

# Boortunnel onder het Groene Hart

*Deel I: Inventarisatie*

Datum : 16 februari 2000  
Ons kenmerk : BOT/  
Versie :  
Status : **Definitief**  
Opsteller : K.H.F. Berkers  
Controleur(s) : **Afstudeercommissie**  
Goedkeurder :  
Autorisator :  
Autorisatie paraaf :

Projectorganisatie  
Hogesnelheidslijn-Zuid  
Projectbureau Boortunnel  
Postbus 20000  
3502 LA Utrecht  
Bezoekadres:  
Gebouw "Westraven"  
Griffioenlaan 2  
Utrecht  
Tel 030 – 285 84 22  
Fax 030 – 285 84 60

## Voorwoord

Een van mijn laatste activiteiten als student aan de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft is de rapportage van mijn afstudeeronderzoek in de vorm dit eindverslag. Mijn afstudeeronderzoek bij de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid is mede mogelijk gemaakt door de Bouwdienst van Rijkswaterstaat.

In de Projectorganisatie HSL-Zuid is de realisatie van bouw al van start gegaan, die in 2005 gereed zal moeten zijn. In de Projectorganisatie HSL-Zuid werken NS Railinfrabeheer, Holland Railconsult en DHV Milieu en Infrastructuur samen onder verantwoordelijkheid van de Ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM.

De rapportage van mijn afstudeeronderzoek bestaat uit drie deelrapporten, die opeenvolgend gelezen dienen te worden. Het eerste deelrapport geeft op hoofdlijnen een beschrijving van de bestaande situatie, het Tracébesluit, het Referentieontwerp van de lange en de korte boortunnelvariant en de daaruit voortvloeiende milieu-effecten. Het tweede deelrapport bevat het beoordelingskader uit de milieu-effectrapportage. Na een selectieprocedure blijven die aspecten over, waarop beide boortunnelvarianten zowel in de uitvoeringsfase als de gebruiksfase vergeleken zullen worden. Het derde deelrapport is gebaseerd op de knelpunten die geconstateerd zijn in het tweede deelrapport. In het derde deelrapport wordt een gedetailleerde oplossing uitgewerkt voor één van deze knelpunten. In alle deelrapporten is de aanvullende informatie weergegeven in de desbetreffende bijlagen.

Ik wil van deze gelegenheid gebruik maken om een aantal personen te bedanken voor de begeleiding, het meedenken en de ondersteuning. Als eerste de leden van mijn afstudeercommissie met prof.dr.s.ir. J.K. Vrijling, ir. K.G. Bezuyen, ir. P. van Eck, ir. W.L. Leendertse en ir. M.P. Oude Essink; verder alle collega's van het "boortunnel-team" voor de ruimhartige samenwerking en ondersteuning gedurende de afgelopen maanden.

Speciale dank aan Peter voor zijn altijd enthousiaste en geduldige begeleiding. Speciale dank aan Michel voor zijn adequaat advies en te allen tijde opbouwende kritiek. Tot slot wil ik een woord van dank uitbrengen aan ouders, familie en vrienden voor hun enthousiaste ondersteuning.

K.H.F. Berkers,  
Utrecht, 5 februari 2000.

## Samenvatting

Dit deelrapport vormt samen met de overige twee deelrapporten de rapportage van het afstudeeronderzoek betreffende het vergelijken van de korte en de lange boortunnelvariant van de boortunnel onder het Groene Hart. Dit eerste deelrapport is toegespitst op de beschrijving en analyse van de omgeving en op de inventarisatie van de mogelijke soorten hinder die van invloed kunnen zijn voor de beide boortunnelvarianten. Het afstudeeronderzoek heeft als titel "Vergelijking korte en lange boortunnelvariant HSL-Zuid onder het Groene Hart" en heeft, namens de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, plaatsgevonden bij de Projectorganisatie HSL-Zuid, Projectbureau Boortunnel. Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft en is begeleid door een afstudeercommissie. De afstudeercommissie bestaat uit prof.dr.s.ir. J.K. Vrijling (sectie waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek), ir. K.G. Bezuyen (sectie waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek), ir. P. van Eck (sectie infrastructuurplanning, Faculteit der Civiele Techniek), ir. W.L. Leendertse (Bouwdienst Rijkswaterstaat) en ir. M.P. Oude Essink (Bouwdienst Rijkswaterstaat).

Het doel van dit afstudeeronderzoek is tweeledig. Het eerste doel omvat het inventariseren van de verschillende soorten hinder voor de korte en de lange boortunnelvariant. Het tweede doel omvat het analyseren van de geconstateerde knelpunten in het Referentieontwerp en het uitwerken van één knelpunt met grote waterbouwkundige relevantie. In deelrapport I is een inventarisatie gemaakt van de milieuaspecten die een mogelijke rol spelen bij de beide boortunnelvarianten. Het deelrapport II is toegespitst op het Referentieontwerp van de beide boortunnelvarianten onder het Groene Hart en bevat de vergelijking van de korte en lange boortunnelvariant op milieu aspecten. Het deelrapport III bevat een constructieve uitwerking van één van de knelpunten die uit de vergelijking in het tweede deelrapport naar voren zijn gekomen. In het derde, en laatste, deelrapport staan tevens de conclusie en de aanbevelingen vermeld.

Bij het project boortunnel onder het Groene Hart is het fenomeen "hinder" een groot probleem voor de omgeving. Het onderzoek richt zich op de aard en omvang van de hinder in de bouwfase en in de gebruiksfase. De hinder laat zich vertalen in de aantasting van de natuur- en landschappelijke waarde van het gebied. Het gaat hier met name om geluidshinder, trillingshinder en visuele overlast in zowel de bouwfase als de gebruiksfase. Om de haalbaarheid van de korte boortunnelvariant te kunnen vergelijken met die van de lange boortunnelvariant, dient er onderzoek gedaan te worden naar de optredende hinder in beide varianten.

Bij de korte boortunnelvariant met de ligging van het spoor op of net onder maaiveld zal naar verwachting de hinder voor de omgeving aanzienlijk groter zijn dan die bij de lange variant. Dit is niet acceptabel. Maatregelen ter voorkoming van de overlast vormen een belangrijk onderdeel van het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant. Het onderzoek zal moeten aantonen welke knelpunten in het bijzonder bij de korte boortunnelvariant de negatieve effecten veroorzaken.

Als bouwproject omvat de HSL-Zuid de aanleg van een gebundelde infrastructuur. Met de hogesnelheidslijn creëert de Nederlandse overheid een nieuw vervoermiddel, waarmee zij onder andere de toenemende Europese mobiliteit kan accommoderen en de interne samenhang binnen de Randstad kan versterken. De projectorganisatie streeft bij de realisatie van de opdracht ernaar zoveel mogelijk het landschappelijk en het lokale milieu te ontzien en een positieve bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van de ruimtelijke structuur. De tijdsplanning van het project geeft aan dat de fase van aanleg en realisatie loopt tot en met 31 december 2005.

De hogesnelheidslijn kruist de A4 ter hoogte van Hoogmade, waarbij de snelweg ongeveer op maaiveld ligt. De HSL bundelt aan de oostzijde van de autosnelweg tot aan de Bospolder. Vanaf de Bospolder gaat de HSL in een tunnel onder een deel van het Groene Hart door. Ten zuiden van Westeinde komt de HSL weer boven de grond en gaat verder in de richting van Zoetermeer.

Het totale project is opgebouwd uit onderdelen als een open toerit in de vorm van een open bakconstructie, een gesloten toerit in de vorm van een “cut&cover” tunnel, een boortunnel en wederom een gesloten en een open toerit. De boortunnel heeft in verband met veiligheid en onderhoud vijf vluchtschachten.

In het Referentieontwerp van de lange boortunnelvariant is gekozen voor een boortunnel van ongeveer zeven kilometer lengte. Het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant heeft in tegenstelling tot dat van de lange variant een kortere boortunnel met een lengte van ongeveer twee kilometer. Daarnaast ligt het tracé van de korte boortunnelvariant grotendeels op een zettingsvrije plaat op maaiveld. Het tracé van de lange boortunnelvariant ligt geheel onder maaiveld.

Het beoordelingskader vormt de basis waarop de verschillende tracéalternatieven worden beschreven, vergeleken en getoetst. Het beoordelingskader kent een aantal thema's met daarbinnen aspecten, die voor een integrale effectbeschrijving en –vergelijking relevant worden geacht. De beschrijvingen vinden in hoofdzaak plaats aan de hand van binnen deze aspecten geselecteerde toetsingscriteria. Hiermee kunnen de optredende effecten waar mogelijk kwantitatief worden bepaald. De thema's Natuurlijk milieu, Ruimtelijke Ordening en woon- en leefmilieu worden besproken en toegelicht aan de hand van enkele thematische kaarten. De resultaten zijn per aspect in tabelvorm weergegeven.

## Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b>	<b>i</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>ii</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Algemeen	1
1.2 Probleemstelling	2
1.3 Doelstelling	2
1.4 Afstudeerproject	2
1.5 Rapportindeling	3
<b>2 Projectplan HSL-Zuid</b>	<b>4</b>
2.1 Inleiding	4
2.2 Doelstelling project HSL-Zuid	4
2.3 Projectanalyse	5
2.4 Organisatie en taakverdeling	6
2.5 Tijd	9
<b>3 Beschrijving tracé boortunnel en de Rijnstreek</b>	<b>11</b>
3.1 Tracé boortunnel	11
3.1.1 Beschrijving horizontale ligging van het tracé	11
3.1.2 Beschrijving van het verticale alignement van het tracé	14
3.2 De Rijnstreek	17
3.2.1 Rijnstreek-Noord: Veenpolders ten noorden van de Oude Rijn	17
3.2.2 Rijnstreek-Zuid: Veenpolders ten zuiden van de Oude Rijn	18
3.2.3 Autonome ontwikkeling Rijnstreek	19
<b>4 Tracébesluit HSL-Zuid</b>	<b>20</b>
4.1 Algemeen	20
4.2 Procedure inzake Tracébesluit	20
4.3 Beleid en regelgeving	22
4.3.1 Beleid op het gebied van ruimtelijke ordening, natuur en landschap	22
4.3.2 Beleid en wet- en regelgeving op milieugebied	22
4.3.3 Toepassen van het compensatiebeginsel	23
4.3.4 Regelgeving met betrekking tot de bouw- en aanlegfase	24
<b>5 Het Referentieontwerp</b>	<b>25</b>
5.1 Inleiding	25
5.2 De korte en de lange boortunnelvariant	25
<b>6 De milieu-effectrapportage</b>	<b>27</b>
6.1 Inleiding	27
6.2 Het beoordelingskader	27
6.3 Beschouwing korte en lange boortunnelvariant	29
6.3.1 Natuurlijk milieu	30

---

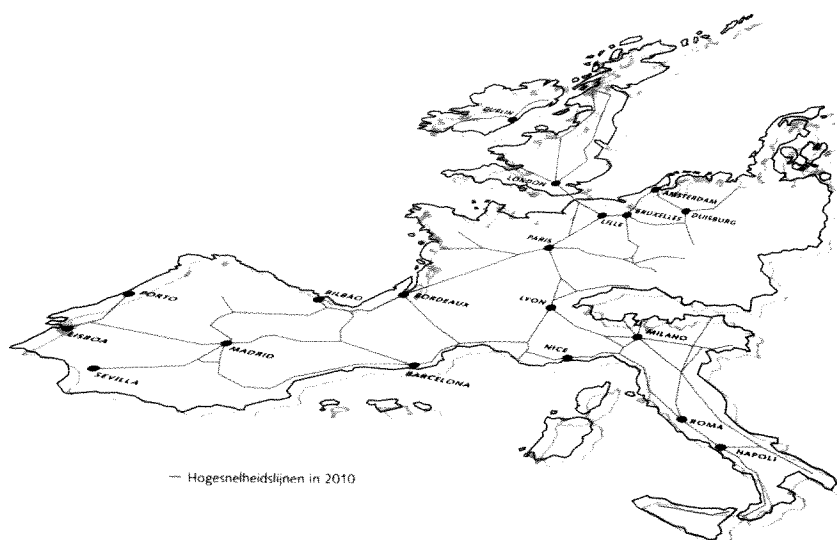
6.3.2	Ruimtelijke ordening	33
6.3.3	Woon- en leefmilieu	35
<b>7</b>	<b>Methode van onderzoek</b>	<b>36</b>
7.1	Inleiding	36
7.2	Probleemanalyse, alternatieven en effectenoverzicht	36
	<b>Literatuurlijst</b>	<b>38</b>
	<b>Referenties</b>	<b>40</b>
	<b>Bijlage A Thematische kaarten</b>	<b>41</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In een Europa zonder grenzen is een goede infrastructuur zeer belangrijk. Om de groeiende mobiliteit zonder bovenmatige milieubelasting op te kunnen vangen, wordt gezocht naar alternatieven voor het vlieg- en autoverkeer. Het Europese netwerk van hogesnelheidsspoorlijnen, dat steeds meer economische knooppunten met elkaar verbindt, is een zeer goed alternatief.

Om aan alle wensen tegemoet te kunnen komen, is het noodzakelijk dat Nederland een volwaardige aansluiting krijgt op dit internationale netwerk. Het kabinet heeft dan ook besloten een nieuwe spoorlijn aan te leggen tussen Amsterdam en de Belgische grens. Zo wordt in de toekomst een hogesnelheidsverbinding van ons land met o.a. Brussel, Parijs, Londen, Barcelona, Lyon en Milaan gerealiseerd.



figuur 1.1 - Europees netwerk Hogesnelheidslijnen

Voor de realisatie van deze verbinding heeft de regering de opdracht voor de uitvoering gegeven aan de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid. In de Projectorganisatie werken NS Railinfrabeheer, Holland Railconsult en DHV Milieu en Infrastructuur samen onder de verantwoordelijkheid van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Het Groene Hart is voor de Nederlandse samenleving erg belangrijk vanwege zijn landschappelijke en recreatieve waarden. De Tweede Kamer heeft om deze reden besloten een tunnel aan te leggen met een lengte van ongeveer zeven kilometer. De kostenraming van de te boren tunnel is ingeschat op circa één miljard gulden.

De Tweede Kamer heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat gevraagd de mogelijkheid van een goedkopere, kortere Boortunnel onder het Groene Hart te onderzoeken. De Minister heeft met het onderzoek ingestemd op voorwaarde dat de betrokken gemeenten en belangenorganisaties hieraan hun medewerking zullen verlenen. Het kabinet zal in juni 1999 bepalen waarmee verder wordt gegaan, de korte of de lange boortunnelvariant.

Bij de afweging van de Minister van de korte en de lange boortunnelvariant speelt naast het financiële aspect ook het aspect hinder een zeer belangrijke rol. De financiële voordelen van de korte boortunnelvariant moeten nog blijken. Indien de te maken kosten voor het reduceren van de extra hinder groter zijn dan de beoogde winst, dan zal de korte boortunnelvariant waarschijnlijk geen voorkeur krijgen boven de lange.

## 1.2 Probleemstelling

Bij het project boortunnel onder het Groene Hart is het fenomeen "hinder" een groot probleem voor de omgeving. Het onderzoek richt zich op de aard en omvang van de hinder in de bouwfase en in de gebruiksfase. De hinder laat zich vertalen in de aantasting van de natuur- en landschappelijke waarde van het gebied. Het gaat hier met name om geluidshinder, trillingshinder en visuele overlast in zowel de bouwfase als de gebruiksfase. Om de haalbaarheid van de korte boortunnelvariant te kunnen vergelijken met die van de lange boortunnelvariant, dient er onderzoek gedaan te worden naar de optredende hinder in beide varianten.

Bij de korte boortunnelvariant met de ligging van het spoor op of net onder maaiveld zal naar verwachting de hinder voor de omgeving aanzienlijk groter zijn dan die bij de lange variant. Dit is niet acceptabel. Maatregelen ter voorkoming van de overlast vormen een belangrijk onderdeel van het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant. Het onderzoek zal moeten aantonen welke knelpunten in het bijzonder bij de korte boortunnelvariant de negatieve effecten veroorzaken.

## 1.3 Doelstelling

De doelstelling van dit afstudeerproject bestaat uit de volgende onderdelen:

- het inventariseren van de verschillende soorten hinder voor de korte en de lange boortunnelvariant;
- het rangschikken van de diverse hinder uit het oogpunt van de omgeving;
- het beoordelen van de geconstateerde knelpunten in het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant;
- het uitwerken van één knelpunt met grote waterbouwkundige relevantie.

## 1.4 Afstudeerproject

De afstudeercommissie bestaat uit de volgende personen:

Prof.dr.s.ir. J.K. Vrijling,	Voorzitter, Hoogleraar T.U. Delft, sectie waterbouwkunde
Ir. K.G. Bezuyen,	Begeleider, Universitair docent T.U. Delft, sectie waterbouwkunde
Ir. P. van Eck,	Begeleider, Universitair docent T.U. Delft, sectie infrastructuurplanning
Ir. W.L. Leendertse,	Begeleider, Manager Projectbureau Boortunnel HSL-Zuid
Ir. M.P. Oude Essink,	Dagelijkse begeleider, Projectingenieur HSL-Zuid



In onderstaande tabel is het traject van het afstudeerproject chronologisch beschreven. Het totale onderzoek is verdeeld in een viertal fasen: fase één, de inventarisatie; fase twee, de uitwerking van de hinder voor de korte en de lange boortunnelvariant; fase drie, het constructief uitwerken van het gekozen alternatief en fase vier, het afronden van het totale onderzoek.

Fase	Duur (weken)
Werkplan	2
1) Inventarisatie	5
Tentamen	1
2) Hinder kort&lang	8
Vakantie	2
3) Uitwerken alternatief	8
Tentamen	1
4) Afronden	3
Totaal	30

Het totale afstudeerproject neemt dertig weken in beslag. Dit deelrapport geeft het resultaat van de eerste fase, de inventarisatie, weer.

## 1.5 Rapportindeling

Het deelrapport begint met een voorwoord, gevolgd door een samenvatting die weergeeft wat er in de eerste fase van het onderzoek is gedaan. De conclusies die worden getrokken, staan hier ook vermeld.

In het eerste hoofdstuk staan naast het algemene gedeelte de probleemstelling en de doelstellingen uitgewerkt.

In hoofdstuk twee staan de belangrijkste zaken uit het Tracébesluit vermeld. Opgemerkt zij, dat alleen die zaken die voor het afstudeerproject van belang zijn, zijn meegenomen.

In het derde hoofdstuk wordt ingegaan op het Referentieontwerp dat gemaakt is door het Projectbureau Boortunnel. Dit ontwerp is een van de mogelijke alternatieven en sluit aan op het Tracébesluit. Het Referentieontwerp wordt toegelicht aan de hand van twee illustraties.

In hoofdstuk vier wordt de milieueffectrapportage besproken. In deze analyse komt de bestaande situatie aan de orde, wordt de autonome ontwikkeling weergegeven en worden de toetsingscriteria opgesomd.

In het vijfde hoofdstuk wordt een eerste eigen beschouwing gehouden van de beide boortunnelvarianten. De opgesomde criteria die uit de milieueffectrapportage volgen, worden met behulp van thematische kaarten stuk voor stuk becommentarieerd. Er worden nog geen conclusies getrokken, omdat het hier slechts een eerste inventarisatie betreft. In het tweede deelrapport wordt hier nader op in gegaan. Er is daarentegen wel een eerste indruk van wat er speelt binnen beide boortunnelvarianten aan te ontlenen. Ter afsluiting wordt de methode toegelicht waarop de vergelijking van beide boortunnelvarianten zal worden gebaseerd.

## 2 Projectplan HSL-Zuid

### 2.1 Inleiding

(Literatuur 22, pag. 3)

Op het gebied van vier vervoersmarkten is de HSL-Zuid een nieuwe, serieuze, milieuvriendelijke concurrent: concurrentie op de middellange afstand (Parijs en Londen in circa 3 uur), concurrentie voor vliegtuig en bus naar Zuid-Europa (Noord-Italië, Zuid-Frankrijk, Spanje), concurrentie voor de auto en het vliegtuig naar België (Brussel in drie tot vijf kwartier), concurrentie voor de auto in de Randstad (Schiphol in ruim een kwartier).

Als bouwproject omvat de HSL-Zuid de aanleg van een gebundelde infrastructuur dwars door een van de meest dichtbevolkte stedelijke gebieden van de wereld.

Wat betreft reizen in de Randstad zal er belangrijke tijdswinst geboekt worden. De aansluiting op het Europese netwerk brengt vele bestemmingen binnen bereik. Daarmee is de hogesnelheidstrein een concurrent van vervoer per auto of vliegtuig, waarmee in de toekomst ernstig rekening gehouden moet worden.

