de bouwkuip hoger staat.

7.5 Algemeen

7.5.1 Bedieningsgebouw

Doordat het gesloten tunnelgedeelte zeer kort wordt is er geen uitgebreid signaleringssysteem benodigd. Dit scheelt aanzienlijk in de kosten en ook in de afmetingen van het bedieningsgebouw. Indien mogelijk zal het bestaande bedieningsgebouw van de brug worden uitgebreid.

7.5.2 Daglichtconstructie

Bij een lange tunnel is het nodig om, bij in- en uitgang, een daglicht-constructie aan te brengen. Deze constructie is nodig om de ogen van de bestuurder te laten wennen aan het verschil in lichtintensiteit bij het inrijden of verlaten van de tunnel. Door de tunnel zo kort mogelijk te houden en de afwerking er op aan te passen (witte wanden en plafond en voldoende kunstlicht) kan er worden bespaard op een dergelijke constructie.

7.5.3 Doorlaatwerk

Ten behoeve van de hoogteligging van de toeritten dient het doorlaatwerk verplaatst te worden in de richting van de sluis. De kruising van het doorlaatwerk en de toerit kan plaats vinden door het toepassen van een klein aquaduct over de toerit heen. Verder uitwerking hiervan geschied niet binnen deze studie.

³ Op het moment dat de schuifprocedure bedacht en grotendeels ontworpen was kwam van Rijkswaterstaat de opmerking dat de constructie onherroepelijk tot grote problemen zou leiden. De constructie is opnieuw uitgedacht en ook gedeeltelijk uitgewerkt. De beide schuifprocedures worden genoemd en uitgelegd in bijlage 6. Hierin staan ook de verschillen tussen beide en de waarschijnlijk optredende problemen bij de eerste oplossing.



