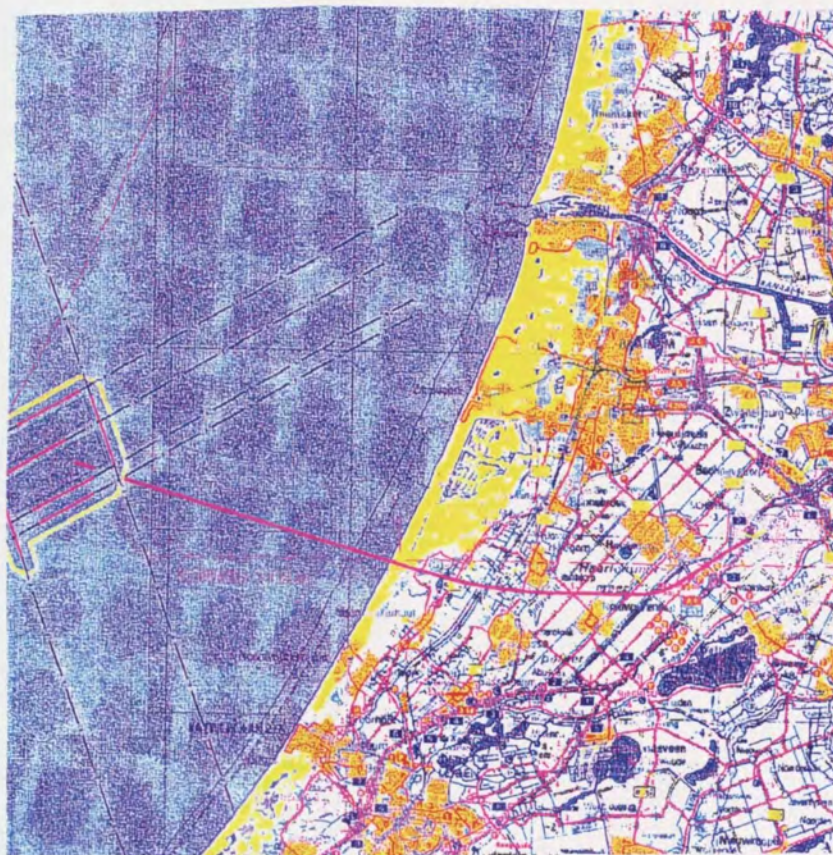


TOEKOMST NEDERLANDSE LUCHTVAART INFRASTRUCTUUR



Voorontwerp Shuttle-verbinding Eiland in de Noordzee en Schiphol

Bouwdienst Rijkswaterstaat
Afdeling Tunnelbouw



BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT

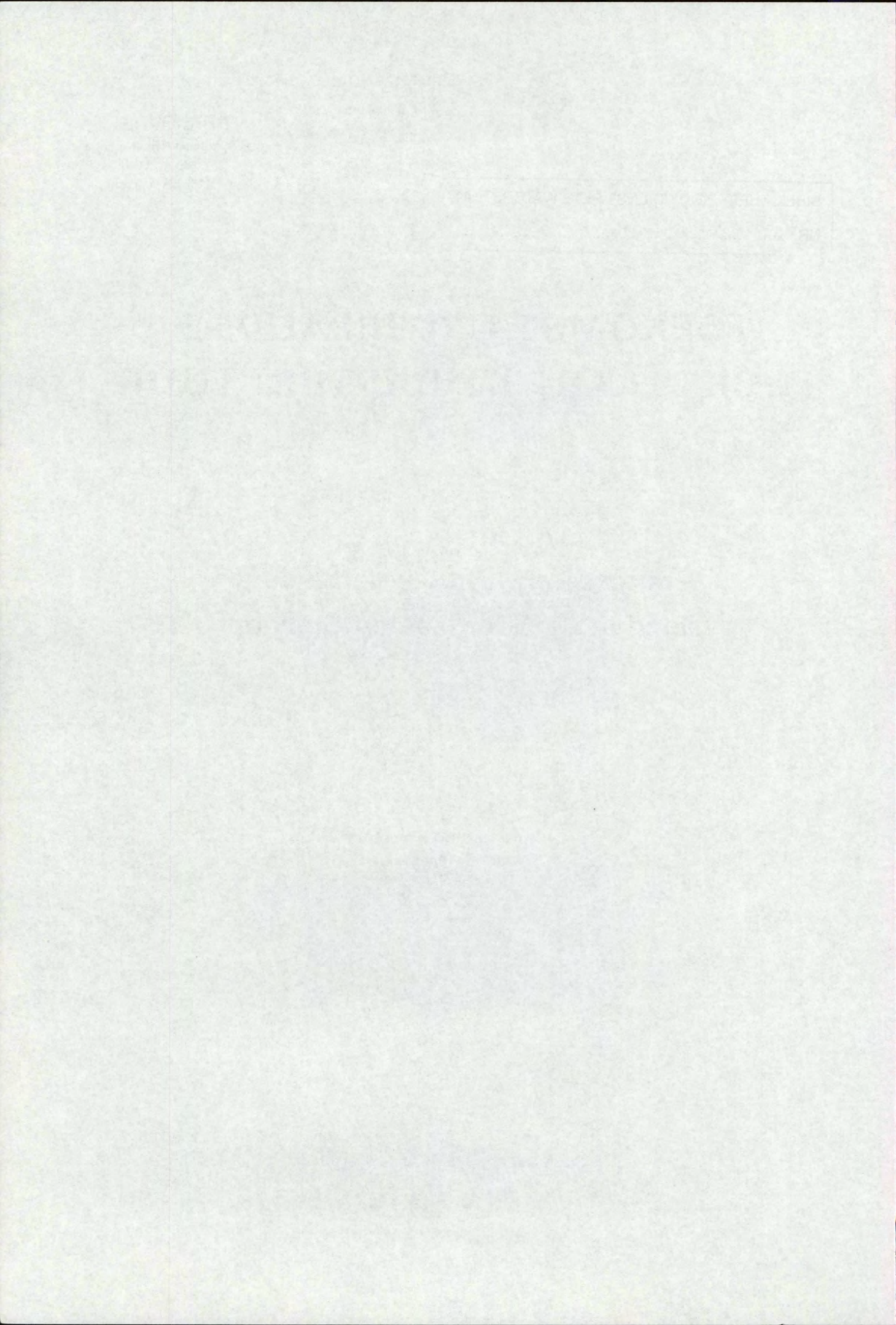
NR. Z1720 BDW

TOEKOMST NEDERLANDSE LUCHTVAART INFRASTRUCTUUR

Voorontwerp Shuttle-verbinding Eiland in de Noordzee en Schiphol

Bouwdienst Rijkswaterstaat
Afdeling Tunnelbouw

Documentnr. : TNL14-R-98001
Elementair :
Status : Definitief
Versie : 1.0
Opsteller(s) : S.W.M. Coopmann
: P. Kole
Datum : 30 juni 1998



INHOUDSOPGAVE

Samenvatting

1. INLEIDING	5
1.1 ALGEMEEN	5
1.2 WERKWIJZE EN AANPAK	5
1.2.1 Leeswijzer	5
1.3 RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN	5
1.3.1 Randvoorwaarden	5
1.3.2 Uitgangspunten	6
2. PROGRAMMA VAN EISEN	7
2.1 LOGISTIEK PROGRAMMA VAN EISEN	7
2.1.1 Snelheid	7
2.1.2 Capaciteit	7
2.2 MOGELIJKE VERVOERSSYSTEMEN	8
2.3 RAILTECHNISCHE EISEN	9
2.4 VEILIGHEIDSEISEN	10
3. TRACÉ	11
3.1 ALGEMEEN	11
3.2 HET ZUIDELIJKE TRACÉ OVER LAND	11
3.3 HET NOORDELIJKE TRACÉ OVER LAND	11
3.4 DE ZEEPASSAGE	14
3.5 AFWEGING	14
4. BASISTECHNIEKEN VOOR DE CIVIELE TECHNIEK	15
4.1 ALGEMEEN	15
4.2 GEOTECHNIEK	17
4.2.1 Waterhuishouding	17
4.2.2 Bodemopbouw	18
4.3 EISEN VOOR HET ONTWERP	19
4.4 UITWERKING VAN BOUWMETHODEN	19
4.4.1 Boven maaiveld	19
4.4.2 Op maaiveld	20
4.4.3 Onder maaiveld	21
5. LANDPASSAGE	24
5.1 KEUZE BOUWMETHODEN PER TRACÉDEEL	24
5.2 TRACÉBESCHRIJVING VOORKEURSVARIANT	27
6. ZEEPASSAGE	28
6.1 AANSLUITING LANDDEEL	28
6.2 BOUWMETHODEN VOOR DE ZEEPASSAGE	29
6.2.1 De boortunnel	29
6.2.2 De brug	30
6.2.3 De zinktunnel	30
6.2.4 Mogelijke combinaties	30
6.3 AANSLUITING EILAND	31
6.4 KEUZE BASISTECHNIEKEN	32
7. KOSTPRIJSBEPALING	34
7.1 UITGANGSPUNTEN	34
7.2 EENHEIDSPRIJZEN	34

7.2.1 Inleiding.....	34
7.2.2 Strekkende meter prijzen.....	34
7.3 VARIANTEN VOOR LANDPASSAGE.....	35
7.3.1 Variant 1 Zuidelijk tracé, optimaal beneden maaiveld (Voorkeursvariant).....	35
7.3.2 Variant 2 zuidelijk tracé, daar waar mogelijk op maaiveld.....	35
7.3.3 Variant 3 zuidelijk tracé, geheel ondergronds.....	36
7.3.4 variant 4 noordelijk tracé, voornamelijk bovengrondse oplossing.....	37
7.4 COMBINATIES VOOR DE ZEEPASSAGE.....	37
7.4.1 Inleiding.....	37
7.4.2 Totale kosten van verschillende combinaties.....	37
7.4.3 Keuze van combinatie.....	38
7.5 KOSTEN TOTALE SHUTTLE VERBINDING.....	38
8. CONCLUSIES.....	41

Bijlagen

Samenvatting

In opdracht van TNLI voert de afdeling Waterbouw een studie uit naar de uitbreidingsmogelijkheden van Schiphol. Voor de variant waarbij een kunstmatig eiland in Noordzee wordt gemaakt is een hoogwaardige verbinding met Schiphol noodzakelijk. De onderzoeksvraagstelling was gericht op het inzicht van de technische mogelijkheden en de kosten voor deze shuttleverbinding. Het onderzoek naar de shuttle verbinding is door de afdeling Tunnelbouw van de Bouwdienst uitgevoerd en richt zich primair op de mogelijkheden van reeds bestaande en bekende technieken. Naast dit onderzoek is door een drietal marktpartijen eveneens onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van een shuttleverbinding waarbij het accent lag op mogelijke innovaties.

De aanpak van het onderzoek is gericht op het inzichtelijk maken van de kosten componenten en op de mogelijkheid om verschillende varianten met elkaar te kunnen combineren.

Op basis van een groot aantal toekomstscenario's is een programma van eisen geformuleerd dat de volgende kenmerken bezat:

Personen piekcapaciteit	: 13700
Vrachtpiekcapaciteit	: 586 ton
Bagagepiekcapaciteit	: 240 ton
Maximale reistijd shuttle	: 15 minuten (in-uitstappen + 5 minuten)
Afstand van het eiland tot de kust	: 20 km

In een korte beschouwing zijn vier vervoerssystemen vergeleken. De magneettrein, een hogesnelheidsmetro een hoge snelheidstrein en een intercity. Op basis van bewezen techniek en de bewezen vervoersprestaties is uitgegaan van een hogesnelheidstrein concept. Een voordeel ontstaat ook bij dit type rail verbinding door de mogelijkheid om aan te sluiten op de bestaande rail infrastructuur. In de studie is hier verder geen aandacht aan besteed. Op basis van dit rail systeem is een vertaalslag gemaakt naar de hoeveelheid sporen en de randvoorwaarden voor de civieltechnische ontwerp aspecten.

Voor de shuttle zijn ten minste drie sporen noodzakelijk. Tevens bleek dat indien het eiland verder komt te liggen dan 20 kilometer er rekening moet worden gehouden met grotere tunneldoorsneden om drukgolfproblematiek te voorkomen. Voor de kleinere afstanden dikteert het profiel van vrije ruimte van de railvoorzieningen de hoofdafmetingen.

Als veiligheidsniveau is het gebruikelijke niveau in Nederland aangehouden in combinatie met de inzichten die verworven zijn vanuit de HSL-tunnel voor het Groene hart.

De studie naar de mogelijke trajecten voor de shuttle hebben geresulteerd in een Noordelijk tracé en een Zuidelijk tracé.

Het **Noordelijk** tracé bezit het langste traject over land en vraagt daarmee om goedkope (bovengrondse) technieken. De aansluiting op Schiphol vormt een groot knelpunt vanwege de start en landingsbaanpassage en de gewenste aansluiting op het vrachtafhandelingscentrum op Schip zuid. Vanuit Schiphol wordt zoveel mogelijk de A9 gevolgd, echter de effecten op boogstralen reduceren hier de maximum snelheid zodat het betwijfeld wordt of de MCT gehaald kan worden. De duinen worden ondergrond gepasseerd ten zuiden van IJmuiden.

Het **Zuidelijk** tracé zal grotendeels ondergronds of tussen maaiveld moeten worden uitgevoerd om een maatschappelijk aanvaardbare inpassing mogelijk te maken. De aansluiting op Schiphol en het vrachtafhandelingscentrum is relatief eenvoudig. Een bovengrondse aansluiting die goed op aankomst en vertrekhal aansluit is zelfs mogelijk. Voorgesteld wordt om met bakconstructies daar waar mogelijk en verder eenvoudige tunnelconstructies door te gaan tot aan het duingebied. Ook weer in verband met maatschappelijke acceptatie en omdat het duingebied hier een waterwingebied is worden de duinen ondergronds gepasseerd.

De passage van het zeedeel is separaat aangepakt. De principes waarmee de zeepassage kan worden gerealiseerd zijn:

- Tunnel; boortunnel of zinktunnel
- Brug

Het blijkt dat de aansluitingen van de verschillende technieken speciale aandacht vraagt. Zo is bijvoorbeeld voor de aansluiting van een boortunnel vanuit de duinen naar een brugconstructie een kunstmatig eiland noodzakelijk. Voor het boren zijn schachtconstructies nodig om te starten of te eindigen met het boorproces. Een aansluiting van een zinktunnel met een boortunnel vraagt eveneens om een bijzondere constructie. De lengte van de zeepassage vraagt ook in relatie met de gewenste korte uitvoeringstijd om aandacht. Geconcludeerd wordt dat het verstandig lijkt te zoeken naar combinaties van technieken om gelijktijdige uitvoering eenvoudiger te kunnen realiseren.

seren. De kosten zijn voor de verschillende combinaties op een rij gezet en bevinden zich allen rond de 4 miljard. De keuze moet dus op basis van andere criteria geschieden en zou ook aan uitvoerende marktpartijen overgelaten kunnen worden.

Een belangrijk knelpunt voor de bouwtijd is de enorme schaal van dit project.

Geconcludeerd kan worden dat de benodigde investeringen voor een shuttle verbinding die een passagiers aanbod vanuit het CPB-GC scenario aan kan in ieder geval lager ligt dan de in een eerder stadium genoemde 20 miljard. Afhankelijk van de inpassingsmogelijkheden en de minder technische keuzen varieert het kosten niveau tussen 9 miljard en 12 miljard gulden.

Besparingen zijn denkbaar door beduidende langere reistijden te accepteren en metro-achtige railverbindingen te introduceren. Een eiland op 30 kilometer uit de kust zal een relatief dure verbinding behoeven indien toch een korte reistijd wordt vereist. Zodra de maximum snelheid boven 175 km/uur komt wordt de drukgolf problematiek relevant en moeten grotere diameters worden toegepast. Dit heeft een behoorlijke oprijvende invloed op het kostenniveau.

1. Inleiding

1.1 Algemeen

In het kader van de Toekomst Nederlandse Luchtvaart Infrastructuur TNLI worden enkele mogelijke locaties voor de uitbreiding van Schiphol onderzocht. Een daarvan betreft een eiland in de Noordzee, deze locatie zal via een satellietverbinding met Schiphol moeten worden ontsloten. Dit betekent dat de verbinding tussen dit eiland en Schiphol van een zeer hoogwaardige kwaliteit dient te zijn. Met name de mogelijkheden en kosten van zo'n verbinding zijn belangrijk omdat het kostenaandeel van de shuttle-verbinding voor dit alternatief relatief hoog wordt geschat. In dit rapport worden de mogelijkheden van de verbinding nader bekeken en zal een referentieontwerp worden gemaakt voor het meest haalbare alternatief met de huidige stand van de techniek inclusief een kostenraming.

1.2 Werkwijze en Aanpak

Vanuit een zeer brede benadering wordt steeds verder toegewerkt naar de beste oplossing gezien vanuit de verschillende ontwerpaspecten (kosten, planning, uitvoering, hoeveelheden, waarbij kosten belangrijk zijn). Dit geheel is een iteratief proces en wordt zoveel mogelijk modulair opgebouwd zodat eventuele combinaties van alternatieven snel bepaald en vergeleken kunnen worden.

De hoge kosten worden veroorzaakt door de hoge eisen die aan de verbinding worden gesteld en de omstandigheden voor de uitvoering van zo'n verbinding zoals een duinpassage, een zeepassage en inpassing in stedelijk gebied van de landpassage. Om te bepalen wat de mogelijkheden en de kosten van alternatieven zijn wordt een voorontwerp gemaakt dat moet leiden tot een ontwerp van tracé en civieltechnische basistechnieken voor de verschillende tracédelen zodat hierna een kostenoptimalisatie kan worden gemaakt.

1.2.1 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal met het logistieke programma van eisen worden bepaald welke vervoerssystemen mogelijk zijn en wat deze systemen betekenen voor het tracé en de verschillende basistechnieken. Uit de mogelijke vervoerssystemen volgen railtechnische voorwaarden waarmee het ruimtebeslag van verschillende basistechnieken bepaald kan worden.

In hoofdstuk 3 zal de tracékeuze aan de orde komen waarna in hoofdstuk 4 de basistechnieken worden besproken om in hoofdstuk 5 een aantal varianten voor de mogelijke technieken per tracédeel worden uitgewerkt. In hoofdstuk 6 worden mogelijke combinaties voor de zeepassage besproken. Hoofdstuk 7 bevat een kostenraming van de basisprincipes en een kostprijsbepaling van de varianten en combinaties zodat deze met elkaar vergeleken kunnen worden.

1.3 Randvoorwaarden en Uitgangspunten

1.3.1 Randvoorwaarden

- Het eiland komt te liggen voor de kust tussen IJmuiden en Noordwijk.
- Randvoorwaarden worden verder opgelegd door de omgeving van het tracé en per tracédeel de mogelijke civieltechnische technieken om de verbinding te realiseren.

1.3.2 Uitgangspunten

Uitgangspunten voor het ontwerp zijn de gebruikerseisen, het logistiek programma van eisen, waaruit tevens een railtechnisch en civieltechnisch programma van eisen mede door worden bepaald.

- Er wordt uitgegaan van state of the art technieken, afsluitend zal aandacht worden besteed aan innovatiemogelijkheden.
- Er wordt uitgegaan van een eiland 20 km uit de kust gesitueerd, implicaties van een eiland 10 of 30 km uit de kust zullen worden aangegeven waar dit van belang is.
- Het in dit document besproken ontwerp sluit aan bij technische randvoorwaarden vanuit HSL-achtige systemen. Bij het ontwerp is (nog) geen rekening gehouden met een aansluiting op het geplande HSL-zuid tracé.
- Het 'overall' veiligheidsniveau maakt gebruik van de geformuleerde uitgangspunten van concrete ontwerpen zoals de Westerschelde Oever Verbinding en de HSL Boortunnel 'Groene Hart'.
- Vracht moet op Schiphol op een aparte terminal worden afgehandeld (o.a. aansluiting op het OLS systeem). Hiervoor is een scheiding van pasagiers en vracht noodzakelijk.
- Zeer hoge operationele betrouwbaarheid is vereist.

2. Programma van Eisen

2.1 Logistiek programma van eisen

2.1.1 Snelheid

Vanuit het gezichtspunt van de reiziger dient de satelliet te worden beschouwd als een onderdeel van Schiphol en niet als een aparte luchthaven. Om dit te kunnen bewerkstelligen wordt als eis aan de Maximum Connecting Time (MCT) gesteld dat deze niet groter mag zijn dan 45 minuten. De MCT is als volgt opgebouwd:

aansluiting passagiersbrug en uitstappen	8 min
verplaatsen op locatie 1	6 min
transport naar locatie 2	15 min
verplaatsen op locatie 2	6 min
douane, inchecken, boarding, vertrekprocedure	10 min
Totaal	45 min

Om de reis niet als een extra afzonderlijke verplaatsing maar als onderdeel van de totale reis te laten ervaren moet de reistijd niet langer dan 15 minuten zijn en wordt gesteld dat de maximale wachttijd 5 minuten moet zijn.

Opmerking

Uit het aanbod van passagiers blijkt dat het aandeel transferpassagiers relatief klein is. De MCT is hierdoor een extra subjectief gegeven dat zoals uit de verdere rapportage zal blijken wel grote invloed heeft op de kosten van het ontwerp van de shuttleverbinding.

	Passagiers	Bagage	Vracht	Personeel	Bevoorrading
Reistijd	15 min	15 min	40 min	30 min	enkele uren

tabel 2.1 Overzicht gewenste reistijden

De logistiekieke afhandeling van de bagage zal maatgevend zijn voor de MCT, hier wordt verder echter alleen de reistijd beschouwd omdat die randvoorwaarden oplegt ten aanzien van de verbinding.

Het eiland komt op een afstand van 10, 20 of 30 km uit de kust te liggen. In deze studie wordt uitgegaan van een tracélengte van 20 km over land zodat de totale te overbruggen afstand gelijk is aan 30, 40 of 50 km.

De gemiddelde snelheid die het vervoerssysteem ten minste moet halen bedraagt dan:

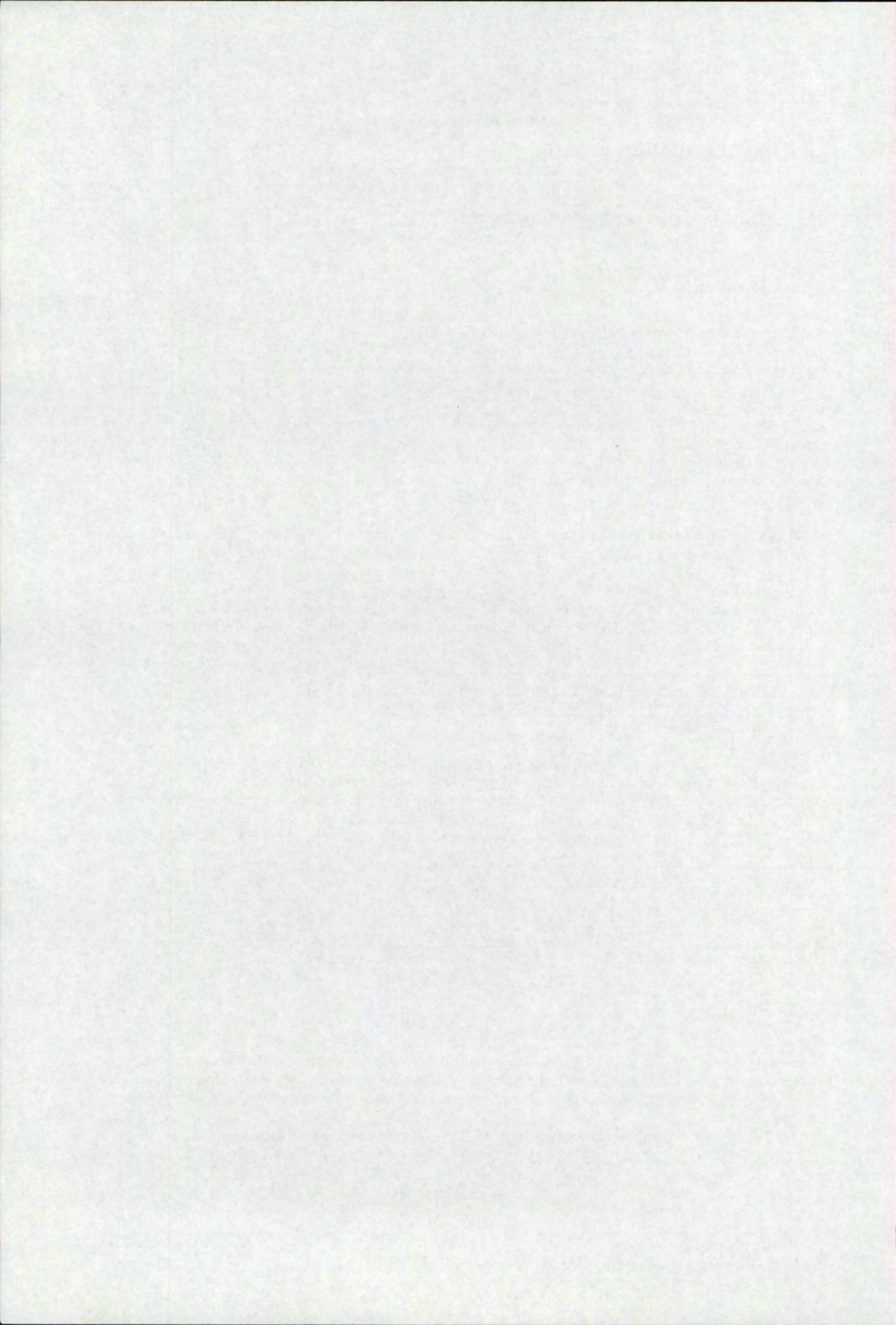
Lengte Shuttle-verbinding	Benodigde minimale gemiddelde snelheid
30 km	120 km/h
40 km	160 km/h
50 km	200 km/h

tabel 2.2 Benodigde gemiddelde snelheid bij gegeven lengte van de shuttleverbinding

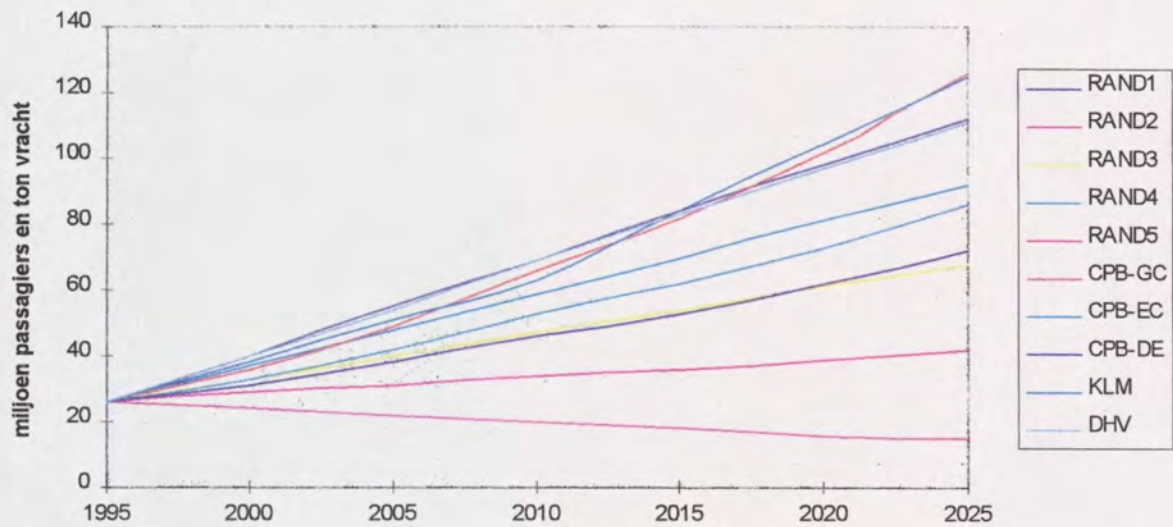
2.1.2 Capaciteit

De benodigde capaciteit voor de shuttleverbinding is moeilijk te voorspellen omdat de ontwikkeling van het aantal passagiers en vracht niet met zekerheid bekend is. In eerdere stadia is uitgezocht aan de hand van scenario's wat de benodigde capaciteit van Schiphol zou kunnen worden, hieruit is de capaciteit van de shuttleverbinding te bepalen.

De verschillende scenario's zijn opgenomen in bijlage 1. Het passagiers aanbod voor de komende periode varieert van circa 40 miljoen tot meer dan 100 miljoen. Het vrachtaanbod varieert van 2,3 tot ruim 10 miljoen ton.



In figuur 2.1 is de groei van Schiphol uit de verschillende scenario's weergegeven, voor deze studie zal het maatgevende scenario (zowel CPB-GC als KLM) worden aangehouden als uitgangspunt voor de bepaling van de shuttlecapaciteit.



figuur 2.1 Verschil in groei Schiphol van de verschillende scenario's

Als uitgangspunt bij deze studie worden de volgende aantallen aangehouden.