Bouwen aan een spoorlijn voor de hogesnelheidslijn maakt technische doorbraken mogelijk en zal duurzame economische groei creëren.

Om een kwalitatief hoogwaardig projectresultaat te bereiken, moet er worden samengewerkt. De expertise wordt gehaald bij derden, waaronder het bedrijfsleven, daar waar het een meerwaarde geeft aan het project. Innovatieve contracten, allianties en consultaties rondes leiden tot goede resultaten. Het project HSL-Zuid is het eerste grote bouwproject dat gerealiseerd wordt via Publieke Private Samenwerking (PPS).

Er dient ook samengewerkt te worden met provincie, gemeenten en omwonenden. Met groot respect voor de belangen en wensen van de omgeving spant de Projectorganisatie zich in om daaraan tegemoet te komen, zolang het projectdoel dit toestaat.

### 2.2 Doelstelling project HSL-Zuid

(Literatuur 22, pag. 6)

Met de hogesnelheidslijn creëert de Nederlandse overheid een nieuw vervoermiddel, waarmee ze beoogt:

- de toenemende Europese mobiliteit te accommoderen en milieuvriendelijk vervoer de eerste keus te laten zijn van de internationale reiziger op de middellange afstanden;
- de interne samenhang binnen de Randstad en de stedenring Centraal Nederland te versterken, door het bieden van snelle rechtstreekse OV-verbindingen tussen de knooppunten;
- de bestaande internationale concurrentiepositie van de Randstad te verstevigen, nieuwe economische potenties voor Nederland te creëren en vervolgens ook te (doen) realiseren.

Het project geeft deze doelstellingen vorm door het opleveren van een totaal vervoerssysteem HSL-Zuid in 2005. Hieronder wordt onder andere verstaan:

- de realisatie van gebruiksklare (rail)infrastructuur;
- de realisatie van aanpalende weggedeelten A4 en A16.

De opdracht van de projectorganisatie is om binnen de gestelde normen voor tijd en budget, alles te doen dat kan om deze doelen te bereiken.

De formele grondslag voor de projectopdracht is de Planologische Kernbeslissing, tevens aanlegbesluit in de zin van de Wet RO, gehoord het Parlement, door de Ministerraad vastgesteld op 1 juli 1997 (bekend als de PKB4 HSL-Zuid).

Sinds de PKB4 zijn meerdere additionele besluiten tot nadere invulling van onderdelen van de projectopdracht genomen, waaronder:

- Tracébesluit, de dato 15 april 1998;
- Verdrag met België over aanleg van de HSL-Zuid, opleveringsdata, toegangsrechten en capaciteitsmanagement op aansluitende baanvakken, samenwerking in de uitvoering, geratificeerd in oktober 1997.

Enkele uitgangspunten die de projectorganisatie hanteert bij de realisatie van de opdracht zijn:

- de HSL-Zuid dient positief bij te dragen aan de ontwikkeling van de ruimtelijke structuur;
- de HSL-Zuid dient het landschappelijke en het lokale milieu zo min mogelijk te schaden;
- zo veel mogelijk de kansen benutten voor het leveren van een positieve bijdrage aan landschappelijk en lokaal milieu, die worden geboden door het realiseren van de HSL-Zuid.

## 2.3 Projectanalyse

(Literatuur 22, pag. 10)

De HSL-Zuid heeft, om het benodigde kwaliteitsniveau te kunnen waarmaken, de gecoördineerde inzet nodig van een groot aantal instellingen: beleidsinstellingen, uitvoerende overheidsinstellingen, toetsende en vergunning verlenende overheidsinstellingen, en een scala aan private bedrijven (ingenieursbureaus, adviseurs, aannemers etc.).

Binnen de Ministeries V&W, VROM en Financiën hebben vele ambtelijke diensten verantwoordelijkheid voor het project. V&W en VROM zijn als initiatiefnemers voor de aanleg verantwoordelijk voor het project, Financiën en V&W voor de PPS (Publieke Private Samenwerking). De primaire verantwoordelijkheid voor de uitvoering ligt bij de uitvoerende private partijen. De uitvoeringsorganisaties RWS en RIB moeten zeer actief bij het project betrokken gedurende de gehele aanbestedings-, ontwerp-, bouw- en onderhoudsfases. Inzet en betrokkenheid van het geheel aan opdrachtgevers is nodig om de HSL-Zuid tot een maatschappelijk succes te maken. Een heldere rolverdeling moet; open communicatie en een gezamenlijke inspanning moeten ook. De enige manier om al deze dingen tot hun recht te laten komen, is een projectmatige aanpak.

Voor het project HSL-Zuid betreft het projectresultaat de realisatie van het tracédeel Belgische grens – Rotterdam op 1 juni 2005, en de indienststelling van het tracédeel Rotterdam – Schiphol op 31 december 2005.

De aanpak wordt gekenmerkt door:

- het streven naar een duurzaam vervoerssysteem
- de beoogde Publieke Private Samenwerking;
- de opdeling van het project in deelprojecten Vervoer, Stations, Uitvoering Infra en Infraprovider.

Het HSL-Zuid project wil een vervoerssysteem realiseren, dat voldoet aan de eisen voor de volgende eeuw ten aanzien van:

- het reizen (snelheid, comfort, veiligheid, kostprijs, etc.);
- economisch beheer en onderhoud van de infrastructuur;
- economische exploitatie van de infrastructuur en het vervoer;
- de realisatie van nieuwe infrastructuur in de huidige landelijke en maatschappelijke omgeving, waarbij ruimtelijke ordening, milieu en veiligheid een rol spelen.

Het project beschouwt Publieke Private Samenwerking (PPS) als essentieel voor de verwezenlijking van de doelstellingen, die leiden tot een optimaal vervoerssysteem voor de HSL-Zuid. Dit betekent dat betrokkenheid van het bedrijfsleven door middel van onder andere risicodragend investeren, noodzakelijk is; dat wil zeggen dat de exploitatie een renderende investering moet opleveren. Privatisering betekent onlosmakelijk de introductie van marktwerking. Dit wekt een spanning op tussen private deelname enerzijds en bestaand beleid en regelgeving anderzijds.

De projectorganisatie is opgedeeld in vier deelprojecten die de volgende (deel)resultaten hebben:

- vervoer:  
realisatie van contracten met één of meerdere vervoerders voor het uitvoeren van vervoersdiensten over de HSL-Zuid, door middel van private aanbesteding of een vorm van PPS;
- uitvoering Infra:  
oplevering van gebruiksklare railinfrastructuur, voor wat betreft de onderbouw in 2005 en A4, A16;
- stations:  
toegang voor de vervoerder tot stations en een inspanningsverplichting ten aanzien van de realisatie van de kwalitatief hoogwaardige stations en bijbehorende Infra;
- infraprovider:  
realiseren van een contract met een aannemer (PPS), waarmee de oplevering van een gebruiksklare infrastructuur (voor wat betreft de bovenbouw voor 2005) en onderhoud hiervan tot 2030 is gegarandeerd.

## 2.4 Organisatie en taakverdeling

(Literatuur 22, pag. 13)

Op dit moment valt de projectorganisatie onder aansturing van DG-P (V&W). Vanaf zomer 2000 zal het project worden verschoven naar RWS.

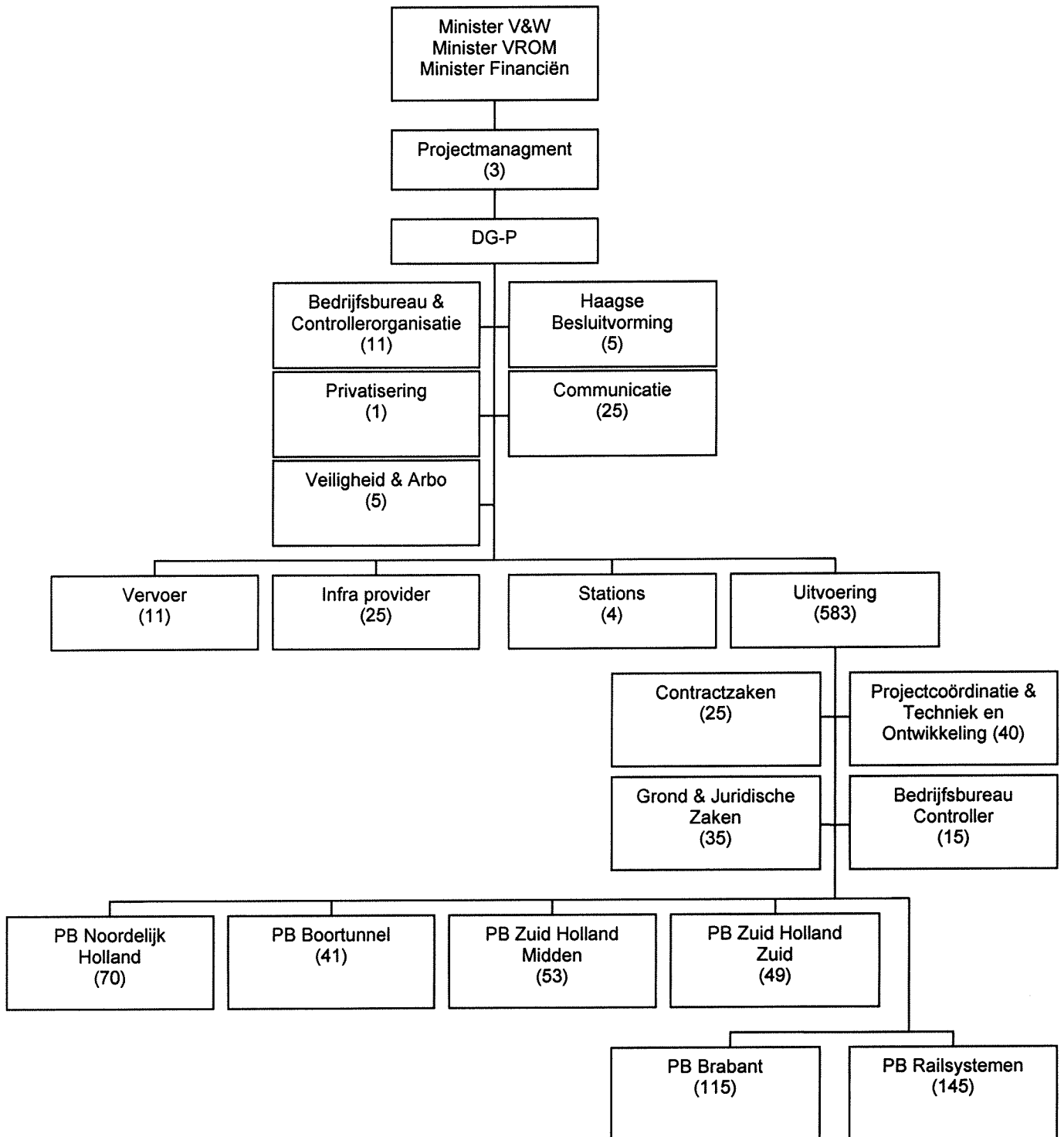
Binnen het aansturingprincipe is elke (deel)projectleider verantwoordelijk voor de inhoud en het op een beheerste wijze bereiken van het resultaat. Daarnaast draagt elke projectleider de teamverantwoordelijkheid voor het resultaat van het gehele project HSL-Zuid. Dit betekent dat de manager verantwoording aflegt aan de projectdirecteur over het eigen deelresultaat en als teamlid over het totale resultaat.

De managers van de vier deelprojecten (Uitvoering Infra, Infraprovider, Vervoer en Stations), de hoofden van de centrale staven (communicatie, veiligheid, Haagse besluitvorming en privatisering) en de managers van de projectbureaus hebben hun eigen Plan van Aanpak waarin opgenomen de te realiseren resultaten (in het kader van de projectdoelstelling), de planning en de daarvoor benodigde capaciteit en financiële middelen (budget).

Bij de projectorganisatie HSL-Zuid is er sprake van een platte structuur. Er zijn korte lijnen. Ondersteunende afdelingen en staven werken rechtstreeks voor het management en hebben geen eigen verantwoordingslijnen.

Enkele uitgangspunten voor de personele invulling van de organisatie zijn:

- De juiste mensen op de juiste plaats, ongeacht "herkomst";
- De projectonderdelen Vervoer, Stations en Infraprovider en de centrale afdelingen zijn relatief beperkt in omvang, 40 fte's. Uitvoering Infra heeft daarentegen de beschikking over 583 fte's;
- De mensen/projectmedewerkers zijn afkomstig van RWS (circa 5%), NS/RIB (ruim 20%), de VOF (een samenwerkingsverband tussen DHV en Holland Railconsult, een kleine 70%) en derden (circa 5%);
- De medewerkers van de projectorganisatie vallen onder de functionele aansturing van het projectmanagement ongeacht de moederorganisatie.



figuur 2.1 - organigram (aantal fte's staat tussen haakjes vermeld)

Taken en verantwoordelijkheden van de functionele onderdelen van de projectorganisatie:

De ministers van V&W, VROM en Financiën zijn verantwoordelijk voor het nemen en uitvoeren van politieke besluiten. De DG-P fungeert als opdrachtgever voor de projectdirecteur HSL-Zuid en het project. Daarnaast adviseert hij Minister(s) over goedkeuring van formele beslispunten.

De projectdirecteur HSL-Zuid managet het project HSL-Zuid als geheel (inclusief A16 en A4). Tot zijn taken en verantwoordelijkheden behoren:

- het opstellen en bewaken van het projectplan HSL-Zuid;
- het beoordelen en vaststellen:
  - de plannen van aanpak voor de deelprojecten;
  - de voortgangsrapportages van de deelprojecten;
  - de uiteindelijke projectresultaten.

Het deelproject Uitvoering Infra heeft onder andere als taak:

- in 2005 gebruiksklare railinfrastructuur op te leveren (ten zuiden van Rotterdam per 1 juni 2005, ten noorden van Rotterdam per 31 december 2005);
- zorgen voor aansluiting op bestaande rail in het licht van doelstelling van het totale project.

Uitvoering Infra is onderverdeeld in zes projectbureaus. Vijf hiervan zijn regionaal bepaald en zorgen voor de civiele onderbouw (fundering tot en met onderkant rail) van de nieuwe lijn. Dit zijn de projectbureaus:

1. Noordelijk Holland (incl. de verbreding van de A4);
2. Zuid-Holland Midden;
3. Zuid-Holland Zuid;
4. Brabant (incl. de verbreding van de A16);
5. Boortunnel (onder het Groene Hart);
6. Railsystemen.

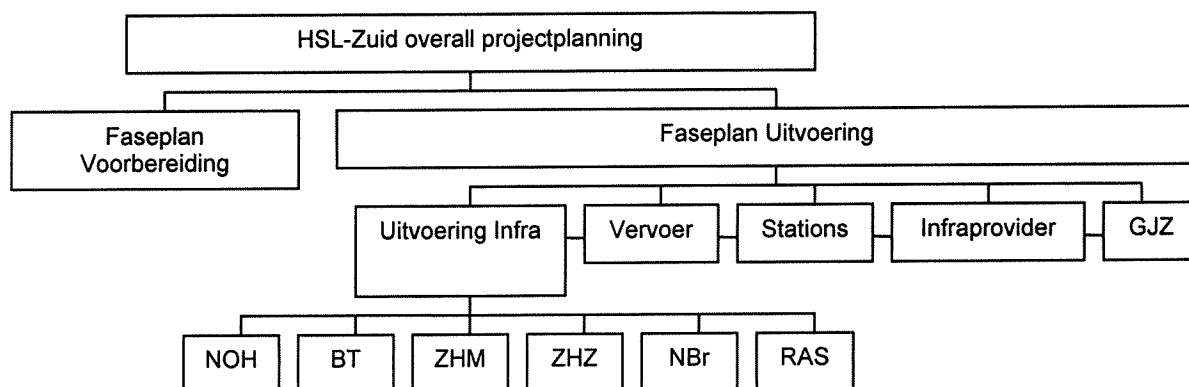
Ieder projectbureau beschikt over eigen omgevingsmanagement een eigen bureau voor contractvoorbereiding en begeleiding voor de uitvoering en een eigen bedrijfsbureau.

## 2.5 Tijd

(Literatuur 22, pag. 20)

In de overeenkomst met België wordt uitgegaan van de indienststelling van het tracédeel Belgische grens – Rotterdam op 1 juni 2005, en de indienststelling van het tracédeel Rotterdam – Schiphol op 31 december 2005. De projectorganisatie streeft ernaar zoveel mogelijk activiteiten volgens een projectmatige aanpak te structureren. De tijdsplanning van het project is opgebouwd uit een aantal logisch samenhangende plannings:

- De overall projectplanning;
- Een faseplanning voor voorbereiding en uitvoering;
- Binnen de faseplanning een activiteitenplanning deelprojecten;
- Binnen het deelprojectuitvoering plannings van de diverse projectbureaus



figuur 2.2 - samenhang planningen HSL-Zuid

Het project HSL-Zuid kent drie fases, te weten:

1. Voorbereiding tot en met het aanlegbesluit;
2. Voorbereiding van de uitvoering (inclusief grondverwerving) en inpassing in de omgeving;
3. Aanleg en realisatie (2000-2005).

Fase 1 is afgelopen. Fase 2 loopt nog voor een deel. Fase 3 omvat de realisatie van de bouw van de infrastructuur en is al van start gegaan. Deze fase wordt naar verwachting in 2005 beëindigd met de oplevering van de onderbouw en de railinfrastructuur en de start van het exploitatiebedrijf. Hierna start de beheers- en exploitatiefase van de lijn.