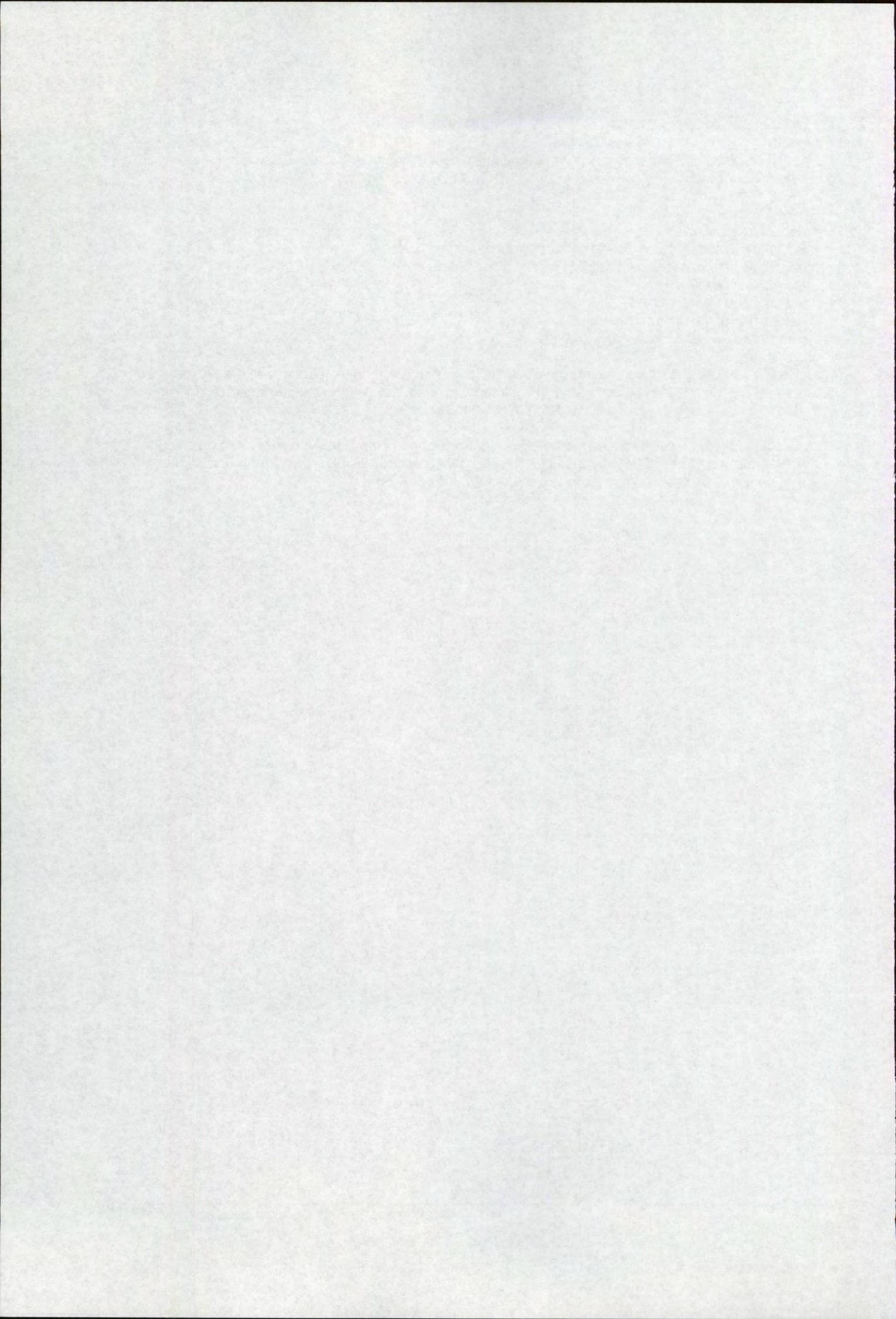
8 Globale Bouwplanning

Op basis van de technische omschrijving is een globale bouwplanning gemaakt. Deze is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Toerit Zuidzijde;
- Toerit Noordzijde;
- Bouwkuip Zuidzijde (kuip waarin de tunnelmoten worden gebouwd);
- Bouwkuip Noordzijde (kuip waarin de tunnelmoten worden gebouwd);
- Afweking Zuidzijde;
- Afwerking Noordzijde;
- Aansluiting op huidig tracé Zuidzijde;
- Aansluiting op huidig tracé Noordzijde.

Op tekening 7 (1 blad) staat een overzicht van de totale planning. Hierin wordt duidelijk in welke periode de verschillende onderdelen t.o.v. elkaar zijn ingepland. In de daarop volgende tekeningen (8 t/m 10, elke in 2 bladen) is de planning van de onderdelen uitgewerkt.

De totale benodigde bouwtijd bedraagt ca. 245 werkbare dagen. Aangezien het een globale planning betreft waarbij de nadruk ligt op de onderlinge koppeling van de onderdelen en werkzaamheden, moet in niet al te veel waarde aan gehecht worden aan de gegeven bouwtijd.





9 Eindconclusie

In de opdrachtschrijving staat vermeld dat de Bouwdienst van Rijkswaterstaat een concurrerend alternatief wil zien voor de uitbreiding van de brug capaciteit over de Zandkreeksluis, in de vorm van een tunnel. In deze opzet zijn wij, gezien vanuit het perspectief dat de kosten van de oplossing van ondergeschikt belang zijn aan de te behalen voordelen, geslaagd. Toepassing van een tunnel biedt een groot aantal voordelen ten opzichte van een brugoplossing. Een aantal essentiële voordelen zijn het handhaven van de onbeperkte doorvaarthoogte, de continuïteit van het wegverkeer, die zowel tijdens de uitvoering als in de definitieve fase, gewaarborgd kan worden, het ontstaan van een situatie waarin het vaarverkeer en het wegverkeer elkaar ongehinderd, en dus zonder vertragingen, kruisen en de combinatie met het doorlaatwerk.

Zoals vermeld in bovenstaande is de opzet geslaagd indien de kosten buiten beschouwing worden gelaten. Indien uitvoerig naar de kosten gekeken wordt zullen de "ondertunnel" methoden een minder gunstig alternatief vormen. Het al dan niet toepassen van een "ondertunnel" methode zal sterk afhangen van de invloed van de genoemde voordelen op het weg- en vaarverkeer en de wens van de opdrachtgever om de huidige situatie op deze punten te verbeteren.

Een bijzonder gunstig aspect van de "ondertunnel" methoden is de, mogelijk gecombineerde, uitvoering met het doorlaatwerk. Voor beiden is het zeer gunstig als de uitvoering gelijktijdig verloopt, in verband met het kunnen opheffen van de stremmingen voor het verkeer tijdens de uitvoering en het gezamenlijk gebruik van de bouwkuip.