- Passagiers piekcapaciteit : 13700
- Vrachtpiekcapaciteit : 586 ton per uur
- Bagagepiekcapaciteit : 240 ton per uur

2.2 Mogelijke vervoerssystemen

Voor het vervoerssysteem tussen Schiphol en de satelliet komen de volgende systemen in aanmerking:

- magneettrein
- hogesnelheidsmetro
- snelle rail (ICE/TGV)
- rail (IC)

Magneettrein	Snelle rail (HSM/ICE/TGV)	Intercity
snel en hoge topsnelheid	snel en hoge topsnelheid	langzaam en lage topsnelheid
120 personen per sectie	150 personen per sectie	170 personen per sectie
aparte rail nodig	conventionele rail	conventionele rail en techniek
draagvermogen per sectie 12 ton	HSM systeem nu in conceptfase	
geluidsarm		
korte hor. boogstralen mogelijk		
veilig		

tabel 2.3 Kenmerken van verschillende vervoerssystemen

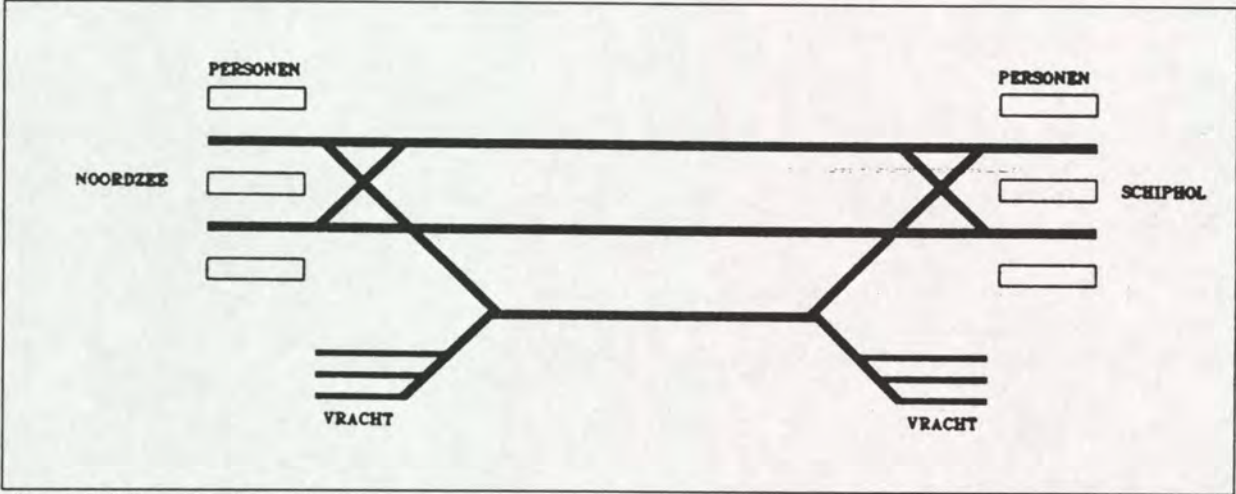
Uit het logistiek programma van eisen zijn de volgende voorwaarden naar voren gekomen.

- Gemiddelde snelheid minimaal respectievelijk 120, 160 en 200 km/h voor een eilandlocatie 10, 20 en 30 km uit de kust.
- Benodigde capaciteit 13700 personen per uur en 586 ton vracht per uur.

Hieronder zijn een aantal conclusies weergegeven die getrokken kunnen worden met betrekking tot de keuze van het railsysteem zie bijlage 2.

- Er wordt uitgegaan van een scheiding van personen- en vrachtovervoer, dit om in ieder geval nabij Schiphol het tracé te kunnen splitsen.
- Uit de capaciteitseisen volgt dat voor het personenvervoer minimaal twee sporen benodigd zijn.
- De IC kan alleen aan de eisen voldoen indien de verbinding 30 km lang is voor de andere varianten is een sneller vervoerssysteem nodig.
- Wanneer de verbinding uitgevoerd wordt met een magneetsysteem is voor het vervoer van vracht ook twee sporen noodzakelijk in verband met het lage draagvermogen en de scheiding van het vervoer nabij Schiphol.
- Bij gebruik van de snelle railtechniek (IC voor 30 km) is het mogelijk om uit te gaan van 3 sporen, bij een verwachte groei volgens het CPB-GC scenario zal een vierde spoor pas nodig worden rond 2040. Het derde spoor is nodig voor de vertakking bij Schiphol en om een buis over te houden voor het plegen van onderhoud, tevens kan deze buis dienst doen als vluchtbuis in geval van calamiteiten.
- Mogelijkheden voor een gefaseerde uitvoering zijn dus gering omdat de eis van minimaal 2 sporen voor de begincapaciteit van het personenvervoer zoveel restcapaciteit heeft dat uitbreiding waarschijnlijk niet noodzakelijk is.

Conclusie:
Uitgegaan wordt van een 3 sporige verbinding en een Hogesnelheids Rail-vervoerssysteem, zie figuur 2.2.



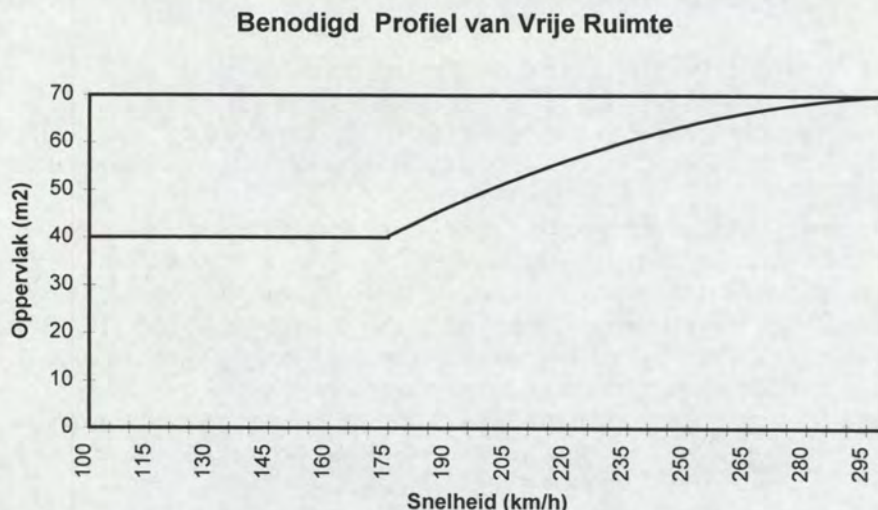
figuur 2.2 Spoorconfiguratie

2.3 Railtechnische eisen

Uit de logistieke eisen volgen benodigde diameters, die afhankelijk zijn van de snelheid van het vervoerssysteem in verband met de opgebouwde drukgolf, in de gesloten gedeelten. Figuur 2.3 geeft het benodigde profiel van vrije ruimte als functie van de snelheid. De rechte lijn in de figuur stelt het minimaal benodigde oppervlak voor die volgt uit eisen voor het gekozen vervoerssysteem.

Lengte verbinding	30 km	40 km	50 km
Profiel van vrije ruimte m2	19	40	58
Diameter boortunnel inwendig m	5,3	7,4	8,9
Diameter boortunnel uitwendig m	6	8,1	9,6
Zinktunnel inwendig m	5 x 4,5	7 x 6,5	9 x 7
Zinktunnel uitwendig m	19 x 7	25 x 9	31 x 11
Brug 3 sporen m	24	24	24

tabel 2.4 Afmetingen op basis van drukgolfproblematiek voor verschillende basistechnieken



figuur 2.3 Relatie snelheid met de daarbij behorende profiel van vrije ruimte

Overige doorsnede eisen:

- hoogtebeslag bovenleiding t.o.v BS: 6 m
- breedte spoor tot perron: 3,3 m
- breedte perron: 3 m
- hoogte perron t.ov. BS: 0,85 m

Deze eisen bepalen de minimale breedte 6,5 m en hoogte 6,2 m en een minimale diameter van ± 7 m.

Geometrische eisen:

- max helling: 2,5% (gewenst 0,5%)
- min. horizontale boogstraal: 3100 m (gewenst >6000 m)
- min verticale boogstraal: 13000 m (gewenst > 20000 m)

Implicaties voor kortere (30 km) en langere (50 km) varianten

- De dimensies van de tunnel nemen voor de 30 km variant niet af op basis van een vergelijkbaar railsysteem. Mogelijkheden voor besparingen zijn aanwezig door speciale railsystemen hiervoor te ontwikkelen waardoor een kleinere tunnel doorsnede mogelijk wordt.
- Voor de langere variant geldt dat een grotere diameter nodig is vanwege de hogere gemiddelde snelheid, zodat de kilometerprijs (ongeveer evenredig met de diameter) voor gesloten gedeelten ongeveer 20% hoger ligt, afgezien van de grotere lengte.

2.4 Veiligheidseisen

Indien de verbinding wordt uitgevoerd als tunnel dan zijn aanvullende veiligheidsvoorzieningen benodigd.

De shuttleverbinding moet voldoen aan de veiligheidseisen die door reddingsdiensten worden gesteld. Alhoewel de kans op calamiteiten gering is, zijn er om de 300 m tussen de boortunnelbuizen dwarsverbindingen gepland. In de zinktunnels zijn vluchtdeuren aanwezig.

Bij het ontwerp is er vanuit gegaan dat tenminste iedere 10 km uitgebreide mogelijkheden voor toetreding of vlucht mogelijkheden vanuit de tunnelbuizen mogelijk moeten zijn.

Voor de open bak constructies geldt dat er eveneens voorzieningen aanwezig dienen te zijn om te kunnen vluchten middels trappen. Daarnaast dienen opstelplaatsen voor hulpdiensten aanwezig te zijn op het maaiveld naast de bakconstructie.

3. Tracé

3.1 Algemeen

In principe zijn er twee voor de hand liggende tracé's mogelijk, onder te verdelen in een zuidelijk en noordelijk alternatief (zie bijlage 3). Gezien de ligging van Schiphol heeft in eerste instantie het zuidelijk tracé de voorkeur omdat de lengte van het tracé over land dan korter is, de inpassing in de omgeving eenvoudiger lijkt en de ontsluiting van Schiphol zelf redelijk eenvoudig is te realiseren.

De keuze van het tracé hangt ook in sterke mate af van het aantal knelpunten (ook weer afhankelijk van basistechnieken) en de mogelijke uitvoering van basistechnieken op het tracé (kosten).

De knelpunten die worden gesignaleerd betreffen onder andere:

- kruisingen met waterwegen;
- kruisingen met wegen;
- passage van bebouwing;
- kruisingen met spoorwegen;
- kruising duinen(waterafsluiting);
- kruising verschillende polders (peilen);
- kruising met zout/zoet tong (scheiding);
- omgevingseffecten (visuele hinder, geluidscontouren).

3.2 Het zuidelijke tracé over land

De totale lengte van het tracé over land bedraagt circa 20 kilometer. Schiphol wordt vanuit het zuidwesten ontsloten, waarna het tracé ten oosten van De Hoek langs Rijksweg 4 loopt dan wordt afgebogen in zuidelijke richting en vervolgens loopt het tracé onder (zuidelijk) het rangeerterrein ten zuiden van Hoofddorp door. In westelijke richting loopt het tracé dan ten noorden van Nieuw-Vennep door tot aan de ringvaart Haarlemmermeer die wordt gekruist tussen Hillegom en Lisse, het tracé buigt dan iets naar het Zuiden af om ter hoogte van strandpaal 76, hiermee wordt het noordelijk gelegen waterwingebied ontzien, de duinen te kruisen en de zee in te gaan.

Door het tracé op deze manier te projecteren wordt zoveel mogelijke bebouwing en andere mogelijke knelpunten (zoals het rangeerterrein en het waterwingebied) omzeild, zie figuur 3.1 op pagina 12.

In hoofdstuk 5 zijn de mogelijkheden van dit tracé verder uitgewerkt.

3.3 Het noordelijke tracé over land

De lengte van het tracé bedraagt circa 25 kilometer. Vanuit Schiphol wordt in noordelijke richting vertrokken en het Noordzeekanaal gekruist waarna in westelijke richting ter hoogte van het Hoogoven terrein de zee wordt ingegaan.

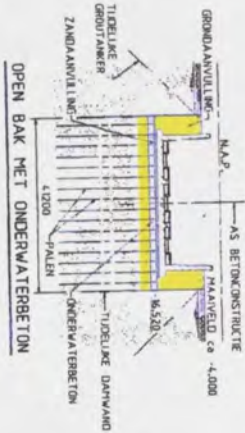
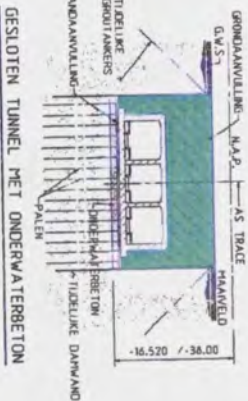
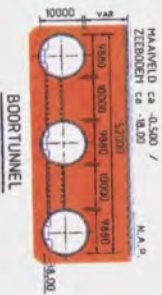
Het voordeel van dit noordelijke tracé is dat hier de enige mogelijkheid bestaat om maatschappelijk acceptabel de duinen te kruisen met een brugconstructie waarna deze constructie over de gehele zeepassage kan worden doorgezet. Het blijkt wel dat het noordelijke tracé meer knelpunten met zich meebrengt dan het zuidelijke tracé. De kruising met het Noordzeekanaal vormt een groot knelpunt en er zijn meer kruisingen met wegen en passages met de bebouwde kom.

Een variant hierop is het zoveel mogelijk volgen van Rijksweg 9 om ten zuiden van het Noordzeekanaal naar het westen af te buigen en ten zuiden van IJmuiden de duinen te kruisen om vervolgens de zee in te gaan.

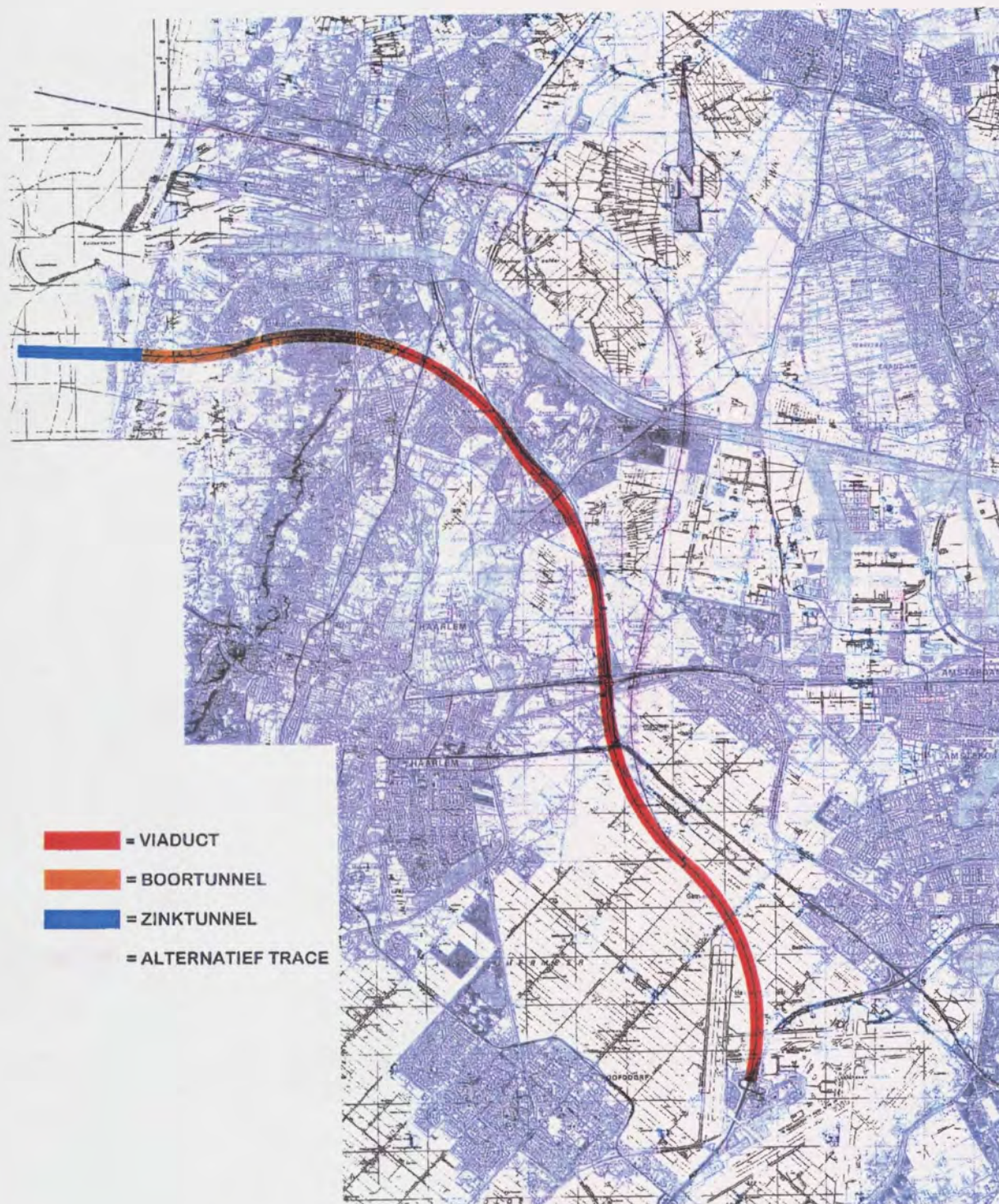
De bundeling met de A9 lijkt inpassingstechnisch gunstig. In dat geval zouden kleinere boogstralen noodzakelijk zijn. De aanleg zal voornamelijk bovengronds geschieden om zo, ondanks grotere lengte, een kosten aantrekkelijke variant te ontwikkelen. Bij de maatschappelijke acceptatie van deze bovengrondse oplossing kunnen vraagtekens worden geplaatst.



BOVENAANZICHT TRACE



ALGEMENE DWARSDOORSNEDEN



BOVENAANZICHT TRACE

Een bovengrondse duinpassage wordt hier verder niet overwogen vanwege onacceptabele aantasting van het duin- en kustgebied.

Het tracé heeft een lengte van circa 23 km, een complicatie vormt de aftakking die moet worden gemaakt naar het vrachtafhandeldingsdepot op Schiphol zuid. Vanwege de complexe inpassing wordt er voor gekozen om met behulp van boortechnieken de passage onder Schiphol en onder de start- en landingsbaan te realiseren. Er zijn dan twee start/eind schachten benodigd.

Vanuit Schiphol richting eiland in de zee wordt eerst met een cut and cover aanleg methode een tunnel onder de noordelijke start/landingsbaan aangelegd. Waarna een viaduct wordt gebouwd die zo goed mogelijk ingepast wordt met de RW A9. Er zullen geluidswerende voorzieningen moeten worden toegepast in stedelijke gebieden. Er worden 5 grote knelpunten overkluist. Deze worden totaal op 150 mln geraamd.

Uitgaande van een boortunnel onder de duinen door is er een startschacht benodigd.

Tevens moet langs het tracé, wellicht nabij Schiphol, een rangeerterrein aangelegd worden, zie figuur 3.2 op pagina 13.

3.4 De zeepassage

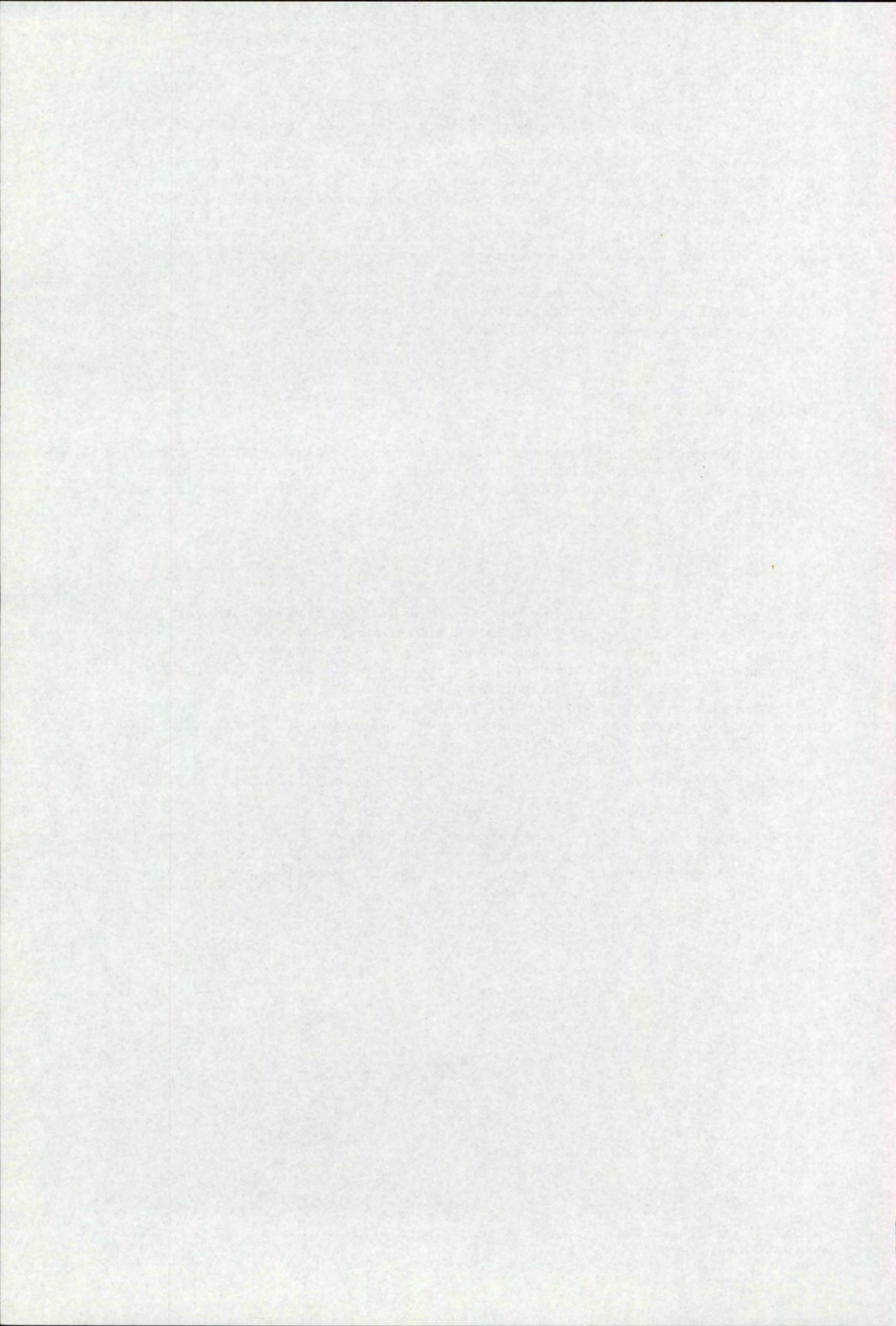
Omdat de locatie van het eiland ten tijde van de studie nog niet vast stond is aangenomen dat dit zich op een afstand van ca. 20 km uit de kust bevindt ongeveer recht tegenover de plek waar de kustlijn door het landtracé wordt gekruist. Om deze reden is zowel voor de noordelijke als de zuidelijke variant een zeepassage van 20 km aangehouden.

3.5 Afweging

Voor het noordelijke tracé geldt dat deze alleen voordelig is bij een bovengrondse uitvoering van de verbinding. Om de visuele- en geluidshinder hiervan zoveel mogelijk te beperken moet het tracé dan de A9 volgen. Daarvoor is het noodzakelijk gebruik te maken van een alternatief vervoerssysteem zoals de magneetbaan om kleine boogstralen toe te kunnen passen of de consequentie van een langere reistijd te aanvaarden. Ook kan extra snelheid nodig zijn om de lage snelheid bij kleine boogstralen te compenseren. Ons inziens is een bovengrondse passage van de duinen ten zuiden van IJmuiden maatschappelijk niet haalbaar zodat ter hoogte van het hoog-oventerrein de zee moet worden ingegaan. Deze variant levert extra knelpunten op bij de kruising van het Noord-zeekanaal en de passage van de woongebieden in Velsen en Beverwijk.

Gezien de verwachte grote maatschappelijke en inpassings problemen rond het noordelijke tracé valt de keuze op het zuidelijke tracé.

Omdat het noordelijke tracé de enige optie is voor bovengrondse systemen en omdat een volledige brugverbinding qua kosten voordelig kan zijn, zal bij de kostenvergelijking het noordelijke tracé met een bovengrondse oplossing wel worden meegenomen. Technisch wordt dit tracé echter niet uitputtend besproken.



4. Basistechnieken voor de civiele techniek

4.1 Algemeen

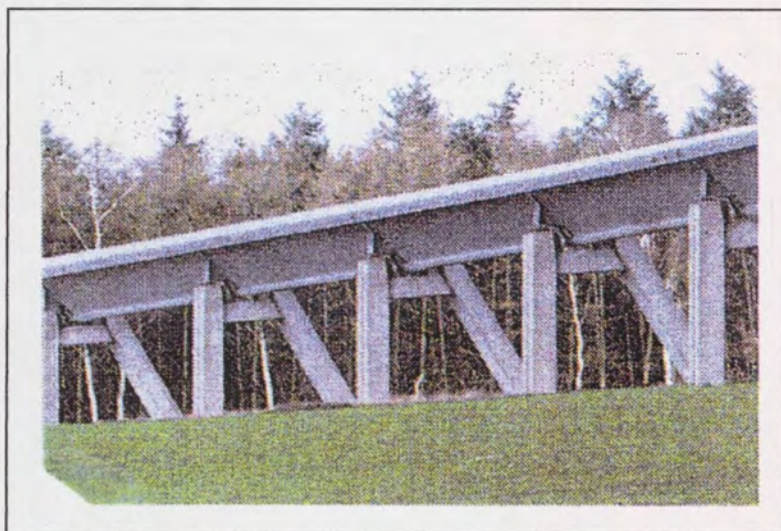
De basistechnieken kunnen grofweg ingedeeld worden in 3 categorieën te weten:

- Boven maaiveld
- Op maaiveld
- Onder maaiveld

Welke basistechniek van toepassing is wordt gedicteerd door de omgevingsfactoren voor de verschillende tracédelen. Hierbij speelt de uitvoering van de basistechniek een rol. Voor elke categorie zijn verschillende uitvoeringsmethoden mogelijk.

Boven maaiveld

- viaduct (boven land)



figuur 4.1 Viaduct

- brug (boven zee)



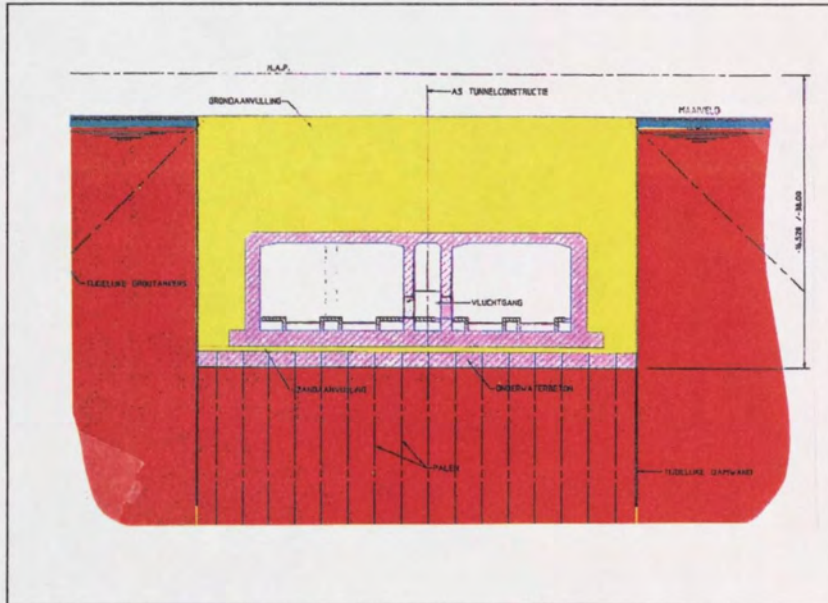
figuur 4.2 Brug

Op maaiveld

- aardebaan
- funderingsplaat
- in dijklichaam (zie figuur 4.6 TOMAS-systeem)

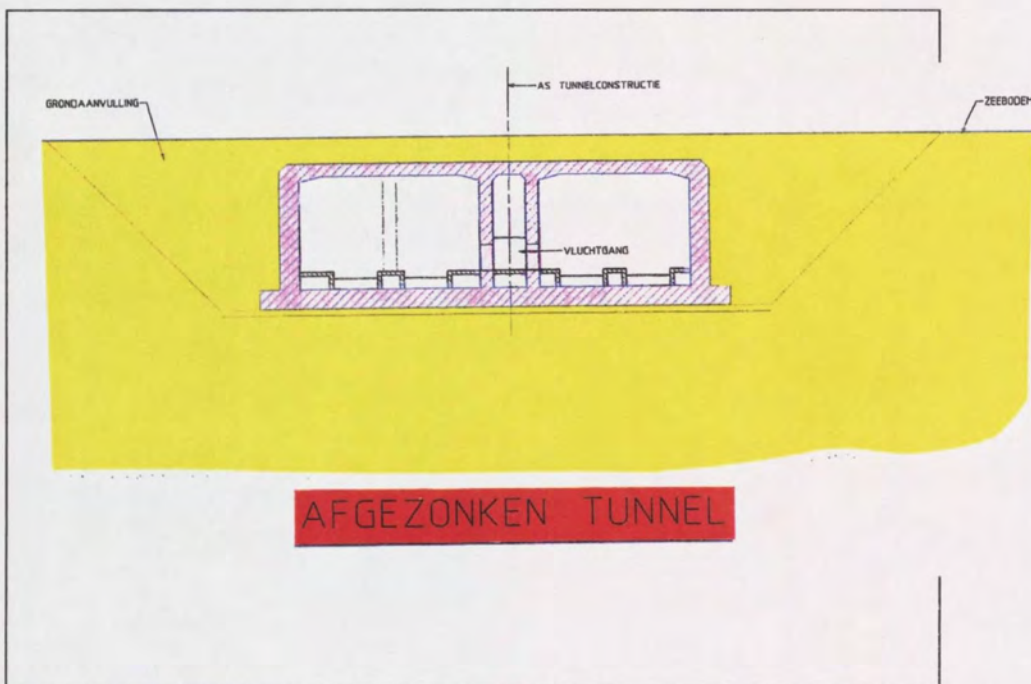
Onder maaiveld

- bakconstructie (cut and cover)
- tunnel (cut and cover)



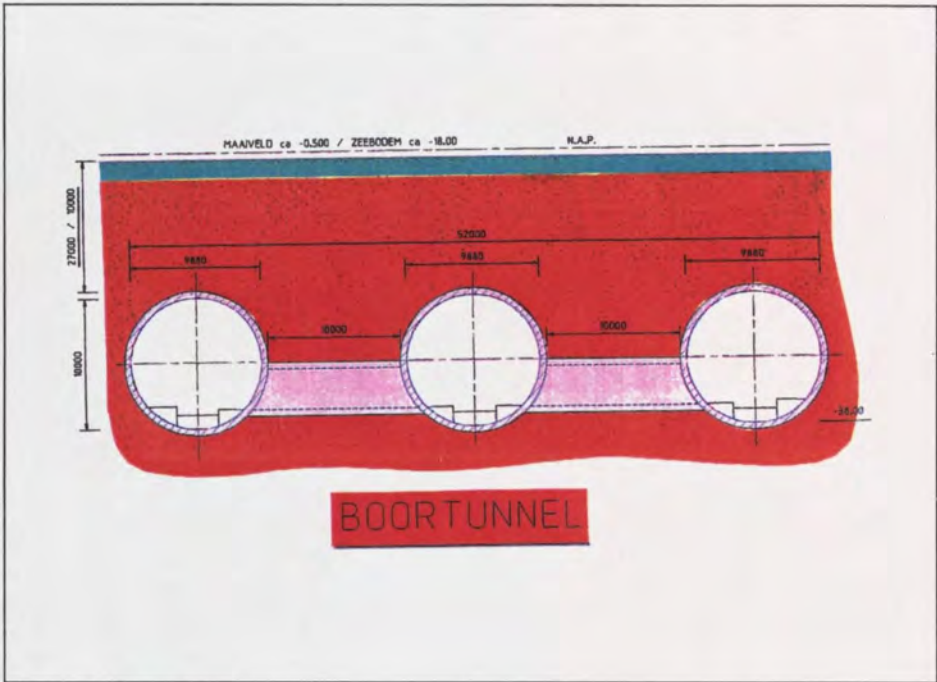
figuur 4.3 Cut en Cover principe

- zinktunnel



figuur 4.4 Zinktunnel

- boortunnel



figuur 4.5 boortunnel

Ten aanzien van kosten geeft de hier gepresenteerde volgorde een verloop weer van relatief goedkoop naar relatief duur. De voorkeur gaat uit naar toepassing van de goedkoopste varianten waar mogelijk. In concreto betekent dit dat per tracédeel een aantal mogelijke varianten overblijven. Daarbij dient wel met de te realiseren aansluitingen per variant en/of uitvoeringsmethode rekening te worden gehouden.