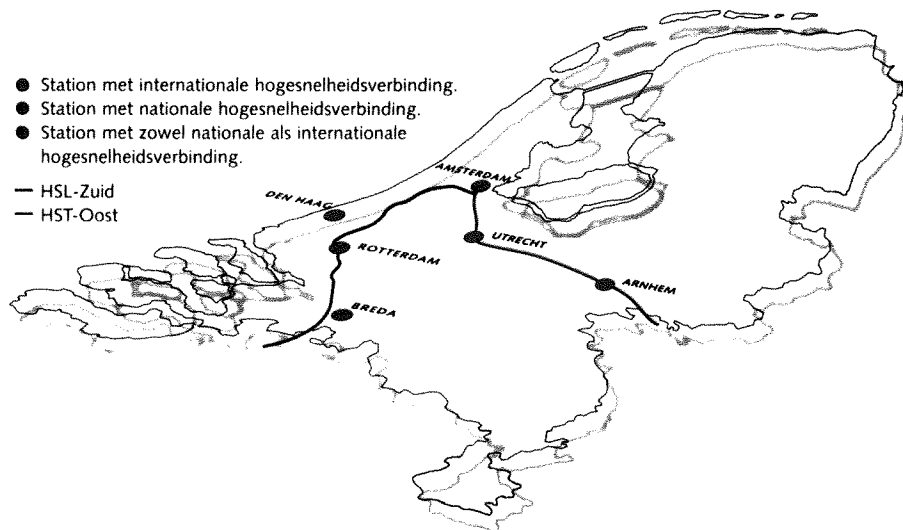
### 3 Beschrijving tracé boortunnel en de Rijnstreek

#### 3.1 Tracé boortunnel

(Literatuur 19, pag. 7-9, 35-36, 41-44)

(Literatuur 20, pag. 7-12, 22-25)

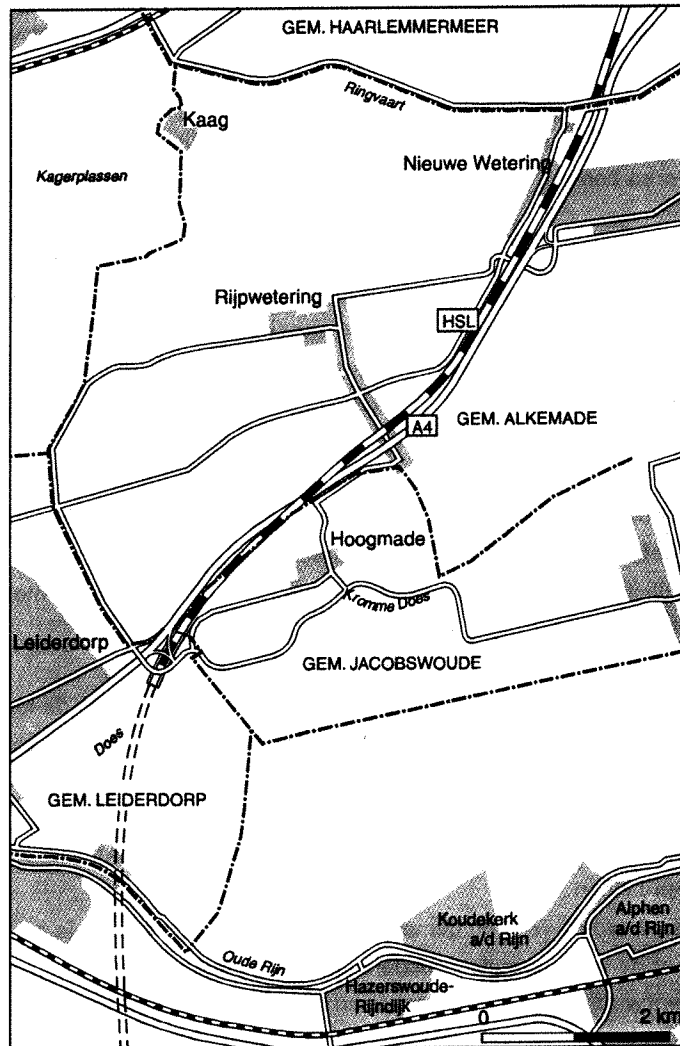
##### 3.1.1 Beschrijving horizontale ligging van het tracé



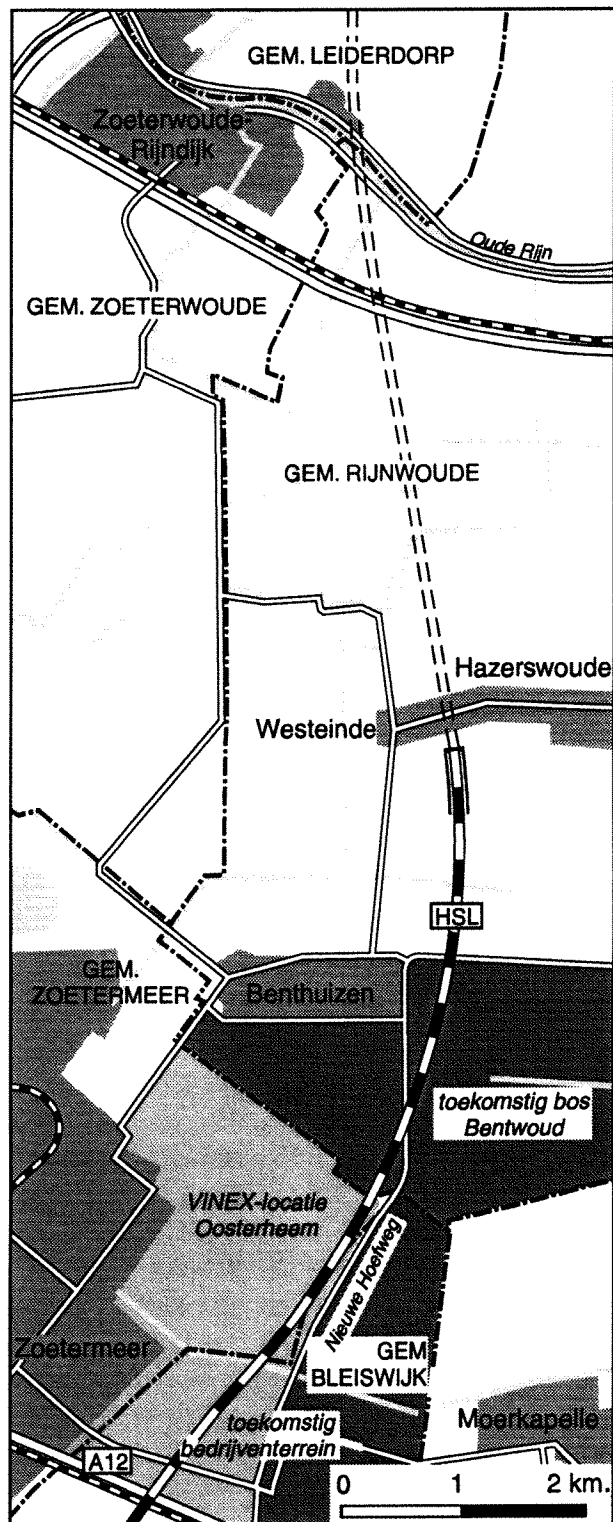
figuur 3.1 - overzichtskartaal tracé Amsterdam - Rotterdam - Belgische grens

De Hogesnelheidslijn (HSL) kruist de A4 met een zeer schuine kruising ter hoogte van Hoogmade, waarbij de snelweg ongeveer op maaiveld ligt en de HSL verhoogd aan de Oostzijde van de A4 komt te liggen. Dit ook wel de pergula-constructie genoemd. De HSL bundelt aan de oostzijde van de autosnelweg tot aan de Bospolder.

Vanaf de Bospolder gaat de HSL in een tunnel onder een deel van het Groene Hart door. Ten zuiden van Westeinde (Hazerswoude-Dorp) komt de HSL wederom boven de grond en gaat verder in de richting van Zoetermeer. (zie figuur 3.2 en figuur 3.3)



figuur 3.2 - overzicht tracédeel 2



figuur 3.3 - overzicht tracédeel 3

### 3.1.2 Beschrijving van het verticale alignement van het tracé

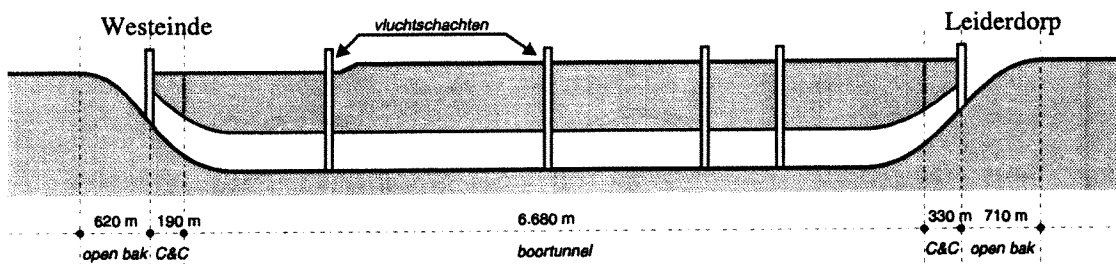
Het voorgestelde ontwerp van de korte boortunnelvariant is als volgt:

Ter hoogte van HSL-km 29,6 ligt het HSL-tracé op maaiveld. Ter hoogte van HSL-km 29,5 gaat de HSL over in een open toerit van ca. 800 meter, waarna de HSL ter hoogte van HSL-km 28,7 daalt in een "cut&cover" tunnel met een lengte van ca. 700 meter naar de passage van de Oude Rijn. Omwille van de continuering van de waterhuishoudkundige en recreatieve functies wordt de Does omgelegd naar het zuiden evenwijdig aan het HSL-tracé. De omgelegde Does kruist de HSL ter hoogte van HSL-km 28,2. De ruige kade wordt tegelijk met de Does verlegd.

Ter hoogte van HSL-km 28,0 gaat het tracé over in een geboorde tunnel van 2 km lengte onder de Oude Rijn tot voorbij de spoorlijn Leiden-Alphen a/d Rijn en voorbij de geprojecteerde Rijksweg N11. Vervolgens stijgt het tracé via een "cut&cover" tunnel met een lengte van ca. 700 meter naar een half diepe open bak met een lengte van 1,2 km. De Ringvaart wordt met een sifonconstructie onder de HSL doorgeleid. De overige waterhuishouding wordt omgeleid via de spoorloten. Even voorbij de Ringvaart ligt de HSL op maaiveld en behoudt tot voorbij de lintbebouwing van Westeinde (HSL-km 22,4) de maaiveldligging. De weg Westeinde wordt doorsneden en wordt gecontinueerd door een omlegging.

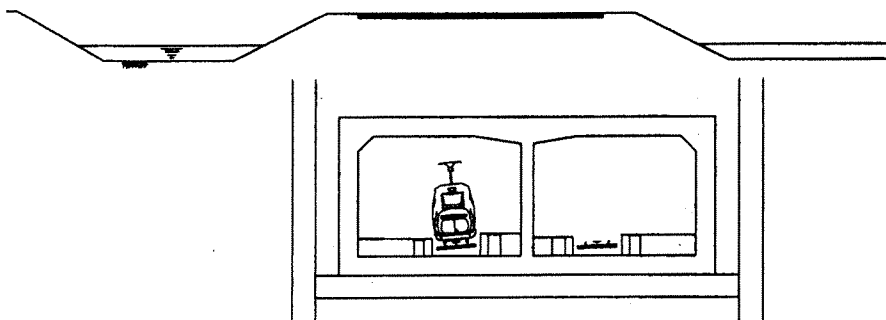
Het voorgestelde ontwerp van de lange boortunnelvariant is als volgt:

De HSL ligt vanaf HSL-km 30,3 in de Bospolder in een open bak en gaat bij HSL-km 29,6 met een "cut&cover" tunnel onder de Does door. Na de passage met de Does gaat in de polder Achthoven bij HSL-km 29,3 de "cut&cover" tunnel over in een boortunnel. De HSL ligt in een boortunnel tot ten zuiden van Westeinde. Vanaf HSL-km 22,6 gaat de boortunnel over in een "cut&cover" tunnel die bij HSL-km 22,4 overgaat in een open tunnelbak. De HSL komt tussen de Eerste en de Tweede Tocht in de polder De Noordplas boven het maaiveld. Dit is op HSL-km 21,8.

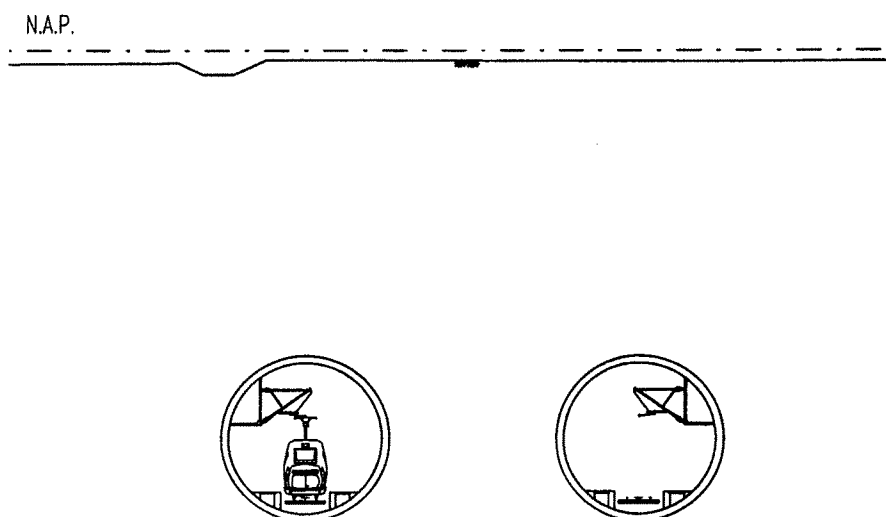


figuur 3.4 - lengteprofiel boortunnel en "cut&cover" tunnel

N.A.P.



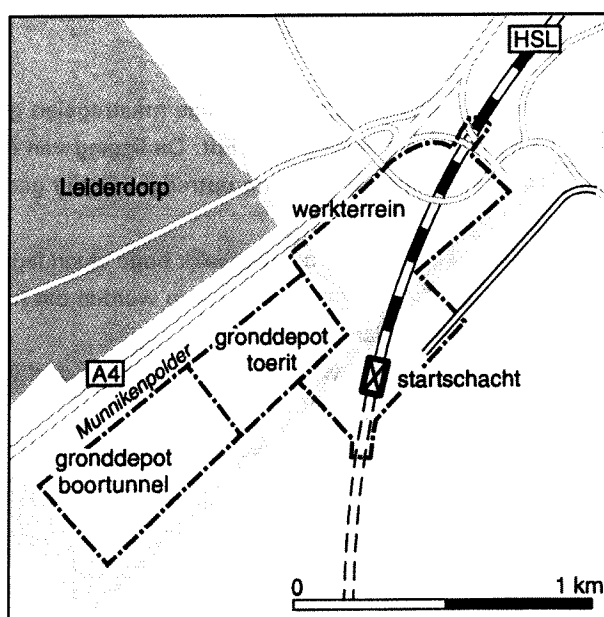
figuur 3.5 - dwarsprofiel "cut&cover" deel



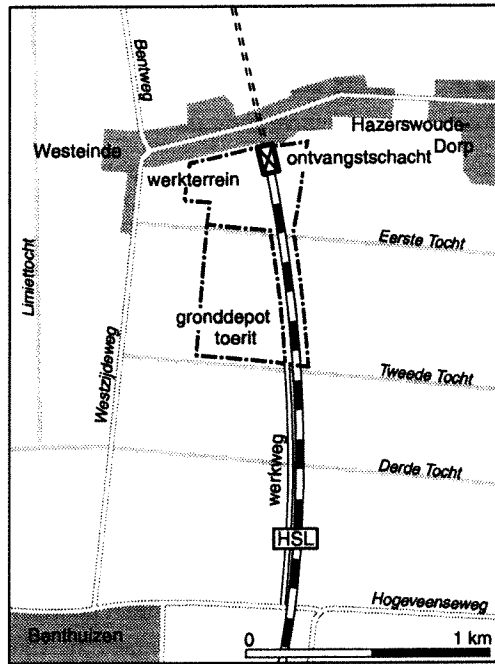
figuur 3.6 - dwarsprofiel boortunneldeel

De totale bouw van de zowel de korte als de lange boortunnel, inclusief de bouw van de toeritten, omvat een periode van ruim 5 jaar. Het totale project is opgebouwd uit de onderstaande onderdelen:

- een open toerit;
- een gesloten toerit in de vorm van een zogeheten "cut&cover" tunnel;
- een boortunnel;
- een gesloten toerit in de vorm van een "cut&cover" tunnel;
- een open toerit;
- vijf onderhouds- en vluchtschachten;
- diverse werkterreinen en gronddepots.



figuur 3.7 - startschacht Does Zuid



figuur 3.8 - ontvangtschacht Westeinde

## 3.2 De Rijnstreek

### 3.2.1 Rijnstreek-Noord: Veerpolders ten noorden van de Oude Rijn

(Literatuur 19, pag. 80-81)

#### Functioneel-ruimtelijke aspecten

In de gemeente Jacobswoude bevindt zich ter hoogte van Hoogmade een jachthaven met circa 160 ligplaatsen. Voor de bereikbaarheid van het gebied is de volgende grootschalige infrastructuur beschikbaar:

- Rijksweg A4
- Provinciale weg N446

Verder bevindt zich in dit gebied:

- Leidingstrook Rijnmond-IJmond
- Een hoogspanningsleiding

#### Visueel-ruimtelijke aspecten

De ruimtelijke begrenzing van de zuidelijke polders wordt gevormd door de bebouwing van Hoogmade, de erfbeplanting langs de Groenwegh en Ofwegen, de stadsrand van Leiderdorp en de bebouwing langs de Oude Rijn. De oriëntatiemogelijkheden zijn goed. Markante oriëntatiepunten in het gebied zijn de molens (waaronder de Doesmolen, de Achthovense Molen en de molen De Hondsdijk), het Heineken-complex en andere hoge gebouwen langs de Oude Rijn en de kerktorens van Hoogmade, Groenendijk en Koudekerk a/d Rijn. De hoogspanningsleiding in de Hondsdijkse Polder versterkt de dieptewerking van de polder. De kavelstructuur in de veenweidepolders ten noorden van de Oude Rijn is onregelmatig van karakter. Bovendien verschilt de verkavelingsrichting per polder. De polders als geheel zijn zeer open van karakter en vormen een ruimtelijke eenheid met de Doespolder en de Vlietpolder aan de noordzijde van de Ruige Kade. De oriëntatiemogelijkheden zijn goed. Het gedeelte van de polders tussen de Ruige Kade en de Molenwetering is een agrarisch gebied met natuur- en landschapswaarden (ANL-gebied) met (mogelijke) archeologische waarde.

#### Ecologische aspecten

De sloot- en oevervegetaties van de polders ten noorden van de Oude Rijn hebben een hoge tot zeer hoge natuurwaarde, met name in de Polder Achthoven, waar de internationaal bedreigde soorten krabbescheer en moeraszoutgras worden aangetroffen, evenals de bedreigde soorten: de gewone agrimonie en de padderus. Tussen de Oude Rijn en de Wijde Aa komen in het algemeen aarvederkruid, holpijp en drijvend fonteinkruid voor. Langs de Does komen plaatselijk graslandvegetaties voor met hoge natuurwaarden; elders hebben de graslanden zelf een geringe natuurwaarde. De graslanden in het veenweidegebied zijn kerngebieden binnen de ecologische hoofdstructuur (EHS) en maken deel uit van het Groene Hart. De Polder Achthoven is een agrarisch gebied met natuur- en landschapswaarden (ANL-gebied). De natuurwaarden worden (gedeeltelijk) beschermd, doordat hier een stiltegebied is vastgesteld. Het Relatie-notabeleid zal ook uitgevoerd worden, maar de begrenzing van de betreffende beheersgebieden is nog niet vastgesteld. De veenpolders ten noorden van de Oude Rijn zijn vrij rijk aan weidevogels zoals de Kievit, grutto en tureluur. Deze veenpolders in Rijnstreek-Noord worden net als die in Rijnstreek-Zuid bezocht door overwinteraars zoals smient, meerkoet en kleine zwaan. Het gebied geldt als waardevol overwinteringsgebied. Wat betreft de overige fauna dient te worden vermeld dat in deze streek zes soorten amfibieën voorkomen. Tussen Rijnstreek-Noord en -Zuid loopt een natte graslandverbinding.

### 3.2.2 Rijnstreek-Zuid: Veenpolders ten zuiden van de Oude Rijn

(Literatuur 20, pag. 65-66)

#### Functioneel-ruimtelijke aspecten

De belangrijkste woonkernen in het gebied zijn Groenendijk, Westeinde, Hazerswoude-Dorp, Bent en Benthuizen alle behorende tot de gemeente Rijnwoude. De woonkernen bestaan niet alleen uit woningen maar kennen ook lokale bedrijventerreinen.

De Oude Rijn begrenst het gebied aan de noordzijde. Naast een recreatieve vaarroute is de Oude Rijn ook een belangrijke route voor de beroepsvaart. Parallel aan de Oude Rijn ligt de provinciale weg N11 die een verbinding tussen Leiden en Alphen aan den Rijn vormt. Ten zuiden van de Oude Rijn en de N11 loopt de spoorlijn Leiden-Alphen a/d Rijn. Ten zuiden van deze spoorlijn is een nieuwe rijksweg in aanleg.

#### Visueel-ruimtelijke aspecten

Ten zuiden van de Oude Rijn bevindt zich het "Open Tussengebied". Dit gebied maakt, evenals de veenweidepolders ten noorden van de Oude Rijn, deel uit van het Groene Hart. Het gebied wordt gekenmerkt door een overgang van veenweidegebied naar droogmakerijen. Het veenweidegebied wordt landschappelijk gekenmerkt door een grote visuele openheid met zichtlijnen van 3 tot 4 kilometer en door grasland als belangrijkste grondgebruiksvorm. Het maaiveld ligt op circa NAP -1,5 tot -2 m. Het gedeelte van de veenpolders in de strook tussen de Oude Rijn en de spoorlijn Leiden-Alphen a/d Rijn kenmerkt zich door een toenemende ruimtelijke verdichting en afnemende oriëntatie in westelijke richting. De spoorlijn Leiden-Alphen a/d Rijn ligt laag en vormt in combinatie met de toekomstige N11 een belangrijke ruimtelijke begrenzing. Aan de zuidzijde van de spoorlijn heeft het gebied een open karakter. Bij Bent is sprake van een ruimtelijke verdichting door de aanwezigheid van bebouwing, beplanting (onder andere boomkwekerijen) en kassen.

#### Ecologische aspecten

De vegetatie van de graslanden van de Polder Groenendijk heeft over het algemeen een geringe natuurwaarde. De oever- en slootvegetaties hebben op een aantal plaatsen een hoge tot zeer hoge natuurwaarde. De internationaal bedreigde soorten krabbescheer en moeraszoutgras worden veel aangetroffen en plaatselijk ook waterscheerling en padderus. De totale waarde van de vegetaties in deze regio is matig hoog. Polder Groenendijk is een rijk weidevogelgebied (kievit, grutto en tureluur). Verder is deze polder ook het leefgebied van slobbeend en zomertaling. Wat betreft overwinteraars is het deel van Polder Groenendijk tussen de geprojecteerde N11 en de Vierheemskinderenweg zeer waardevol. Tussen de Vierheemskinderenweg en de Eerste Tocht is het gebied rijk aan wintergasten zoals smient, meerkoet en kleine zwaan.