In het verslag zijn een drietal oplossingen als "goed alternatief" gekwalificeerd. Dit zijn: het alternatief waarbij de tunnel in twee fasen in het Veerse Meer in-situ wordt gebouwd, het alternatief waarbij de tunnel in de Oosterschelde deels in-situ wordt gebouwd en het deel ter plaatse van de vaargeul wordt afgezonken en het alternatief waarbij de tunnelmoten onder de sluis door worden geduwd cq getrokken. Het eerst genoemde alternatief is, in verband met de bekendheid van de methode en de weinig complexe uitvoering ervan, het beste alternatief voor een "overbrug"-methode. Het laatstgenoemde alternatief is technisch gezien het meest interessant omdat gebruik wordt gemaakt van zelden toegepaste methoden.

De door ons uitgewerkte oplossing is minder aantrekkelijk dan de oplossing waarbij de tunnel in-situ wordt gemaakt aangezien gebruik wordt gemaakt van relatief onzekere uitvoeringsmethoden zoals grondvriezen en het induwen c.q. intrekken van tunnelelementen.

De "ondertunnel" methoden zouden in een volgend stadium verder geoptimaliseerd kunnen worden. Zo kan het alternatief in de Oosterschelde verder worden uitgewerkt omdat deze wat betreft het ruimtebeslag en de daarmee samenhangende kosten vrij gunstig is. Het wegtracé zou verder en gedetailleerder uitgewerkt kunnen worden omdat bij deze studie uitgaan is van de minimaal benodigde afmetingen wat niet vanzelf tot het kortste of het gunstigste tracé leidt.

Ook de schuifmethode zou kunnen worden geoptimaliseerd door uit te gaan van het één-zijdig inschuiven van het hele element. Door een voeg, in het midden van het element aan te brengen kan de tunnel eventuele zettingen van de sluis nog steeds volgen. Deze voeg kan dan worden voorzien van een flexibel rubberen profiel dat tijdens de schuifprocedure gefixeerd wordt door middel van (in later stadium te doorboren) voorspanstrengen. Op deze manier is slechts één tunnelelement per moot nodig en kan één bouwkuip droog blijven.

Concluderend kan dus worden gesteld dat "ondertunneling" in plaats van "overbrugging" zeer zeker mogelijk is. Het beste alternatief hierbij is de in-situ tunnel in het Veerse Meer. Bij de afweging van een "overbrugging" of "ondertunneling" dient steeds bedacht te worden in hoeverre de financiële aspecten opwegen tegenover de te behalen voordelen. Hierbij is het essentieel rekening te houden met de effecten van de keuze van een bepaalde oplossing, voor het weg- en vaarverkeer, op lange termijn.

Een "Zandkreektunnel" zou voor genoemde problemen ons inziens een waardevolle oplossing zijn.



10 Literatuur

- Aquaduct; tunnel of brug onder...
 - Artificial ground freezing and soil
 - ARTO (Algemene Richtlijnen Tunnel Ontwerp)
 - Damwanden, CUR 166
 - De boortunnel dichtbij
 - Double-O-Tube tunnels
 - Geboorde tunnels
 - Geotechnisch rapport
 - Grondbevriezen
 - Grondbevriezen als funderingstechniek
 - Ground Freezing
 - Grouting and deep-mixing
 - Inhouds opgave groutcongres
 - Lokatie sonderingen/boringen
 - Moderne funderingstechniek
 - Ondergronds bouwen
 - Onderwaterbeton, CUR 56
 - Ontwerp sluis in Zandkreeksdam
 - R.O.N.A. deel 1, 2, 3 en 4
 - SATO deel 2 en 3
 - Schutsluis in Zandkreeksdam
 - Soft ground tunneling
 - Tunnel construction
 - Tunnelbouw
 - Tunneling
 - Tunnels in the Netherlands
 - Variantenstudie basculebrug
- Land en Water Jrg. 30, sept '90
transportation research board
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Commissie Uitvoering Research
Conferentieverslag
Boeve, D.V.
Rijkswaterstaat
Fa. Mos Grondmechanica
Nederhorst grondtechniek
Civiele techniek jrg. 42, juni 1987
Seiti Kinoshita / Masami Fukuda
IS-Tokyo
Balmema, A
Fa. Mos Grondmechanica
Prof. IR. A. van Weele
Horvat, E.
Commissie Uitvoering Research
Rijkswaterstaat
Werkgroep basiscriteria
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Rijkswaterstaat
Resendiz & Romo
Washington
Both, G.J.J.
Bretell, B.T.
Rijkswaterstaat
Rijkswaterstaat Zeeland