4.2 Geotechniek

4.2.1 Waterhuishouding

Grondwaterpeilen

De shuttle verbinding wordt aangelegd door verschillende polders en het duingebied. Karakteristiek voor elke polder is dat deze een eigen waterhuishouding heeft. De polders zijn zelf ook weer onderverdeeld in aparte vakken waarbinnen de waterstand wordt gereguleerd. De waterstandsverschillen tussen deze vakken zijn echter niet zo groot. Het maximale verval tussen aangrenzende polders bedraagt circa 50 cm.

Locatie	peil [in m t.o.v. NAP]	variatie	beheerder
duingebied	NAP 0.00 (schatting)	enkele decimeters	Waterleidingen Amsterdam
polder Het Langeveld	NAP 0.00 (schatting)	enkele centimeters	Waterschap de Oude Rijnstromen
Zilkerpolder	NAP -2.00 (schatting)	enkele centimeters	Waterschap de Oude Rijnstromen
Ringvaart	NAP -0.60	enkele centimeters	Waterschap Groot-Haarlemmermeer
Haarlemmermeerpolder	NAP -6.00 / -6.25 (zp) NAP -6.15 / -6.60 (wp)	+/- 20 centimeter	Waterschap Groot-Haarlemmermeer

tabel 4.1 (grond-)waterstanden (zuidelijk tracé)

De grondwaterstroming loopt noord-zuid. De te realiseren tunnel loopt juist oost-west zodat de grondwaterstroming beïnvloed kan worden. Het effect ervan dient in een later stadium onderzocht te worden.

Grensvlak Zoet-Zout grondwater

Het grensvlak zoet-zout water is vrij scherp en loopt vanaf de kustlijn vrij steil naar beneden tot een niveau van circa NAP -70 à -100 m. Net na het duingebied loopt dit grensvlak weer omhoog in oostelijke richting. In het midden van de Haarlemmermeerpolder is het oppervlaktewater brak. In de zone tussen de duinen en het midden van de Haarlemmermeerpolder is er sprake van zoet oppervlaktewater. Gemeentewaterleidingen Amsterdam onttrekt in het duingebied drinkwater. Eveneens wordt er water geïnfil-treerd. Er wordt zowel water onttrokken aan het eerste als het tweede zandpakket. Hiertussen ligt een kleipakket. De dieptse bronnen/putten reiken tot NAP -150 m. Gemeentewaterleidingen Amsterdam spreekt de voorkeur uit dat de duinenrij wordt gepasseerd nabij strandpaal-nummer 76. Het tracé ligt dan buiten het invloedsgebied van het grondwaterwinningsgebied.

4.2.2 Bodemopbouw

Duingebied

Het eerste zandpakket ligt tot circa NAP -10 à -15 m. Waarna een kleilaag wordt aangetroffen die variabel in dikte is en loopt tot NAP -25 tot -60 m. Hieronder zit dan het tweede zandpakket. Eveneens zijn er afzettingen van de laag van Kedichem, die vrij hard en zandig/kleilig van karakter is.

Polders

Het gebied achter de duinen kent aan de oppervlakte laagveen afzettingen en lokaal ook zand (oude duinen). In de Haarlemmermeerpolder is aan de oppervlakte ook oude klei te vinden. De Holocene afzettingen worden gekenmerkt doordat ze van plaats tot plaats sterk kunnen variëren. Indien be-paalde bouwconcepten daarvoor gevoelig zijn, dient er een gedegen grondonderzoek plaats te vinden. Er zijn in het poldergebied slenken aanwezig. Deze zijn circa 4 m diep en 20 à 25 m breed. Deze slenken zijn opgevuld met slapper materiaal dan de omgeving. Door het grillig verloop van de slenken kunnen deze zich in principe overal voordoen.

De Haarlemmermeerpolder bestaat uit zeekleigronden die afwisselend kalkrijk cq kalkarm zijn (poldervaag-gronden).

Schiphol

De situatie rondom Schiphol, deel uitmakend van de Haarlemmermeerpolder, wordt hier beschreven aan de hand van enkele sonderingen die gemaakt zijn voorafgaand aan de realisatie van de Schipholtunnel.

Grondsoort	Bovenkant laag ten opzichte van NAP [m]	Conusweerstand [MPa]
Klei	-4.3	0.5 - 1
Zand	-8.5	1.5
Slib	-11.0	0.4
Zand*	-12	10

tabel 4.2 Grondopbouw ter plaatse van de Schipholtunnel
* = Er zijn reducties te zien in de conusweerstand op b.v. NAP -15, -17, -22 m. (conus weerstand teruglopend naar 8 MPa over laagdikten van een halve tot een hele meter).

Lokaal zijn er in het tweede zandpakket uitschieters naar 20 MPa te zien.

Zeepassage

Er wordt uitgegaan van een bodemopbouw die gelijk aan die van de duingebieden dus een eerste zandlaag van ongeveer 15 meter en een eventuele kleilaag met een dikte van ongeveer 6 meter waarna de tweede zandlaag begint.

Conclusie:

Hoewel nog enige studie nodig is naar effecten op grondwaterstroming en zout-zoet evenwicht sluit de grondgesteldheid in principe geen enkele uitvoeringsmethode of techniek uit.

4.3 Eisen voor het ontwerp

Algemene ontwerpseisen

- toelaatbare zetting: 2.5 cm (belangrijk voor railtechniek), met een nastel mogelijkheid van 1 cm.
- de bouwmethode moet zich lenen voor serieproductie
- minimaal grondverzet
- geen bemaling benodigd
- verticaal en horizontaal alignement moet voldoen aan de gestelde normen voor HSL

Omgevingseisen

- optimale landschappelijke inpassing
- minimale barrière werking
- minimale visuele hinder
- minimale bouwhinder
- geen permanente of langdurige bemaling toegestaan i.v.m. kans op inklinking van kleilagen
- maaiveldzakkingen niet toelaatbaar
- omwonenden dienen minimale hinder te ondervinden van geluid of trillingen in de gebruiksfase

Logistieke eisen

- Een rangeer- c.q. onderhoudsterrein dient aanwezig te zijn (combinatie met railservice center Hoofddorp)
- In gebruiksfase is personen- en vrachtvervoer gescheiden
- Uit- en instappen zodanig dat er aan twee zijden toegang is tot de shuttle
- Horizontaal en verticaal transport op Schiphol dient snel en efficiënt te zijn.

Veiligheidseisen

- In gedeelten waar een boortunnel in het tracé wordt opgenomen dienen h.o.h. 300 m tussenverbindingen te worden gerealiseerd;
- Voor een open bak constructies geldt dat er uitgangen zijn naar het maaiveld en dat er op het maaiveld opstelplaatsen moeten zijn voor hulpdiensten;
- In de tunnel dienen vluchtdeuren aanwezig te zijn;
- Afsluitingskleppen aanbrengen in tunnels, bij het passeren van (primaire) waterkeringen.

4.4 Uitwerking van bouwmethoden

4.4.1 Boven maaiveld

Viaduct:

Een viaduct lijkt alleen realiseerbaar nabij Schiphol omdat daar al bebouwing en infrastructuur aanwezig is zodat de visuele en geluidshinder hier minder zwaar wegen. Tevens is het op hoogte aankomen voordelig i.v.m. benodigde ruimte en omdat ondergronds aankomen wordt bemoeilijkt door de reeds aanwezige infrastructuur. Voor een viaduct (2 sporen) wordt uitgegaan van een breedte van 16.30 m (Bron: HSL studie). Per steunpunt worden er twee pijlers gedacht, die 4.50 m uit elkaar staan. De steunpunten staan op een onderlinge afstand van 20 m. Deze steunpunten worden onderheid.

Brug:

Een brug alleen ver uit de kust om de visuele hinder te beperken. Voor een brug over de zee wordt hier gedacht aan een brug voor 3 sporen die 24 m breed is. De pijlers staan h.o.h 80 m.

4.4.2 Op maaiveld

Aarden baan:

Bij het aanleggen van een aarden baan constructie voor 2 sporen is een effectieve breedte noodzakelijk van 16.30 m, echter door de taludhelling 1:2 is op maaiveldniveau een breedte benodigd van 26.50 m bij een hoogte van 2.5 m, probleem is wel dat zettingen in zeer beperkte mate toelaatbaar zijn. Waarschijnlijk valt deze optie om deze reden af, net als alle andere zwevende funderingsmethoden. Er is een grondverbetering van 5 à 6 m noodzakelijk om te zorgen dat de zettingen toelaatbaar blijven.

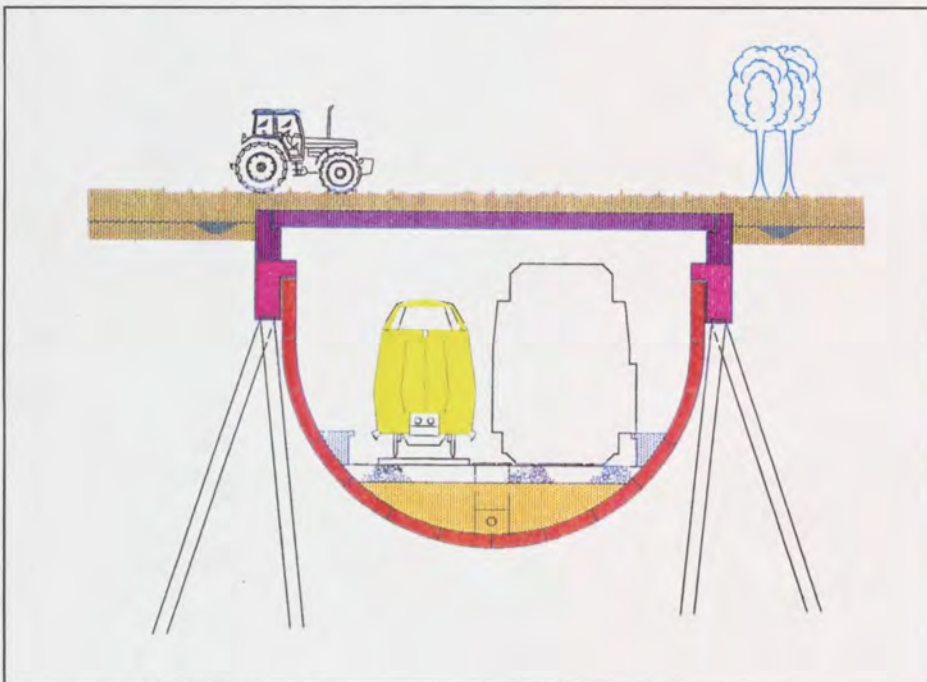
Vanwege het gevaar voor te grote zettingen valt deze bouwmethode af, omdat vanuit de railtechniek slechts een zetting wordt toegestaan van 2.5 cm.

Onderheide betonnen plaat:

Indien een onderheide betonnen plaat wordt gebruikt is geen groot grondverzet noodzakelijk, zoals bovenstaand is weergegeven. De breedte die benodigd is bij 2 sporen bedraagt circa 10 m. Bij 3 sporen is dat circa 15 m.

Onderheide dijk-tunnel:

Gedacht moet worden aan het TOMAS systeem. Onderheiden van de constructie lijkt noodzakelijk gelet op de zeer beperkt toelaatbare zettingen.



Figuur 4.6 TOMAS-systeem

De sterke punten van het TOMAS systeem zijn:

- goed toepasbaar in stedelijk en niet-stedelijk gebied
- de constructie wordt onderheid en is daarmee zettingsvrij
- de grondbeslag tijdens de bouw is gelijk aan het grondbeslag in de eindsituatie
- tijdens de aanleg is geen bemaling noodzakelijk
- door de industriële wijze van aanleg is de bouwtijd gering

De zwakke punten van deze methode zijn:

- er moet een nieuwe graafmachine en een elementen legstelsel worden ontwikkeld
- bij het maken van aftakkingen wordt het fabricageproces onderbroken
- de wijze van aanleg is kwetsbaar door mogelijke materieelstoring

- de stabiliteit van het cunet tijdens de aanleg verdient extra aandacht
- de bestemming is universeel, echter met een beperkte breedte
- in de omgeving van de tunnel kunnen zettingen optreden
- er moet worden geïnvesteerd in specialistisch materieel

Onderzoek wordt nu nog nodig geacht op:

- het ontwerp van de tunnelwand
- stabiliteit van het graafront van het cunet

Indien op bepaalde gedeelten voor een onderheide dijk-tunnel wordt gekozen houdt dit in dat de tunnel minder diep hoeft te worden gelegd. Wellicht kunnen de palen dan minder lang worden.

4.4.3 Onder maaiveld

Verdiepte bak, open c.q. gesloten:

Voor het realiseren van de uiteindelijke verdiepte bak zijn een aantal bouwmethoden beschikbaar, deze kunnen mogelijk gecombineerd worden.

- Damwanden met onderwaterbetonvloer en trekpalen (zie figuur 4.3)
- V-polder
- U-polder

Ad 1. Damwanden met onderwaterbetonvloer en trekpalen:

De sterke punten van deze bouwmethode zijn:

- De damwanden fungeren als tijdelijke grondkerende constructie. Deze kunnen na realisatie van de constructieve wanden en vloeren wellicht worden getrokken.
- De methode is in Nederland veelvuldig toegepast met veel succes. Echter de te maken constructies waren kleinschaliger.
- Geen negatieve effecten voor de omgeving ten gevolge van bemaling.
- Klein ruimtebeslag.
- Door het toepassen van trekpalen blijft de dikte van de onderwaterbetonvloer beperkt.
- Door het toepassen van trekpalen ontstaat een trek-vaste verbinding tussen onderwaterbetonvloer en de tunnelconstructie, zodat opdrijven wordt voorkomen.

De zwakkere punten zijn:

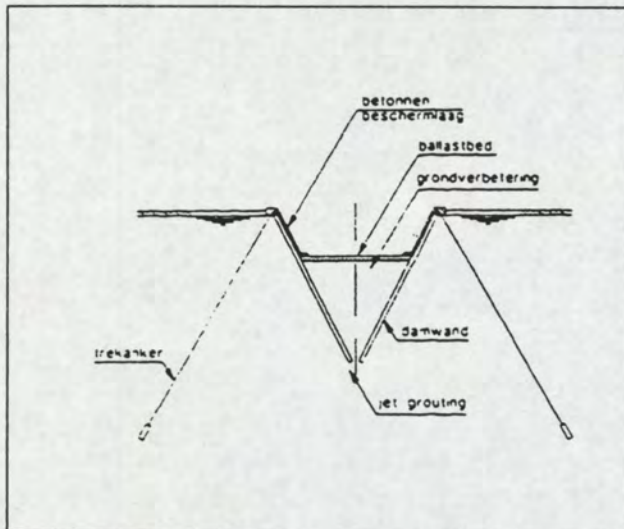
- Op staal gefundeerde betonconstructie.
- Relatief dure oplossing.
- De hoeveelheden beton voor onderwaterbetonvloer zullen erg veel zijn, net als het aantal trekpalen dat dient te worden geslagen.
- Geluids- en trillingsoverlast voor de omgeving door het aanbrengen van damwanden.
- Geluids- en trillingsoverlast voor de omgeving door het aanbrengen van trekpalen.
- Moeilijke controle van de kwaliteit van de onderwaterbetonvloer.

Ad 2. V-polder:

De sterke punten van deze bouwmethoden zijn de volgende:

- Er wordt gebruik gemaakt van bestaand materieel.
- De bouwmethode is goed toepasbaar in niet-stedelijk gebied.
- De bouwmethode is niet storingsgevoelig.
- De grondbelasting tijdens de bouw is gelijk aan het grondbeslag in de eindsituatie.
- Tijdens de aanleg is geen bemaling noodzakelijk.
- De bouwmethode is gebaseerd op een industriële aanpak.
- De gelijktijdige inzet van extra materieel is mogelijk.
- De kosten zijn gebaseerd op een industriële aanpak en dus relatief laag.
- De constructie is weinig onderhoudsgevoelig.

- Door de damwanden schuin in de grond te heien, hoeft maar een klein oppervlak te worden geïnjecteerd voor het realiseren van een verticale afdichting.

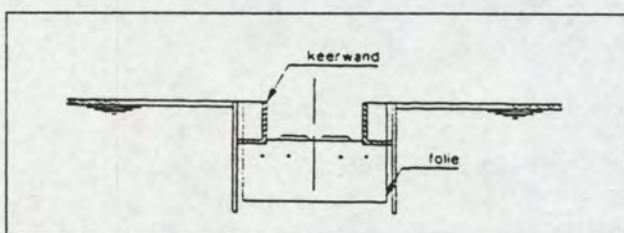


figuur 4.7 V-polder

De zwakke punten van de bouwmethode zijn:

- Vanwege het gevaar voor te grote zettingen valt deze bouwmethode af, omdat vanuit de railtechniek slechts een zetting wordt toegestaan van 2.5 cm.
- De bestemming is universeel, echter met een beperkte breedte.
- Bij een diepe ligging van de tunnel moeten de damwanden eveneens lang zijn om de tunnel hierbinnen te kunnen realiseren.
- De damwanden kunnen bestaande grondwaterstromingen beletten of hinderen, hetgeen consequenties kan hebben voor de omgeving.
- De folieconstructie kan bij onoordeelkundig handelen relatief eenvoudig worden beschadigd.
- In de bouwfase wordt geheid of getrild, hetgeen van invloed kan zijn op de omgeving.
- Onderzoek is nodig aangaande duurzaamheid van de damwanden.

Ad 3. U-polder:



figuur 4.8 U-polder

De sterke punten van deze bouwmethoden zijn:

- Het ontwerp is ruimtebesparend ten opzichte van een traditionel kunststoffolie en terzijden taluds.
- Het ontwerp is sterk kostenbesparend t.o.v. een klassiek ontwerp met trekpalen, onderwaterbeton en dergelijke.
- De folie ligt spanningsloos in de grond.
- De breedte is onbeperkt, waarbij de toenemende breedte relatief weinig toeneemt. Hierbij geldt dat de horizontale vierkante meters goedkoper zijn dan de verticale vierkante meters.
- Er is geen bijzonder materiaal vereist.
- De dichtheid van de folie kan worden getoetst door middel van een detectiesysteem.
- Een praktijk proef heeft de technische haalbaarheid aangetoond.
- Er is geen bemaling nodig, die van invloed is op de omgeving.

- Door de ligging van de folie tussen de damwanden is de positie duidelijk vast te stellen, zodat de kans op beschadiging relatief klein is.

Zwakke punten zijn:

- Vanwege het gevaar voor te grote zettingen valt deze bouwmethode af, omdat vanuit de railtechniek slechts een zetting wordt toegestaan van 2.5 cm.
- De folieconstructie kan bij onoordeelkundig handelen relatief eenvoudig worden beschadigd.
- In de bouwfase wordt geheid of getrild, hetgeen van invloed kan zijn op de omgeving.
- De damwanden kunnen bestaande grondwaterstromingen beletten of hinderen, hetgeen consequenties kan hebben voor de omgeving.

Onderzoek wordt nodig geacht aangaande:

- Duurzaamheid van de damwanden.
- De sterkte- en stijfheidseigenschappen van de lassen in de folies.
- De reparatiemethode van de folie tijdens de gebruikstoestand.
- Lekdetectiemethode.

Voor een verdiept liggende bak, die open is wordt de totale benodigde ruimte in breedte richting met drie sporen en verlaagde tussenwanden als een soort geleide wanden als volgt. De h.o.h. afstand tussen de twee sporen bedraagt 4.50 m. Indien deze maat ook wordt aangehouden wordt voor de twee buitenmaten, dan wordt de totale benodigde inwendige breedte: $4 \times 4.50 \text{ m} = 18 \text{ m}$ bij 3 sporen. Voor 2 sporen geldt een binnenbreedte van $3 \times 4.50 = 13.5 \text{ m}$.

In de bouwfase dient een extra strip aan weerszijden beschikbaar te zijn voor werkruimte. Hiervoor wordt circa 15 m aangehouden, zodat de totale benodigde ruimte $30 + 18 = 48 \text{ m}$ bedraagt in de bouwfase.

De inwendig benodigde breedte in de eindfase voor een tunnel is hetzelfde en bedraagt eveneens 18m.

Zinktunnel:

De zinktunnel zal uitwendig een breedte beslaan van circa 25 m. De doorsnede wordt samengesteld uit drie afzonderlijke kokers met afmetingen van lengte x hoogte van $7 \times 6.5 \text{ m}$ (er moet rekening gehouden worden dat er een halve meter ballast beton nog aangebracht dient te worden na het afzinken). Er zullen geen vluchtkokers in de doorsnede worden opgenomen, de derde buis is in dit concept de vluchtkoker.

Boortunnel:

Voor het geboorde gedeelte worden de volgende maten aangehouden:

De afstand tussen twee buizen bedraagt 1 maal de diameter (1D). De uitwendige diameter bedraagt 8.1 m

Bij de aanleg van 3 buizen bedraagt de totale breedte dan $5 \times 8,1 = 40,5 \text{ m}$. Lokaal kan de tussenafstand een $\frac{1}{2} D$ bedragen.

Afhankelijk van de bodemgesteldheid kan worden gekozen voor een bepaald type boormachine.

- Earth Pressure Balance shield method (EPB)

Een slechte waterdoorlatendheid van grond is vereist.

- Slurry shield method

Vooraf geschikt in zandige gronden; maximaal 20% klei toelaatbaar en de doorlatendheid mag niet groter zijn dan 10^{-4} m/s . Tevens is een scheidingsinstallatie benodigd.

- Mix shield

Dit type schild kan zowel in kleiige als in zandige bodem worden ingezet.

- DOT shield

Hiermee is het mogelijk om zogenaamde 'twin' tunnels te boren. De aanschafprijs van deze machines ligt hoger dan twee conventionele boormachines en veel ervaring is er nog niet mee opgedaan met de DOT machines.

In de polders zal de bodem bestaan uit klei, terwijl juist zandige grond wordt aangetroffen in het duingebied. Er kan gebruik worden gemaakt van een EPB en met additieven kan alsnog de doorlatendheid van de grond verkleind worden en de verwerkbaarheid vergroot worden.

Indien een aarden baan wordt aangelegd zal deze worden opgebouwd uit een grondverbetering van circa 5 à 6 m hoog. Deze grondverbetering kan worden uitgevoerd in een cunet.

5. Landpassage

5.1 Keuze bouwmethoden per tracédeel

In deze paragraaf wordt de landpassage opgedeeld in tracédelen, waarna per tracédeel mogelijke alternatieven worden genoemd en wordt een onderbouwde keuze hieruit wordt gemaakt.

Schiphol

De aansluiting van de shuttleverbinding op Schiphol zelf op de (bestaande) vertrekhal is een complex gebeuren. In dit gebied is momenteel al veel infrastructuur en bebouwing aanwezig. Er zijn twee opties voor een aankomst: boven -of ondergronds.

Voordelen bij bovengrondse aankomst, middels een viaduct, is dat passagiers geen gebruik hoeven te maken van liften omdat op het juiste niveau wordt aangekomen. Dit scheelt tijd en de logistieke afhandeling is een stuk eenvoudiger dan bij ondergrondse aankomst.

Duidelijk nadeel bij een ondergronds station is dat deze erg diep ligt als er wordt uitgegaan van een boortunnel., dit hangt mede samen met de ligging van funderingen van andere bebouwing in de omgeving. In dat geval moet een zeer uitgebreid verticaal transportsysteem worden geïnstalleerd.

Afhankelijk van de beschikbare ruimte is het mogelijk om de tunnel middels de 'cut and cover' methodiek aan te leggen. De beschikbare ruimte op Schiphol is beperkt zodat vanuit bouw hinder-oogpunt deze methode niet te prefereren is.

Logistiek gezien kunnen de treinen niet in een lus rijden. Er zal een cross-over juist voor het station gemaakt moeten worden waardoor efficiënt steeds gebruik kan worden gemaakt van de perrons, dat wil zeggen dat de passagiers aan beide kanten van de trein kunnen uit- c.q. instappen. Dit bevordert de doorlooptijd.

Alle andere opties die in de onderstaande tabel staan, zijn niet aantrekkelijk vanwege de ruimte die voor die oplossingen niet beschikbaar is.

Alternatief	Keuze
viaduct	++
aarden baan	--
betonnen plaat op palen gefundeerd	-
open bak op maaiveld	-
gesloten bak op maaiveld (landtunnel)	-
open bak verdiept aangelegd	-
dijktunnel op palen gefundeerd	-
gesloten tunnel net onder maaiveld	-
verdiept aangelegde tunnel (geen boortunnel)	+
boortunnel	+

tabel 5.1 Mogelijke alternatieven met waardering

Conclusie: Voor het referentieontwerp wordt hier gekozen voor een viaduct

Schiphol - kruising spoorbaan Hoofddorp (Haarlemmermeerpolder)

Te kruisen obstakels zijn een taxibaan voor vliegtuigen, de Rijksweg A4 en het Voorkanaal. Ter plaatse van de te kruisen spoorbaan bij Hoofddorp wordt een cross-over in het tracé ingebouwd. Er wordt op dit gedeelte van het tracé weinig bebouwing gepasseerd.

Het is goed mogelijk om de spoorbaan langs een gedeelte van de Rijksweg A4 te leggen, hierdoor ontstaat een bundeling van infrastructuur, tevens zijn zulke gebieden al in het bezit van de overheid, zodat de verwerving ervan minder problematisch zal verlopen en minder tijd zal gaan kosten. Echter wel wordt het plaatsje De Hoek en de N201 doorsneden. Met geluidswallen of een gesloten bakconstructie kan het geluid tot een acceptabel niveau worden teruggebracht. Bovengrondse passage van De Hoek lijkt niet toelaatbaar. Hier zal een ondergrondse aanleg noodzakelijk zijn.

Het Voorkanaal kan met een aquaductbak worden gekruist. Aangezien dit kanaal gebruikt wordt voor het be-
zemwater, kan deze niet tijdelijk worden afgedamd.

Vervolgens kan het gedeelte na De Hoek tot aan de kruising met de spoorbaan nabij Hoofddorp ondergronds worden uitgevoerd met een 'cut and cover' methode. Bovengrondse aanleg wordt niet toelaatbaar geacht vanwege de geluidshinder en de horizon vervuiling. Daarnaast is bij ondergronds ruimtegebruik de ruimte op het maaiveld nog steeds beschikbaar. Er kan ook gekozen worden voor een onderheide dijk-tunnel, bij de aanleg is dan minder grondverzet noodzakelijk. Een andere mogelijkheid is een open bak constructie toe te passen over dit gedeelte. Naderhand zijn er wel minder mogelijkheden om de ruimte bovengronds optimaal te benutten.

In het gedeelte tussen De Hoek en de kruising met de spoorbaan nabij Hoofddorp dient eveneens een aftakking te worden gemaakt naar de vrachtafhandeldingsdepot op Schiphol voor wat betreft het vrachtverkeer per spoor. Dit gedeelte zal de RW A4 kruisen en de N201. Wellicht is de boortunnel hier een goede oplossing omdat laatstgenoemde obstakels dan eenvoudig te passeren zijn, echter een 'cut and cover' of open bak oplossing is ook denkbaar.

Alternatief	Keuze	Opmerkingen
viaduct	-	
aarden baan	-	
betonnen plaat gefundeerd op palen	+	passage op maaiveld
open bak op maaiveld	+	tussen Schiphol en De Hoek
landtunnel	-	
open bak verdiept aangelegd	+	tussen Schiphol en De Hoek
open bak verdiept aangelegd	+	De Hoek - kruising spoorbaan
open bak verdiept aangelegd	+	aftakking naar Schiphol-cargo
dijk-tunnel op palen gefundeerd	+/-	Voorkanaal - kruising spoorbaan
gesloten tunnel net onder maaiveld	++	passage De Hoek
verdiept aangelegde tunnel (geen boortunnel)	++	passage De Hoek
boortunnel	-	dure oplossing

tabel 5.2 Mogelijke alternatieven met waardering

Conclusie: Voor het referentieontwerp wordt hier gekozen voor een open bak constructie met een gesloten tunnel voor de passage bij De Hoek.

Kruising spoorbaan Hoofddorp - Ringvaart (Haarlemmermeerpolder)

Dit gedeelte is geschikt om als boortunnel uit te voeren. Het gebied tussen Nieuw-Vennep en Hoofddorp zal waarschijnlijk worden gebruikt voor toekomstige bebouwing. Bovengrondse aanleg zal moeilijk worden omdat de geluidshinder te groot is voor de omgeving. Indien geboord wordt is nabij de kruising met de spoorbaan voldoende ruimte beschikbaar om de segmenten op te slaan. Tevens kan daar een scheidingsinstallatie worden neergezet, die de bentoniet van de grond scheidt, indien met een Slurry schild wordt geboord. Tevens is daar de ruimte aanwezig voor een startschacht, daarnaast wordt hier een cross-over in het tracé opgenomen.