Het gebied direct ten noorden van Bent is een gebied met te beschermen natuur- en landschapswaarden. Bij Hazerswoude-Dorp ligt het weidevogelreservaat "De Wilck" van Staatsbosbeheer. Dit is een zeer rijk weidevogelgebied dat tevens plaats biedt aan overwinteraars. Ook voor tureluur en slobbeend is het een belangrijk gebied. In strenge winters is "De Wilck" een belangrijke pleisterplaats voor de kleine zwaan en kolgans (hoge waarde voor overwinteraars). Naast de genoemde vogelsoorten komen hier meer algemene soorten kleine zoogdieren, reptielen en amfibieën voor. Evenals in de Rijnstreek-Noord komen in dit gebied zes soorten amfibieën voor. In het reservaat komen ook sloot- en oevervegetaties en een enkele graslandvegetatie met hoge natuurwaarden voor. De graslanden van het veenweidegebied ten zuiden van de Oude Rijn maken deel uit van het Groene Hart. De natuurwaarden worden gedeeltelijk beschermd, doordat er een milieubeschermingsgebied voor stilte is ingesteld. Ter hoogte van Hazerswoude-Dorp loopt een belangrijke ecologische verbinding tussen de gebieden bij Boskoop/Reeuwijk en de Noord Aa.



### 3.2.3 Autonome ontwikkeling Rijnstreek

(Literatuur 16, pag. 33)

De autonome ontwikkeling is de te verwachten ontwikkeling, onder andere voor de thema's "Natuurlijk milieu" en "Ruimtelijke Ordening", als de voorgenomen activiteit of de beschreven alternatieven niet worden uitgevoerd. Het is belangrijk hiervan op de hoogte te zijn om zodoende de referentie situatie helder weer te kunnen geven; de situatie van het natuurlijk milieu is geen statisch gegeven.

Bij de ontwikkeling van het Plassengebied en de veenpolders staat het openhouden van het gehele gebied voorop. Het ruimtelijk beleid is gericht op het voorkomen van een verdere uitwaaiing van stedelijke functies vanuit de omringende stedelijke gebieden. De verstedelijking zal in het kader van het Groene Hart-beleid beperkt moeten worden door de woningbouw af te stemmen op de strikt eigen woningbehoefte en door bedrijfsvestiging van buitenaf te beperken. De open ruimte en daarmee de karakteristiek van het gebied wordt veiliggesteld door versterking van de agrarische functie en handhaving en versterking van de natuur- en landschapswaarden, mede in relatie tot die in de omringende gebieden.

Bij dit alles past behoud en hier en daar versterking van de recreatieve en toeristische functie van het gebied. Dit komt terug in projecten die de aanleg c.q. verbetering van een netwerk van vaarwegen en fietsroutes tot doel hebben.

De autonome ontwikkelingen bij het thema "Natuurlijk milieu" worden met name bepaald door de uitwerking van het beleid voor het Groene Hart: handhaving van de landbouwstructuur in de vorm van veenweidestructuur en duurzame landbouwontwikkeling; daarnaast behoud en versterking van de natuur- en landschapswaarden in dit gebied. Hierbij is ook de aanleg van een aantal ecologische verbindingzones van belang.

## 4 Tracébesluit HSL-Zuid

### 4.1 Algemeen

(Literatuur 18, pag 3)

Het Tracébesluit over de Hogesnelheidslijn-Zuid (TB HSL-Zuid) is gebaseerd op de op 1 juli 1997 van kracht geworden Planologische Kernbeslissing over de HSL-Zuid (PKB HSL-Zuid). Het daarin gekozen tracé voor de hogesnelheidslijn wordt in dit Tracébesluit uitgewerkt met inachtneming van de in de PKB HSL-Zuid aangegeven grenzen of beperkingen. Bij het Tracébesluit behoort een Nota van Toelichting. Deze bestaat uit een algemeen deel en uit zeven tracédeelrapporten voor de verschillende delen van het tracé.

Het Tracébesluit HSL-Zuid voorziet in het realiseren van de infrastructuur voor het Nederlandse deel van de hogesnelheidsspoorverbinding Amsterdam-Rotterdam-Brussel-Parijs/London. Dit inclusief de verbindingssporen tussen de hogesnelheidslijn en het bestaande spoorwegnet, die nodig zijn voor een efficiënte exploitatie en voor het medegebruik van de lijn door ondermeer binnenlandse treinen.

### 4.2 Procedure inzake Tracébesluit

(Literatuur 18, pag. 3-8)

Op 1 juli 1997 is de Planologische Kernbeslissing (PKB) over de HSL-Zuid van kracht geworden. Hiermee is de parlementaire besluitvorming afgesloten over het Nederlandse deel van de hogesnelheidsspoorverbinding Amsterdam-Brussel-Parijs. Besloten is dat deze lijn in Nederland zal worden gerealiseerd door het aanleggen van nieuwe hoge snelheidsspoorlijnen: tussen Amsterdam/Schiphol en Rotterdam en tussen Rotterdam en de Belgische grens via Breda. Tevens is in de PKB HSL-Zuid de ligging van het Tracé in hoofdlijnen vastgelegd.

De volgende stap na het vaststellen van de PKB is het verder uitwerken van het gekozen tracé. Dit vindt plaats volgens de regels van de Tracéwet. De in de wet opgenomen tracévaststellingsprocedure houdt in, dat binnen de grenzen of beperkingen die in de PKB HSL-Zuid zijn vastgelegd, een Tracébesluit wordt uitgewerkt. Ten behoeve van dit Tracébesluit is een aanvulling op het milieu-effectrapport (MER) opgesteld, dat in dit besluit is geïntegreerd.

In verband met de uitwerking tot een Tracébesluit is op veel plaatsen intensief overleg gevoerd met onder meer

- de gemeenten;
- de provincies;
- de water-, hoogheemraad- en zuiveringsschappen;
- diverse instanties en
- bewoners

over aspecten als

- de ligging en de uitvoering van het tracé;
- de inpassing van het tracé;
- het verlenen van planologische medewerking;
- de financiële aspecten;
- de grondverwerving en
- de betrokkenheid van de bevolking bij het proces.

Om bij het uitwerken van het tracé zoveel mogelijk te kunnen inspelen op lokale of regionale verschillen, zijn er zeven tracédelen onderscheiden. Voor de verschillende tracédelen is gestart met het inventariseren van de door de provincies, gemeenten en andere instanties ingebrachte wensen en randvoorwaarden. Deze inventarisaties zijn besproken in bestuurlijk overleg tussen de rijksoverheid en de betrokken provincie, gemeenten en water-, hoogheemraad- en zuiveringsschappen.

Langs de meeste tracédelen zijn met omwonenden en andere belanghebbenden werkbijeenkomsten belegd, met als bedoeling specifieke knelpunten in beeld te brengen en daarvoor suggesties voor oplossingen aan te geven. De resultaten van deze bijeenkomsten zijn ingebracht in het bestuurlijk overleg met de provincies, de gemeenten en de waterschappen. Vervolgens zijn er informatiemarkten georganiseerd, waar terugmelding werd gedaan over de resultaten van de werkbijeenkomsten met de bevolking en verdere informatie werd gegeven.

Het ontwerp-Tracébesluit over de HSL-Zuid heeft van 7 november 1997 tot en met 17 december 1997 ter inzage gelegen. Gedurende deze periode kon zowel schriftelijk als mondeling op het ontwerp-Tracébesluit worden gereageerd. Van 25 november 1997 tot en met 4 december 1997 zijn er hoorzittingen georganiseerd. Aan betrokken provincies, gemeenten en waterschappen is gevraagd hun schriftelijk oordeel te geven over het ontwerp-Tracébesluit. Daarnaast is aan de betrokken provincies en gemeenten gevraagd om op basis van het ontwerp-Tracébesluit te verklaren of zij al of niet bereid zijn planologisch medewerking te verlenen. De Commissie voor de milieu-effectrapportage heeft de aanvulling op het MER, ten behoeve van het Tracébesluit, getoetst.

Na de fase van voorlichting, inspraak en advies over het ontwerp-Tracébesluit heeft de minister van V&W, in overeenstemming met de minister van VROM, het Tracébesluit voor de HSL-Zuid vastgesteld. Tegen het Tracébesluit staat beroep op bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State. De volgende planologische stap die nog gezet moet worden voordat de HSL-Zuid daadwerkelijk kan worden gerealiseerd, is het door provincies en gemeenten aanpassen van de benodigde streek- en bestemmingsplannen. Ook moet er nog een groot aantal vergunningen worden verleend voordat de bouw kan starten.

Na de vaststelling van het Tracébesluit door de ministers van VROM en V&W moeten de betrokken provincies en gemeenten planologisch medewerking verlenen. Provincies en gemeenten die bereid zijn tot planologische medewerking dienen de medewerking binnen één jaar na vaststelling van het Tracébesluit te hebben verleend. De gemeenten die niet de bereidheid hebben uitgesproken tot planologische medewerking hebben gelijktijdig met de vaststelling van het Tracébesluit een aanwijzing tot medewerking van de minister van VROM gekregen. In geval van een gemeente is de raad verplicht om binnen één jaar na het ministeriële besluit een bestemmingsplan vast te stellen of te herzien.

## 4.3 **Beleid en regelgeving**

(Literatuur 18, pag. 11-13)

### 4.3.1 **Beleid op het gebied van ruimtelijke ordening, natuur en landschap**

In een aantal door de rijksoverheid vastgestelde beleidsnota's zijn uitgangspunten opgenomen die van belang zijn voor het verder uitwerken van het tracé van de HSL-Zuid. Het betreft beleidsdoelstelling op het gebied van de ruimtelijke ordening en natuur en landschap, die ondermeer te vinden zijn in de Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening Extra (VINEX), het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV-2) en het Structuurschema Groene Ruimte (SGR). Ook door de betrokken provincies en stadsregio's zijn op deze beleidsterreinen uitgangspunten geformuleerd. Deze zijn onder andere te vinden in het Provinciaal beleidsplan Natuur en Landschap van Zuid-Holland en de streekplannen Amsterdam-Noordzee-kanaalgebied, Zuid-Holland Oost, West, Zuid en Rijnmond en Noord-Brabant.

Uit de VINEX en het SVV-2 valt op te maken dat er bij het tracé-ontwerp naar gestreefd dient te worden, verdere compartimentering en visuele en feitelijke verkleining van grootschalige open ruimten te voorkomen. Hierbij heeft men vooral het oog op de gevolgen van verdichting langs infrastructuur en van verstedelijking en glastuinbouw.

Het Provinciaal beleidsplan Natuur en Landschap van de Provincie Zuid-Holland sluit hierop aan. Het acht een goede inpassing van het tracé van belang en spreekt een voorkeur uit voor bundeling met andere infrastructuur. Verder vraagt dit plan bij de aanleg van het tracé aandacht voor de barrièrewerking en het minimaliseren daarvan.

Het streekplan Zuid-Holland West voegt daar een aantal aanvullende inpassingsvoorwaarden aan toe. Een van deze inpassingsvoorwaarden is een zorgvuldige ruimtelijke inpassing in het Bentwoud.

### 4.3.2 **Beleid en wet- en regelgeving op milieugebied**

In diverse rijksnota's zijn beleidsuitspraken opgenomen, die het belang benadrukken dat van overheidswege aan het behoud van een goed milieu wordt gehecht. Zo is in het SVV-2 gesteld dat het akoestisch ruimtebeslag – dat is het gebied waarbinnen geluidshinder optreedt – en het aantal geluidsgehinderden ten opzichte van 1986 niet mag toenemen. Algemeen gesteld wordt bij bestaande situaties gestreefd naar een zo laag mogelijke geluidsbelasting.

Voor het beoordelen van de geluidshinder gaat de Wet geluidshinder voor onder andere weg- en railverkeer uit van een geluidszone. De bij de nieuw aan te leggen hogesnelheidslijn behorende geluidszone wordt door de Minister van VROM vastgesteld.

In de wet en in het Besluit geluidshinder spoorwegen is, met ingang van het jaar 2000, voor nieuw aan te leggen spoorlijnen opgenomen dat een geluidsbelasting voor woningen van 57 dB(A) niet moet worden overschreden. Mocht deze "voorkeursgrenswaarde", ook na het treffen van geluidsafschermdende maatregelen, niet gehaald kunnen worden, dan kan door de provincie een hogere waarde voor de geluidsbelasting worden vastgesteld. Volgens de wet geldt als bovengrens bij nieuwe spoorlijnen een maximum toelaatbare geluidsbelasting van 70 dB(A); in de praktijk wordt echter slechts bij hoge uitzondering een geluidsbelasting boven de 65 dB(A) toegelaten.

### 4.3.3 Toepassen van het compensatiebeginsel

(Literatuur 18, pag 14-15)

Uitgangspunt van het Structuurschema Groene Ruimte is, dat natuurwaarden in beginsel niet worden aangetast. Aantasting kan alleen plaatsvinden als er zwaarwegende belangen in het spel zijn, en onder de voorwaarde dat deze natuurwaarden worden gecompenseerd. Dit beleidsuitgangspunt wordt aangeduid als het "compensatiebeginsel". De aan te leggen hogesnelheidslijn doorsnijdt of beïnvloedt op een aantal plaatsen gebieden met een bijzondere status ten aanzien van natuur-, bos- en recreatiewaarden.

Bij het toepassen van het compensatiebeginsel is gestart met het vaststellen van de omvang en de kwaliteiten van de gebieden, waarvoor een dergelijke verplichting geldt. Aan de hand van de door de aanleg van de lijn optredende milieu-effecten is vervolgens nagegaan of de negatieve gevolgen op enigerlei wijze te voorkomen of te verminderen zijn. De compensatie zal gezocht worden in de daartoe aangewezen zoekgebieden.

Over de wijze van toepassen van het compensatiebeginsel is overleg gepleegd met de betrokken overheden en natuur- en landbouworganisaties, alsmede met de recreatieschappen.

Bij het bepalen van de omvang van het te compenseren gebied kunnen drie thema's worden onderscheiden: vernietiging, verstoring en versnippering. Voor elk daarvan gelden verschillende uitgangspunten.

- Vernietiging

Alle oppervlakten en waarden binnen de te compenseren gebieden die als gevolg van de aanleg van de hogesnelheidslijn teloor gaan, worden voor 100% gecompenseerd.

- Verstoring

Voor verstoring van natuur-, landbouw- en recreatiegebieden wordt, indien de HSL geheel of grotendeels voor de verstoring zorgt, 50% van het oppervlak in de eerste zone van 750 meter van het tracé en 20% in de daarop volgende zone van 750 meter gecompenseerd. Als de verstoring slechts ten dele voor rekening van de HSL komt, wordt uitgegaan van respectievelijk 25% en 10%. Voor verstoring wordt niet gecompenseerd indien de HSL nagenoeg niet bijdraagt aan de verstoring.

- Versnippering

Gebieden, aangemerkt als kerngebieden en als natuurontwikkelingsgebieden binnen de (provinciale) ecologische hoofdstructuur, waar versnippering plaatsvindt, worden in beginsel voor 100% gecompenseerd. Daarbij geldt dat van versnippering alleen sprake is als gebieden resteren die kleiner zijn dan 50 ha. Barrièrewerking van de HSL zal door middel van inpassingsmaatregelen zoveel mogelijk worden gemitigeerd.

#### 4.3.4 Regelgeving met betrekking tot de bouw- en aanlegfase

(Literatuur 18, pag 15-18)

Afhankelijk van de bouw- en aanlegtijd van het spoor zullen er in de spoorzone en in de bouwzone tal van werkzaamheden worden uitgevoerd die in meer of mindere mate invloed op de omgeving zullen hebben.

Voor bouwactiviteiten als bijvoorbeeld de bouw van een tunnel of van een viaduct, worden grenswaarden aanbevolen die zijn opgenomen in de Circulaire Bouwlawaaai. De Circulaire Bouwlawaaai beveelt aan dat de geluidsbelasting tijdens de dagperiode (van 7-19 uur) maximaal 60 dB(A) etmaalwaarde bedraagt. Voor werkzaamheden korter dan één maand mag een waarde van 65 dB(A) worden gehanteerd.

Voor industrielawaai zijn de regels strenger. Voor nieuwe inrichtingen beveelt de circulaire een maximum geluidsbelasting van 50 dB(A) etmaalwaarde aan op de gevel van de dichtstbijzijnde woning. Indien de geluidsbelasting hoger dan deze waarde is, dan wordt het achtergrondniveau van de omgeving als referentie aangehouden. Met name in verstoringgevoelige gebieden zal dit leiden tot een extra inspanning om de geluidsbelasting van de bouw- en aanlegactiviteiten tot een minimum te beperken.

De beide circulaire's hebben in formeel-juridische zin de status van aanbevelingen, maar uit jurisprudentie blijkt echter dat de aanbevelingen in de praktijk als regels werken. Naast deze algemene regels kunnen gemeenten, op basis van een Algemene Plaatselijke Verordening (APV) eigen eisen stellen ten aanzien van geluidshinder tijdens de bouw.

Bij de bouw van de hogesnelheidslijn zullen twee beschermingsniveaus voor het milieu worden onderscheiden, te weten een basis-beschermingsniveau en een bijzonder beschermingsniveau. Voor het basis-beschermingsniveau zullen algemeen gangbare (bouw)technieken worden toegepast voor de bouw- en aanlegwerkzaamheden. Op plaatsen waar bijzondere bescherming nodig is zullen, waar de uitvoering dat toelaat, aanvullende beschermingsmaatregelen worden getroffen. Als uitgangspunt geldt daarbij, dat de milieubelasting in de bouw- en aanlegfase in beginsel niet hoger mag zijn dan de milieubelasting in de gebruiksfase. Locaties die extra bescherming behoeven, zijn de gebiedscategorieën uit het Structuurschema Groene Ruimte, milieubeschermingsgebieden voor stilte, voor drinkwaterwinning, bedrijventerreinen en woonlocaties.

## 5 Het Referentieontwerp

### 5.1 Inleiding

Het Referentieontwerp van de lange boortunnelvariant is gebaseerd op het Tracébesluit. Aan het Tracébesluit is de Planologische Kernbeslissing (PKB) over de HSL-Zuid vooraf gegaan. Het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant is gebaseerd op het tracé zoals dat is uitgewerkt in de "Partiële herziening van de Planologische Kernbeslissing HSL-Zuid betreffende de boortunnel onder het Groene Hart". Het Referentieontwerp is een technisch-constructieve uitwerking van het Tracébesluit.

### 5.2 De korte en de lange boortunnelvariant

In het Referentieontwerp is gekozen voor twee enkelsporige tunnelbuizen voorzien van drie vluchtschachten. De twee tunnelbuizen zijn onderling verbonden met dwarsverbindingen. Deze dwarsverbindingen worden om de drie honderd meter aangebracht met behulp van vriestechnieken.

De twee enkelvoudige tunnelbuizen worden met behulp van twee vloeistofschild tunnelboormachines (TBM's) geboord. De diameter van beide tunnelbuizen bedraagt 9,54 m zodat een vrij oppervlak van 60 m<sup>2</sup>, vereist voor de luchtdrukproblematiek, wordt verkregen.

De drie vluchtschachten liggen op een afstand van circa 2000 meter van elkaar. In het Referentieontwerp is opgenomen dat de vluchtschachten gereed zijn voor het passeren van de tunnelboormachine. De TBM boort zich door een opening in de wand van de vluchtschacht heen en eindigt vervolgens in een blok van lage sterkte mortel.

De toeritten van de tunnel bestaan uit een open en een gesloten gedeelte. Beide worden uitgevoerd in een open bouwkuip en hebben een onderwaterbetonvloer met trekpalen. In het gesloten gedeelte dient het dak van de "cut&cover" tunnel als stempel. In het open gedeelte zal een stempelconstructie worden aangebracht.

Het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant is een afgeleide van het Referentieontwerp van de lange boortunnelvariant. In de korte variant zit ook een boortunnel, alleen is deze veel korter uitgevoerd dan die in de lange variant. Om het tijdpad van de lopende zaken met betrekking tot de vergunningen niet te verstoren, is ervoor gekozen om de plaats van de vluchtschachten niet te wijzigen. Dit heeft geresulteerd tot een Referentieontwerp dat uit twee enkelsporige tunnelbuizen tussen twee vluchtschachten bestaat. De twee tunnelbuizen zijn onderling verbonden met dwarsverbindingen. Deze dwarsverbindingen worden om de drie honderd meter aangebracht met behulp van vriestechnieken.