Eveneens wordt hier een aftakking naar een onderhouds- c.q. rangeerterrein gedacht, ter plaatse van die aftakking dient een bakconstructie gebouwd te worden. Het rangeerterrein dient horizontaal te liggen vanwege de anders te grote krachten op de sporen.

Indien geboord wordt, worden alle obstakels ondergronds gekruist, zoals de ringvaart, een spoorlijn en alle wegen.

Met het kruisen van de ringvaart wordt wel van de ene naar de andere polder geboord. Elke polder heeft zijn eigen waterhuishouding. Het is denkbaar dat via de geboorde buis er een lekweg ontstaat tussen aangrenzende polders. Met grouttechnieken moet deze lekweg kunnen worden afgedicht.

Daarnaast bestaat hier ook de mogelijkheid om de constructie verdiept aan te leggen met traditionele bouwmethoden, indien hiervoor toestemming wordt verleend. Obstakels op dit gedeelte zijn wegen en sloten. Nieuw-Vennep wordt op enkele honderden meters gepasseerd, hier dient de eventuele bakconstructie gesloten te zijn, vanwege de anders ontstane geluidshinder voor die gemeente.

Alleen een landschappelijke invulling met een dijk-tunnel lijkt toelaatbaar indien boven het maaiveldniveau een tunnel wordt gerealiseerd. Er moet worden gestreefd naar een zo min mogelijke barrièrewerking van de tunnel op de omgeving.

Er dient een klepconstructie te worden opgenomen in de uiteindelijke oplossing zodat bij een eventuele calamiteit voorkomen wordt dat de Haarlemmermeerpolder onderloopt (De tunnel passeert een waterkering).

Alternatief	Keuze	Opmerkingen
viaduct	-	
aarden baan	-	
betonnen plaat op palen gefundeerd	-	
open bak op maaiveld	-	
landtunnel	-	
open bak verdiept aangelegd	++	niet nabij Nieuw-Vennep
dijktunnel op palen gefundeerd	+/-	kruising spoorbaan - ringvaart
gesloten tunnel net onder maaiveld	+	kruising spoorbaan - ringvaart
verdiept aangelegde tunnel (geen boortunnel)	+	kruising spoorbaan - ringvaart of alleen bij passage Nieuw-Vennep
boortunnel	+	kruising spoorbaan - ringvaart

tabel 5.3 Mogelijke alternatieven met waardering

Conclusie: Voor het referentieontwerp wordt hier gekozen voor een gesloten tunnel bij de passage van Nieuw-Vennep en tot aan de Ringvaart wordt hier gekozen voor een open bak constructie.

Ringvaart - Ruigenhoek (Elsbroekerpolder & Zilkerpolder)

Het gebied is vooral landschappelijk van karakter, wel worden twee gemeenten, namelijk Hillegom en Lisse, gepasseerd.

Het gedeelte Ringvaart - Ruigenhoek is geschikt om als boortunnel uit te voeren. Vanwege de te verwachten hinder voor de omgeving lijkt het een goede oplossing om dit traject te boren.

Daarnaast bestaat hier ook de mogelijkheid om de constructie verdiept aan te leggen met traditionele bouwmethoden, indien hiervoor toestemming wordt verleend.

Alleen een landschappelijke invulling met een dijk-tunnel lijkt toelaatbaar indien boven het maaiveldniveau een tunnel wordt gerealiseerd. Er moet worden gestreefd naar een zo min mogelijke barrièrewerking van de tunnel op de omgeving.

Alternatief	Keuze	Opmerkingen
viaduct	-	
aarden baan	-	
betonnen plaat op palen gefundeerd	-	
open bak op maaiveld	-	
landtunnel	-	
open bak verdiept aangelegd	+	niet nabij Hillegom & Lisse
dijktunnel op palen gefundeerd	+/-	ringvaart - Ruigenhoek
gesloten tunnel net onder maaiveld	+	ringvaart - Ruigenhoek
verdiept aangelegde tunnel (geen boortunnel)	+	ringvaart - Ruigenhoek
boortunnel	++	ringvaart - Ruigenhoek

tabel 5.4 Mogelijke alternatieven met waardering

Conclusie: Voor het referentieontwerp wordt hier gekozen voor een boortunnel

Ruigenhoek - Overgangsconstructie Noordzee (Polder Het Langeveld)

Dit gedeelte zal waarschijnlijk uitgevoerd worden als boortunnel. Er lijkt geen ander redelijk alternatief voor handen. Nabij het Oosterduinse meer zal een cross-over in het tracé worden opgenomen. Ook hier bestaat de mogelijkheid om de segmenten te stapelen en een scheidingsinstallatie te bouwen, indien met een Slurry schild wordt geboord.

Bovengrondse passage van de duinen is ondenkbaar. Het duinenlandschap is een beschermd natuurgebied en er is ter plaatse van de passage een grondwaterwingebied aanwezig. Nagegaan zal moeten worden wat de invloed is van de grondwaterkwaliteit en de grondwaterstroming.

In dit gebied heerst een evenwicht tussen het zoete en zoute water. Er staat kans dat door de aanleg van de tunnel deze daar ter plaatse wordt doorbroken en dat het grondwater in de polder zouter wordt, wat gevolgen heeft voor het eco-systeem, waardoor landbouw bijvoorbeeld onmogelijk wordt.

Doordat de duinen nu worden doorsneden dient er een waterkering in de tunnel te worden gemaakt omdat de uitrit van de tunnel niet boven het zeewaterniveau ligt. Er dient een dubbele kering te worden aangebracht i.v.m. de bedrijfszekerheid van het systeem.

Alternatief	Keuze
viaduct	-
aarden baan	-
betonnen plaat op palen gefundeerd	-
open bak op maaiveld	-
landtunnel	-
open bak verdiept aangelegd	-
dijktunnel op palen gefundeerd	-
gesloten tunnel net onder maaiveld	-
verdiept aangelegde tunnel (geen boortunnel)	-
boortunnel	++

tabel 5.5 Mogelijke alternatieven met waardering

Conclusie: Voor het referentieontwerp wordt hier gekozen voor een boortunnel

5.2 Tracébeschrijving voorkeursvariant

Op basis van de voorafgaande overwegingen wordt gekomen tot een voorkeursvariant. De tracébeschrijving vindt plaats vanaf Schiphol tot aan de kust. Aandachtspunt is de aansluiting van de verschillende bouwmethoden.

Aankomst in Schiphol, waar een cross-over wordt gepland, is bovengronds en middels een viaduct wordt de Rijksweg A4 gekruist waarna deze daalt en in een open bak verder gaat. De passage Den Hoek zal met een gesloten bakconstructie zijn. De panden die er momenteel staan zullen tijdelijk verwijderd dienen te worden. Het gaat in totaal om 3 à 4 panden. Nadat De Hoek gepasseerd is kan de constructie wederom open zijn. Met een aquaductbak wordt het Voorkanaal gepasseerd, vervolgens wordt tot aan de passage van de spoorbaan nabij Hoofddorp het spoor in een open bak gelegd. Hier sluiten de sporen voor het vrachtafhandeldingsdepot aan, welke ook wordt uitgevoerd in een open bak. Bij Hoofddorp wordt eveneens een cross-over in het tracé opgenomen en een aftakking naar een rangeer- c.q. onderhoudsterrein.

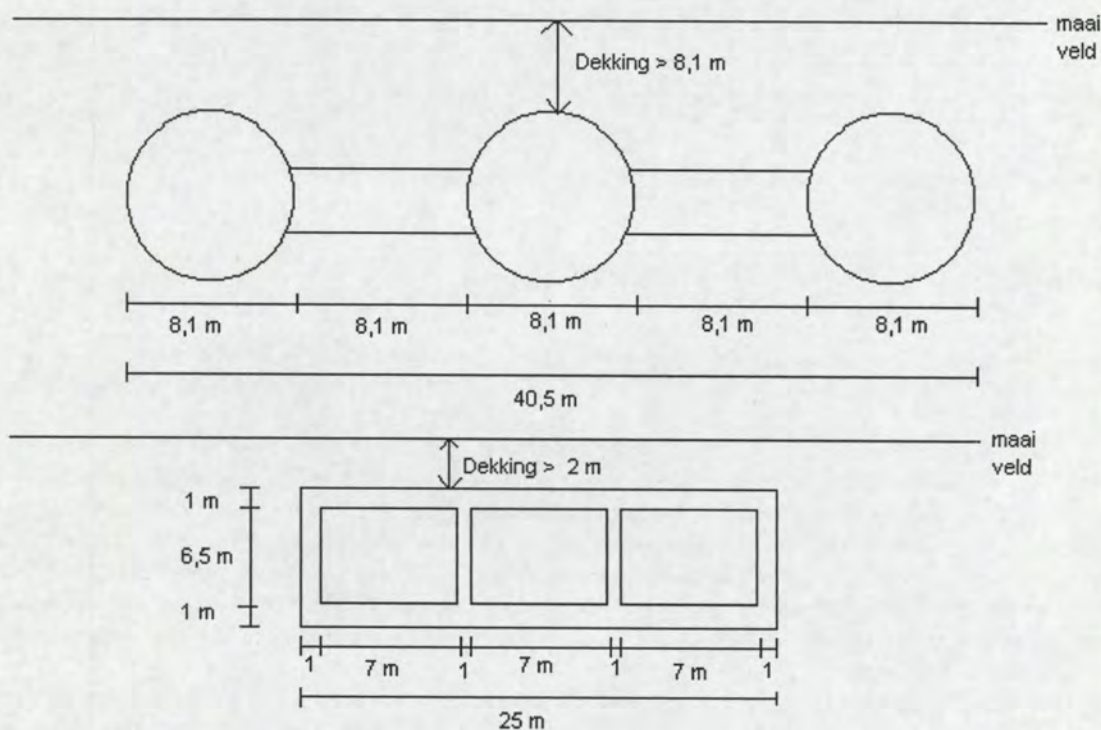
Het gedeelte tot aan de doorgaande weg wordt uitgevoerd als een verdiept aangelegde tunnel die gesloten is. Van de doorgaande weg tot voor de ringvaart wordt uitgevoerd in een open bak. De Haarlemmermeerpolder wordt beveiligd met een kering, die opgenomen wordt in de constructie.

Vanuit de Haarlemmermeerpolder wordt onder de ringvaart doorgeboord tot net voor de duinen alwaar een schacht wordt opgenomen en waar een kruising kan worden aangelegd. Tevens zal hier een schacht worden geëgaliseerd waarin een waterkering wordt opgenomen. Vervolgens wordt het gedeelte door de duinen wederom uitgevoerd als een boortunnel.

6. Zeepassage

6.1 Aansluiting landdeel

Onder de duinen zal worden geboord. Dit betekent dat er 3 boorbuizen aankomen op een diepte van minstens NAP -12 m, waar zich de draagkrachtige laag bevindt, met een buitendiameter van 8,1 m en een dekking die dit ook minstens moet zijn. De breedte van de 3 buizen is dus in totaal $5 \times 8,1 \text{ m} = 40,5 \text{ m}$ en het diepste punt van de tunnel ligt op NAP -16,2 m, zie figuur 6.1.

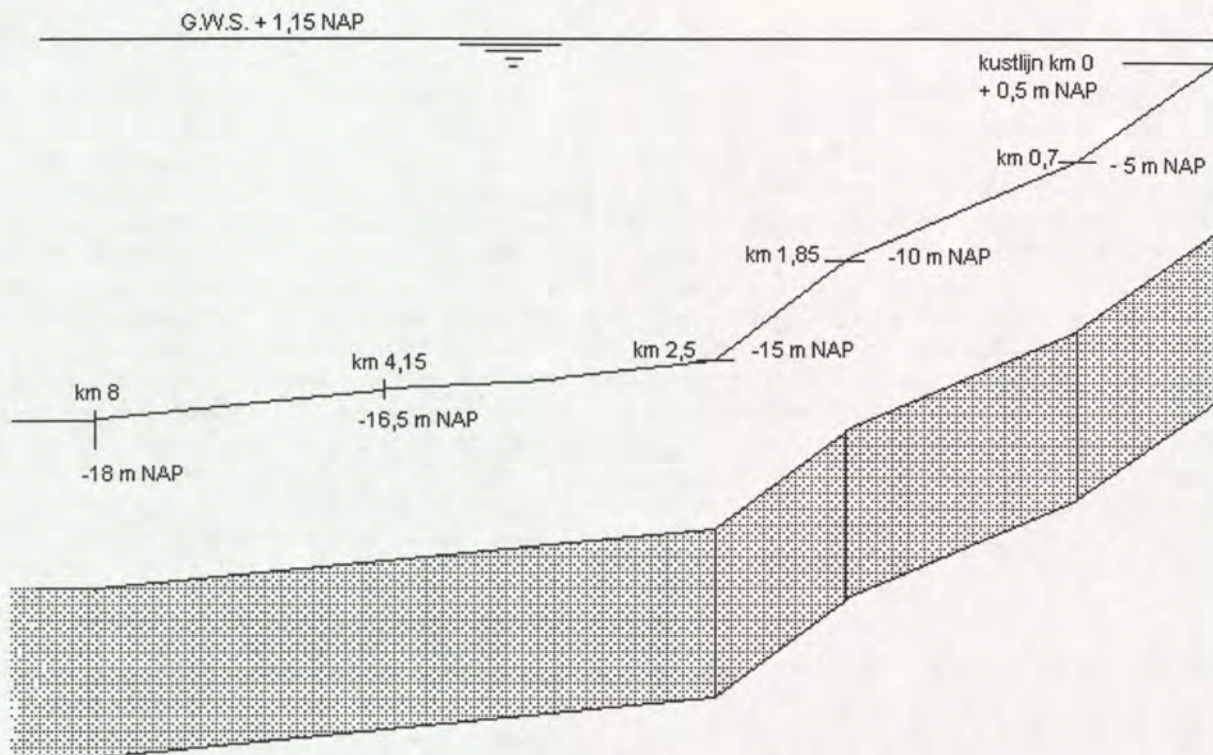


figuur 6.1 Doorsneden boor- en zinktunnel

De mogelijke aansluitingen beperken zich tot een aansluiting van boren-boren of boren-zinken omdat een brug direct aan de kust maatschappelijk onaanvaardbaar wordt geacht.

Voor de aansluiting van een boortunnel voor de zeepassage op een boortunnel van de duinpassage zal geen extra voorziening nodig zijn. De minimale benodigde dekking van 1 D moet echter wel gehandhaafd blijven dit betekent dat de boortunnel de aflopende zeebodem moet volgen. De steilheid van de zeebodem is echter zo gering (maximaal 0,8 %) dat dit geen problemen geeft ten aanzien van maximale helling (2,5%) en verticale boogstralen ($R=20000 \text{ m}$), zie figuur 6.2.

Voor de aansluiting van een zinktunnel op de boortunnel van de duinpassage geldt dat de zinktunnel slechts twee meter onder de bodem hoeft te komen en minder hoog is, zodat in verticale zin een afstand van ongeveer 6 meter overbrugd moet worden. In horizontale zin is de maximale afstand tussen de buizen van de twee uitvoeringsmethode 8,2 m. Met een horizontale boogstraal van $R=6000 \text{ m}$ kan dit over een lengte van 450 m worden overbrugd. Over een lengte van 700 m zal de zinktunnel $15,75 - 9,5 = 6,25 \text{ m}$ moeten stijgen. Voor een eventuele aansluiting van de boortunnel op een zinktunnel voor de zeepassage is dus een eiland nodig met minstens een lengte van 450 m.



figuur 6.2 Verloop van de Noordzeebodem en boortunnel

6.2 Bouwmethoden voor de zeepassage

De mogelijkheden om de verbinding over zee te realiseren zijn een brug, een zinktunnel en een boortunnel en eventueel een combinaties hiervan. Allereerst zal worden ingegaan op enige kenmerken van de basistechniek afzonderlijk.

6.2.1 De boortunnel

Boortechnieken kunnen in principe worden toegepast voor de gehele zeepassage. Gelet op de wens om een korte bouwtijd te realiseren zal met meerdere boormachines te gelijk gewerkt moeten worden. Aangezien een boormachine op dit moment wordt afgeschreven over boorafstanden van ca 6 km moet ook rekening worden gehouden met tussenschachten. Om grotere afstanden te overbruggen kan ook gekozen worden tussenschachten als extra startschacht te gebruiken. In theorie is het zo mogelijk de bouwijd te manipuleren.

Een technisch knelpunt en een kostenfactor vormen de tussenverbindingen die uit oogpunt van veiligheid noodzakelijk zijn. Een belangrijk veiligheids criterium is de mogelijkheid om een andere (veilige) buis te kunnen bereiken. Op dit moment worden dwarsverbindingen om de 300 meter voorgeschreven.

Zeker bij de langere afstanden (> 10 km) moet ook rekening worden gehouden met voorzieningen voor een "crossover". Met deze "crossover" kan in geval van stremmingen of onderhoud de dienstregeling geïmproviseerd via twee sporen worden voortgezet. Ook de bouw hiervan op zee betekent een complicatie.

Het grote voordeel van de boortechniek is de geringe verstoring tijdens de aanleg van de bovenliggende bodem. De gerede tunnel geeft geen enkele vorm van visuele hinder.

Fasering van de aanleg is goed mogelijk omdat des gewenst buis voor buis kan worden aangelegd. Uit bedrijfsvoeringsoogpunt en om wille van de veiligheid zullen echter altijd twee buizen noodzakelijk zijn. Ook het achteraf verbinden van een nieuwe tunnelbuis met dwarsverbindingen aan de reeds geboorde (en in gebruik genomen) tunnelbuizen is niet eenvoudig. Het boren is een techniek die volop in ontwikkeling is zodat tegen de tijd dat de verbinding daadwerkelijk gerealiseerd zal gaan worden gerekend kan worden op enkele gunstige ontwikkelingen. Hierbij moet worden gedacht aan zogenoemde DOT (Double O Tunnel) machines die twee buizen tegelijk kan boren of continue systemen die een grotere boorsnelheid en bouwsnelheid mogelijk maken.

6.2.2 De brug

Het is goed mogelijk om een brugconstructie te bouwen voor het realiseren van een bovengrondse aansluiting van de duinpassage naar het toekomstige luchthaveneiland. In deze studie wordt er vanuit gegaan dat een brugconstructie voor de eerste 10 km zeepassage vanwege de visuele aantasting van het kustgebied maatschappelijk niet haalbaar zal zijn. Bedacht moet ook worden dat een aansluiting van een brug op de, ook weer zeer waarschijnlijk, ondergrondse duinpassage door middel van een kunstmatige overgangsconstructie moet plaats hebben. Een dergelijke constructie levert visuele hinder op en is ook kustmorfologisch gezien minder gewenst. Met de hiervoor beschreven uitgangspunten kan de brug na 10 km als een relatief eenvoudige liggerbrug worden uitgevoerd. Met grote doorvaarthoogten behoeft geen rekening te worden gehouden omdat de scheepvaart over het voorafgaande tunneldeel kan varen. Wel moet rekening worden gehouden met aanvaarbelastingen. De faseringsmogelijkheden van een brug zijn beperkt. Met enige creativiteit kan gedacht worden aan uitbouwen of zelf opbouwconstructies. Het is de vraag of de extra kosten van een aanpassing in een later stadium opwegen tegen de betrekkelijk geringe meerkosten voor een directe uitvoering van de totale breedte. De uitvoering zal vermoedelijk met caissonpijlers geschieden. De bouwtijd kan worden beïnvloed door op verschillende plaatsen deze pijlers te bouwen en door het inzetten van meer hefwerktuigen. Ook het uitkiend prefabriceren van de liggers kan hier gunstig werken op de benodigde bouwtijd. Transport en inhijzen onder de "off shore" condities is hoe dan ook een complicerende factor.

6.2.3 De zinktunnel

Het toepassen van zinktechnieken is eveneens een goede mogelijkheid om een tunnelconstructie voor de zeepassage te realiseren. De voordelen van een zinktunnel zijn qua inpassingsmogelijkheden vergelijkbaar met die van de boortunnel. De aanleg geeft echter wel bodemversoringen. De mogelijke bouwsnelheid wordt beïnvloed door de fabricagesnelheid van de tunnelementen. Bij de bouw van de Oresundtunnel is voor het eerst gebruik gemaakt van een industriële bouwwijze voor de elementen. Het fabriceren van één element (175 m) duurt ongeveer 8 weken. Dit betekent dat per fabriek per jaar ongeveer 1 km tunnel kan worden geproduceerd. Het bouwen van dergelijke productieeenheden en het vinden van geschikte locaties (aan zee, met voldoende diepgang) is niet eenvoudig. Ook de aanvoer van de enorme hoeveelheden constructie materiaal is een aandachtspunt. Het ligt voor de hand te proberen de tunnelementenfabrieken te plaatsen op het luchthaven eiland dat toch al wordt opgespoten. Het is de verwachting dat twee jaar na de start van de bouw van dit eiland met de bouw van de fabrieken kan worden begonnen. Een simpele som leert dat in dat geval voor een zeepassage van 18 km ten minste zes jaar bouwtijd noodzakelijk is.

Het zinken op de Noorzee wordt bemoeilijk door twee factoren. Ten eerste zal het in stand houden van de gebaggerde zinksleuf door sediment transport worden bemoeilijkt. Vooral vlak langs de kust speelt dit fenomeen. Ten tweede zullen stroming en deining het afzinkproces negatief beïnvloeden. Speciaal afzink materieel zal hiervoor moeten worden ontwikkeld.

Hoewel iedere vorm van fasering theoretisch mogelijk is ligt het niet voor de hand om buis voor buis af te zinken. Gelet op het hoge aandeel van de plaatsingskosten lijkt het wenselijk gelijk de uiteindelijk noodzakelijke hoeveelheid buizen te bouwen.

6.2.4 Mogelijke combinaties

De verschillende basistechnieken kunnen ook worden gecombineerd, dit kan bijvoorbeeld kostenbesparend zijn of in verband met uitvoeringstechnische eisen (planning, korte bouwtijd) voordelig uitvallen.

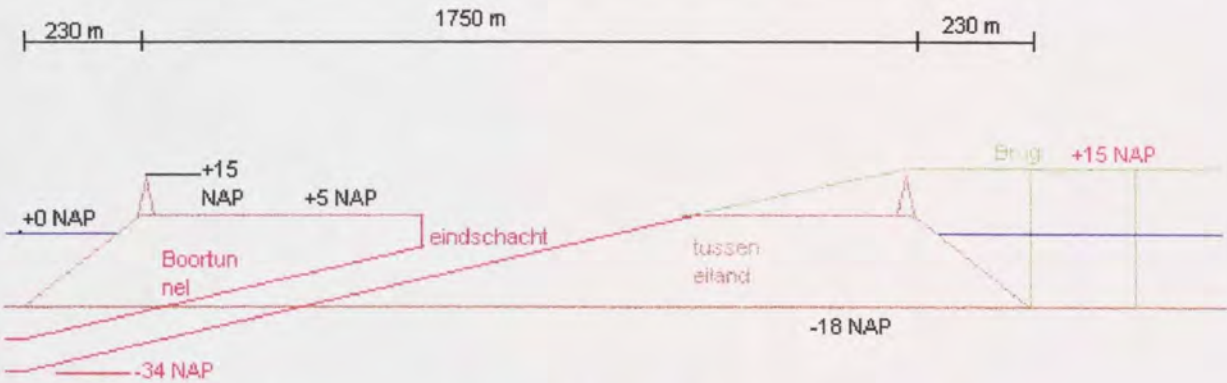
De mogelijkheden zijn:

- boren en 10 km brug
- zinken en 10 km brug
- combinatie boren en zinken en eventueel brug

Aansluiting

Voor de aansluiting van de verschillende basistechnieken zijn of een tusseneiland (tijdelijk danwel permanent) of een schacht nodig zodat een bouwkuip in zee kan worden gemaakt.

Voor de kosten van een tusseneiland geldt voor de kering (omtrek van het eiland) fl 100.000,- per meter. Voor het opspuiten geldt een prijs van fl 5,- per kubieke meter.
Voor alle combinaties geldt dat er een aansluiting gerealiseerd dient te worden in de vorm van een tusseneiland (tijdelijk of permanent) of een tijdelijke schacht om een bouwkuip op zee te kunnen realiseren. De kosten van een aansluiting worden met name door de grote van het benodigde tusseneiland/schacht gedicteerd.



figuur 6.3 Aansluiting boortunnel op brug met behulp van een tusseneiland

De lengte van een eiland wordt bepaald door het verticale verschil in hoogte tussen de uitvoeringsprincipes. Voor de verschillende aansluitingen gelden de volgende benodigde lengte van het eiland.

Aansluiting	Lengte tusseneiland	Opmerking
Boren - Boren	200 m	Benodigd voor de start- en eindschacht en installaties, met pontons voor opslag
Boren - Zinken	450 m	Horizontale boogstralen maatgevend omdat de zinktunnel bij de aansluiting dieper kan worden gelegd, wel meer baggerwerk noodzakelijk
Boren - Brug	1750 m	Totale verticale afstand van 49 m overbruggen met boogstralen van 20.000 m. Eiland is permanent
Zinken - Brug	1620 m	Totale verticale afstand van 42,5 m overbruggen met boogstralen van 20.000 m. Eiland is permanent en diepe bouwkuip nodig

tabel 6.1 Benodigde eilandlengten voor verschillende uitvoeringsprincipes

6.3 Aansluiting Eiland

Op het eiland wordt verondersteld dat op maaiveld wordt aangekomen omdat hier voldoende ruimte is en dat dit tevens de goedkoopste oplossing is. Voor de drie mogelijke varianten staat in onderstaande tabel de benodigde lengte op het eiland om op NAP +5 m te eindigen.

	Benodigde lengte op eiland
Brug	900 m
Zinken	1380 m
Boren	1540 m

tabel 6.2 Benodigde lengte op het eiland

Voor de zinktunnel moet de toerit die op het eiland gebouwd wordt zeer diep worden aangelegd omdat de zinktunnel diep ligt bij het eiland vanwege de verticale boogstraal van 20000 m. Hiervoor is een bouwkuip nodig met een diepte van 28 meter.

Voor de boortunnel is een normale beginschacht nodig omdat doorgeboord kan worden met een verticale boogstraal van 20000 m.

De brug hoeft slechts een hoogte verschil van 10 meter te overbruggen.

6.4 Keuze basistechnieken

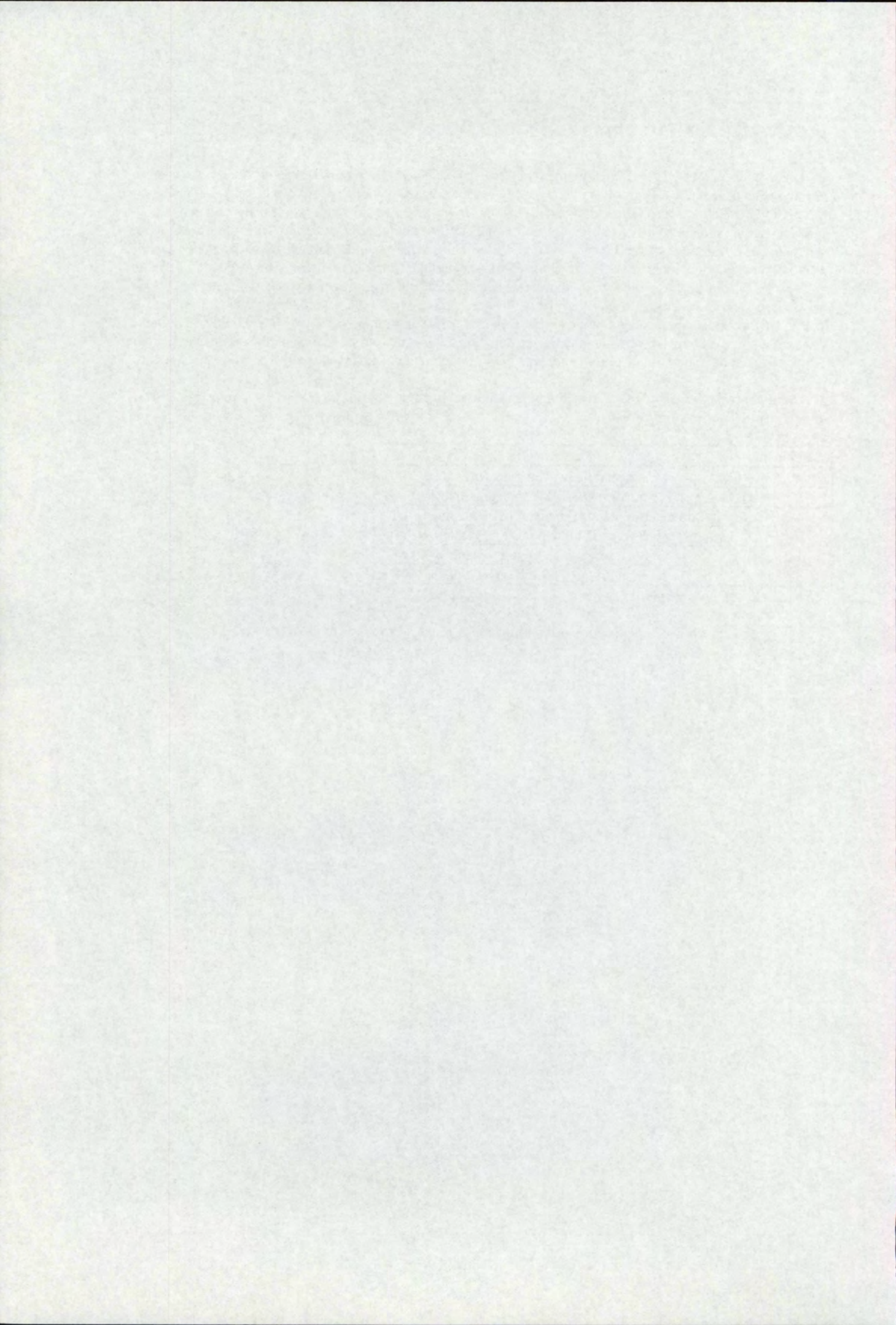
De keuze voor een bepaalde techniek wordt voor de zeepassage gedicteerd door kosten en planning en slechts in geringe mate door inpassingsproblematiek ervan. In bijlage 5 is een planning voor verschillende varianten van de uitvoering opgenomen. Naar voren komt dat alle varianten in een bouwtijd van 7 jaar te realiseren zijn. Door de omvang van het project en de korte beschikbare bouwtijd zullen vooral produktiemiddelen en logistieke processen (aanvoer en opslag materiaal) maatgevend zijn. Vooral bij de zinktunnel is dit het geval omdat de beschikbare uitvoeringstijd moet worden vermindert met de tijd die nodig is voor het realiseren van de benodigde fabricage capaciteit. Voor de brugpeilers geldt in principe hetzelfde, de minder grootse schaal zorgt echter ook voor minder problemen. Tevens is de maximale lengte van de brug 10 km en van de zinktunnel 20 km. Een beperking van de lengte van het zinkgedeelte lijkt dan ook zinvol. Voor de aansluiting op het deeltracé onder de duinen zal gekozen worden om minstens 2 kilometer de zee in te boren zodat uitvoeringsproblemen zoals de aanvoer per schip, afzinken in de branding en problemen met het in stand houden van de zinksleuf daar minder groot zijn.

Met deze voorwaarden zijn de volgende combinaties mogelijk voor de zeepassage. Deze varianten zullen qua kosten naast elkaar worden gezet.

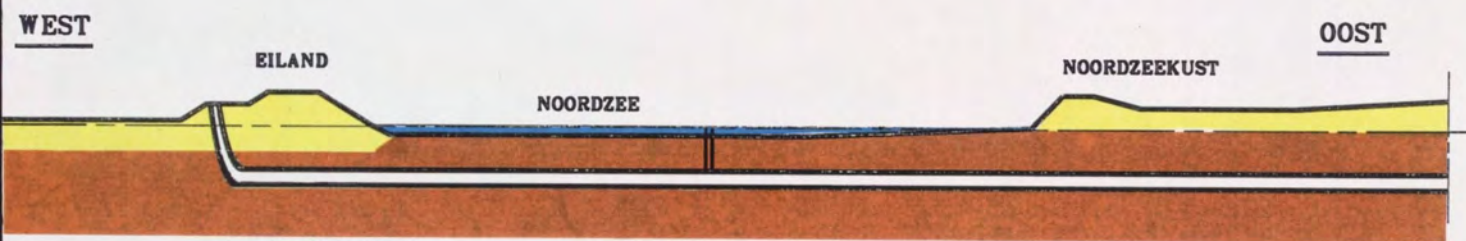
Combinatie	Onderverdeling
1	Geheel boren (twee trajecten)
2	2 kilometer boren , 18 kilometer zinken
3	10 kilometer boren, tussen eiland, 10 kilometer brug
4	2 kilometer boren, 8 kilometer zinken, 10 kilometer brug
5	4 kilometer boren, 16 kilometer zinken
6	10 kilometer boren, 10 kilometer zinken

tabel 6.3 Combinaties waarvoor een kosten analyse is gemaakt

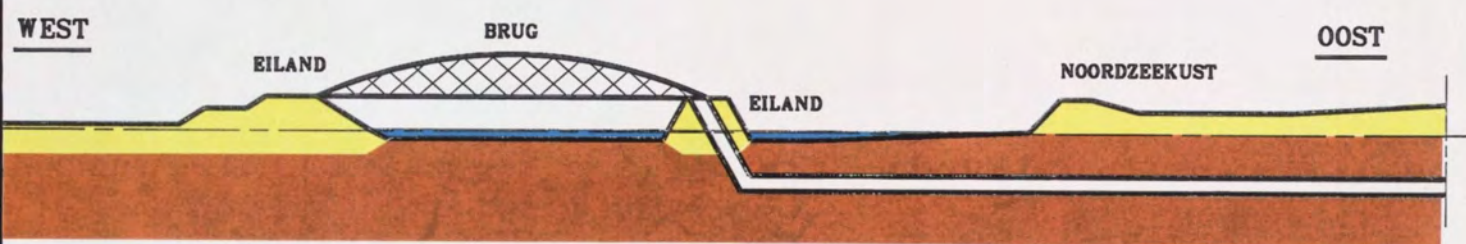
In figuur 6.3 op de volgende pagina zijn de combinaties (1 t/m 4) grafisch weergegeven.



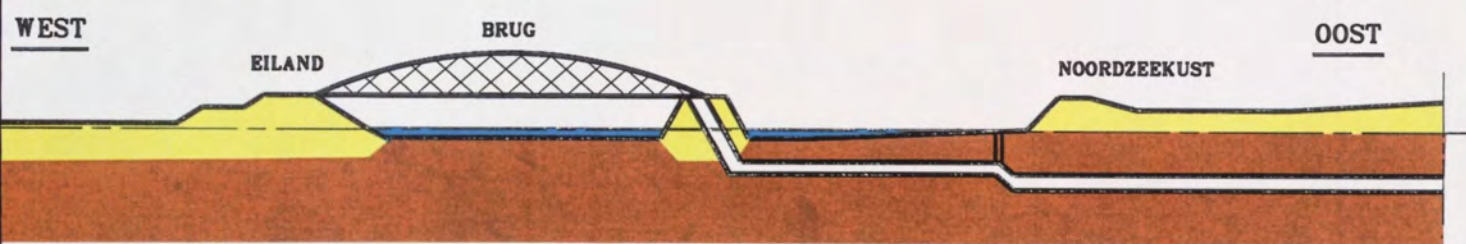
COMBINATIES



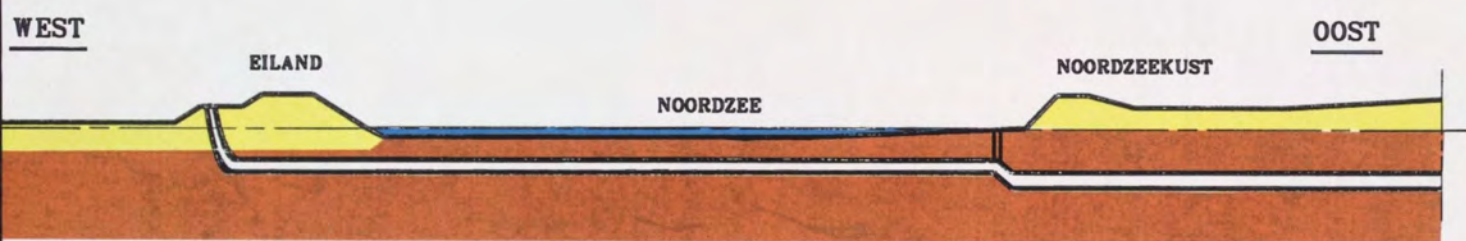
BOREN / BOREN



BRUG / EILAND / BOREN



BRUG / EILAND / AFZINKEN / BOREN



AFZINKEN / BOREN

7. Kostprijsbepaling

7.1 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd bij de ramingen, zie ook bijlage 6:

- ongefaseerde uitvoering
- railtechnische voorzieningen zijn niet inbegrepen
- bouwrijpe situaties (geen grondaankopen)
- 20% VAT en conditionering
- 25% onvoorzien objectgebonden
- volgens PRI 30% marge (+ of -)
- prijzen exclusief BTW
- prijspeil 1997
- kosten t.a.v. vluchtvoorzieningen bij open bak en tunnels zijn meegenomen

7.2 Eenheidsprijzen

7.2.1 Inleiding

Aan de hand van enkele prijzen voor bouwmethoden per strekkende meter zijn de kosten bepaald. Voor verschillende bouwvarianten zijn zodoende per variant de totale kosten bepaald. Vervolgens worden de verschillende varianten voor de landpassage en de oplossingen voor de zeepassage separaat uitgewerkt. Met de aldus gepresenteerde bouwstenen kunnen alle mogelijke combinaties qua kosten worden vergeleken. Tenslotte zullen enkele combinaties nader worden gepresenteerd, waaronder de “voorkeurs variant” van de rapporteurs.

7.2.2 Strekkende meter prijzen

Bouwmethode	Aantal sporen	Strekkende meterprijs [fl]
Viaduct	2	54.000
Plaat op palen	2	7.000
Plaat op palen	3	10.500
Open bak	2	74.000
Open bak	3	88.000
Gesloten tunnel	2	102.000
Gesloten tunnel	3	128.000
Boortunnel	3	161.000

tabel 7.1 Strekkende meterprijzen voor verschillende bouwmethoden landpassage

Bouwmethode	Aantal sporen	Strekkende meterprijs [fl]
Boortunnel	3	161.000
Zinktunnel	3	140.000
Brug	3	116.000
schacht	-	63 mln
aansluiting (zinken-boren)	-	115 mln
eiland (boren-brug)	-	346 mln
eiland (zinken-brug)	-	312 mln

tabel 7.2 Strekkende meterprijzen en overige kosten voor de zeepassage

per m'?

Bijzondere constructies

aquaduct: 100 mln
rangeerterrein: 150 mln
startschacht: 50 mln

Rail

Railinfra (sporen/seinen/wissels): fl 12.000,-/m'
Materieel: 1,1 mld

7.3 Varianten voor landpassage

7.3.1 Variant 1 Zuidelijk tracé, optimaal beneden maaiveld (Voorkeursvariant)

Variant 1 wordt in eerste instantie als meest kansrijke variant aangemerkt (zie ook paragraaf 5.1 en 5.2), gebaseerd op de effecten op de omgeving mede in relatie met de begrote kosten. Het gehele tracé wordt beneden het maaiveld aangelegd en daar waar noodzakelijk wordt de tunnel gesloten uitgevoerd op andere gedeelten wordt een open bak gedacht. Het gedeelte vanaf de Ringvaart tot door de duinen wordt uitgevoerd als boortunnel.

Trajectgedeelte	aantal km	prijs [mln]	constructie-type	aantal sporen
Schiphol - passage RW A4	1,5	81	viaduct	2
passage RW A4 - De Hoek	1	74	open bak	2
passage De Hoek	0,6	61,2	tunnel	2
De Hoek-Hoofddorp	3,5	259	open bak	2
Hoofddorp-passageweg	4	512	tunnel	3
passageweg-ringvaart	1,5	132	open bak	3
ringvaart - duinen	8,4	1352,4	boortunnel	1
Hoofddorp-Schiphol cargo	7	518	open bak	2
sub-totaal:	27,5	2989,6	A	
Bijkomend:				
Rangeerterrein		150		
Aquaduct		100		
Startschacht		50		
Startschacht		50		
sub-totaal:		350	B	
eindtotaal:		3339,6	A+B	

tabel 7.3 Specificatie kosten voor variant 1

7.3.2 Variant 2 zuidelijk tracé, daar waar mogelijk op maaiveld

Variant 2 verschilt van variant 1 op het volgende punt: overal waar in variant 1 gesproken wordt over een verdiept aangelegde open bak constructie, wordt bij variant 2 een plaat op palen op maaiveldniveau aangehouden. Deze variant is dus een goedkope oplossing waarbij niet of nauwelijks gekeken wordt naar omgevingsinpassing, het biedt een vergelijking tussen andere varianten en een zeer goedkope oplossing.

Trajectgedeelte	aantal km	prijs [mln]	constructie-type	aantal sporen
Schiphol - passage RW A4	1,5	81	viaduct	2
passage RW A4 - De Hoek	1	7	plaat	2
passage De Hoek	0,6	61,2	tunnel	2
DeHoek-Hoofddorp	3,5	24,5	plaat	2
Hoofddorp-passage weg	4	512	tunnel	3
passage weg-ringvaart	1,5	15,75	plaat	3
ringvaart - duinen	8,4	1352,4	boortunnel	1
Hoofddorp-Schiphol cargo	7	49	plaat	2
sub-totaal:	27,5	2102,85	A	
Bijkomend:				
Rangeerterrein		150		
Aquaduct		100		
Startschacht		50		
Startschacht		50		
sub-totaal:		350	B	
eindtotaal:		2452,9	A+B	

tabel 7.4 Specificatie kosten voor variant 2

7.3.3 Variant 3 zuidelijk tracé, geheel ondergronds

Variant 3 is de kostbaarste van de drie varianten. Hier is gekozen voor een ondertunneling van het gehele tracé met uitzondering van de oplossing bij Schiphol, waar principieel is gekozen voor een bovengrondse aanleg.

Trajectgedeelte	aantal km	prijs [mln]	constructie-type	aantal sporen
Schiphol - passage RW A4	1,5	81	viaduct	2
passage RW A4 - De Hoek	1	102	tunnel	2
passage De Hoek	0,6	61,2	tunnel	2
De Hoek-Hoofddorp	3,5	357	tunnel	2
Hoofddorp-passage weg	4	512	tunnel	3
passage weg-ringvaart	1,5	192	tunnel	3
ringvaart - duinen	8,4	1352,4	boortunnel	1
Hoofddorp-Schiphol cargo	7	714	tunnel	2
sub-totaal:	27,5	3371,6	A	
Bijkomend:				
Rangeerterrein		150		
Aquaduct		100		
Startschacht		50		
Startschacht		50		
sub-totaal:		350	B	
eindtotaal:		3721,4	A+B	

tabel 7.5 Specificatie kosten voor variant 3

7.3.4 variant 4 noordelijk tracé, voornamelijk bovengrondse oplossing

Trajectgedeelte	aantal km	prijs [mln]	constructietype	aantal spo- ren
Schiphol cargo - Schiphol	2,5	21	boortunnel (2x)	2
Schiphol - passage startbaan	1,5	192	tunnel	3
Schiphol - duinen	20	140	viaduct	3
duinen	2,5	320	boortunnel (3x)	3
sub-totaal:	26,5	2127	A	
Bijkomend:				
Rangeerterrein		150		
Bijzondere kruisingen (6x)		150		
Inpassing in Schiphol		150		
Geluidsschermen e.d		200		
Startschacht (3x)		150		
sub-totaal:		800	B	
eindtotaal:		2927	A+B	

tabel 7.6 Specificatie kosten voor variant 4

7.4 Combinaties voor de zeepassage

7.4.1 Inleiding

In hoofdstuk 6 is de wijze waarop de zeepassage kan worden gerealiseerd besproken. Voor een zeepassage van 20 kilometer is uitvoeringstechnisch altijd een al dan niet permanente overgangsconstructie noodzakelijk. Bij het inzetten van boortechnieken zal omwille van de uitvoeringssnelheid ook vanuit het midden van de verbinding moeten worden geboord. De verkenning heeft geleid tot een zestal combinaties. Voor de duidelijkheid worden ze hier nogmaals opgesomd, om verwarring met de varianten van de landpassage te voorkomen spreken we bewust van combinaties.

Combinatie	Onderverdeling
1	Geheel boren (twee trajecten)
2	2 kilometer boren , 18 kilometer zinken
3	10 kilometer boren, tussen eiland, 10 kilometer brug
4	2 kilometer boren, 8 kilometer zinken, 10 kilometer brug
5	4 kilometer boren, 16 kilometer zinken
6	10 kilometer boren, 10 kilometer zinken

tabel 7.7 Overzicht combinatiesvoor de zeepassage

Bij combinatie 3 en 4 is een permanente overgangsconstructie in de vorm van een tusseneiland aanwezig.

7.4.2 Totale kosten van verschillende combinaties

In bijlage 7 zijn de kosten voor de verschillende combinaties in een spreadsheet uitgewerkt, hieronder worden de resultaten in tabelvorm weergegeven.

Combinatie	Totale kosten (in mld)
1	3,28
2	2,96
3	3,12
4	3,03
5	3,00
6	3,13

tabel 7.8 Kosten van de onderzochte combinaties

7.4.3 Keuze van combinatie

Op voorhand is niet eenvoudig een keuze te maken. De kosten zijn niet echt onderscheidend en voor alle alternatieven is wel wat te zeggen. Door de complexiteit van het gehele vraagstuk en de absolute grootte van het project is een goede afweging noodzakelijk. Deze kan niet alleen op kosten worden gemaakt. Andere overwegingen als planning, faseerbaarheid en duurzaamheid spelen ter degen mee en vallen buiten de scope van deze studie. Omwille van een mogelijk afwegingskader is de onderstaande matrix opgesteld.

Bouwalternatief	aanlegkosten	faseerbaarheid	bouwtijd	bedrijfszekerheid	maakbaarheid	onderhoud	maatschappelijk draagvlak
brug	+/-	-	+	-	+	-	--
zinktunnel	+/-	-	-	+	+/-	++	+
boortunnel	+/-	+	+/-	+	-	+	++

tabel 7.9 Mogelijke afweging van bouwwijzen voor zeepassage

Toelichting op de afwegingskaders:

aanlegkosten: Zoals te zien in de vorige paragraaf zijn brug, zinktunnel en boortunnel nagenoeg even duur. De aanleg van eilanden de bouw van cross-overs in de tunnels is extra duur.

faseerbaarheid: Bij de brug en zinktunnel is de mogelijkheid van een relatief eenvoudige uitbreiding niet mogelijk. Voor een boortunnel geldt dit juist wel. Er kan dan een buis extra worden aangelegd.

bouwtijd: Vanwege de geconcentreerde bouwactiviteiten bij de bouw van de zinkelementen in fabrieken en de hoge kosten bij het opzetten van deze zal de bouwtijd van de elementen het langst duren. De componenten van de andere systemen, te weten brugliggers of segmenten kunnen eenvoudiger parallel geproduceerd worden. Verder kan het eiland waarop de elementen geproduceerd worden niet direct gebruikt worden.

bedrijfszekerheid: Voor de brug geldt dat weersinvloeden ervoor kunnen zorgen dat er geen verkeer over de brug mag rijden. Wel is het mogelijk dat er een kapconstructie over het brugdek wordt geplaatst die de windbelasting opneemt. In tunnels ondervinden de treinen van deze weersinvloeden geen hinder.

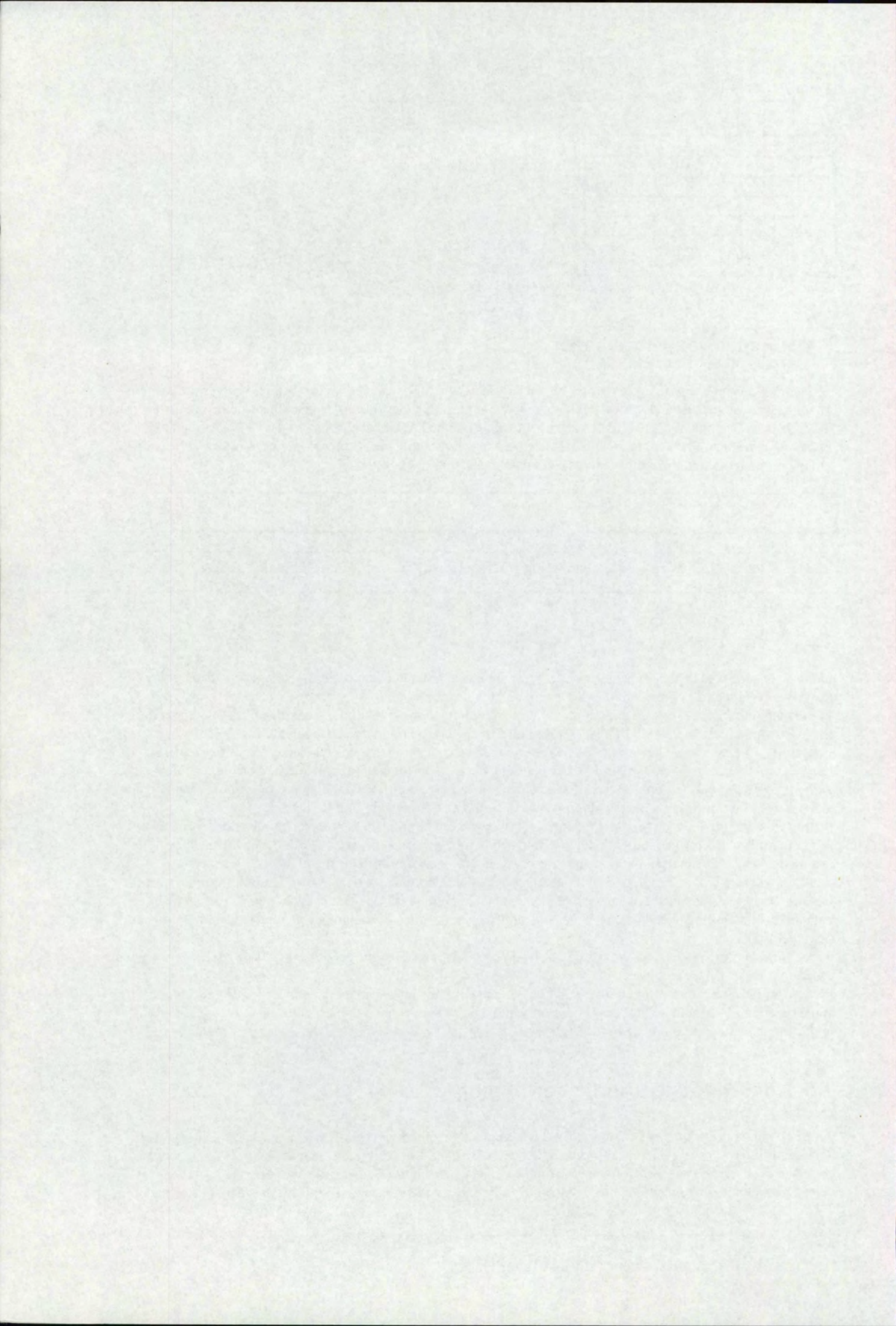
maakbaarheid: De fabricage van de componenten waaruit de brug wordt opgebouwd wordt als minder problematisch ervaren als de fabricage van de zinkelementen, omdat dit vaak op een geconcentreerde plek gebeurt, namelijk in enkele fabrieken. De opslag van elementen en segmenten zal de nodige aandacht moeten verdienen (logistiek).

onderhoud: Onderhoud aan de brug zal verreweg het grootst zijn. Het ziltige klimaat zal veel onderhoud vragen aan beton- en staalconstructies.

maatschappelijk draagvlak: Een brug nabij de duinen wordt als maatschappelijk onacceptabel gedacht, pas vanaf meer dan 10 km uit de kust komt deze optie in beeld. Voor de beide tunnels zal genoeg draagvlak bestaan omdat zij geen duidelijke visuele hinder opleveren aan de kust of in de duinen.

7.5 Kosten totale shuttle verbinding

Op basis van de prijzen van de afzonderlijke delen kunnen totaalbedragen worden samengesteld. Dit is gedaan voor de voorkeursvariant, de goedkoopste en de duurste variant. De tot nu toe gehanteerde kosten zijn direct gerelateerd aan de bouwkosten. Voor een dergelijk project beschikt de Bouwdienst over ervaringsgetallen wat betreft percentages onvoorzien en de zogenoemde marge. Deze marge kan zowel positief als negatief werken op

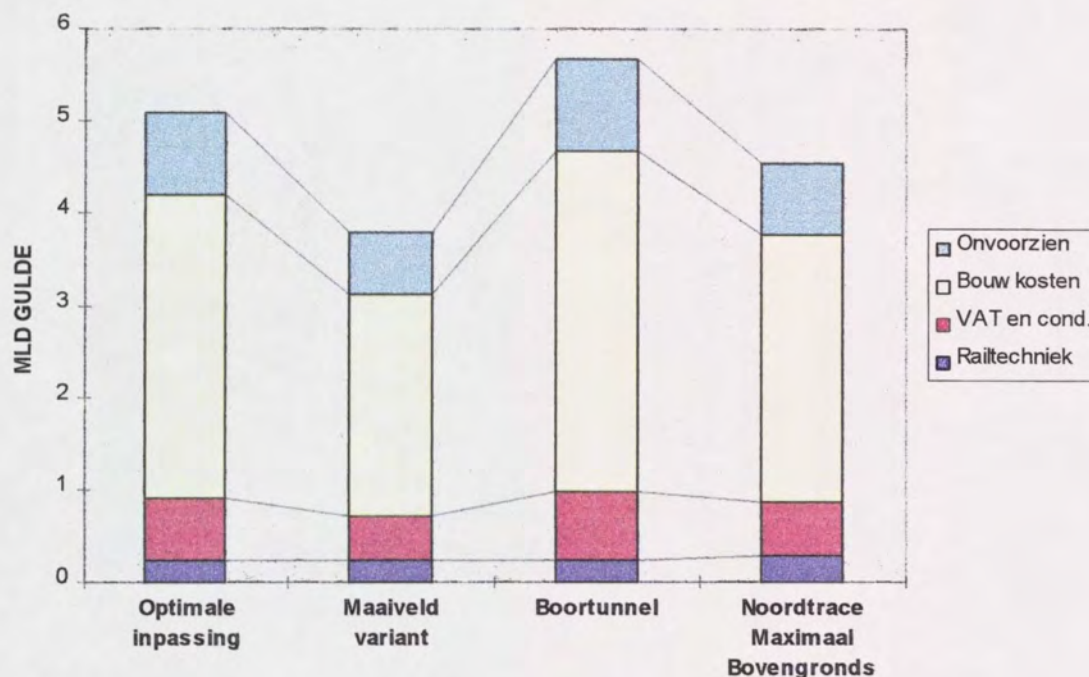


het begrote bedrag. Gelet op het niveau van uitwerking (schetsontwerp) moet voor de post onvoorzien 25 % worden gehanteerd en bedraagt de marge 30%.

Bij de bouwkosten moeten de kosten voor railtechniek en de kosten voor het railmaterieel worden opgeteld.

	Bedrag [mld] voorkeurs- variant	Bedrag [mld] goedkoopste oplossing	Bedrag [mld] duurste oplos- sing	Bedrag [mld] noordelijke variant
Landpassage	3,3	2,4	3,7	2,9
Zeepassage	3,1	3,0	3,3	2,6
totaal:	6,4	5,4	7	5,5
railtechniek	0,48	0,48	0,48	0,52
Onvoorzien 25 %	1,72	1,35	1,87	1,51
VAT en cond. 20 %	1,28	1,08	1,4	1,1
kosten treinstellen	1,1	1,1	1,1	1,1
totaal:	11,0	9,4	11,9	9,7

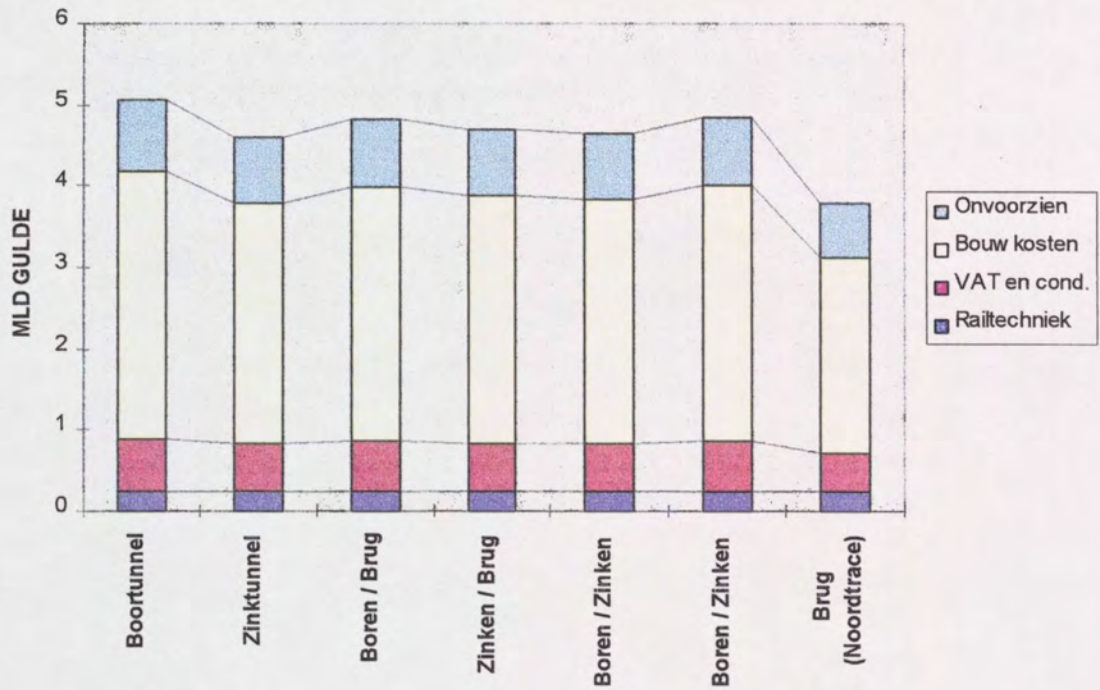
tabel 7.10 Overzicht van de overall kosten van de shuttleverbinding voor drie varianten en een noordelijke variant



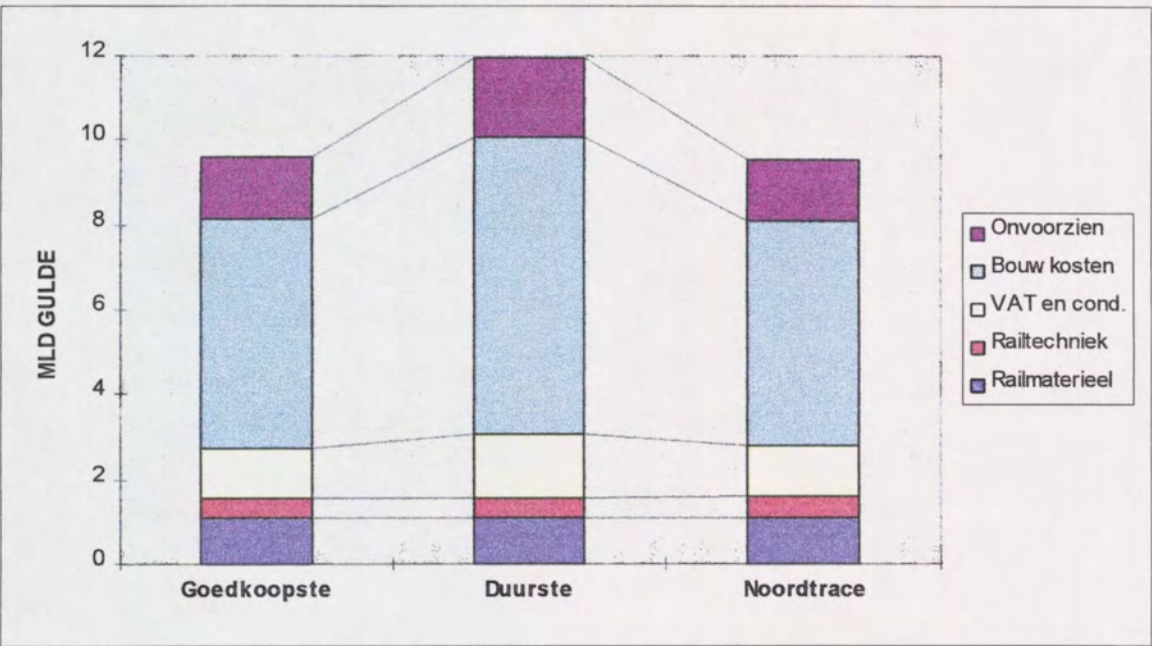
figuur 7.1 Kosten varianten voor de landpassage

De kosten zijn exclusief:

- BTW



figuur 7.2 Kosten combinaties voor de zeepassage



figuur 7.3 Totale kosten Shuttleverbinding

8. Conclusies

De primaire onderzoeksvraag betrof te onderzoeken of een shuttle verbinding van het huidige Schiphol en een nieuwe luchthaven op een eiland in de Noordzee gerealiseerd kan worden voor een bedrag (beduidend) lager dan 20 miljard gulden. De Bouwdienst heeft op basis van voornamelijk "state of the art" civiele technieken een referentie ontwerp gemaakt waaruit blijkt dat in combinatie met railtechnieken zoals hogesnelheidstreinen goede mogelijkheden bestaan om een shuttleverbinding te realiseren die voldoet aan het gestelde programma van eisen. Het voordeel van dergelijke railtechniek is dat aansluiting op het bestaande railnet in principe mogelijk wordt. Indien geheel toegespitste vervoerssystemen worden gekozen vervalt deze optie.