Net als bij de lange boortunnelvariant worden de twee enkelvoudige tunnelbuizen met dezelfde diameter met behulp van twee vloeistofschild TBM's geboord. Opmerkelijk is dat er ook nu twee tunnelboormachines worden ingezet. Dit laatste moet de deadline van 2005 kunnen garanderen.

De toeritten van de korte boortunnelvariant bestaan eveneens uit een open en een gesloten gedeelte. Deze worden op gelijke wijze uitgevoerd als bij de lange boortunnelvariant.

De zuidelijke toerit bevat naast het open en het gesloten gedeelte ook nog een zettingsvrije plaat. Deze zettingsvrije plaat heeft een lengte van ruim twee kilometer en ligt in polder De Noordplas op maaiveld.

Het verticale alignement van de korte en de lange boortunnelvariant staat hieronder van noord naar zuid in de onderstaande tabel weergegeven. Op de volgende pagina's staan grafische weergaven van het verticale alignement.

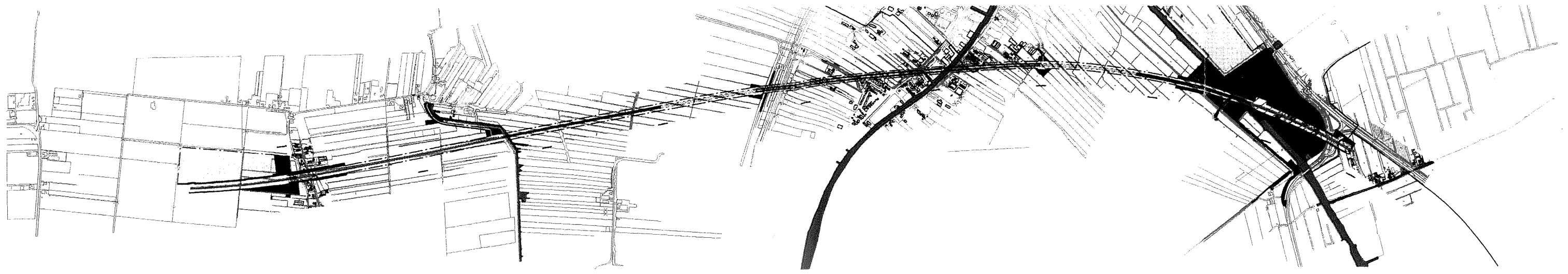
Lange boortunnelvariant	HSL-km	HSL-km	Totale lengte
Open bak noordelijke toerit	30,390	29,780	610 m
"Cut&cover" tunnel noordelijke toerit	29,780	29,610	170 m
Boortunnel	29,610	22,600	7010 m
"Cut&cover" tunnel zuidelijke toerit	22,600	22,410	190 m
Open bak zuidelijke toerit	22,410	21,770	640 m

De vlucht- en onderhoudschachten bevinden zich op HSL-km 28,000, HSL-km 25,935 en HSL-km 24,000.

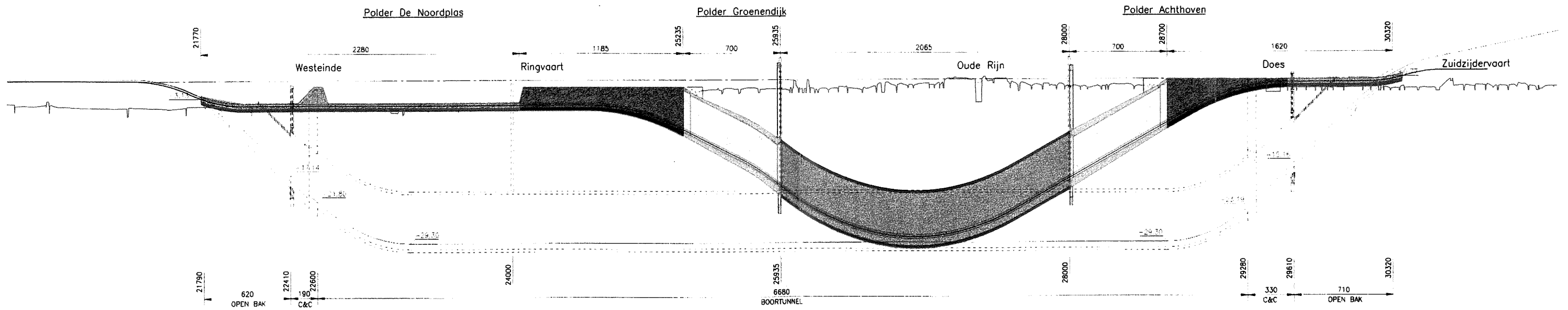
Korte boortunnelvariant	HSL-km	HSL-km	Totale lengte
Open bak noordelijke toerit	30,320	28,700	1620 m
"Cut&cover" tunnel noordelijke toerit	28,700	28,000	700 m
Boortunnel	28,000	25,935	2065 m
"Cut&cover" tunnel zuidelijke toerit	25,935	25,235	700 m
Open bak zuidelijke toerit	25,235	24,050	1185 m
Zettingsvrije plaat	24,050	21,770	2280 m

De vlucht- en onderhoudschachten bevinden zich op HSL-km 28,000, HSL-km 25,935.

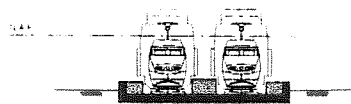




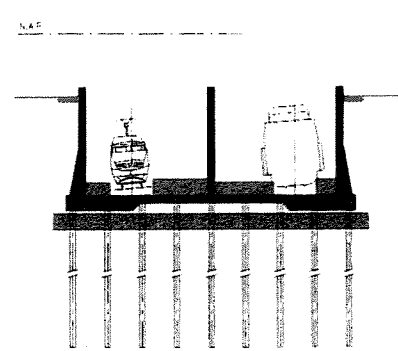
Situatie



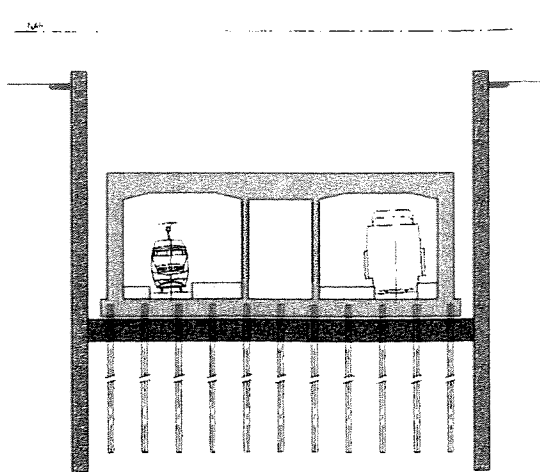
Lengteprofiel



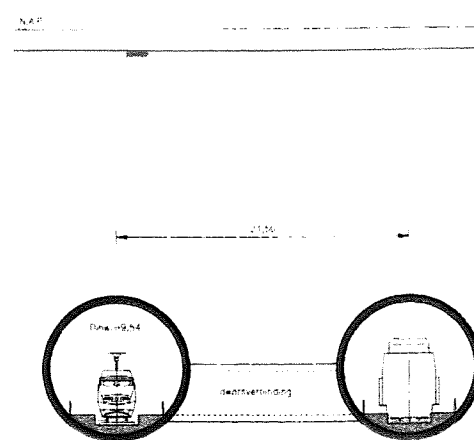
Zettingsvrije plaat



Open toerit

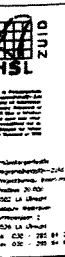


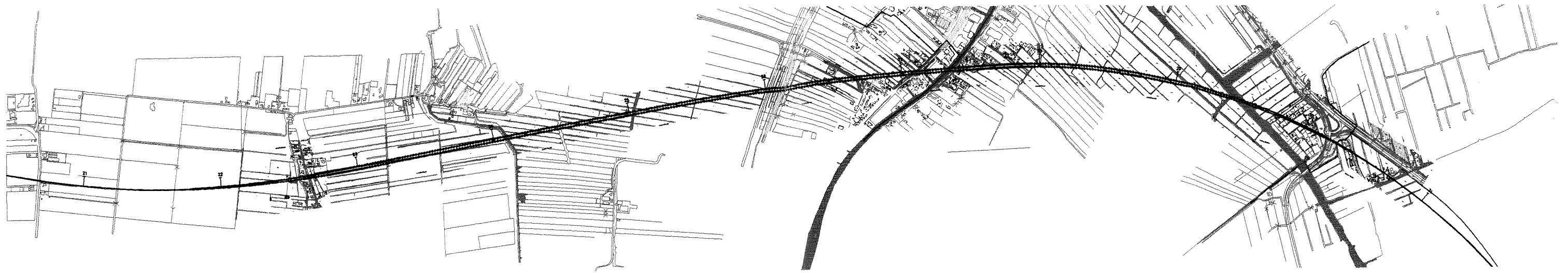
Gesloten toerit



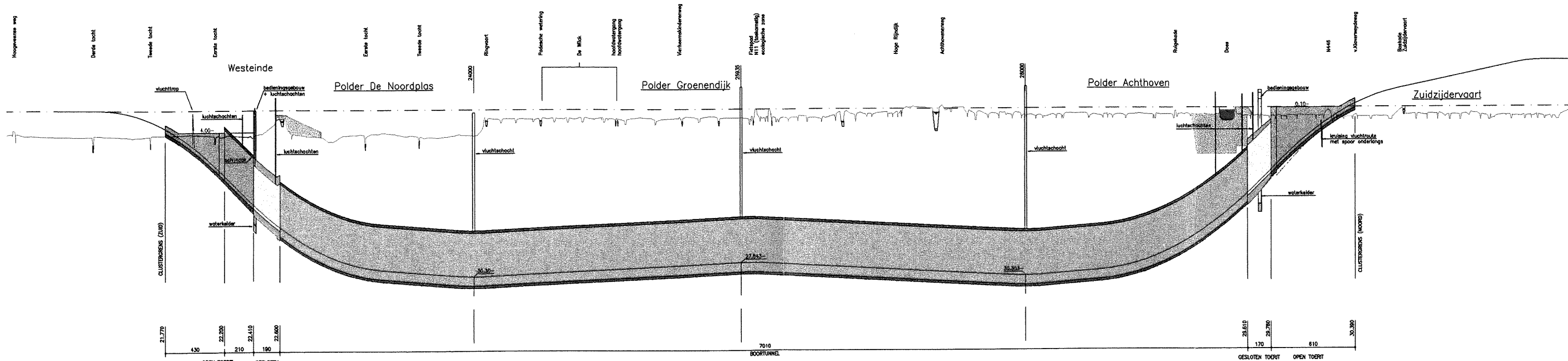
Boortunnel

project	lijn	station	referentie	status
A. Duister	260499			IN ONTWIKKELING
projectleider	A. Duister	260499		Referentieontwerp
ontwerper	M. v. d. Sluis	260499		deelnemer
ontwerpnummer				
ontwerp in meters				
ontwerp in m. t.o.v. N.A.P.				
ontwerpnummer				M101-DSM-02-014
Boortunnel "Groene Hart"				
Korte boortunnelvariant				
Tracé A1				
ontwerpnummer	C00	102	HU	07
ontwerpnummer				4

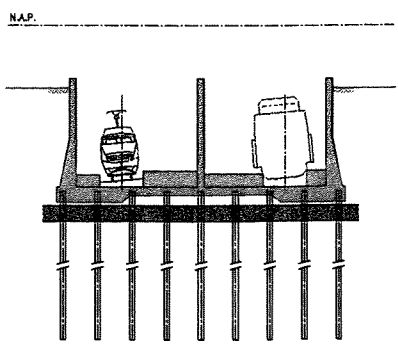




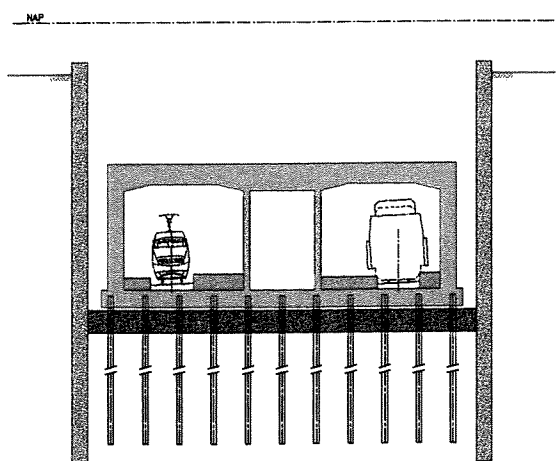
Situatie  
schaal 1:10000



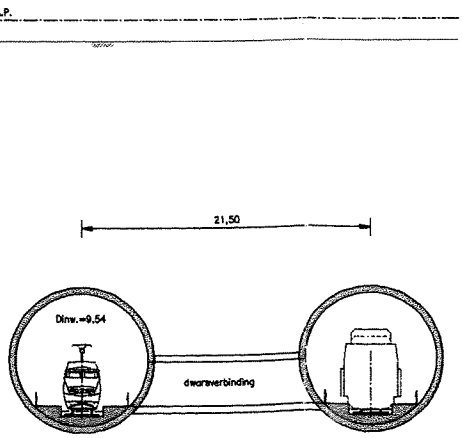
Lengteprofiel  
schaal 1:10000/1:250



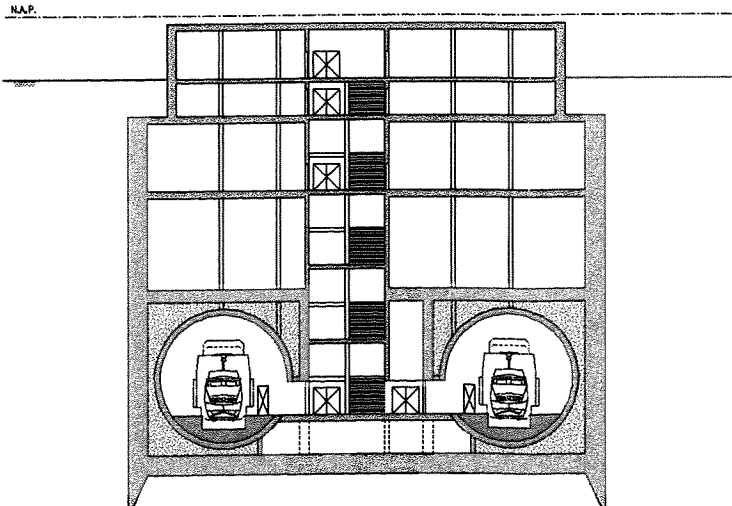
Open toerit  
schaal 1:200



Gesloten toerit  
schaal 1:200



Boortunnel  
schaal 1:200



Vluichtschacht  
schaal 1:200

ontwerp	in	ontwikkeling	IN ONTWIKKELING
referentie	Referentieontwerp		
projectnummer	M101-DSM-02-005		
locatie	Boortunnel "Groene Hart"		
schaal	1:200		
datum			
ontwerper			
controle			
aanvrager			
opdrachtgever			
locatie			
schaal			
datum			
ontwerper			
controle			
aanvrager			
opdrachtgever			



## 6 De milieu-effectrapportage

### 6.1 Inleiding

(Literatuur 18, pag. 43-77)

Bij het Tracébesluit behoort een aanvulling op het milieu-effectrapport (MER) van de PKB HSL-Zuid. Dit milieu-effectrapport is geen afzonderlijk rapport; dit komt met name tot uitdrukking in de tracédeelrapporten. In deze tracédeelrapporten heeft het beoordelingskader als leidraad gediend voor de effectbeschrijvingen. In het milieu-effectrapport is een verantwoording verwerkt in hoeverre zich sinds het vaststellen van de PKB HSL-Zuid wijzigingen en aanvullingen hebben voorgedaan in de milieugevolgen van de aanleg van de lijn. Deze wijzigingen en aanvullingen zijn voortgevloeid uit intensief overleg met de besturen van gemeenten, provincies en waterschappen. Het milieu-effectrapport is daarbij gehanteerd als een technisch hulpmiddel om de milieugevolgen van de voorgestelde oplossingen bij de afweging te kunnen betrekken. Het milieu-effectrapport heeft bij het opstellen van het tracébesluit tot doel, de milieugevolgen zodanig in beeld te brengen dat het milieu doorwerkt bij de besluitvorming. Het toegepaste beoordelingskader heeft daarbij een dubbelfunctie:

- in eerste instantie waarborgt het een consistente toetsing van de milieu-effecten langs het gehele tracé. Het zorgt ervoor dat deze effecten langs deze zeven tracédelen op een uniforme manier zijn beschreven en beoordeeld;
- in de tweede plaats is het beoordelingskader een hulpmiddel bij het afwegen van de varianten die bij de voorbereiding van het Tracébesluit HSL-Zuid in beschouwing zijn genomen.

### 6.2 Het beoordelingskader

(Literatuur 15, pag. 35-36)

Het beoordelingskader vormt de basis waarop de verschillende tracéalternatieven systematisch en verificerbaar worden beschreven, vergeleken en getoetst.

Het beoordelingskader kent een aantal thema's (bijvoorbeeld Ruimtelijke Ordening) met daarbinnen aspecten (bijvoorbeeld wonen), die voor een integrale effectbeschrijving en –vergelijking relevant worden geacht. De effectbeschrijving en –vergelijking vinden in hoofdzaak plaats aan de hand van binnen deze aspecten geselecteerde toetsingscriteria, waarmee de optredende effecten waar mogelijk kwantitatief kunnen worden bepaald. In de onderstaande tabellen zijn de thema's, aspecten, criteria en eenheden van het beoordelingskader weergegeven.

**Thema: Natuurlijk milieu**

Aspect	Criterium	Eenheid
Landschap	Aantasting openheid	Kilometer
	Aantasting kleinschaligheid	Kilometer
	Aantasting oriëntatie	Kilometer
	Aantasting cultuurhistorische waarden	Kilometer
	Aantasting aardkundige waarden	Kilometer
Ecologie	Kwantitatief biotoopverlies	Hectare
	Kwalitatief biotoopverlies door verstoring	Hectare
	Kwalitatief biotoopverlies door versnippering	Kilometer
	Verbreking van ecologische relaties	Aantal
Bodem en water	Vergraven bodems	Kilometer
	Doorsnijding bodembeschermingsgebieden	Kilometer
	Doorsnijding grondwaterbeschermingsgebieden	Kilometer
	Zandbehoefte	M <sup>3</sup>
	Te bergen baggerspecie	M <sup>3</sup>
	Verontreinigde bodemlocaties	Aantal

**Thema: Ruimtelijke Ordening**

Aspect	Criterium	Eenheid
Wonen	Aantasting bestaande woonlocaties	Aantal
	Aantasting geplande woonlocaties	Aantal
Werken	aantasting bestaande bedrijventerreinen	Aantal
	aantasting geplande bedrijventerreinen	Aantal
Recreatie	Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen	Aantal
	Aantasting geplande recreatieve voorzieningen	Aantal
	Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	Aantal
	Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes	Aantal
Landbouw	Verlies aan landbouwareaal	Hectare
	Aantasting agrarische bedrijfsstructuren	Aantal doorsneden huiskavels
	Aantasting bestaande agrarische lintbebouwing	Aantal
	Aantasting landinrichtingsprojecten	Aantal
Infrastructuur	Strakke bundeling met bestaande infrastructuur	Kilometer

**Thema: Woon- en leefmilieu**

Aspect	Criterium	Eenheid
Geluid en trilling	Te amoveren woningen	Aantal
	Totaal gehinderden door geluid	Aantal
	Aantasting verblijfsrecreatie	Aantal
	Aantasting stiltegebieden	Hectare
	Geluidbelast oppervlak	Hectare
	Trillingshinder (woningen)	Aantal
Sociale veiligheid	Totaal gehinderden door trilling	Aantal
	Afname sociale veiligheid	[-]
	Visuele hinder	Aantal woningen
Bereikbaarheid	Gedwongen vertrek (sloop van woningen)	[-]
		[-]
Barrièrewerking		[-]

### 6.3 Beschouwing korte en lange boortunnelvariant

In de tabellen van bovenstaande paragraaf zijn voor het beoordelingskader de thema's, aspecten en criteria opgesomd. De thema's Natuurlijk milieu, Ruimtelijke Ordening en Woon- en leefmilieu worden besproken en toegelicht aan de hand van enkele thematische kaarten. Deze kaarten zijn bijgevoegd in de bijlage. In deze fase van het afstudeeronderzoek is geïnventariseerd welke aspecten er mogelijk van invloed kunnen zijn. Er worden geen conclusies getrokken.