Zoals vaak bij complexe projecten blijkt, leidt het ontwerpproces en de bijbehorende technische afwegingen niet tot één ontwerp dat met kop en schouders boven andere alternatieven uit steekt. Met name de inpasbaarheid en de maatschappelijke acceptatie van verschillende goede technische oplossingen is dan zo'n discussiepunt. Om inpassingsproblemen op te lossen moet vaak meer worden betaald. In een aantal gevallen is in deze studie een duidelijke keuze gemaakt, in andere gevallen zijn verschillende oplossingen uitgewerkt.

De vertaling van het programma van eisen (aantal passagiers, MCT, veiligheid) leidt ertoe dat drie sporen noodzakelijk zijn. Dit betekent dat passagiersaantallen en vrachthoeveelheden tot en met het niveau van CPB-GC scenario kunnen worden afgehandeld. Is meer capaciteit noodzakelijk dan zal dit de aanleg van een nieuw parallelsysteem betekenen.

Opgemerkt moet worden dat de MCT een sterk dominante randvoorwaarde betekent. Indien hiervoor andere tijden worden gehanteerd dan komen bijvoorbeeld ook metro-achtige vervoerssystemen in aanmerking. De bijbehorende civiel constructie kunnen in dat geval kleiner en dus goedkoper uitvallen. Mogelijkheden voor aantakking op het railnet komen hiermee weer te vervallen.

De tracé keuze valt in twee principe oplossingen uiteen. Te weten een Noordelijke variant en een Zuidelijke variant.

Voor de Noordelijk variant is het uitgangspunt dat het tracé zoveel mogelijk bovengronds moet worden gerealiseerd. Omdat het Noordelijke tracé een grotere lengte bezit (ca 44 km) is het niet logisch hier veel dure ondergrondse oplossingen voor te stellen, in dat geval ligt het Zuidelijk tracé met de kortere lengte voor de hand. Dit betekent dat op Schiphol ondergronds wordt gestart om de aanwezige infrastructuur en startbanen te kruisen, ook moet een gecompliceerde (ondergrondse) aansluiting op het toekomstige vrachtafhandelings centrum op Schiphol Zuid worden geconstrueerd. Zodra dit mogelijk is volgt het tracé de A9 bovengronds en passeert IJmuiden zuidelijk. De duinen worden met behulp van een boortunnel gepasseerd om dat één van de uitgangspunten is geweest dat de duinpassage dermate maatschappelijk gevoelig zal liggen dat bovengrondse passage moet worden uitgesloten. Voor de zeepassage naar het eiland komen in principe alle combinaties die in dit rapport zijn opgenomen in aanmerking, in de kostprijsberekening is echter van een brugverbinding uitgegaan omdat in principe de Noordelijke variant een bovengrondse verbinding met zich meeneemt.

De kosten van deze variant bedragen circa 9,5 miljard gulden.

De bouwtijd wordt geschat op 7 à 10 jaar, indien noodzakelijk kan dit worden terug gebracht tot 5 jaar.

Uiteraard heeft dit een kosten verhogend effect.

Het zuidelijke tracé (ca. 40 km) zal voornamelijk ondergronds of tussen maaiveld gerealiseerd moeten worden. Het tracé is nauwkeurig beschouwd waarbij een drietal varianten qua uitvoeringstechniek en kosten zijn uitgewerkt. Op basis van een inschatting van wat maatschappelijk haalbaar is een voorkeursvariant ontwikkeld die, daar waar mogelijk wordt uitgevoerd met goedkopere bakconstructies. De tweede variant betreft de goedkoopste variant, hierbij zijn ook maaiveld oplossingen gebruikt. De derde variant is de duurste, waarbij uit oogpunt van maatschappelijke aanvaardbaarheid (en ook proceduresnelheid enz.) de verbinding geheel ondergronds wordt uitgevoerd. De duinpassage geschiedt ondergronds waarna het zeegedeelte in principe kan worden gebouwd met de zes combinaties. Uit oogpunt van bouwfaseren en spreiding van bouwactiviteiten heeft de variant met een zinktunnel, een kunstmatig tussen eiland en een brug de voorkeur. Indien dit eiland geen maatschappelijke belemmering vormt dan is dit tevens een van de goedkoopste varianten. De combinatie met boren en zinken als volledig ondergrondse oplossing scoort ook goed.

De kosten voor het zuidelijk tracé bedragen minimaal 9,5 miljard en maximaal 12 miljard voor een volledige ondergrondse verbinding.

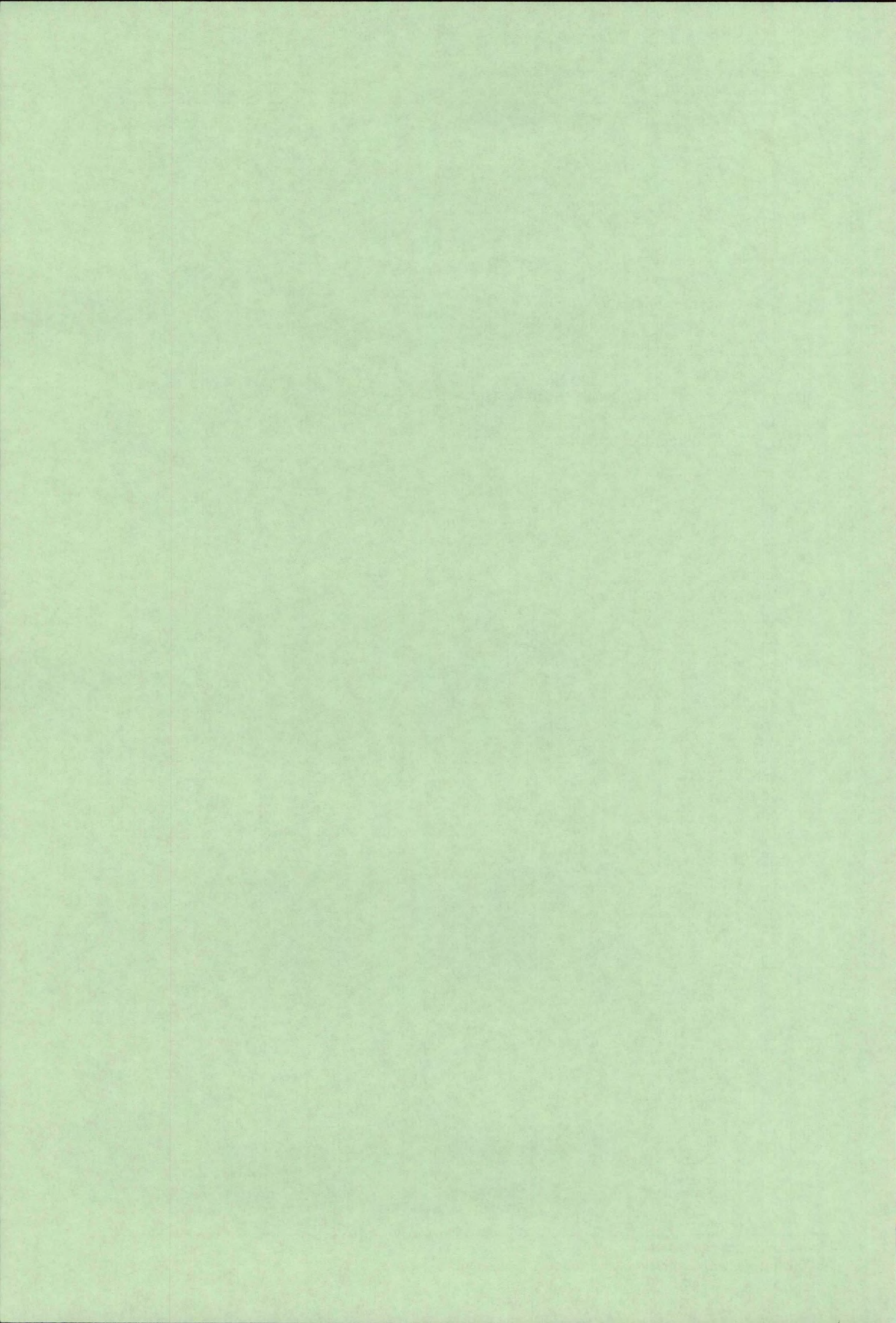
De bouwtijd wordt geschat op 6 à 8 jaar. Verkorting van de bouwtijd is mogelijk door het inzetten van meer boormachines of meer tunnelementen fabrieken en afzinkmaterieel. Uiteraard heeft meer materieel een kosten consequentie.

Een belangrijk knelpunt voor de bouwtijd is de enorme schaal van dit project. De hoeveelheden bouw materiaal zijn dermate groot dat bijvoorbeeld voor het beton voor de tunnelwanden bijzondere afspraken moeten worden gemaakt over de grondstoffen leveranties. De lokaties van de fabrieken voor de fabricage van tunnelementen behoeft ook vroegtijdig aandacht om niet qua planning in problemen te komen.

Het toepassen van innovatieve technieken moet niet worden uitgesloten. Voordeel valt voornamelijk te halen op het gebied van uitvoeringssnelheid, mogelijke kosten voordelen laten zich nu nog moeilijk voorspellen. Het verdient aanbeveling om bij de uitvoering van dit project voldoende budget voor onderzoek en ontwikkeling te reserveren. Daarnaast kan door een voldoende uitgebreide voorontwerp fase veel onzekerheid worden weggenomen.

Bijlagen

Bijlage 1	Scenario's groei schiphol
Bijlage 2	Eigenschappen vervoerssystemen
Bijlage 3	Overzicht tracé
Bijlage 4	Planning
Bijlage 5	Kosten: Eenheidsprijzen basisprincipes
Bijlage 6	Kosten: Combinaties zeepassage



Bijlage 1 Scenario's groei schiphol

Luchthaven

Scenario	Aantal passagiers	waarvan transfer	Vracht	Vliegtuigbewegingen
RAND 1	103 miljoen	62,8 miljoen	7,7 miljoen ton	781.000 - 1.470.000
RAND 2	40 miljoen	0	2,3 miljoen ton	413.000 - 966.000
RAND 3	63,6 miljoen	23,5 miljoen	4,6 miljoen ton	555.000 - 1.159.000
RAND 4	82,4 miljoen	55,2 miljoen	10 miljoen ton	782.000 - 1.159.000
RAND 5	14,2 miljoen	0	0,8 miljoen ton	196.000
CPB-GC	96,5 miljoen	35,4 miljoen	5,1 miljoen ton	832.000
CPB-EC	68,9 miljoen	27 miljoen	4,1 miljoen ton	668.000
CPB-DE	58,2 miljoen	25,4 miljoen	3,6 miljoen ton	580.000

tabel 1 Verschillende scenario's met passagiers en vracht hoeveelheden voor toekomst Schiphol [bron: DHV-Onderzoek snelle verbindingsmogelijkheden tussen luchthavens]

De bovenstaande scenario's gelden niet voor dezelfde jaren (RAND voor 2025 en CPB voor 2020), de groei van de CPB scenario's is als volgt:

Scenario	Aantal	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
CPB-GC	passagiers	24,9	33,9	46,2	62,9	77,9	96,5	119,5
	vracht	0,98	1,5	2,3	3,5	4,2	5,1	6,2
CPB-EC	passagiers	24,9	31,5	39,7	50,2	58,8	68,9	80,7
	vracht	0,98	1,4	2,0	2,9	3,4	4,1	4,9
CPB-DE	passagiers	24,9	29,9	35,9	43,1	50,1	58,2	67,6
	vracht	0,98	1,4	1,9	2,6	3,1	3,6	4,2

tabel 2 CPB groei scenario's [Bron:DHV]

KLM scenario's

Scenario	Aantal passagiers	Vracht	Vliegtuigbewegingen
Aanvangsscenario (2010)	60 miljoen	2,6 miljoen ton	590.000
Doorgroeiscenario (2015)	80 miljoen	4,0 miljoen ton	700.000

tabel 3 KLM scenario

DHV scenario

Er wordt uitgegaan van 103 miljoen passagiers waarvan 50% of 51,5 miljoen transfer betreft. Er wordt uitgegaan van een 60/40 verdeling van het luchtverkeer over de twee locaties met de volgende aannames over de verdeling van het volume.

Algemeen gesteld:

Passagiers:

Luchthaven met 60%: 35% transfer
65% H/B
Luchthaven met 40%: 72,5% transfer
27,5% H/B

Vracht:

Luchthaven met 60%: H/B: 2,1 miljoen ton
transfer: 1,9 miljoen ton
transito: 0,5 miljoen ton
Luchthaven met 40%: H/B: 0,44 miljoen ton

transfer: 2,2 miljoen ton
transito: 0,37 miljoen ton

Shuttle-verbinding

Er wordt uitgegaan van een capaciteit van Schiphol bij de aanleg van een satelliet in de Noordzee van
- 25 miljoen passagiers,
- waarvan 10 miljoen transfer en
- 1,0 miljoen ton vracht.
De rest van het volumeaanbod wordt via de satelliet afgehandeld.

Voor de shuttle-verbinding wordt aangenomen dat alle H/B-passagiers op het eiland en 10% van alle transfer-passagiers (zowel eiland als Schiphol) gebruik moeten maken van de shuttle-verbinding.

Voor de verschillende scenario's geldt dan een benodigde capaciteit van de shuttle-verbinding in 2025:

Scenario	Schiphol			Totaal			Shuttle	
	Passagiers	Transfer	Vracht	Passagiers	Transfer	Vracht	Passagiers	Vracht
RAND-1	25	10	1	103	62,8	7,7	31,5	3,1
RAND-2	25	10	1	40	0	2,3	15	1,3
RAND-3	25	10	1	63,6	23,5	4,6	27,5	2,4
RAND-4	25	10	1	82,4	55,2	10	17,7	3,6
RAND-5	25	10	1	14,2	0	0,8	-	-
CPB-GC	25	10	1	119,5	43,8	6,2	65,1	3,5
CPB-EC	25	10	1	80,7	31,6	4,9	37,3	2,6
CPB-DE	25	10	1	67,6	29,5	4,2	26,1	2,0
DHV 40%	61,8	21,6	3	103	51,5	7,5	16,5	2,7
DHV 60%	41,2	29,9	4,5	103	51,5	7,5	45,4	4,1

* klm scenario komt overeen met het CPB-GC scenario (zie cijfers 2010 en 2015 CPB-GC)

tabel 4 Overzicht van de verschillende scenario's met aantallen passagiers en vracht

Het maatgevende aantal passagiers dat per jaar vervoerd moet worden is dan 65 miljoen. Dit geeft een piekuur-intensiteit van 8700 passagiers waarop de capaciteit van de shuttleverbinding moet worden berekend. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het vervoer van personeel. De piekuurintensiteit wordt berekend door het jaar-aanbod te delen door het totaal aantal uren per jaar. De verkregen intensiteit wordt dan vermenigvuldigd met 1,75 om de piekcapaciteit in twee richtingen te bepalen. De piekcapaciteit per richting wordt verondersteld 2/3 van twee richtingen te zijn.

Schatting piekuurbelasting personeel:

In de uiteindelijke situatie werken 60.000 man personeel op het eiland, dit komt overeen met 3 shifts van 20.000 man personeel in gemiddeld 2 uur dus een piekuurbelasting van 10.000 (twee richtingen!!)

Aangenomen wordt dat de piekuurbelastingen van passagiers en personeel niet samenvallen zodat het totaal van de piekuurbelasting dan $10.000 + 3.700 = 13.700$ personen per richting.

Vracht

Voor vracht is buiten het DHV 60% scenario, het CPB-GC scenario ook maatgevend (klein verschil met DHV) en geldt in de uiteindelijke situatie 3,5 miljoen ton per jaar aan vracht door de shuttle-verbinding. Dit geeft een piekuurcapaciteit van 879 ton voor twee richtingen en dus 586 ton per richting per uur.

Het blijkt dat dat CPB-GC scenario maatgevend is, van dit scenario zijn ook groeigetallen aanwezig zie tabel op de vorige bladzijde. Dit kan voor de capaciteit van de shuttle-verbinding belangrijk zijn voor een eventuele fasering van de verbinding.

		Rand-2 Rand-4 DHV (40%)	Rand-3 CPB-DE KLM	Rand-1 CPB-EC KLM	DHV (60%)	
CPB-GC		2005	2010	2015	2020	2025
Luchthaven	Passagiers	46,2 milj	62,9 milj	77,9 milj	96,5 milj	119,5 milj
	transfer	16,9 milj	23,1 milj	28,6 milj	35,4 milj	43,8 milj
	Vracht	2,3 milj ton	3,5 milj ton	4,2 milj ton	5,1 milj ton	6,2 milj ton
Shuttle	Passagiers	15,9 milj	27,1 milj	37,2 milj	49,6 milj	65,1 milj
	Vracht	0,9 milj ton	1,7 milj ton	2,1 milj ton	2,8 milj ton	3,5 milj ton
Piekbelasting	Personeel	2.300	4.000	5.600	7.600	10.000
	Passagiers	2.100	3.600	4.900	6.600	8.700
	Totaal pers.	3.200	5.600	7.700	10.400	13.700
	Vrachtpiek	151 ton	285 ton	352 ton	469 ton	586 ton

tabel 5 Overzicht maatgevende passagiersaantallen en vracht

Met betrekking tot fasering kan dan gedacht worden aan een begincapaciteit gelijk aan de benodigde capaciteit voor het jaar 2010 en zo doorgroeien naar de maximale benodigde capaciteit indien nodig blijkt te zijn.

Conclusie:

passagiers:

Het maatgevende aantal passagiers dat per jaar vervoerd moet worden is dan 65 miljoen. Dit geeft een piekuur-intensiteit van 8700 passagiers waarop de capaciteit van de shuttleverbinding moet worden berekend. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het vervoer van personeel. De totale piekcapaciteit voor personen (passagiers en personeel) bedraagt 13700 pers/uur.

vracht:

Voor vracht is buiten het DHV 60% scenario, het CPB-GC scenario ook maatgevend (klein verschil met DHV) en geldt in de uiteindelijke situatie 3,5 miljoen ton per jaar aan vracht door de shuttle-verbinding. Dit geeft een piekuurcapaciteit van 879 ton voor twee richtingen en dus 586 ton per richting per uur.

Bijlage 2 Eigenschappen vervoerssystemen

Vervoers-systeem	Capaciteit pers/wagon	interval KM/U	acceleratie M/s ²	deceleratie M/s ²
Magneettrein	120	0 tot 250 250 tot 320 320 tot 360 360 tot 430	0,75 0,60 0,40 0,15	0,90
HSM	150	0 tot 250 250 tot 300	0,75 0,60	0,90
HSL	150	0 tot 100 100 tot 200 200 tot 300	0,55 0,40 0,20	0,90
IC	170	0 tot 100 100 tot 160	0,36 0,15	0,90

Karakteristieke gegevens voor enkele vervoerssystemen

Totale shuttle		Gem. snelheid shuttle (km/h)	Optrektijd seconde	Optrek lengte meter	Remtijd (sec)	Rem lengte meter	Top	Topsnelheid (km/h)
30	Magneet	120	44,44	740,74	37,04	617,28	125,97	126
	HSL	120	64,39	1125,84	37,04	617,28	127,38	128
	IC	120	114,20	2203,36	37,04	617,28	130,68	131
40	Magneet	160	59,26	1316,87	49,38	1097,39	170,98	171
	HSL	160	92,17	2206,09	49,38	1097,39	174,18	175
50	Magneet	200	74,07	2057,61	61,73	1714,68	217,77	218
	HSL	200	119,95	3594,98	61,73	1714,68	223,97	225

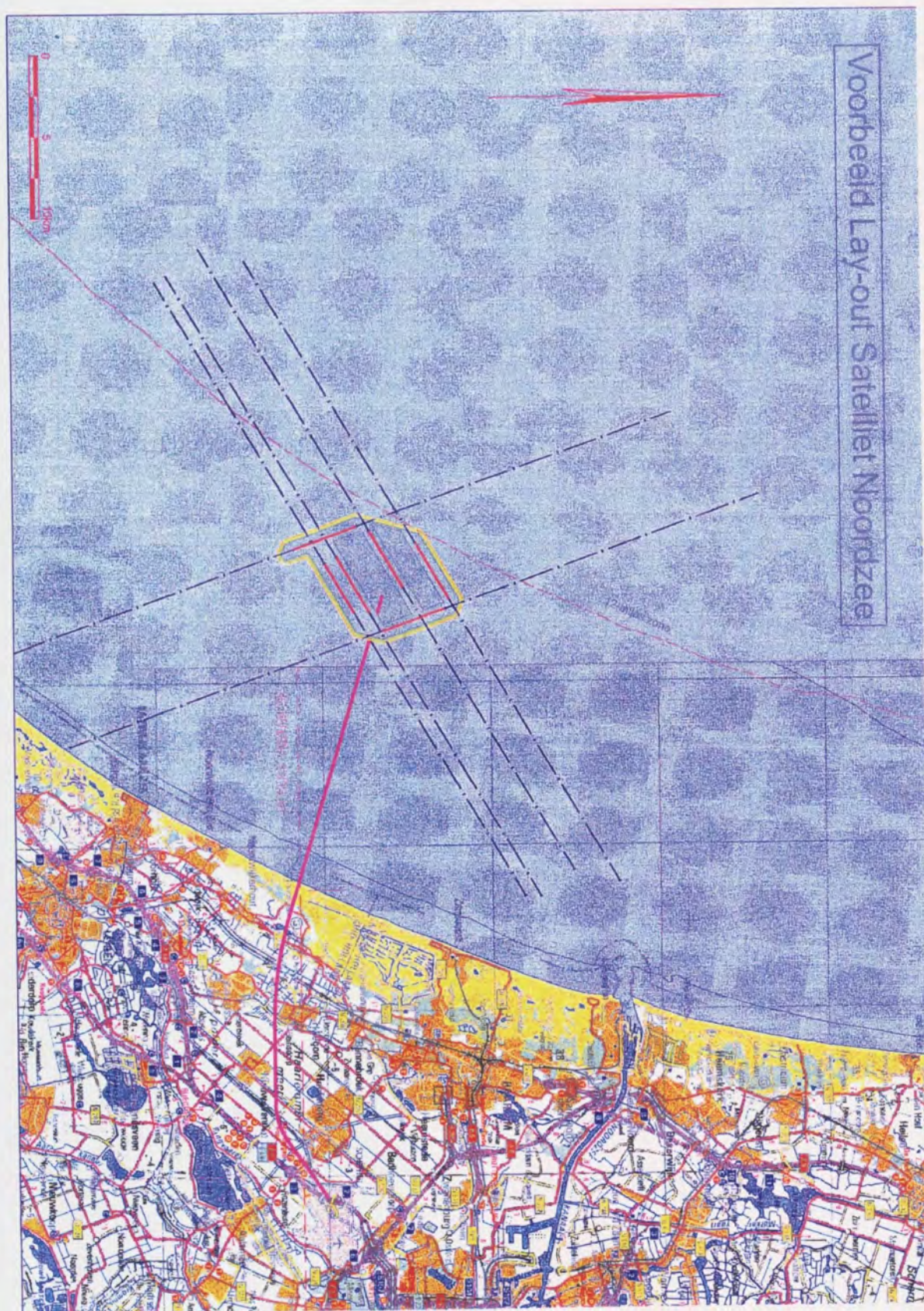
Benodigde topsnelheid per shuttle lengte en vervoerssysteem

Noodstop		Detectie tijd (sec)	Remtijd (sec)	Aantal treinen maximaal	Capaciteit maximaal (pers/h)	minimaal 12 treinen	Benodigd aantal treinen
30	Magneet	60	38,89	36	21600	7200	23
	HSL	60	39,51	36	27000	9000	19
	IC	60	40,43	35	29750	10200	17
40	Magneet	60	52,78	31	18600	7200	23
	HSL	60	54,01	31	23250	9000	19
50	Magneet	60	67,28	28	16800	7200	23
	HSL	60	69,44	27	20250	9000	19

Berekeningen van het aantal benodigde aantal treinen

Uit de benodigde topsnelheid blijkt dat het IC-railsysteem alleen aan de eisen voldoet bij een lengte van de verbinding van 30 km, bij een grotere afstand is een sneller systeem noodzakelijk. Voor alle vervoerssystemen en afstanden is het benodigd aantal treinen kleiner dan het maximaal toelaatbare aantal en groter dan het minimaal aantal treinen en voldoet dus elk systeem. Voor vracht geldt evenwel dat door het lage draagvermogen van een magneetsysteem een extra spoor nodig zou zijn bij dit vervoerssysteem.

Bijlage 3 Overzicht tracé



Bijlage 4 Planning

1 Doel planningstudie

1.1 Varianten

1.2 Randvoorwaarden

1.3 De haalbare variantcombinaties

2 Variant 1

3 Variant 2

4 Variant 3

5 Variant 4

6 Aandachtspunten

Bijlagen

1 Doel planningstudie

Het doel van de planningstudie is inzicht te krijgen in de tijdsduur die nodig is voor het uitvoeren van het project TNLI.

Het tracé Schiphol - eiland, loopt vanaf Schiphol, ten noorden van Nieuw Venneep en ten zuiden van Hillegom, door Noordwijk naar de Noordzeekust en verder richting het eiland in de Noordzee.

De totale lengte vanaf Schiphol tot het eiland bedraagt ca. 40 km, hiervan omvat 20 km de landpassage en 20 km de zeepassage.

De planning is gerelateerd aan een bepaalde keuze en combinatie van verschillende varianten. De genoemde hoeveelheden zijn in dit stadium slechts zeer globale ramingen en dienen als ruime richtlijn te worden gelezen.

1.1 Varianten

De mogelijke varianten die geschikt zijn voor het tracé zijn:

1. zinktunnel
2. boortunnel
3. cut en cover
4. U-polder
5. wanden/dak methode
6. tunnel in situ met onderwaterbeton met trekpalen
7. open bakconstructie met onderwaterbeton met trekpalen.

1.2 Randvoorwaarden

De keuze van de varianten is afhankelijk van de volgende randvoorwaarden:

- a. peil maaiveld t.o.v. N.A.P.
- b. peil grondwaterstand t.o.v. N.A.P.
- c. grondsoort en grondgesteldheid
- d. grondwaterstroming (zout- en zoetwater).
- e. duinen in het kustgebied.
- f. bebouwing.
- g. bestemmingsplan.
- h. kanalen en dijken.
- i. stromingen op de Noordzee.
- j. golfslag.
- k. bodemdiepte in de Noordzee.

1.3 De haalbare variantcombinaties

De vier haalbare variantcombinaties bestaan uit:

- | | | |
|------------|----|--|
| Variant 1: | 1: | gesloten tunnel of openbak vanaf Schiphol tot Ringvaart, |
| | 2: | boortunnel vanaf Ringvaart tot kustlijn en |
| | 3: | zinktunnel tot eiland |
| Variant 2: | 1: | gesloten of open bak vanaf Schiphol tot Ringvaart, |
| | 2: | boortunnel vanaf Ringvaart tot tusseneiland en |
| | 3: | zinktunnel vanaf tusseneiland tot eiland |
| Variant 3: | 1: | gesloten of open bak vanaf Schiphol tot Ringvaart, |
| | 2: | boortunnel vanaf Ringvaart tot tusseneiland en |
| | 3: | brug vanaf tusseneiland tot eiland |
| Variant 4 | 1: | gesloten of open bak vanaf Schiphol tot Ringvaart, |
| | 2: | zinktunnel vanaf kust tot tusseneiland |
| | 3: | brug vanaf tusseneiland tot eiland |

De vier varianten met bijbehorende planning zijn hieronder uitgewerkt:

2 Planning Variant 1

deel 1: **Gesloten tunnel of open bak** op palen met onderwaterbeton.

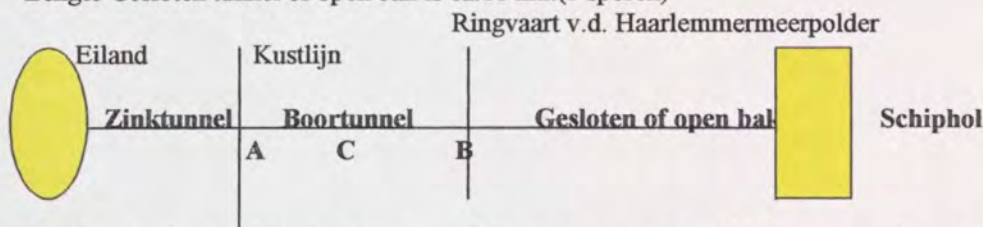
deel 2: **Boortunnel** (Kustlijn tot nabij Ringvaart v.d. Haarlemmermeerpolder)

deel 3: **Zinktunnel** (vanaf eiland tot kustlijn)

Lengte zinktunnel is ca. 20 km.(3 sporen)

Lengte boortunnel is ca. 9 km.(3 sporen)

Lengte Gesloten tunnel of open bak is ca.11 km.(3 sporen)



Om deze variantcombinatie te verwezenlijken moeten een aantal hulpconstructies worden gemaakt.

De hulpconstructies omvatten:

1. Bouwdok (fabriek op het eiland Veraf) voor de tunnelementen
2. Boorschachten t.p.v. punt A, B en C.
3. Bouwen van de gesloten of open bak in 10 compartimenten elk 110 m. lang.

Zinktunnel

De zinktunnel bestaat uit 114 stuk zinkelementen van 175 m. Een zinkelement wordt opgebouwd uit 8 moten van 22 m. Nadat een zinkelement gereed is, wordt deze afgemeerd aan de afbouwsteiger.

Gelijktijdig wordt de zinksleuf uitgebaggerd tot de vereiste diepte.

Totaal duurt de uitvoering vanaf voorbereiding tot einde uitvoering 6 à 7 jaar.

De elementen dienen fabrieksmatig in een bouwdok te worden uitgevoerd.

Om alle elementen te kunnen maken zijn er ca. 20 bouwdokken nodig van het type bouwdok Barendrecht.

Uitgegaan is van 4 fabrieken als gebruikt bij de Oresundtunnel.

Hoeveelheid beton ongeveer: 2.310.000 m³.

Hoeveelheid betonstaal : 277.200 ton.

Hoeveelheid ontgraven zinksleuf: 8.520.000 m³

Boortunnel

Vanuit de boorschachten A en B richting C worden de booractiviteiten uitgevoerd met 2*3 boormachines.

Per dag wordt circa 12 m. geboord. Totaal duurt het boren: $9000 : 12 : 2 = 375$ dagen.

Vanaf de voorbereidingsfase tot einde uitvoering duurt het boorwerk inclusief het maken van de boorschachten 2 jaar.

Ten behoeve van de aansluiting zinktunnel/boortunnel wordt een aansluitconstructie gemaakt.

Hoeveelheid beton ongeveer: 297.000 m³

Hoeveelheid betonstaal: 36.000 ton

Aantal segmenten: 48.000 stuks

Gesloten of open bak constructie.

Het gedeelte gesloten of open bak constructie wordt in compartimenten om en om uitgevoerd. De compartimenten hebben een lengte van ongeveer 110 m.

De totale bouwduur is ongeveer 4 jaar.

Open bak

Hoeveelheid beton: 710.000 m³.

Hoeveelheid betonstaal: 85.200 ton.

Hoeveelheid onderwaterbeton: 400.000 m³

Aantal palen 26.500 stuks, lang 20 m.

Stalen damwanden: 97.000 ton

Te ontgraven: 4.000.000 m³

Gesloten variant.

Hoeveelheid beton: 900.000 m3.
Hoeveelheid betonstaal : 108.000 ton

Planning Variant 1: Planning zinktunnel, boortunnel en open bak; Eiland - Schiphol

	Onderdelen	Jaar	1 =====	2 =====	3 =====	4 =====	5 =====	6 =====	7 =====	8 =====
	Voorbereiding /Uitvoering Tracé									
	Zinkelement									
1	Voorbereiding tracé									
2	Eiland/Bouwdok		XXXX	XXXX	XX					
3	Uitvoering zinkelement in bouwdok				XX	XXXX	XXXX	XXXX		
4	Afzinken zinkelement en onderspoelen en afbouw				XX	XXXX	XXXX	XXXX	X	
	Boortunnelgedeelte vanaf kustlijn									
5	Voorbereiding tracé boortunnel A -> B									
6	Uitvoering tracé met 3 boormachines en afbouw		XXXX	XXXX						
	Boortunnelgedeelte vanaf Ringvaart									
7	Voorbereiding tracé boortunnel C -> B									
8	Uitvoering tracé met 3 boormachines en afbouw		XXXX	XXXX						
9	Voorbereiding tracé open bak construct.									
10	Uitvoering vak 1		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
11	Uitvoering vak 3		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
12	Uitvoering vak 5		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
13	Uitvoering vak 7		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
14	Uitvoering vak 9		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
15	Uitvoering vak 2		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
16	Uitvoering vak 4		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
17	Uitvoering vak 6		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
18	Uitvoering vak 8		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
19	Uitvoering vak 10		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			

Opmerkingen wat betreft vak 1 tot en met 10:

- *: De vakken zijn binnen 4 jaar tijd te verwezenlijken, als de capaciteit per vak het 2- voudige is ten opzichte van de capaciteit van Aquaduct Alphen.
- *: Gelet op de faseringen dient een interval van 0,5 a 1 jaar aanwezig te zijn tussen de vakken. Hierdoor zal de bouwtijd uitlopen tot 4.5 tot 5 jaar.
- *: Er is in de planning geen tijd beschikbaar gesteld voor voorbereiding tracé.

3 Planning Variant 2

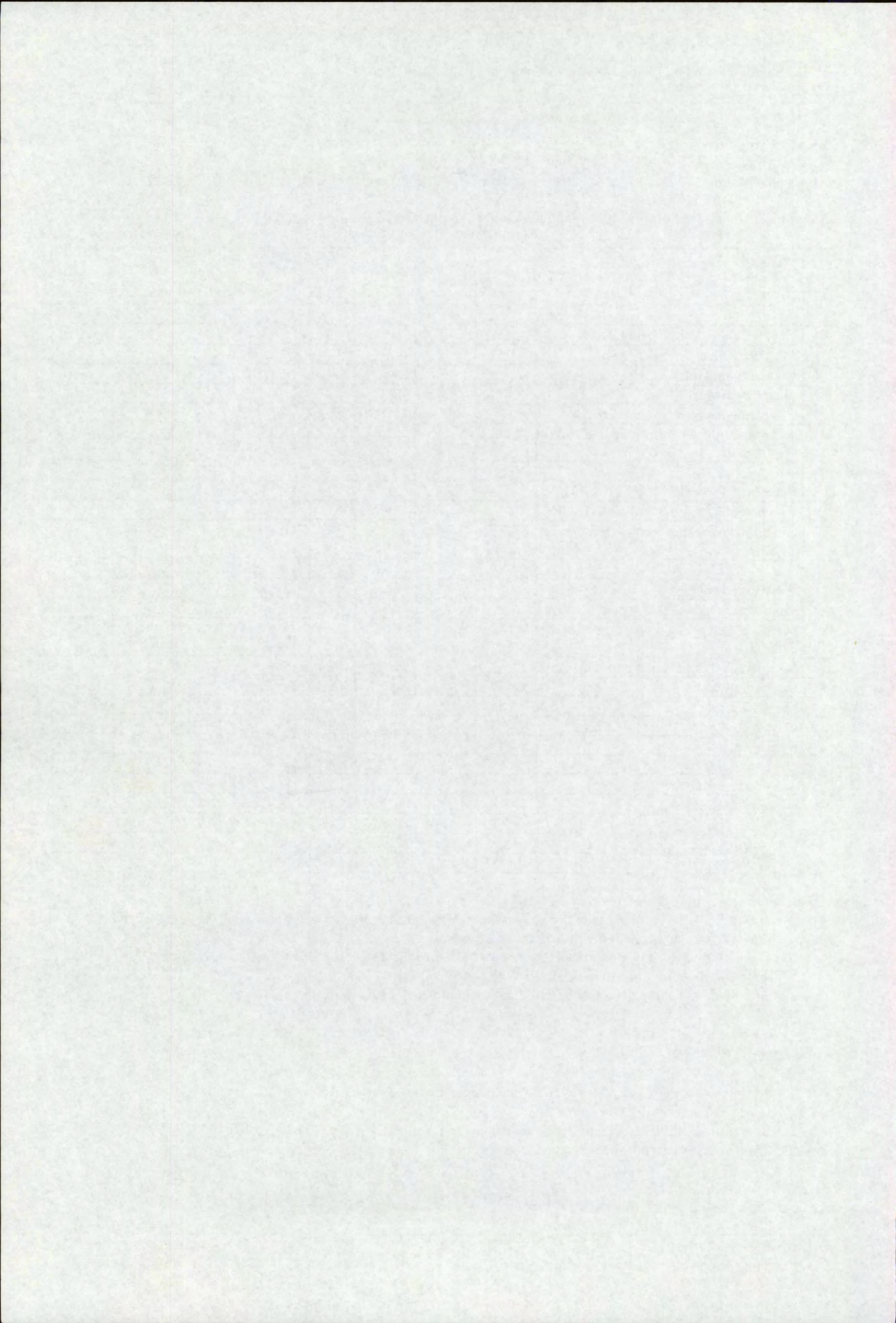
deel 1: **Gesloten tunnel of open bak** op palen met onderwaterbeton (vanaf Ringvaart v.d. Haarlemmermeerpolder tot Schiphol).

deel 2: **Boortunnel** (vanaf kunstmatig eiland tot nabij -Ringvaart v.d. Haarlemmermeerpolder)

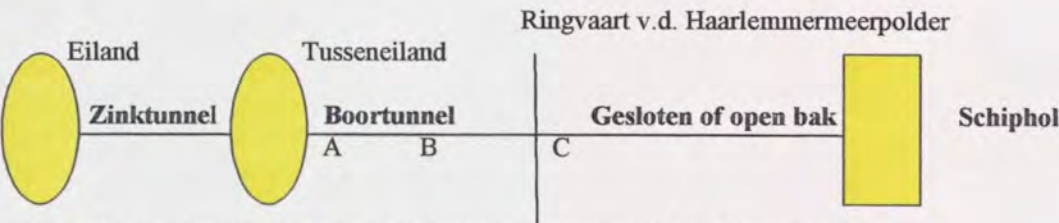
deel 3: **Zinktunnel** (vanaf eiland tot een tusseneiland)

Lengte Zinktunnel ca. 10 km.(3sporen)

Lengte Boortunnel ca. 19 km.(3 sporen)



Lengte Gesloten of open bak ca. 11 km.(3 sporen)



Bij deze variantcombinatie zijn de hulpconstructies dezelfde als bij variant 1.

1. Bouwdok (fabriek op eiland) voor de zinkelementen.
2. Boorschachten t.p.v. punt A, B en C.
3. Bouwen van de gesloten of open bak constructie in compartimenten van elk 110 m. Lang.

Zinktunnel

De zinktunnel heeft hier een lengte van ongeveer 10 km. en wordt opgedeeld in 57 zinkelementen met elk een lengte van ongeveer 175 m. Een element is opgebouwd uit 8 moten elk van 22 m. lang.

De werkwijze is dezelfde als variant 1.

Hoeveelheid beton: 800.000 m³.

Hoeveelheid betonstaal: 96.000 ton.

Boortunnel

De totale boorlengte is ongeveer 19 km en ook hier wordt van twee kanten geboord richting het tijdelijk kunstmatig eiland in punt B. Er wordt met 3 boorkoppen geboord en de boorsnelheid per dag is 12 meter. Totaal duurt het boren met 3 boormachines ongeveer 792 dagen.

Hoeveelheid beton: 209.000, m³.

Hoeveelheid betonstaal: 26.000 ton

Aantal segmenten: 101.500 stuks

Gesloten of open bak constructie

Wat betreft hoeveelheden, uitvoering en duur is dit gelijk aan variant 1.

Voor de planning zijn de volgende werk als referentie aangenomen:

De Øresundtunnel, Aquaduct Alphen, Boortunnel 2° Heinenoordtunnel.

Planning Variant 2: met tusseneiland, planning zinktunnel, boortunnel, open bak; Eiland - Schiphol

Onderdelen	Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8
Zinkelement									
1 Uitvoering zinkelement in bouwdok				XX	XXXX	XX			
2 Afzinken zinkelement en onderspoelen en afbouw				XX	XXXX	XX			
Boortunnelgedeelte vanaf eiland									
3 Voorbereiding tracé boortunnel A -> B	XXXX	XXXX	XXXX						
4 Uitvoering tracé met 3 boorkoppen en afbouw.	XXXX	XXXX	XXXX						
Boortunnelgedeelte vanaf Ringvaart									
5 Voorbereiding tracé boortunnel C -> B	XXXX	XXXX	XXXX						
6 Uitvoering tracé met 3 boorkoppen en afbouw	XXXX	XXXX	XXXX						
Open bak constructie									
7 Uitvoering vak1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX					
8 Uitvoering vak 3	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX					

9	Uitvoering vak 5	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
10	Uitvoering vak 7	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
11	Uitvoering vak 9	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
12	Uitvoering vak 2	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
13	Uitvoering vak 4	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
14	Uitvoering vak 6	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
15	Uitvoering vak 8	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
16	Uitvoering vak 10	X X	XXXX	XXXX	XXXX	XX			

Opmerkingen:

===== stelt 1 jaar voor.

XXXX stelt actie of uitvoering in periode van 1 jaar voor.

Opmerkingen wat betreft vak 1 tot en met 10:

De vakken zijn binnen 4 jaar tijd te verwezenlijken, als de capaciteit per vak de 2- voudige is dan de capaciteit van Aquaduct Alphen.

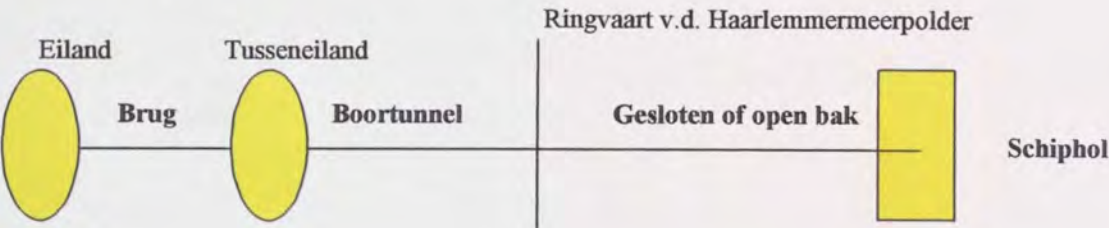
Gelet op de faseringen dient een interval van 0,5 a 1 jaar aanwezig te zijn tussen de vakken. Hierdoor zal de bouwtijd uitlopen tot 4.5 tot 5 jaar.

4 Planning Variant 3

deel 1: **Gesloten of open bak constructie** op palen met onderwaterbeton (vanaf Ringvaart v.d. Haarlemmermeerpolder tot Schiphol.

deel 2: **Boortunnel** (vanaf tusseneiland tot nabij Ringvaart v.d. Haarlemmermeerpolder)

deel 3: **Brug** (vanaf eiland tot tusseneiland)



Brug

De brug heeft een lengte van ongeveer 10 km. De bouw van de brug zal fabrieksmatig plaatsvinden. Pijlers en landhoofden worden op 'eilandjes' gebouwd en de pijlers staan h.o.h. 125 m.

De brug wordt uitgevoerd in staalconstructie en de pijlers en landhoofden in betonconstructie. De uitvoeringsduur van de brug is geraamd op ongeveer 5 jaar

Boortunnel

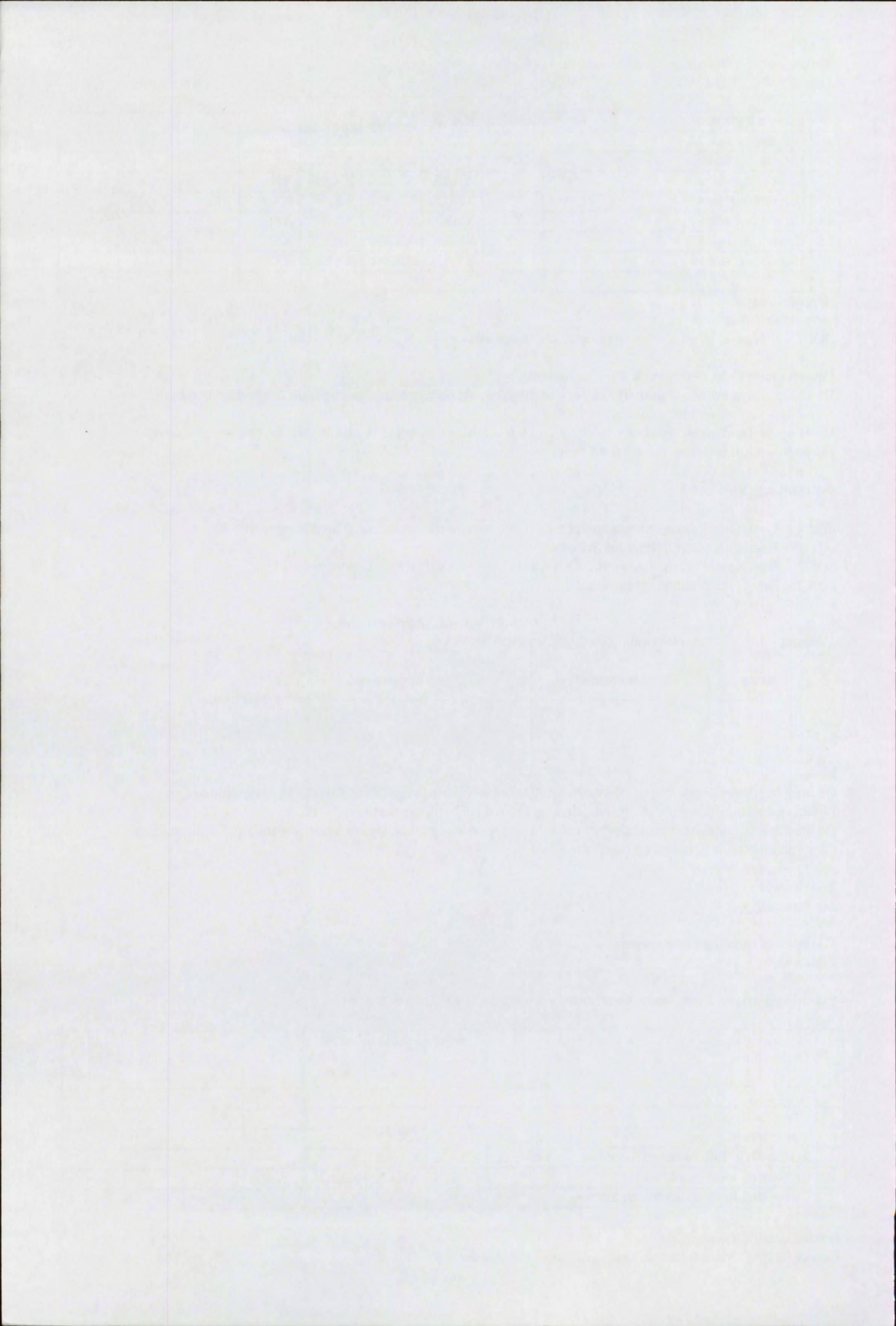
Zie variant 2.

Gesloten of open bak constructie

Zie variant 2.

Planning Variant 3 met brug, boortunnel en open bak; Eiland - Schiphol

	Onderdelen	Jaar	1	2	3	4	5	6	7	8
			=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
	Brugconstructie									
	Vorbereiding tracé		XXXX	XXXX	XXXX					
1	Eiland t.b.v. Pijlers en landhoofden		XXXX	XXXX	XXXX					
2	Uitvoering brug in fabriek			XX	XXXX	XXXX				
3	Uitvoering brugelementen en afbouw			XX	XXXX	XXXX				



	Boortunnelgedeelte vanaf eiland								
4	Voorbereiding tracé boortunnel A -> B	XXXX	XXXX	XXXX					
5	Uitvoering tracé met 3 boorkoppen en afbouw.	XXXX	XXXX	XXXX					
	Boortunnelgedeelte vanaf Ringvaart								
6	Voorbereiding tracé boortunnel C -> B	XXXX	XXXX	XXXX					
7	Uitvoering tracé met 3 boorkoppen en afbouw	XXXX	XXXX	XXXX					
	Open bak constructie								
8	Voorbereiding tracé open bak con- struct.	XXXX	XXXX	XXXX					
9	Uitvoering vak1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
10	Uitvoering vak 3	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
11	Uitvoering vak 5	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
12	Uitvoering vak 7	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
13	Uitvoering vak9	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
14	Uitvoering vak 2	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
15	Uitvoering vak 4	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
16	Uitvoering vak 6	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
17	Uitvoering vak 8	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
18	Uitvoering vak 10	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			

Opmerkingen:

===== stelt 1 jaar voor.

XXXX stelt actie of uitvoering in periode van 1 jaar voor

Opmerkingen wat betreft vak 1 tot en met 10:

De vakken zijn binnen 4 jaar tijd te verwezenlijken, als de capaciteit per vak de 2- voudige is dan de capaciteit van Aquaduct Alphen.

Gelet op de faseringen dient een interval van 0,5 a 1 jaar aanwezig te zijn tussen de vakken. Hierdoor zal de bouwtijd uitlopen tot 4.5 tot 5 jaar.

5 Planning Variant 4

deel 1: **Gesloten of open bak constructie** op palen met onderwaterbeton (vanaf Ringvaart v.d. Haarlemmermeerpolder tot Schiphol.

deel 2: **Boortunnel** (vanaf tusseneiland tot nabij Ringvaart v.d. Haarlemmermeerpolder)

deel 3: **Brug** (vanaf eiland tot tusseneiland)



Brug

De brug heeft een lengte van ongeveer 10 km. De bouw van de brug zal fabrieksmatig plaatsvinden. Pijlers en landhoofden worden op 'eilandjes' gebouwd en de pijlers staan h.o.h. 125 m.

De brug wordt uitgevoerd in staalconstructie en de pijlers en landhoofden in betonconstructie. De uitvoeringsduur van de brug is geraamd op ongeveer 5 jaar.

Zinktunnel

Zie variant 1.

Gesloten of open bak constructie

Zie variant 2.

Planning Variant 4 met brug, zinktunnel en open bak; Eiland - Schiphol

	Onderdelen	Jaar	1 =====	2 =====	3 =====	4 =====	5 =====	6 =====	7 =====	8 =====
	Brugconstructie									
	Voorbereiding tracé		XXXX	XXXX	XXXX					
1	Eiland t.b.v. Pijlers en landhoofden		XXXX	XXXX	XXXX					
2	Uitvoering brug in fabriek			XX	XXXX	XXXX				
3	Uitvoering brugelementen en afbouw			XX	XXXX	XXXX				
	Zinktunnelgedeelte vanaf eiland									
4	Voorbereiding tracé zinktunnel		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
5	Uitvoering tracé 1		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
6	Uitvoering tracé 2		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
7	Uitvoering tracé 3		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
8	Uitvoering tracé 4				XX	XXXX	XX			
	Open bak constructie									
9	Voorbereiding tracé open bak construct.		XXXX	XXXX	XXXX					
10	Uitvoering vak 1		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
11	Uitvoering vak 3		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
12	Uitvoering vak 5		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
13	Uitvoering vak 7		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
14	Uitvoering vak 9		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX				
15	Uitvoering vak 2		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
16	Uitvoering vak 4		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
17	Uitvoering vak 6		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
18	Uitvoering vak 8		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			
19	Uitvoering vak 10		XX	XXXX	XXXX	XXXX	XX			

Opmerkingen wat betreft vak 1 tot en met 10:

De vakken zijn binnen 4 jaar tijd te verwezenlijken, als de capaciteit per vak de 2-voudige is dan de capaciteit van Aquaduct Alphen.

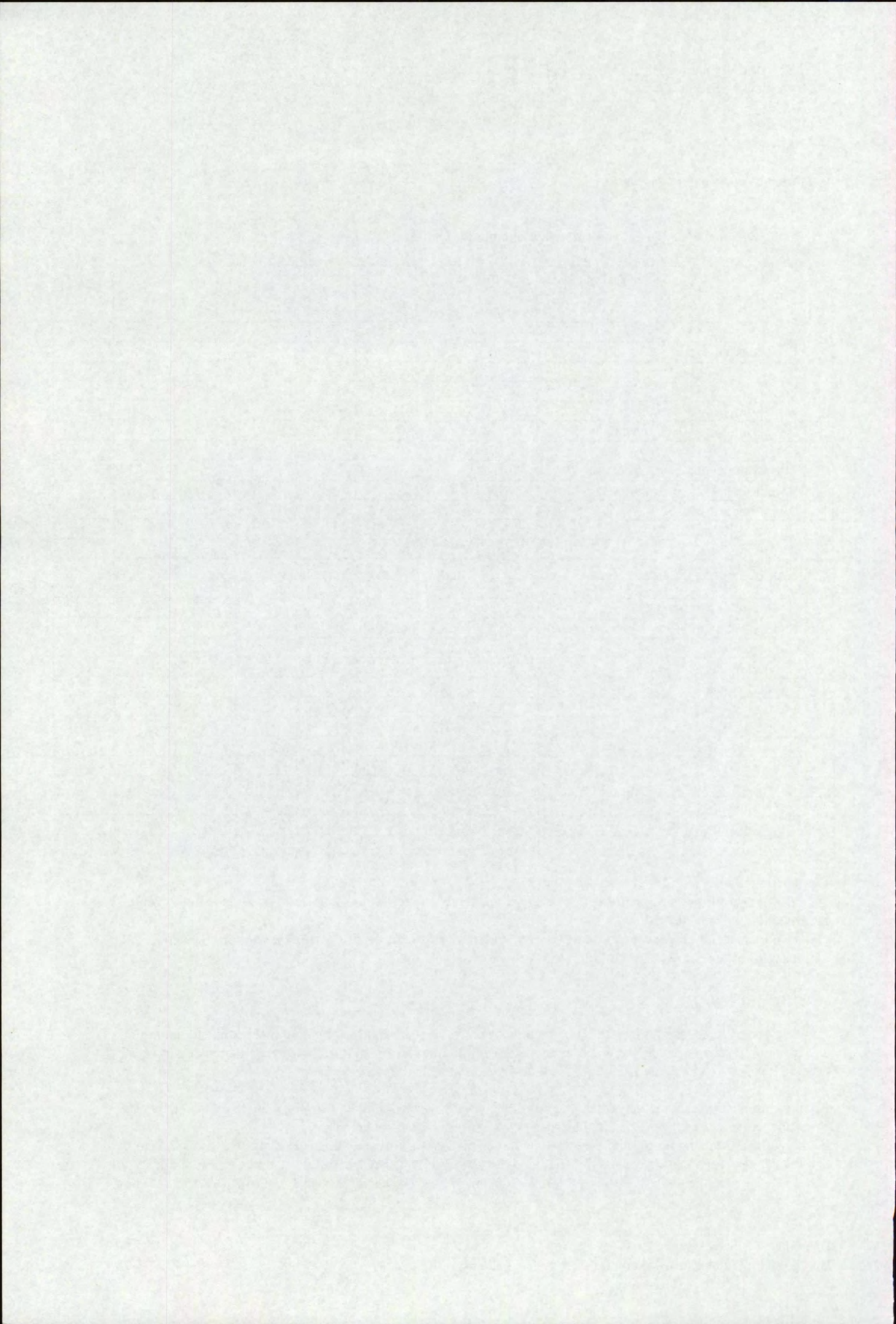
Gelet op de faseringen dient een interval van 0,5 a 1 jaar aanwezig te zijn tussen de vakken. Hierdoor zal de bouwtijd uitlopen tot 4.5 tot 5 jaar.

6 Aandachtspunten

Zoals de verschillende planningen te zien geven, is de bouw van een shuttleverbinding met het eiland in de Noordzee binnen een periode van 4 jaar bijna niet mogelijk. In overweging moet worden genomen dat dit veel capaciteit vergt. Een en ander is bij de verschillende varianten naar voren gekomen.

Bij alle varianten is rekening gehouden met dezelfde periode t.b.v. het bestemmingsplan en de grondverwerving. Voor alle varianten is eenzelfde startdatum dan ook als uitgangspunt genomen.

In alle varianten zal rekening gehouden moeten worden met aan- en afvoer van de grondstoffen / tunnelelementen. Dit zal naar verwachting een continue stroom van goederen zijn. Tevens is uitgegaan van een gelijktijdige voorbereiding van alle onderdelen van het gehele traject. Of hiervoor de beschikbare menskracht is, verdient nog nader onderzoek.



Bij de realisatie van een zinktunnel met een lengte van 10 of 20 kilometer zal gebruik moeten worden gemaakt van een bouwdok, een scheepswerf en eventueel een tusseneiland om over voldoende capaciteit te beschikken.

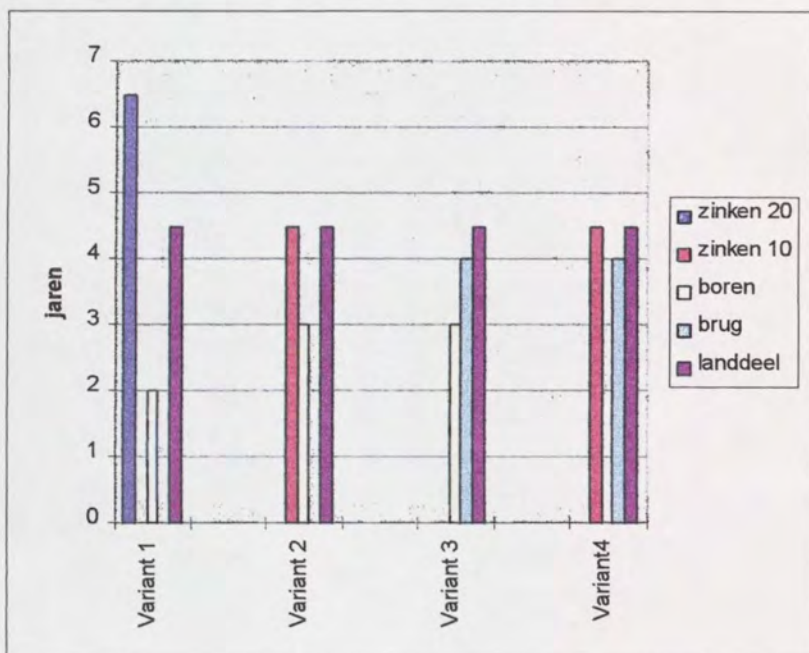
Het kritieke pad voor de variant 1 is de fase waarin de zinktunnel wordt aangelegd. Voor variant 2 (met een zinktunnel van 10 km.) geldt als kritiek pad de gesloten of open-bak constructie van de Ringvaart tot Schiphol en de zinktunnel. In variant 3 bevindt zich de gesloten / open bak in het kritieke pad. Voor variant 4 is dit weer de zinktunnel en de gesloten / open bak.