In de volgende fase worden beide varianten vergeleken. Uit de bovenstaande aspecten wordt een keuze gemaakt en met de bijbehorende criteria als toetsingscriteria meegenomen in de volgende fase van het afstudeeronderzoek. Deze keuze wordt in het begin van de volgende fase gemaakt en onderbouwd in de eerstvolgende rapportage.

Een korte beschouwing van de invloed van de diverse aspecten op beide varianten is gemaakt en te vinden in de volgende tabellen. De beschouwing in tabelvorm geeft een goede indruk van wat er speelt bij beide boortunnelvarianten.

6.3.1 Natuurlijk milieu

Aspect: Landschap

TOETSINGSCRITEIA	OMSCHRIJVING	KORTE BOORTUNNEL	LANGE BOORTUNNEL
Aantasting openheid	Eigenschap van een gebied met weinig of geen ruimtebegrenzende elementen (waardoor verre uitzichten mogelijk zijn).	Ernstige aantasting van polder Achthoven, polder Groenendijk en polder de Noordplas.	Minimale aantasting. Alleen kleine aantasting bij toerit Noord en Zuid.
Aantasting kleinschaligheid	De eigenschap van een gebied met een ingewikkelde structuur en elementen met kleine maten en veel afwisseling.	Ernstige aantasting van Westeinde. Tracé doorsnijdt de lintbebouwing.	Minimale aantasting. De Boortunnel komt net na Westeinde boven maaiveld.
Aantasting oriëntatie	Mate waarin een gebied ruimtelijk is opgebouwd (waardoor iemand kan bepalen waar hij zich bevindt).	Ernstige aantasting over het gehele tracé met uitzondering van het geboorde gedeelte.	Geen aantasting van de oriëntatie. Invloeden van de vluchtschachten en de toeritten werken zelfs positief.
Aantasting cultuurhistorische waarde	Waarde ontstaan door de occupatie door de mens van een gebied, waardoor men inzicht verkrijgt in (een deel van) de beschavingsgeschiedenis	Diverse boerderijen en molens verliezen hun bijdrage aan de omgeving door inpassing van de bouwwerken en het baanlichaam van de maaiveldligging.	Diverse boerderijen en molens behouden grotendeels hun waarde, maar de vluchtschachten tasten het totaal toch enigszins aan.
Aantasting aardkundige waarden	Waarde ontstaan door vorming en verandering van het aardoppervlak, in het bijzonder de steensoorten en sedimenten.	Geen aantasting.	Geen aantasting.

**Aspect: Ecologie**

<b>TOETSINGSCRITERIA</b>	<b>OMSCHRIJVING</b>	<b>KORTE BOORTUNNEL</b>	<b>LANGE BOORTUNNEL</b>
Kwantitatief biotoopverlies	Verlies van woongebied voor een groep van organismen (planten en/of dieren).	In de polder Groenendijk en in het natuurreservaat "de Wilck" wordt het leefmilieu van de planten en/of dieren ernstig aangetast.	Alleen in het natuurreservaat "de Wilck" wordt het leefmilieu van de planten en/of dieren ernstig aangetast.
Kwalitatief biotoopverlies door verstoring	Verlies door de indirecte gevolgen van de aantasting van het milieu door de HSL op een groep van organismen.	De open bakconstructie in de polders Achthoven en Groenendijk zorgen voor een verstoring van zowel de wintergasten als de weidevogels. Daarnaast ondervinden de vogels in het reservaat "de Wilck" hinder van de HSL.	Alleen de vogels in het reservaat "de Wilck" ondervinden hinder van de HSL. Verder minimale verstoring bij de vluchtschachten.
Kwalitatief biotoopverlies door versnippering	Verlies door de gevolgen van de opdeling van een gebied in fragmenten als gevolg van tracering van grootschalige lijnvormige elementen.	Geen merkbare effecten op boortunneltracé.	Geen merkbare effecten op boortunneltracé.
Verbreking van ecologische relaties	Het geheel van gebieden met een (gedeeltelijke) natuurfunctie en de lijnvormige landschapselementen (dijken, sloten) in een bepaalde streek.	In de polder Achthoven wordt een verbindingszone verbroken. In de polder Groenendijk worden twee verbindingszones verbroken. In de polder Noordplas, ter plaatse van het Benthuizense Bos, wordt een ecologische verbindingszone verbroken.	Er wordt alleen een lokale verbindingszone ten zuiden van Benthuizen verbroken.

**Aspect: Bodem en water**

<b>TOETSINGSCRITERIA</b>	<b>OMSCHRIJVING</b>	<b>KORTE BOORTUNNEL</b>	<b>LANGE BOORTUNNEL</b>
Vergraven bodems	Een verstoring van de opbouw van de bodem (de gelaagdheid).	Over een langer gedeelte van het tracé zijn de open bak en de "cut&cover" een verstoring van de bodem.	Slechts een klein gedeelte van het totale tracé is open bak of "cut&cover" en dat levert een minimale verstoring van de bodem op.
Doorsnijding bodem-beschermingsgebieden	In de S.G.R. aangemerkt als beschermingsgebied.	De zettingsvrije plaat / verdiepte ligging in de polder Achthoven snijden een potentieel bodembeschermingsgebied. Tevens wordt in polder Groenendijk een potentieel bodembeschermingsgebied doorsneden.	Minimale doorsnijding bij de toerit / open bakconstructie in de polder Achthoven. Verder geen doorsnijdingen (ook niet van potentiële gebieden).
Doorsnijding grondwater-beschermingsgebieden	In de S.G.R. aangemerkt als beschermingsgebied.	Geen doorsnijdingen.	Geen doorsnijdingen.
Zandbehoefte	De aanvoer van zand voor de bouw.	Geen invloed	Geen invloed
Te bergen baggerspecie	De vrijkomende specie van de open bakken en de "cut&cover"-gedeelten.	Er komt weinig zand vrij voor opslag en nabehandeling.	Er komt veel zand vrij voor opslag en nabehandeling.
Verontreinigde bodemlocaties	Een bodem-verontreinigingslocatie aangeduid met een code.	In Westeinde en in Benthuizen is er een bodem-verontreinigingslocatie.	In Westeinde en in Benthuizen is er een bodem-verontreinigingslocatie.



### 6.3.2 Ruimtelijke ordening

#### Aspect: Wonen

TOETSINGSCriteria	KORTE BOORTUNNEL	LANGE BOORTUNNEL
Aantasting bestaande woonlocaties	Geringe hinder bij noordelijke toerit maar zeer veel hinder bij Westeinde. De lintbebouwing wordt doorsneden en diverse huizen worden geamoveerd.	Geringe hinder bij Westeinde. Zuidelijke toerit ligt net na lintbebouwing. Geen hinder ter plaatse van de Does. Geringe hinder bij de vluchtschachten tijdens de bouwfase.
Aantasting geplande woonlocaties	Geen bezwaar.	Geen bezwaar.

#### Aspect: Werken

TOETSINGSCriteria	KORTE BOORTUNNEL	LANGE BOORTUNNEL
Aantasting bestaande bedrijventerreinen	Geen invloed.	Tijdens de bouwfase is er ter plaatse van de vluchtschachten hinder door passerende vrachtauto's
Aantasting geplande bedrijventerreinen	Geen bezwaar.	Geen bezwaar.

#### Aspect: Recreatie

TOETSINGSCriteria	KORTE BOORTUNNEL	LANGE BOORTUNNEL
Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen	Geen invloed	Geen invloed
Aantasting geplande recreatieve voorzieningen	De plannen voor toekomstige recreatieve voorzieningen worden aangepast aan de nieuwe situatie.	Weinig tot geen inpassingsproblemen voor de recreatie. Vele mogelijkheden door de ondergrondse ligging van de HSL.
Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	De Does wordt omgelegd, de jachten ondervinden hinder. Daarnaast verslechtert de bereikbaarheid van de jachthaven van Leiderdorp.	Alleen tijdens de bouwfase is er sprake van hinder door de halvering van het profiel van vrije ruimte van de Does. Dit is echter van tijdelijke aard.
Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes	De plannen voor de toekomstige recreatie worden in samenspraak gemaakt met het ontwerpteam van de HSL. Zo ontstaat er een optimale situatie voor de recreatie.	Alleen de luchtschachten en de toeritten komen in aanmerking voor kleine aanpassingen van de recreatieplannen.

**Aspect: Landbouw**

<b>TOETSINGSCRITERIA</b>	<b>KORTE BOORTUNNEL</b>	<b>LANGE BOORTUNNEL</b>
Verlies aan landbouwareaal	Minimaal verlies.	Minimaal verlies.
Aantasting agrarische bedrijfsstructuren	Vele kavels zullen worden doorsneden. Dit heeft negatieve gevolgen voor de toegankelijkheid van de kavels voor de eigenaar.	Relatief weinig worden er doorsneden. Alleen de toeritten kunnen problematisch zijn.
Aantasting bestaande agrarische lintbebouwing	Geen aantasting.	Geen aantasting.
Aantasting landinrichtingsprojecten	Alle lopende projecten zijn reeds afgerond of liggen buiten het tracé.	Alle lopende projecten zijn reeds afgerond of liggen buiten het tracé.

**Aspect: Infrastructuur**

<b>TOETSINGSCRITERIA</b>	<b>KORTE BOORTUNNEL</b>	<b>LANGE BOORTUNNEL</b>
Strakke bundeling met bestaande infrastructuur	Alleen bundeling van infrastructuur mogelijk met Rijksweg A4.	Alleen bundeling van infrastructuur mogelijk met Rijksweg A4.

### 6.3.3 Woon- en leefmilieu

#### Aspect: Geluid en trilling

TOETSINGSCRITEIA	KORTE BOORTUNNEL	LANGE BOORTUNNEL
Te amoveren woningen	Het aantal te amoveren woningen in Westeinde is groot. Dit aantal kan worden gereduceerd door het plaatsen van geluidsschermen.	Naast de enkele noodzakelijk te amoveren huizen blijft Westeinde grotendeels gespaard.
Totaal gehinderden	Vele malen meer dan het geval is bij de lange boortunnelvariant.	Veel.
Aantasting verblijfsrecreatie	Geen invloed.	Geen invloed.
Aantasting stiltegebieden	Verstoring van de rust in de polder Achthoven en de Noordplas. Daarnaast is er eveneens een verstoring van de rust in het gebied ten noorden van Westeinde.	Alleen verstoring van de rust in polder de Noordplas.
Geluidbelast oppervlak	Over bijna het gehele tracé, met uitzondering van het gedeelte van de boortunnel.	Minimale belasting. Alleen ter plaatse van de toeritten en de vluchtschachten is er een belasting van oppervlak.
Trillingshinder (woningen)	Ter plaatse van Benthuizen ondervinden de woningen trillingshinder indien er geen huizen worden gemoveerd.	Geen trillingshinder voor de huizen. Zelfs bij Benthuizen geen hinder omdat de toerit van de tunnel na de lintbebouwing pas op maaiveld komt.
Totaal gehinderden	Veel meer dan bij de lange boortunnelvariant.	Niet veel.

#### Aspect: Sociale veiligheid

TOETSINGSCRITEIA	KORTE BOORTUNNEL	LANGE BOORTUNNEL
Afname sociale veiligheid	Er wordt gestreefd naar een situatie met een zo hoog mogelijke sociale veiligheid.	Geen afname van de sociale veiligheid met een volledig ondergronds tracé.
Visuele hinder	Toename van de visuele hinder door de maaiveldligging van de HSL met daarbij de noodzakelijke aanwezigheid van onder andere geluidsschermen.	Alleen de aanwezigheid van de toeritten en de vluchtschachten is visuele hinder.
Gedwongen vertrek	Geen onoverkomelijk bezwaar.	Geen onoverkomelijk bezwaar.
Afname sociale integratie	Enorme verstoring van de aanwezige sociale structuur in Westeinde door de doorsnijding van de lintbebouwing en de dorpsstraat.	Geen invloed vanwege de gehele ondergrondse ligging van het tracé.
Bereikbaarheid	Een slechte bereikbaarheid in Westeinde vanwege de doorsnijding van het dorp.	Een goede bereikbaarheid van de gehele omgeving.
Barrièrewerking	In Westeinde is de maaiveldligging van het tracé een barrière voor de gehele omgeving.	Geen invloed op de omgeving vanwege de ondergrondse ligging van het tracé.

## 7 Methode van onderzoek

(Literatuur 14)

### 7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de methode, die gekozen is om de resultaten van het onderzoek te analyseren en te evalueren, beschreven.

Een eerste opgave om de situatie in kaart te brengen, is de complexe werkelijkheid te reduceren tot een overzichtelijke situatie. Dit houdt in dat de situatie nader wordt gespecificeerd tot knelpunten, die zich op een bepaald terrein voordoen.

In het onderzoek worden alternatieven systematisch ontwikkeld en geëvalueerd om de afstand tussen de feitelijke situatie en de gewenste situatie te overbruggen.

Alternatieven, die een zelfde probleem proberen op te lossen, kunnen immers systematisch met elkaar worden vergeleken. Dat gebeurt aan de hand van criteria, waaraan scores (waarden) worden toegekend. Er wordt daarna een effectenoverzicht opgesteld, waarbij per criterium is aangegeven hoe een onderscheiden alternatief scoort.

Het onderzoek omvat respectievelijk een inventariserend en analyserend, een ontwikkelend en ontwerpend, een prognostiserend, en een beoordelend of evaluerend deel. Het geheel kan kortheidshalve worden aangeduid als het analyse- en evaluatieproces. Het analyse- en evaluatieproces valt uiteen in de navolgende bestanddelen:

- de probleemanalyse;
- de ontwikkeling en voorselectie van alternatieven;
- het aangeven van effecten in een effectenoverzicht;
- het vergelijken van alternatieven met behulp van evaluatiemethoden;
- identificatie en selectie van goede keuzeopties.

### 7.2 Probleemanalyse, alternatieven en effectenoverzicht

Bij de probleemanalyse staat de concretisering van het probleem centraal. Daarbij gaat het om het bepalen van het verschil tussen een bestaande of verwachte situatie aan de ene kant en een gewenste situatie aan de andere kant. Het bepalen van het verschil tussen deze twee situaties staat bekend als "de kloofbenadering".

Concretisering van het vraagstuk vindt plaats door de zogenaamde "nulsituatie" te vergelijken met de gewenste situatie. De beschrijving van de nul-situatie dient alle voor het vraagstuk relevante aspecten weer te geven, omdat op basis daarvan de effecten van de alternatieve oplossingen moeten worden bepaald.

Een alternatief is een (complex van) maatregel(en) waarvan verwacht wordt, dat door implementatie ervan het verschil tussen de gewenste en nulsituatie geheel of gedeeltelijk kan worden geëlimineerd.

Indien een groot aantal alternatieven voorhanden is, kan een voorselectie noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld omdat beperkte tijd en middelen een gedetailleerd onderzoek van alle alternatieven onmogelijk maken.

Een eerste selectie van alternatieven kan plaatsvinden via het globaal inventariseren van effecten aan de hand van enkele belangrijke (selectie)criteria. Een voorselectie zal in de meeste gevallen resulteren in een aantal "veelbelovende" alternatieven.

Om de overgebleven alternatieven te beoordelen, dient te worden vastgesteld welke criteria voor de beoordeling relevant zijn. Beoordelingscriteria kunnen worden ontleend aan criteria en randvoorwaarden die zijn onderkend tijdens de probleemanalyse.

Bij het kiezen van beoordelingscriteria worden belangen van groepen vaak zichtbaar.

Een ander probleem bij het kiezen van beoordelingscriteria is dat de criteria elkaar niet mogen overlappen.

Dit is vanwege het feit dat overlappende criteria bij een beoordeling zo "dubbel" worden meegewogen.

Voorts dienen de criteria zo mogelijk nader te worden geconcretiseerd en in kwantitatieve eenheden te worden uitgedrukt.

Nadat de alternatieven en beoordelingscriteria zijn gekozen, kan het effectenonderzoek van start gaan.

Hierbij gaat het om het aangeven van de veranderingen die zullen optreden als gevolg van het tot uitvoering brengen van de maatregelen.

De effecten van de alternatieven dienen op overzichtelijke wijze te worden gestructureerd en gepresenteerd.

Dit kan geschieden door middel van een effectenoverzicht.

Criteria met een kosten of baten karakter	Alternatieven					
	A1	A2	A3	A4	A5	--> etc.
criterium 1 criterium 2 criterium 3 criterium 4 ↓ etc.	kwantitatieve en/of kwalitatieve criteriumscores					

figuur 7.1 - het effectenoverzicht

Criteriumscores ook wel effectscores genoemd, worden bepaald door het verschil te nemen tussen de situaties die ontstaan bij het uitvoeren van de ontwikkelde maatregelen en een referentiesituatie.

Met behulp van evaluatiemethoden worden de beschikbare gegevens bewerkt. Evaluatiemethoden zijn hulpmiddelen die tijdens het onderzoek kunnen worden gehanteerd om tot een vaststelling van het meest gewenste alternatief of tot een ordening van de verschillende alternatieven te komen.

## Literatuurlijst

- [1] **ir.H. Abbenhuis**  
Ontwerp van het Gouwe-aquaduct  
Cement 1980, nr2
  
- [2] **Prof.dr.ir.F.B.J. Barends**  
Grondwatermechanica, Syllabus  
TU Delft, september 1996
  
- [3] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp, Geluidsimmissie activiteiten bouwfase HSL-Zuid  
november 1998
  
- [4] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp, Trillingen tijdens de bouw boortunnel en de exploitatie van de HSL  
november 1998
  
- [5] **Projectbureau Boortunnel**  
Interne verkenning verlaging kruising A4/HSL  
Utrecht, 7 oktober 1999
  
- [6] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp Toerit Noord, diverse rapporten en kaartbijlagen  
Utrecht, november 1998
  
- [7] **Projectbureau Boortunnel**  
Programma van Eisen Boortunnel Groene Hart  
Utrecht, november 1998
  
- [8] **Bouwdienst Magazine**  
Blinde vlek van de m.e.r. (BWD geeft ruimte aan belevingswaardenonderzoek), pag 21 t/m 23  
maart 1999
  
- [9] **CUR**  
CUR rapport 93-8A, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport A: Marktverkenning
  
- [10] **CUR**  
CUR rapport 93-8B, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport B: Integrale Afweging
  
- [11] **CUR**  
CUR rapport 93-8D, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport D: Milieu Effect Rapportage

- [12] **ir.C.P.W.J. Genders**  
 Aquaduct Veluwemeer: Erop én eronder  
 Cement 1998, nr3
- [13] **Prof.Dr.-Ing.I.A. Hansen**  
 Collegedictaat CTvk3049, Deel B: Ontwerp van wegen en spoorwegen  
 TU Delft, augustus 1998
- [14] **Afdeling Beleidsevaluatie en –instrumentatie van het Ministerie van Financiën**  
 Evaluatiemethoden, een introductie, 4e herziene druk  
 SDU uitgeverij, Den Haag 1992
- [15] **Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer**  
 Nieuwe HSL-Nota,  
 deelrapport 11: Milieu en Ruimtelijke Ordening: effecten ten noorden van Rotterdam  
 maart 1994
- [16] **Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer**  
 Nieuwe HSL-Nota, bijlage 4 bij deelrapport 11: Thematische kaarten  
 maart 1994
- [17] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
 Partiële herziening Planologische Kernbeslissing HSL-Zuid  
 betreffende de boortunnel onder het Groene Hart  
 april 1999
- [18] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
 Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Toelichting Besluit  
 begin 1998
- [19] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
 Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Tracédeel 2  
 begin 1998
- [20] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
 Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Tracédeel 3  
 begin 1998
- [21] **Nederlands Normalisatie-instituut**  
 Voorschriften Beton TGB 1990, Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC 1995), NEN 6720  
 2e druk, Delft, september 1995
- [22] **Projectorganisatie HSL-Zuid**  
 Integraal Projectplan HSL-Zuid  
 Utrecht, juli 1999
- [23] **Prof.dr.ir.H.A.J. de Ridder**  
 Inleiding Functioneel Ontwerpen, Collegedictaat  
 TU Delft, augustus 1998