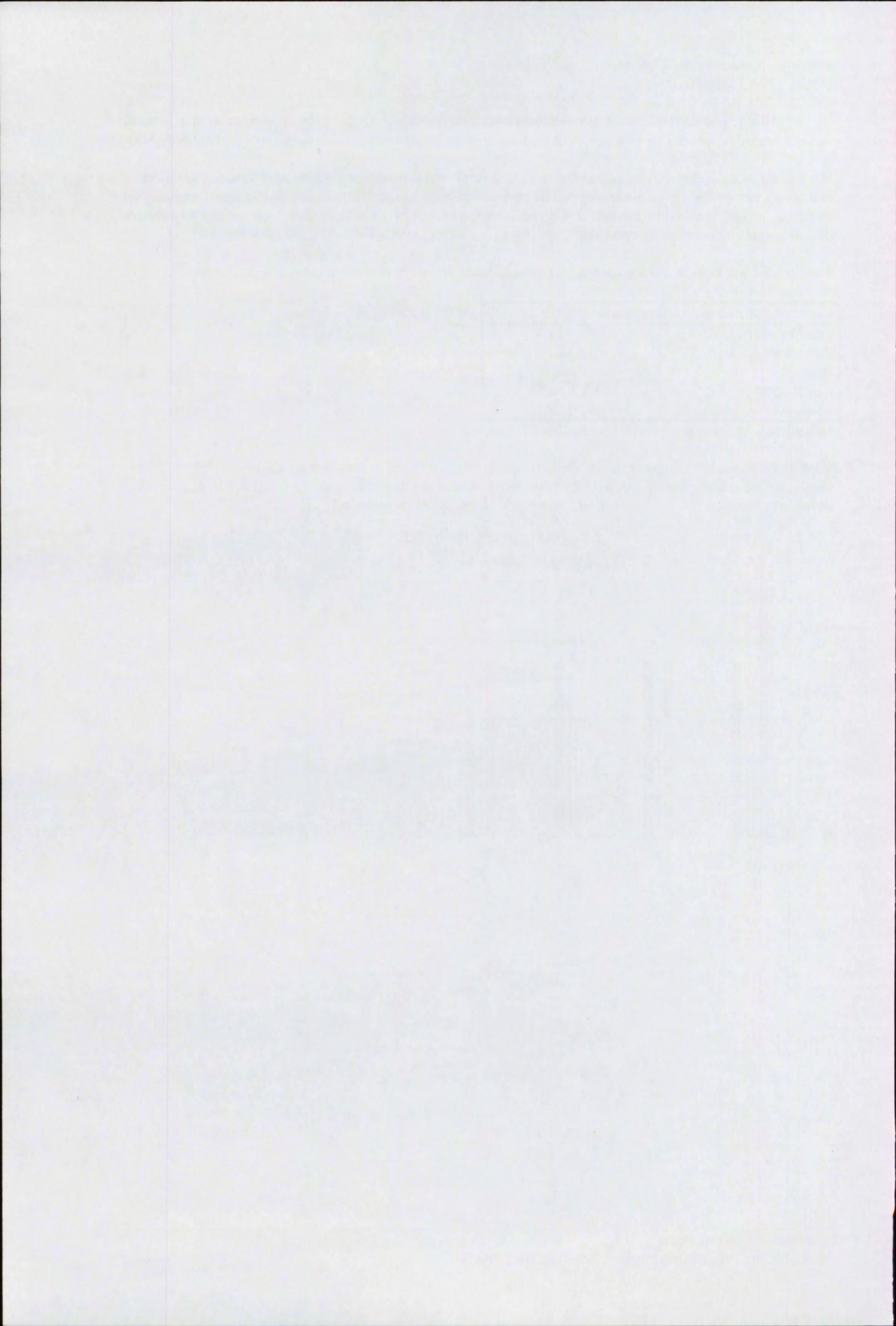
Resumerend kan gesteld worden dat voor de verschillende varianten de volgende bouw tijden gelden:

Uitvoeringsmethode	Minimale Bouwtijd
Zinktunnel (10 km)	4,5 jaar
Zinktunnel (20 km)	6,5 jaar
Brug	4 jaar
Boortunnel*	3 à 4 jaar
Landdeel	4,5 jaar

*afhankelijk van aantal ingezette boormachines

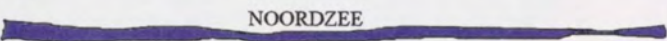
Voor de varianten levert dit een minimale bouw tijd op zoals in figuur is aangegeven als de verschillende uitvoeringswijze geheel parallel lopen. Opgemerkt moet worden dat deze planning erg krap is en in de praktijk nauwelijks haalbaar ook gezien de inzet van personeel, materiaal en materieel.





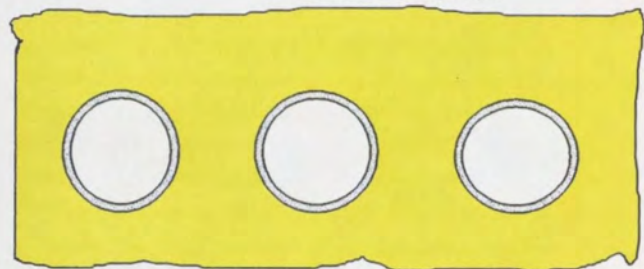
Bijlage 1: Dwarsdoorsneden van varianten

NOORDZEE

A horizontal cross-section diagram showing a yellow rectangular area representing the seabed. Inside this area, there is a grey rectangular structure containing three white rectangular openings arranged horizontally.

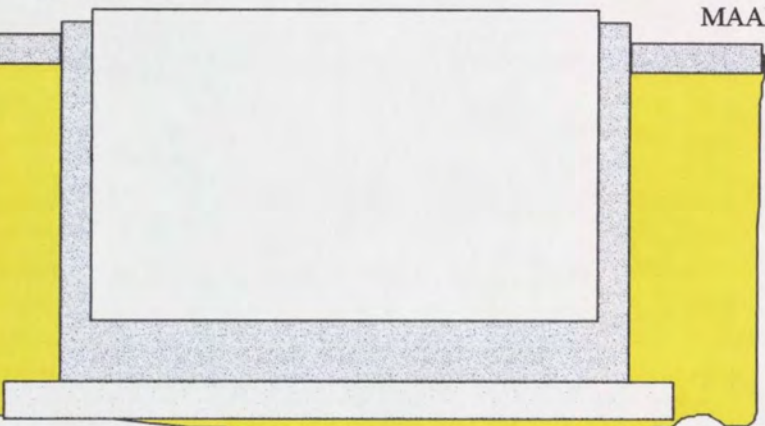
ZINKTUNNEL

MAAIVELD/ZEEBODEM



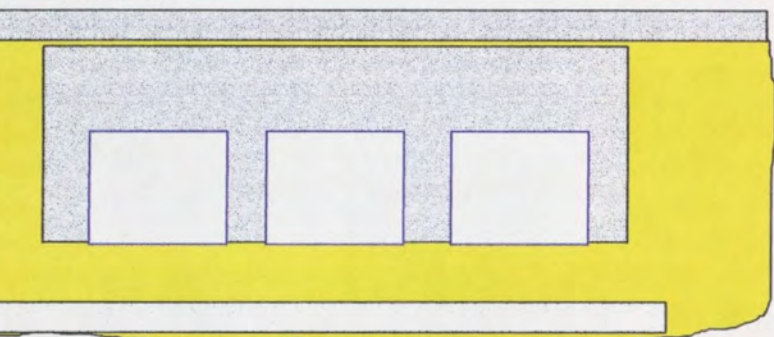
BOORTUNNEL

MAAIVELD

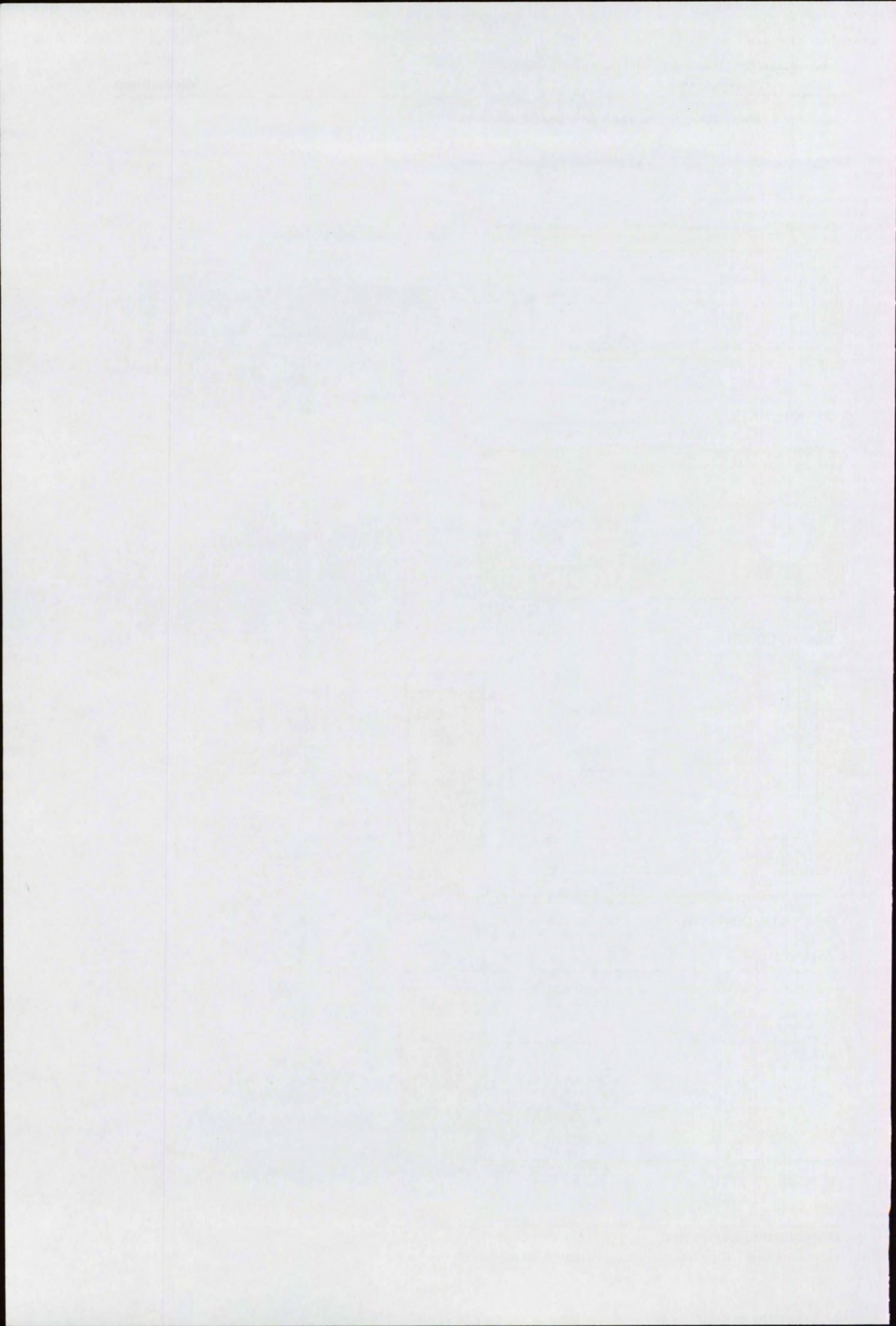


OPENBAK CONSTRUCTIE

MAAIVELD



TUNNEL IN SITU



Bijlage 2: Overzicht hoeveelheden per variant

Variant 1:

VARIANT 1	Beton [m3]	Onderwaterbeton [m3]	Staal [ton]	Ontgraven [m3]	Palen stuks	Segmenten stuks	Damwand [ton]
Zinktunnel	2310000		277200	8520000			
Boortunnel	297000		36000			48000	
Gesloten bak	900000		108000				
open bak	710000	400000	85200	4000000	26500		97000

Variant 2:

VARIANT 2	Beton [m3]	Onderwaterbeton [m3]	Staal [ton]	Ontgraven [m3]	Palen stuks	Segmenten Stuks	Damwand [ton]
Zinktunnel	800000		96000				
Boortunnel	209000		26000			101500	
Gesloten bak	900000		108000				
open bak	710000	400000	85200	4000000	26500		97000

Variant 3:

VARIANT 3	Beton [m3]	Onderwaterbeton [m3]	Staal [ton]	Ontgraven [m3]	Palen stuks	Segmenten stuks	Damwand [ton]
Brug							
Boortunnel	209000		26000			101500	
Gesloten bak	900000		108000				
Open bak	710000	400000	85200	4000000	26500		97000

Variant 4:

VARIANT 4	Beton [m3]	Onderwaterbeton [m3]	Staal [ton]	Ontgraven [m3]	Palen stuks	Segmenten stuks	Damwand [ton]
Brug							
Zinktunnel	800000		96000				
Gesloten bak	900000		108000				
Open bak	710000	400000	85200	4000000	26500		97000

Bijlage 5 Kosten: Eenheidsprijzen basisprincipes

plaat op palen

Bijlage 6

lengte plaat	1.000	m1
breedte plaat	10,0	m1
aantal sporen	1	st
oppervlak toeritten	10.000	m2

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
grondwerk	1.000	m1	1.850	1.850.000	
heiwerk	1.000	m1	620	620.000	
betonwerk	1.000	m1	2.200	2.200.000	
railvoorzieningen en bovenleidingen	excl.				
subtotaal open toerit	10.000	m2	467		4.670.000
dienstengebouw	excl.	pst	1.500.000		
pompenkelders hoh 1km	excl.	st	1.200		
vluchtkokers hoh 300m	excl.	st	100.000		
stootplaten 4*1*0,35	excl.	st	840		
subtotaal bijkomende voorzieningen					0
					=====
totaal directe kosten civiel	10.000	m2	467		4.670.000
directiebehoeften, tek. en berek. eenmalige kosten, uitvoering	15,0%	pct	4.670.000	700.500	
kwaliteitsborging civiel	pm				
algemene kosten civiel	7,0%	pct	5.370.500	375.935	
winst en risico civiel	5,0%	pct	5.746.435	287.322	
totaal indirecte kosten civiel excl. btw	10.000	m2	136		1.363.757
					=====
Primaire kosten civiel	10.000	m2	603		6.033.757
electro mechanische installaties	10.000	m1	0		0
					=====
totaal primaire kosten	10.000	m2	603		6.033.757
diverse primaire kosten	10,0%	pct	6.033.757	603.376	
kosten grondonderzoek, bemalingsonderzoek e.d.	excl	pst			
overige bijkomende kosten exclusief	excl				
totaal diverse kosten					603.376
					=====
basisraming	10.000	m2	660		6.600.000

prijs per m1 excl. B.t.w.	7.000
----------------------------------	--------------

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief bedieningsgebouw
exclusief hoofdpompenkelders
exclusief afwerking rails en railtechniek

openbak 2 sporen

lengte open toeritten	1.000	m1
breedte open toerit	16,5	m1
aantal sporen	2	st
oppervlak toeritten	16.500	m2

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
bouwkuip open toerit	1.000	m1	31.000	31.000.000	
ruwbouw open toerit	1.000	m1	20.000	20.000.000	
afbouw open toerit	1.000	m1	200	200.000	
railvoorzieningen en bovenleidingen	excl.				
subtotaal open toerit	16.500	m2	3.103		51.200.000
dienstengebouw	excl	pst	1.500.000		
pompkelders hoh 1km	63	m3	1.200	75.300	
vluchtkokers hoh 300m	3	st	100.000	333.333	
rookmuur hoog 5m lg 30m dik 0,50m	excl	st	75.000		
stootplaten 4*1*0,35	excl	st	840		
subtotaal bijkomende voorzieningen open bak					408.633
					=====
totaal directe kosten civiel	16.500	m2	3.128		51.608.633
directiebehoeften, tek. en berek. eenmalige kosten, uitvoering	15,0%	pct	51.608.633	7.741.295	
kwaliteitsborging civiel	pm				
algemene kosten civiel	7,0%	pct	59.349.928	4.154.495	
winst en risico civiel	5,0%	pct	63.504.423	3.175.221	
totaal indirecte kosten civiel excl. btw	16.500	m2	913		15.071.011
					=====
Primaire kosten civiel	16.500	m2	4.041		66.679.644
electro mechanische installaties	16.500	m1	15		250.000
					=====
totaal primaire kosten	16.500	m2	4.056		66.929.644
diverse primaire kosten	10,0%	pct	66.929.644	6.692.964	
kosten grondonderzoek, bemaalingsonderzoek e.d.	excl	pst			
overige bijkomende kosten exclusief	excl				
totaal diverse kosten					6.692.964
					=====
basisraming	16.500	m2	4.461		73.600.000
prijs per m1 excl. B.t.w.	74.000				

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief bedieningsgebouw
exclusief hoofdpompkelders
exclusief afwerking rails en railtechniek

openbak 3 sporen

Bijlage 6

lengte open toeritten	1.000	m1
breedte open toerit	21,0	m1
aantal sporen	3	st
oppervlak toeritten	21.000	m2

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
bouwkuip open toerit	1.000	m1	38.000	38.000.000	
ruwbouw open toerit	1.000	m1	23.000	23.000.000	
afbouw open toerit	1.000	m1	250	250.000	
railvoorzieningen en bovenleidingen	excl.				
subtotaal open toerit	21.000	m2	2.917		61.250.000
dienstengebouw	excl	pst	1.500.000		
pompenkelders hoh 1km	79	st	1.200	94.200	
vluchtkokers hoh 300m	3	st	100.000	333.333	
rookmuur hoog 5m lg 30m dik 0,50m	excl	st	75.000		
stootplaten 4*1*0,35	excl	st	840		
subtotaal bijkomende voorzieningen openbak					427.533
					=====
totaal directe kosten civiel	21.000	m2	2.937		61.677.533
directiebehoeften, tek. en berek. eenmalige kosten, uitvoering	15,0%	pct	61.677.533	9.251.630	
kwaliteitsborging civiel	pm				
algemene kosten civiel	7,0%	pct	70.929.163	4.965.041	
winst en risico civiel	5,0%	pct	75.894.205	3.794.710	
totaal indirecte kosten civiel excl. btw	21.000	m2	858		18.011.382
					=====
Primaire kosten civiel	21.000	m2	3.795		79.688.915
electro mechanische installaties	21.000	m1	12		250.000
					=====
totaal primaire kosten	21.000	m2	3.807		79.938.915
diverse primaire kosten	10,0%	pct	79.938.915	7.993.892	
kosten grondonderzoek, bemalingsonderzoek e.d.	excl	pst			
overige bijkomende kosten exclusief	excl				
totaal diverse kosten					7.993.892
					=====
basisraming	21.000	m2	4.186		87.900.000

prijs per m1 excl. B.t.w. 88.000

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief bedieningsgebouw
exclusief hoofdpompenkelders
exclusief afwerking rails en railtechniek

tunnel 2 sporen

Bijlage 6

lengte gesloten deel	1.000	m1
breedte gesloten deel	18,0	m1
aantal sporen	2	st
oppervlak toeritten	18.000	m2

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
bouwkuip open toerit	1.000	m1	40.000	40.000.000	
ruwbouw open toerit	1.000	m1	27.500	27.500.000	
afbouw open toerit	1.000	m1	750	750.000	
railvoorzieningen en bovenleidingen	excl.				
subtotaal gesloten toerit	18.000	m2	3.792		68.250.000
dienstengebouw	excl	pst	1.500.000		
pompkelders hoh 1km	68	m3	1.200	81.600	
vluchtkokers hoh 300m	3	st	100.000	333.333	
rookmuur hoog 5m lg 30m dik 0,50m	excl	st	75.000		
frontwand	excl	st	30.000		
subtotaal bijkomende voorzieningen tunnel					414.933
					=====
totaal directe kosten civiel	18.000	m2	3.815		68.664.933

directiebehoeften, tek. en berek. eenmalige kosten, uitvoering	15,0%	pct	68.664.933	10.299.740
kwaliteitsborging civiel	pm			
algemene kosten civiel	7,0%	pct	78.964.673	5.527.527
winst en risico civiel	5,0%	pct	84.492.200	4.224.610

totaal indirecte kosten civiel excl. btw	18.000	m2	1.114	20.051.877
				=====

Primaire kosten civiel	18.000	m2	4.929	88.716.810
-------------------------------	---------------	-----------	--------------	-------------------

electro mechanische installaties	1.000	m1	3.750	3.750.000
				=====

totaal primaire kosten	18.000	m2	5.137	92.466.810
-------------------------------	---------------	-----------	--------------	-------------------

diverse primaire kosten	10,0%	pct	92.466.810	9.246.681
kosten grondonderzoek, bemalingsonderzoek e.d.	excl	pst		
overige bijkomende kosten exclusief	excl			

totaal diverse kosten				9.246.681
				=====

basisraming	18.000	m2	5.650	101.700.000
--------------------	---------------	-----------	--------------	--------------------

prijs per m1 excl. B.t.w. 102.000

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief bedieningsgebouw
exclusief hoofdpompkelders
exclusief afwerking rails en railtechniek

tunnel 3 sporen

Bijlage 8

lengte gesloten deel	1.000	m1
breedte gesloten deel	26,5	m1
aantal sporen	2	st
oppervlak toeritten	26.500	m2

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
bouwkuip open toerit	1.000	m1	48.500	48.500.000	
ruwbouw open toerit	1.000	m1	35.500	35.500.000	
afbouw open toerit	1.000	m1	950	950.000	
railvoorzieningen en bovenleidingen	excl.				
subtotaal open toerit	26.500	m2	3.206		84.950.000
dienstengebouw	excl	pst	1.500.000		
pompkelders hoh 1km	98	st	1.200	117.300	
vluchtkokers hoh 300m	3	st	100.000	333.333	
rookmuur hoog 5m lg 30m dik 0,50m	excl	st	75.000		
frontwand	excl	st	30.000		
subtotaal bijkomende voorzieningen tunnel					450.633
					=====
totaal directe kosten civiel	26.500	m2	3.223		85.400.633

directiebehoeften, tek. en berek. eenmalige kosten, uitvoering	15,0%	pct	85.400.633	12.810.095	
kwaliteitsborging civiel	pm				
algemene kosten civiel	7,0%	pct	98.210.728	6.874.751	
winst en risico civiel	5,0%	pct	105.085.479	5.254.274	
totaal indirecte kosten civiel excl. btw	26.500	m2	941		24.939.120
					=====
Primaire kosten civiel	26.500	m2	4.164		110.339.753
electro mechanische installaties	1.000	m1	5.625		5.625.000
					=====
totaal primaire kosten	26.500	m2	4.376		115.964.753
diverse primaire kosten	10,0%	pct	115.964.753	11.596.475	
kosten grondonderzoek, bemalingsonderzoek e.d.	excl	pst			
overige bijkomende kosten exclusief	excl				
totaal diverse kosten					11.596.475
					=====
basisraming	26.500	m2	4.815		127.600.000

prijs per m1 excl. B.t.w.	128.000
----------------------------------	----------------

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief bedieningsgebouw
exclusief hoofdpompkelders
exclusief afwerking rails en railtechniek

boortunnel 3 sporen

Bijlage 6

lengte boortunnel	10.000	m1
aantal boortunnels	3,0	st
inwendige diameter boortunnel	8	m1
dwarverbandingen hoh	300	m1

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
boortunnel	30.000	m1	33.000	990.000.000	
railvoorzieningen en bovenleidingen	30.000	m1	exclusief		
subtotaal	30.000	m1	33.000		990.000.000
dienstengebouw	excl				
pompkelders hoh 1km	excl				
vluchtkokers hoh 300m	incl.				
vluchtgang naar maaiveld	incl.				
subtotaal bijkomende voorzieningen tunnel					0
					=====

totaal directe kosten civiel	30.000	m1	33.000	990.000.000
-------------------------------------	---------------	-----------	---------------	--------------------

uitvoeringskosten	12,0%	pct	990.000.000	118.800.000
kwaliteitsborging civiel	pm			
algemene kosten civiel	7,0%	pct	1.108.800.000	77.616.000
winst 2% en risico 5%	7,0%	pct	1.186.416.000	83.049.120

totaal indirecte kosten civiel excl. btw	30.000	m1	9.316	279.465.120
				=====

Primaire kosten civiel	30.000	m1	42.316	1.269.465.120
-------------------------------	---------------	-----------	---------------	----------------------

electro mechanische installaties	30.000	m1	6.600	198.000.000
				=====

totaal primaire kosten	30.000	m2	48.916	1.467.465.120
-------------------------------	---------------	-----------	---------------	----------------------

diverse primaire kosten	10,0%	pct	1.467.465.120	146.746.512
kosten grondonderzoek, bemalingsonderzoek e.d.	excl	pst		
overige bijkomende kosten exclusief	excl			

totaal diverse kosten				146.746.512
				=====

basisraming	30.000	m2	53.807	1.614.200.000
--------------------	---------------	-----------	---------------	----------------------

prijs per m1 excl. B.t.w.	161.000
----------------------------------	----------------

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief bedieningsgebouw
exclusief toeritten en hoofdpompkelders
exclusief afwerking rails en railtechniek

Zinktunnel

Bijlage 6

lengte open tunnel	10.000	m1
breedte tunnel	26,5	m1
doorsnede tunnel	85,0	m3/m1
aantal tunnelementen lg 170m1	58,0	st
tunnelfabriek	2	st
oppervlak tunnel	265.000	m2

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
zinksleuf	10.000	m1	25.000	250.000.000	
betonwerk	850.000	m3	650	552.500.000	
transport	58	st	500.000	29.000.000	
opdrijven en afzinken	58	st	1.225.000	71.050.000	
onderstromen	265.000	m2	100	26.500.000	
subtotaal zinktunnel	265.000	m2	3.138		831.500.000
dienstengebouw en bedieningsgebouw	excl				
pompenkelders hoh 1km	incl.				
4*elementenfabriek hoog 12m vloeropp 10.000m2	20.000	m2	1.800	36.000.000	
montage en afzinkbassin 35.000	70.000	m2	300	21.000.000	
subtotaal bijkomende voorzieningen open bak					57.000.000
					=====
totaal directe kosten civiel	265.000	m2	3.353		888.500.000

uitvoeringskosten	20,0%	pct	888.500.000	177.700.000	
kwaliteitsborging civiel	pm				
algemene kosten civiel	7,0%	pct	1.066.200.000	74.634.000	
winst 2% en risico 3%	5,0%	pct	1.140.834.000	57.041.700	
totaal indirecte kosten civiel excl. btw	265.000	m2	1.167		309.375.700
					=====
Primaire kosten civiel	265.000	m2	4.520		1.197.875.700
electro mechanische installaties	10.000	m1	7.500		75.000.000
					=====
totaal primaire kosten	265.000	m2	4.803		1.272.875.700
diverse primaire kosten	10,0%	pct	1.272.875.700	127.287.570	
kosten grondonderzoek, bemalingsonderzoek e.d.	excl	pst			
overige bijkomende kosten exclusief	excl				
totaal diverse kosten					127.287.570
					=====
basisraming	265.000	m2	5.284		1.400.200.000
prijs per m1 excl. B.t.w.	140.000				

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief bedieningsgebouw
exclusief toeritten en hoofdpompenkelders
exclusief ballastbed rails en railtechniek

brug 3 sporen

Bijlage 6

lengte brug	10.000	m1
breedte brug	24,0	m1
oppervlak brug	240.000	m2

TNLI
PBMS 3055 C5

Omschrijving	hoev.	eenheid	prijs/eenhd	totaal	totaal
brug compleet	240.000	m2	2.920		701.220.779
windscherm	240.000	m2	325		78.000.000
					=====
totaal directe kosten civiel	240.000	m2	3.247		779.220.779

uitvoeringskosten	20,0%	pct	779.220.779	155.844.156
kwaliteitsborging civiel	pm			
algemene kosten civiel	7,0%	pct	935.064.935	65.454.545
winst 2% en risico 3% civiel	5,0%	pct	1.000.519.481	50.025.974
totaal indirecte kosten civiel excl. btw	240.000	m2	1.131	271.324.675
				=====

totaal primaire kosten	240.000	m2	4.377	1.050.545.455
diverse primaire kosten	10,0%	pct	1.050.545.455	105.054.545
kosten grondonderzoek, bemalingsonderzoek e.d.	excl	pst		
overige bijkomende kosten exclusief	excl			
totaal diverse kosten				105.054.545
				=====
basisraming	240.000	m2	4.815	1.155.600.000

prijs per m1 excl. B.t.w.	116.000
----------------------------------	----------------

exclusief onvoorzien
exclusief bijkomende kosten
exclusief toeritten
exclusief afwerking rails en railtechniek

Bijlage 6 Kosten: Combinaties zeepassage

basistechniek	aansluiting			
	per meter	boren	zinken	brug
boren	161000	62300000	1,15E+08	3,46E+08
zinken	140000			3,12E+08
brug	116000			

Combinatiemogelijkheden						
Combinatie 1	Boren 9 km	Schacht	Boren 11 km		Totaal kosten van de combinatie	
Kosten	1,45E+09	6,23E+07	1,77E+09			3,28E+09
Combinatie 2	Boren 2 km	Aansluiting	Zinken 18 km			
Kosten	3,22E+08	1,15E+08	2,52E+09			2,96E+09
Combinatie 3	Boren 10 km	Eiland	Brug 10 km			
Kosten	1,61E+09	3,46E+08	1,16E+09			3,12E+09
Combinatie 4	Boren 2 km	Aansluiting	Zinken 8 km	Eiland	Brug 10 km	
Kosten	322000000	1,15E+08	1,12E+09	3,12E+08	1,16E+09	3,03E+09
Combinatie 5	Boren 4 km	Aansluiting	Zinken 16 km			
Kosten	6,44E+08	1,15E+08	2,24E+09			3,00E+09
Combinatie 6	Boren 10 km	Aansluiting	Zinken 10 km			
Kosten	1,61E+09	1,15E+08	1,4E+09			3,13E+09