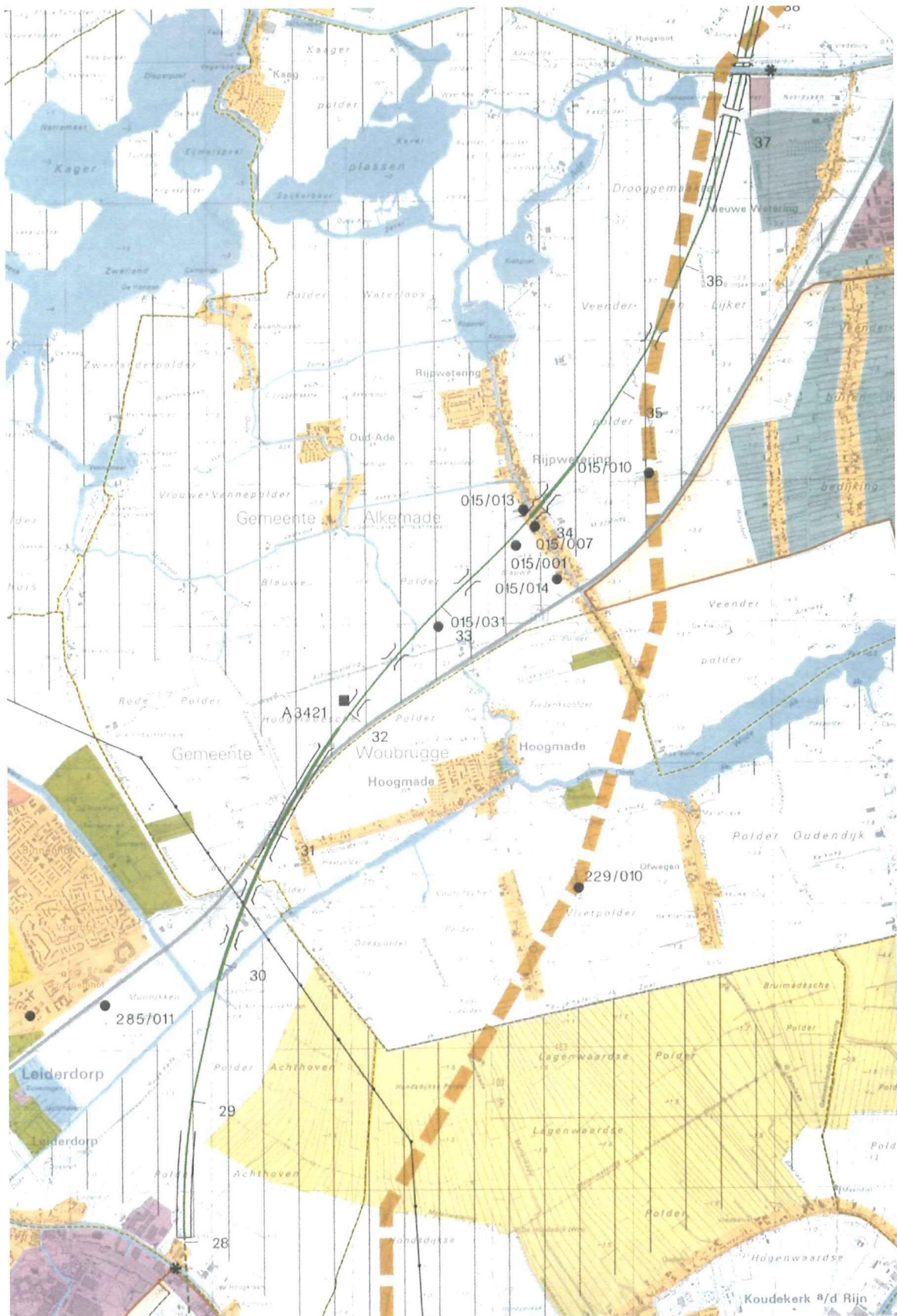
- [24] **Prof.dr.ir.H.A.J. de Ridder**  
 Integraal Ontwerpen, Individuele Ontwerpopdracht, Collegedictaat  
 TU Delft, april 1999
- [25] **Karl Riesebosch**  
 Afstudeerverslag "de grond in geboord?"  
 maart 1998
- [26] **Prof.ir.A.F. van Tol**  
 Funderingstechnieken  
 TU Delft, september 1995
- [27] **Prof.dr.ir.A. Verruijt**  
 Grondmechanica  
 Delftse Uitgevers Maatschappij, eerste druk 1983
- [28] **Prof.dr.ir.A. Verruijt**  
 Grondwatermechanica, Handleiding bij het college  
 TU Delft, september 1996
- [29] **Prof.drs.ir.J.K. Vrijling**  
 Constructieve Waterbouwkunde, Deel A: Algemeen  
 TU Delft, februari 1999
- [30] **Prof.drs.ir.J.K. Vrijling**  
 Constructieve Waterbouwkunde, Deel B: Schutsluizen  
 TU Delft, februari 1999
- [31] **Prof.dr.ir.J.C. Walraven, ir.J.C. Galjaard**  
 Voorgespannen Beton  
 BetonPrisma, 's-Hertogenbosch 1997

## Referenties

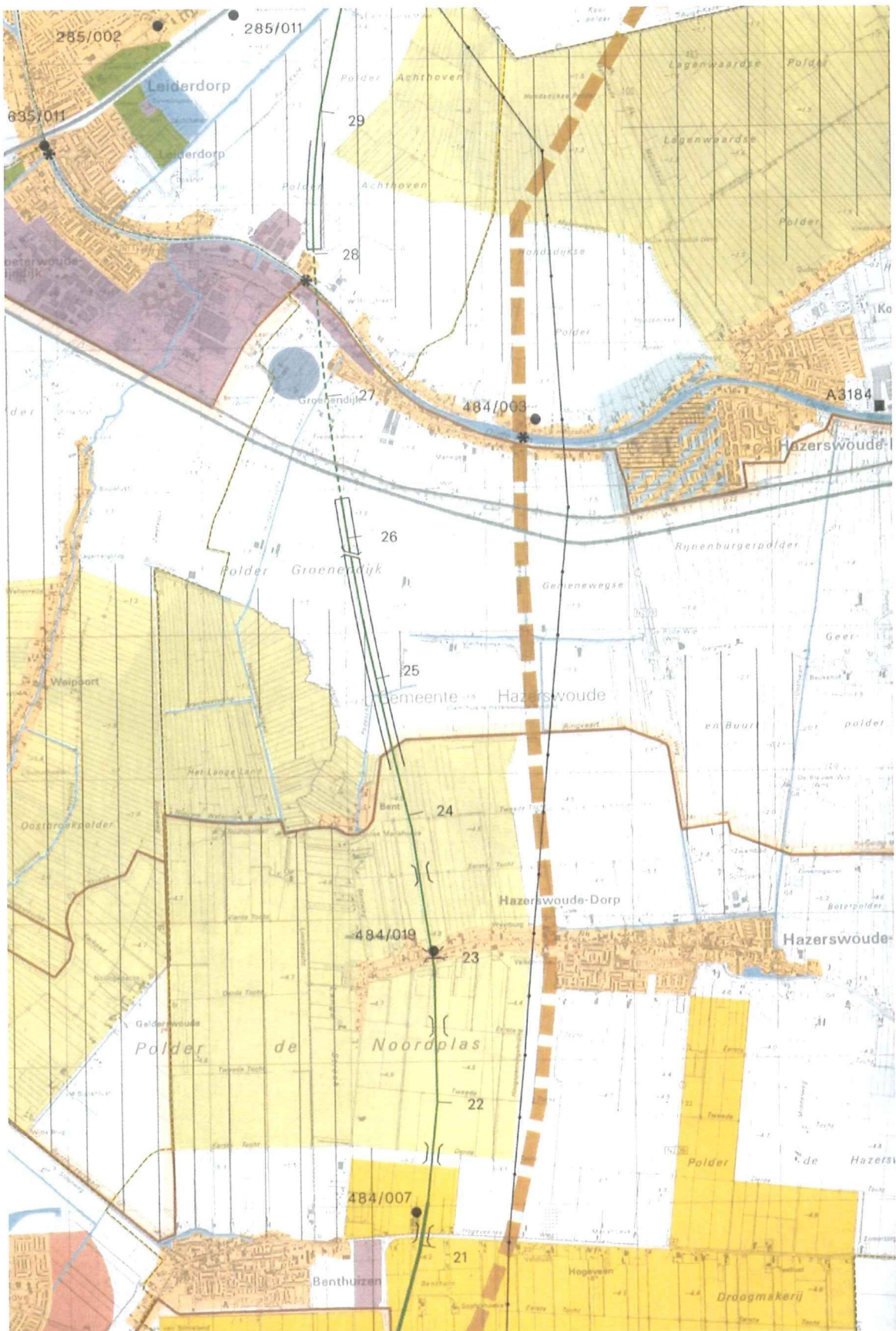
- ing. W.A.D. van de Ven, afdeling Beleids- en Projectanalyse Bouwdienst Rijkswaterstaat
- mw. M.J.A. Mul, afdeling Beleids- en Projectanalyse Bouwdienst Rijkswaterstaat
- ing. K.C. van Kemenade, afdeling Bedrijfsvoering en Projectondersteuning Bouwdienst Rijkswaterstaat
- Sectie Waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek, T.U. Delft
- Sectie Infrastructuur, Faculteit der Civiele Techniek, T.U. Delft
- Bouwdienst Rijkswaterstaat, Westraven te Utrecht
- Projectorganisatie HSL-Zuid, Afdeling Boortunnel, Westraven te Utrecht
- Projectorganisatie HSL-Zuid, Projectdirectie, Radboutoren te Utrecht



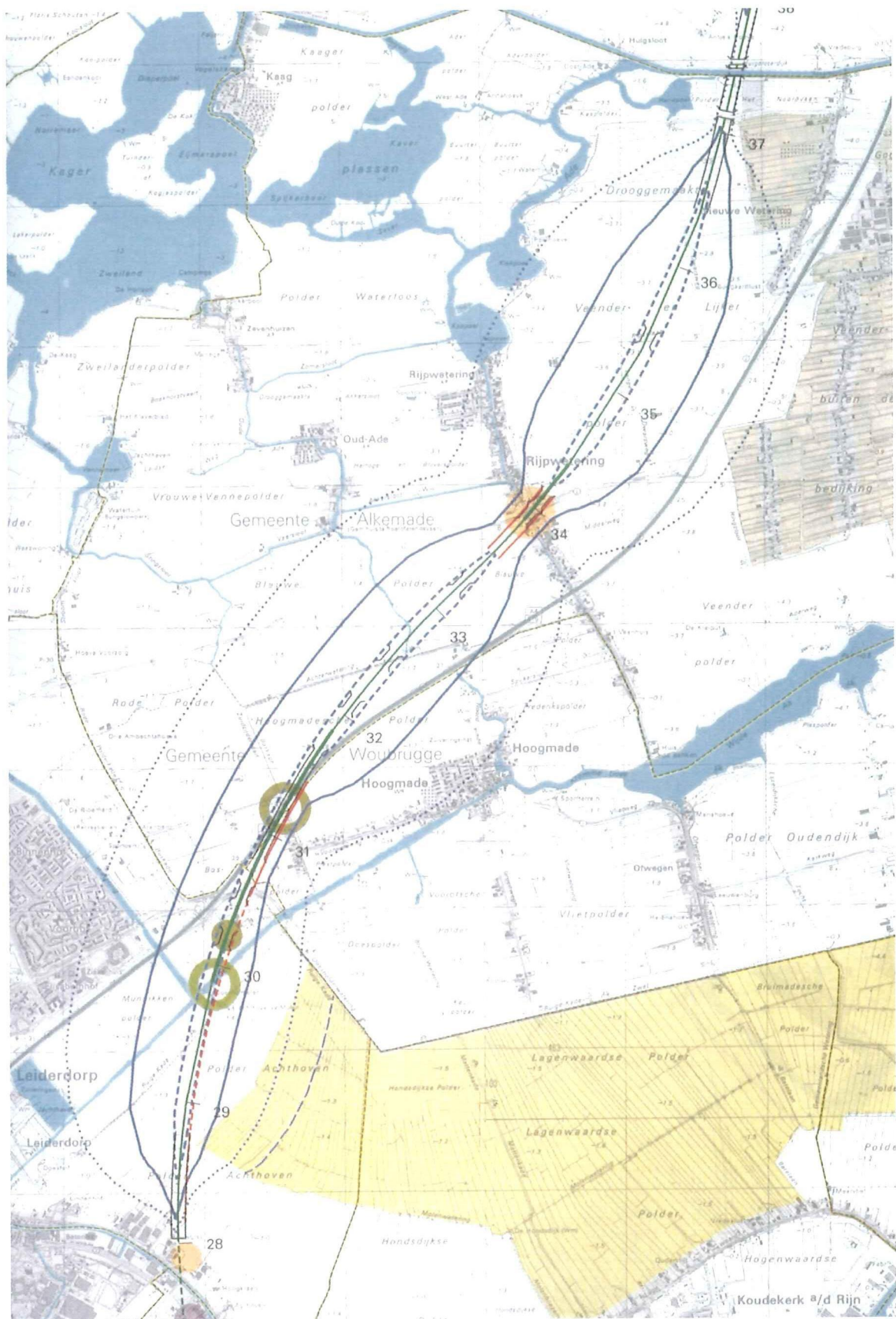
## Bijlage A Thematische kaarten



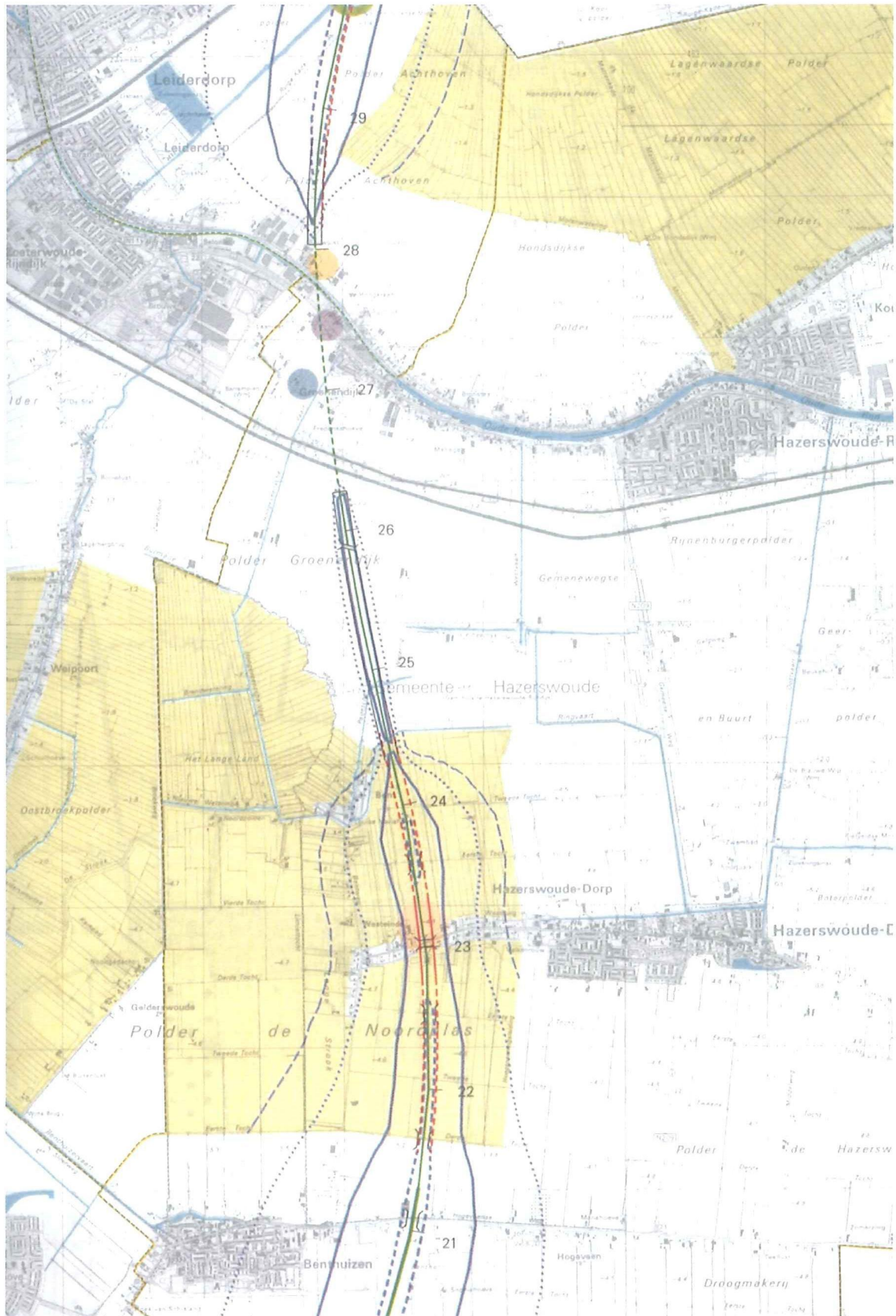
figuur 0.1 - ruimtelijke ordening, geluid, bodem en water: bestaande situatie en autonome ontwikkeling



figuur 0.2 - ruimtelijke ordening, geluid, bodem en water: bestaande situatie en autonome ontwikkeling



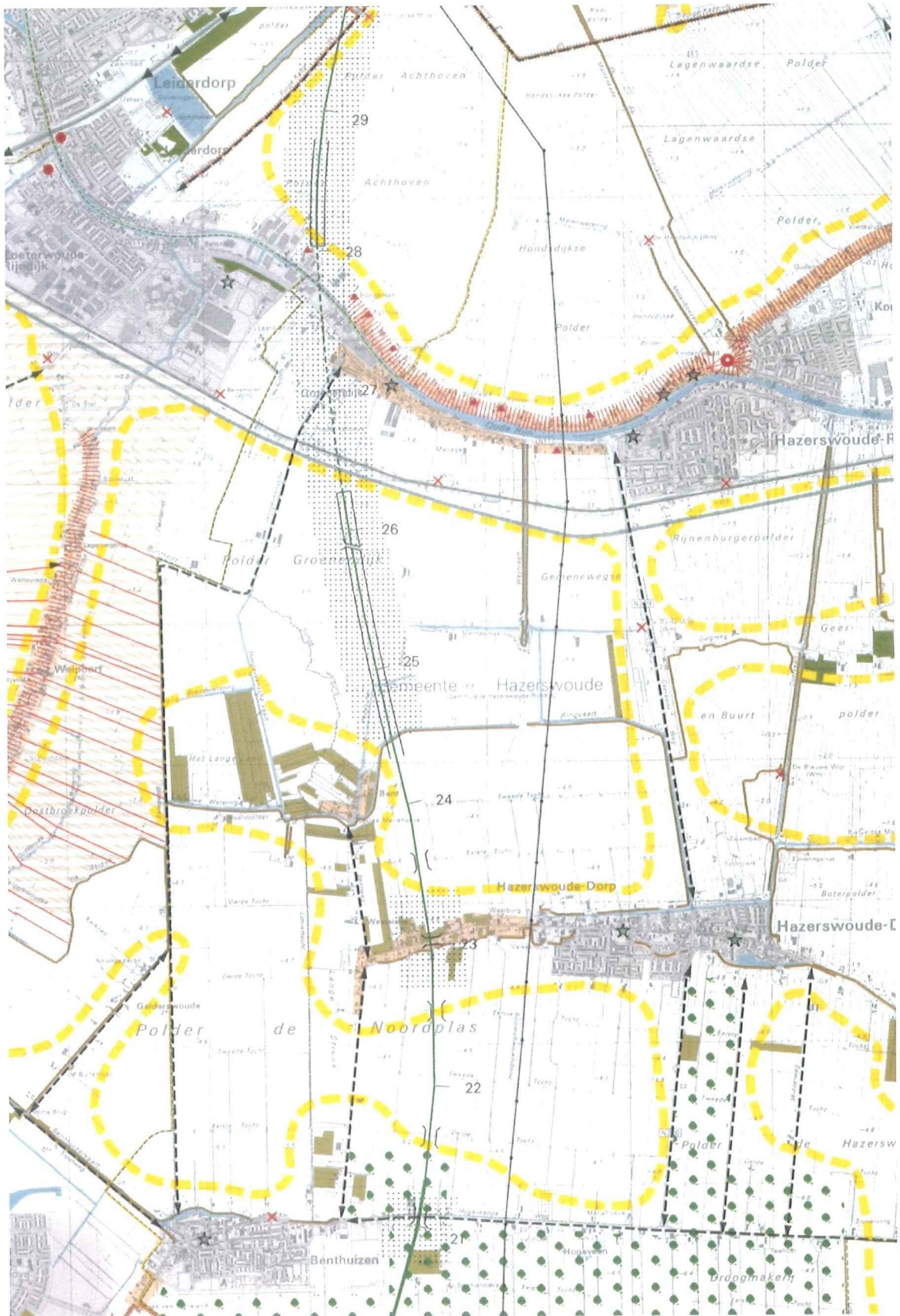
figuur 0.3 - ruimtelijke ordening en geluid: effecten



figuur 0.4 - ruimtelijke ordening en geluid: effecten



figuur 0.5 - landschap: waarden

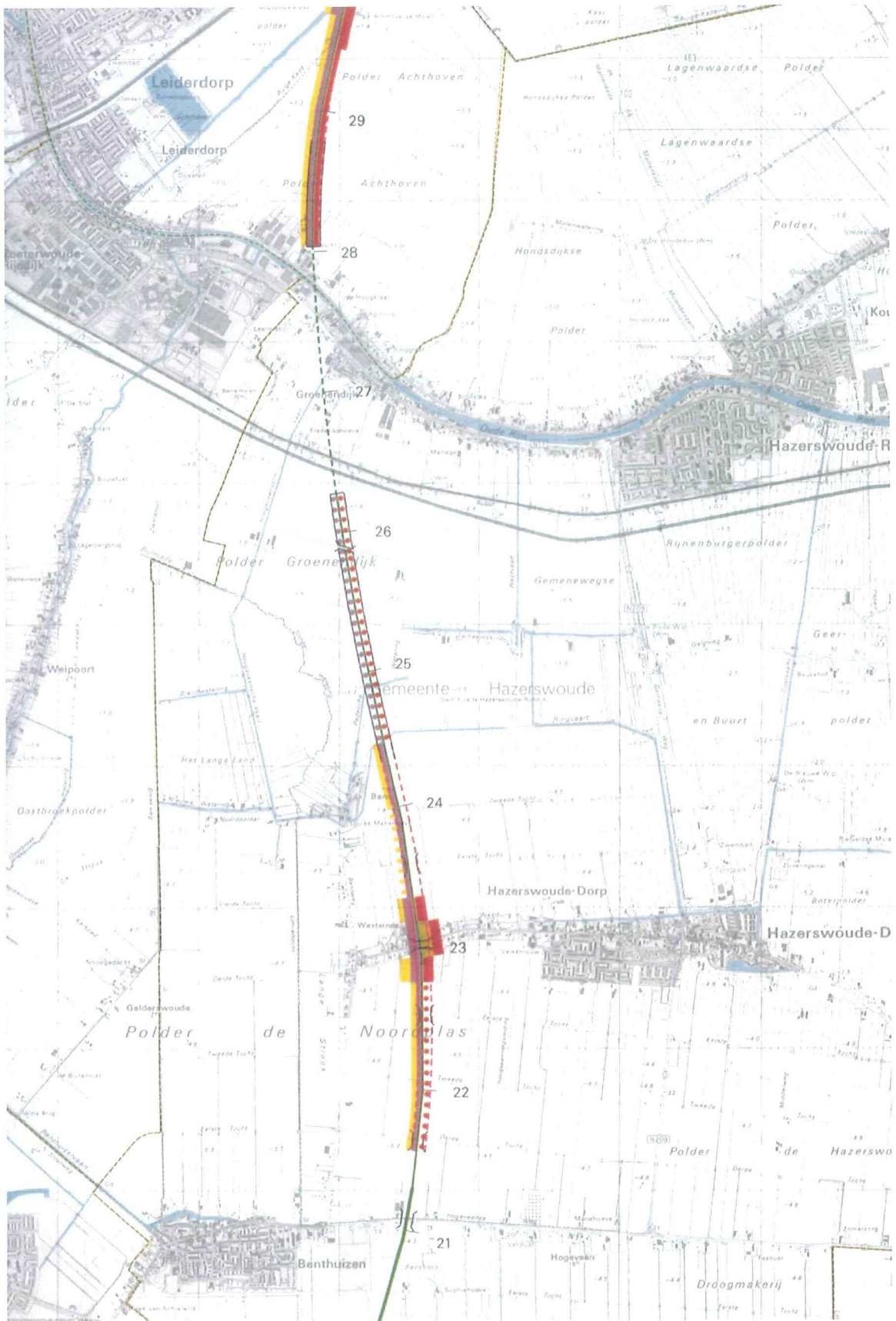


figuur 0.6 - landschap: waarden

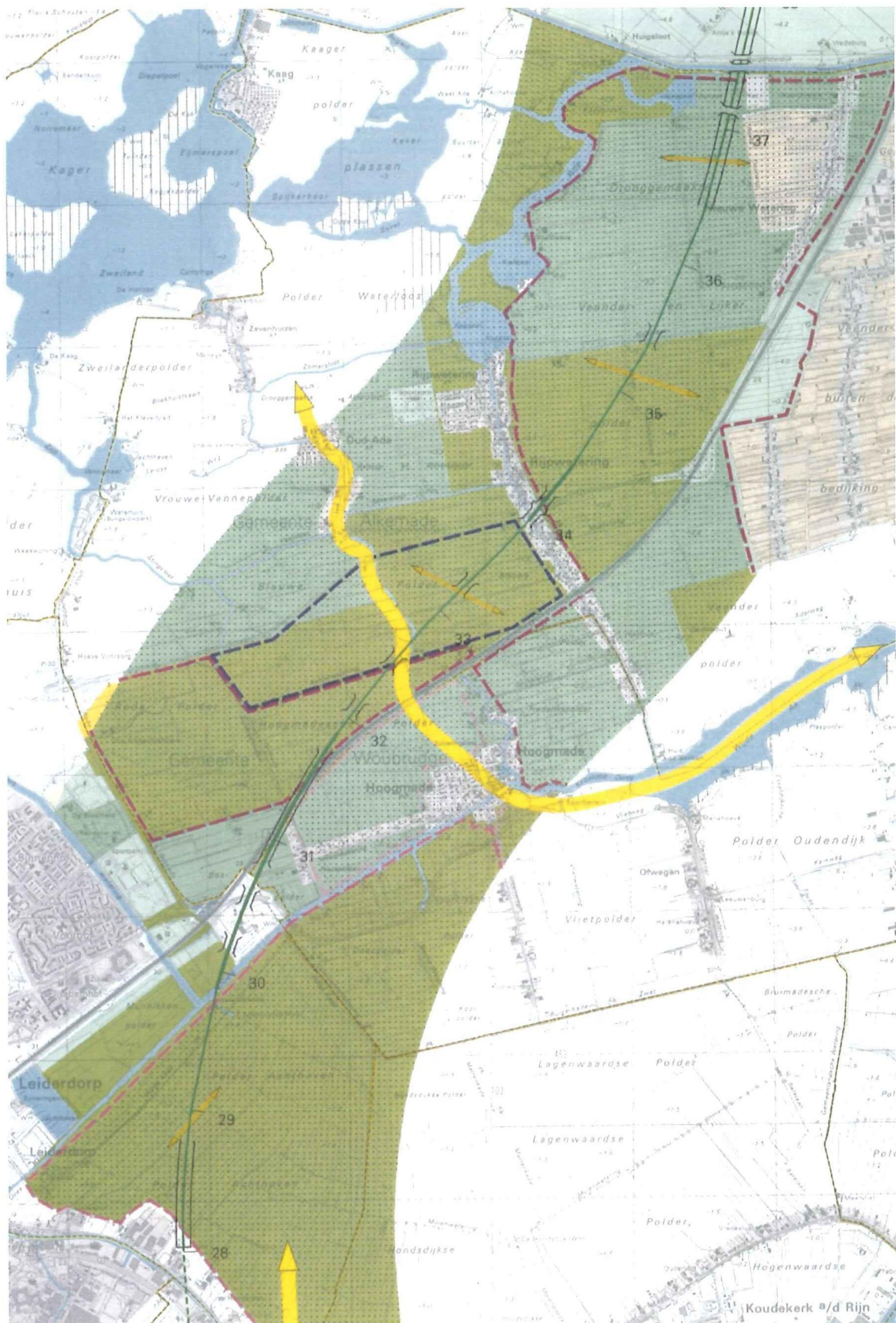


figuur 0.7 - landschap: effecten

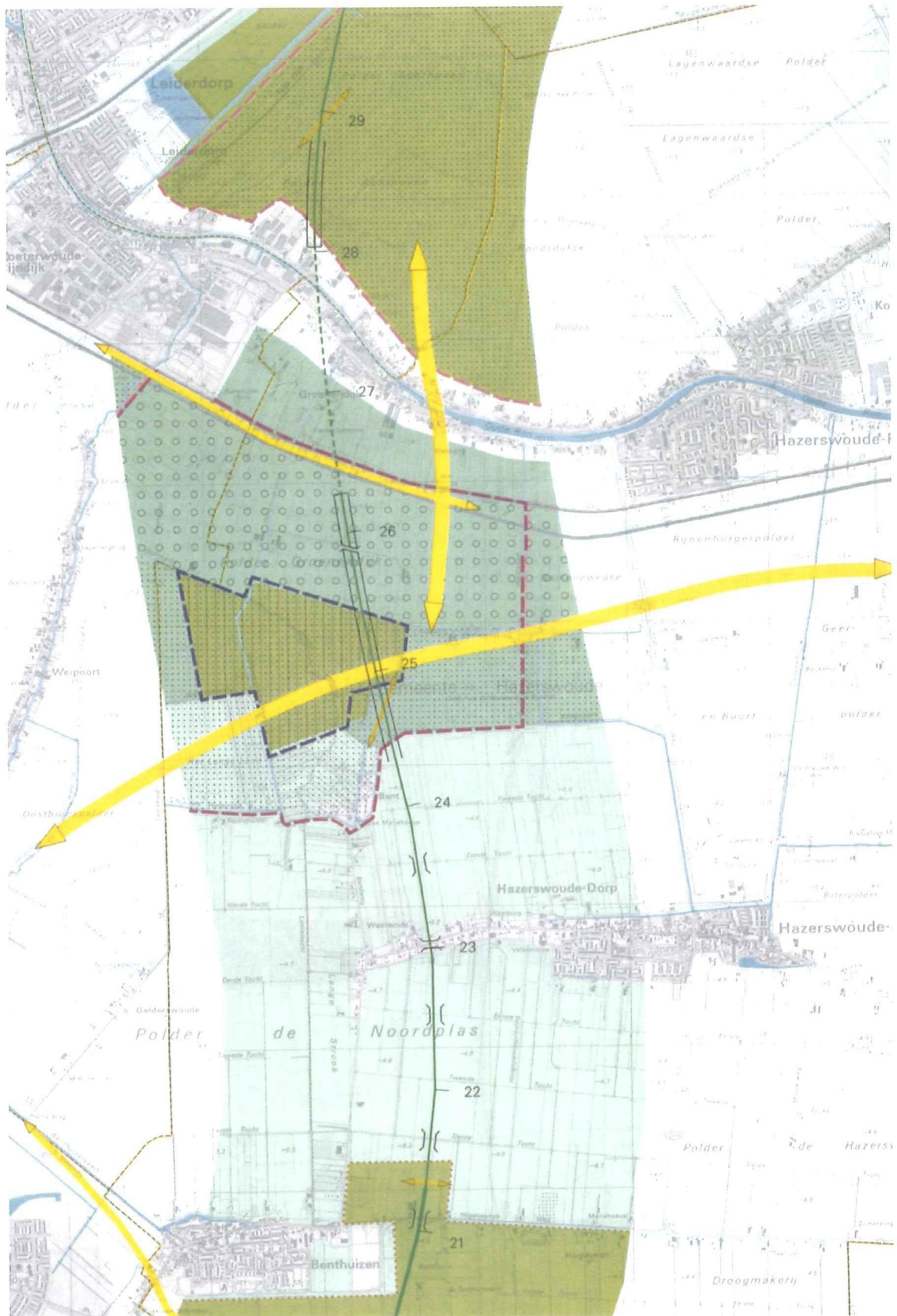




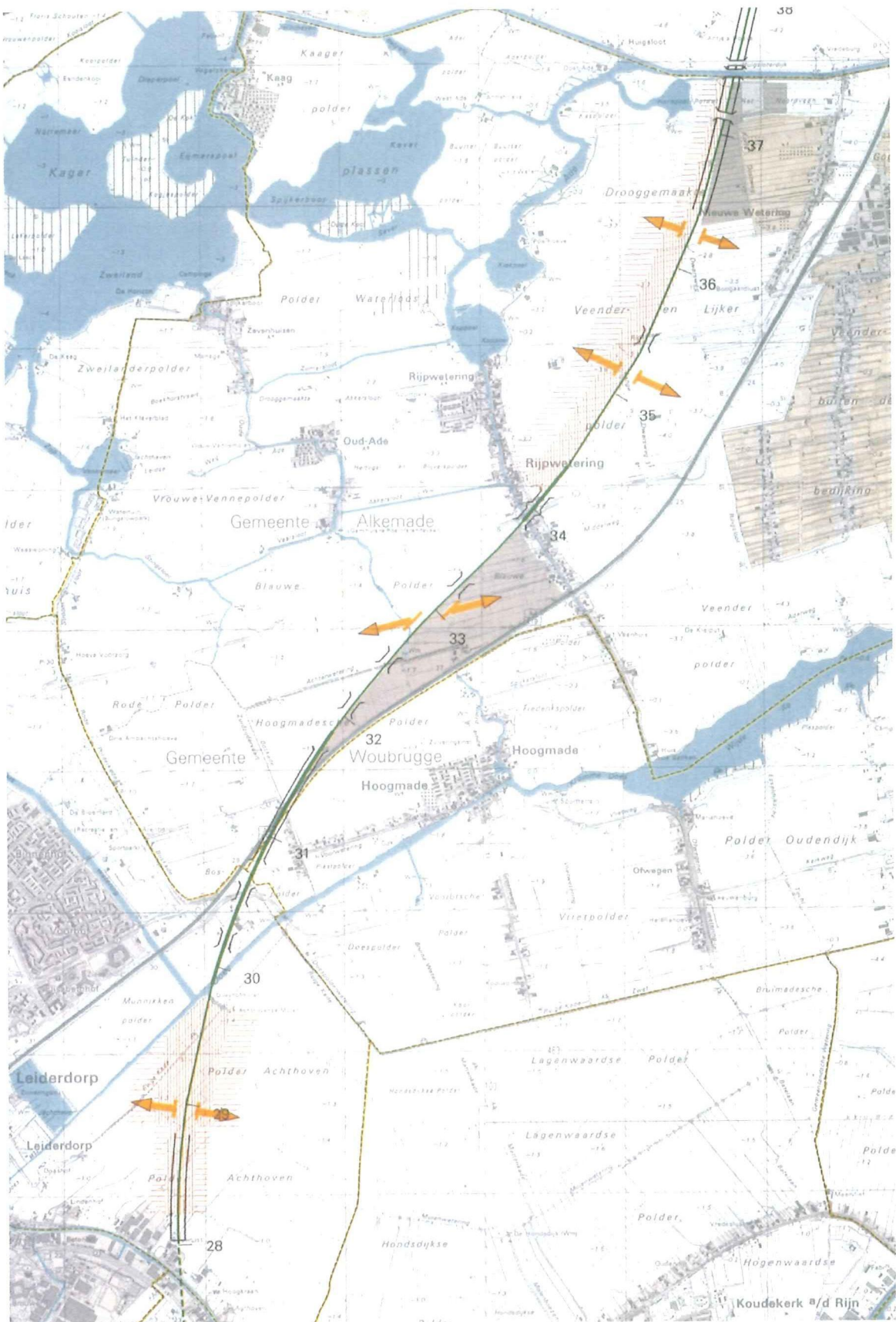
figuur 0.8 - landschap: effecten



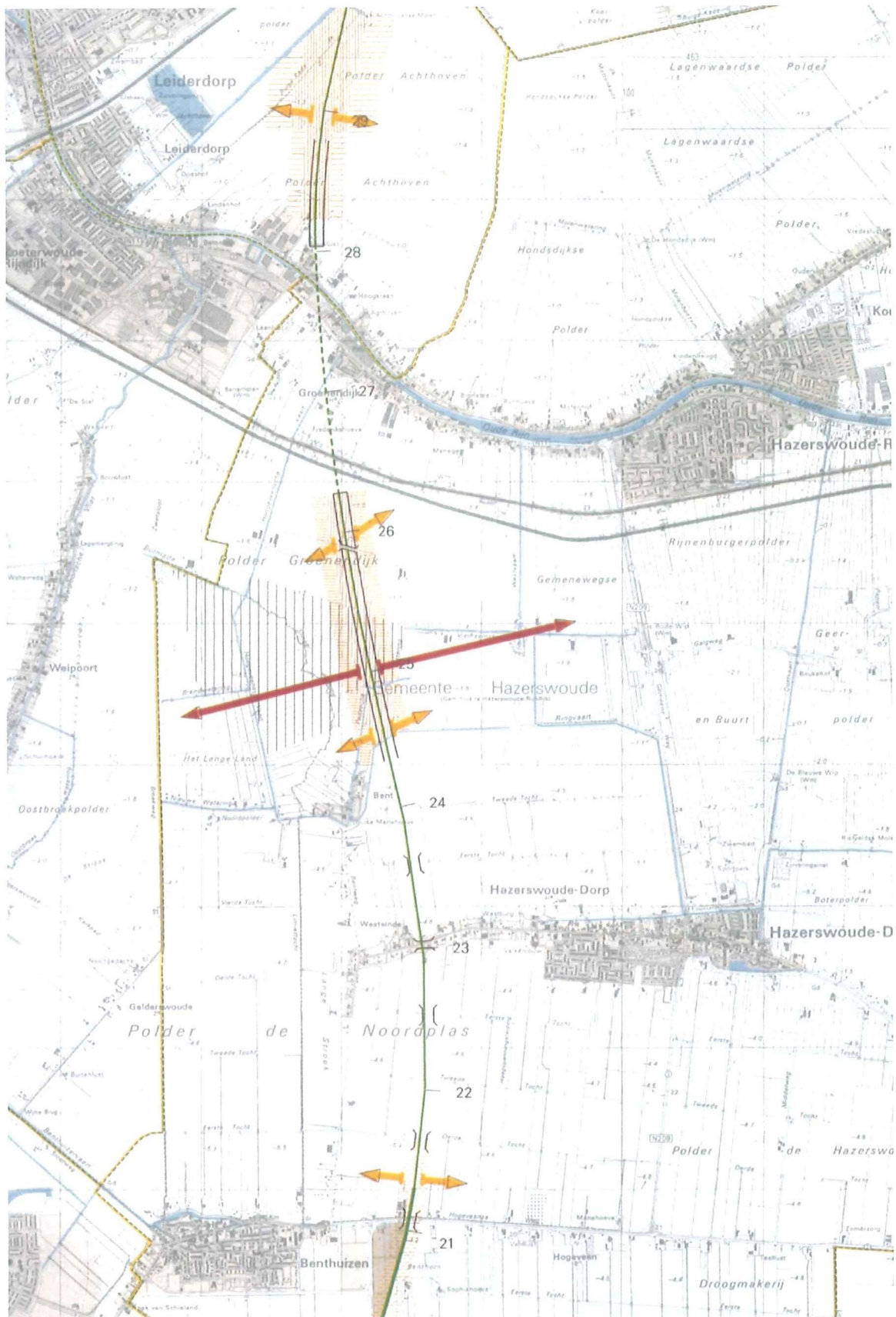
figuur 0.9 - ecologie: waarden



figuur 0.10 - ecologie: waarden

















figuur 0.11 - ecologie: effecten



figuur 0.12 - ecologie: effecten

**Algemeen**

-  Bebouwing
-  Glastuinbouw
-  Bebouwing: actualisering topografische ondergrond tot 1,5 km aan weerszijde tracé
-  Snelweg
-  Water
-  Bestaande spoorlijn
-  Gemeentegrens
-  Provinciegrens
-  Rijksgrens
-  Symbolen van het tracé
-  tracé laag (< 3m boven maaiveld)
-  tracé hoog (> 3m boven maaiveld)
-  tracé ondergronds
-  tunnelbak
-  viaduct

**Ruimtelijke Ordening, Geluid, Bodem en Water:  
Bestaande situatie en autonome ontwikkeling**

**Ruimtelijke Ordening**

-  Wonen, bestaand
-  Wonen, geprojecteerd
-  Wonen, beleidsoptie
-  Wonen, beleidsoptie
-  Werken, bestaand
-  Werken, geprojecteerd
-  Werken, beleidsoptie
-  Glastuinbouw, bestaand
-  Glastuinbouw, geprojecteerd
-  Glastuinbouw, beleidsoptie
-  Recreatieve voorziening /  
Gebied met recreatieve functie
-  Gebied met (gedeeltelijk) recreatieve functie,  
geprojecteerd
-  Vliegveld
-  Leidingenstraat/leidingenstrook
-  Hoogspanningsleiding
-  Grens landinrichtingsproject

**Geluid**

-  Stillegebied
-  Geluidarme zone

**Bodem en Water**








-  Bodembeschermingsgebied
-  Potentiële bodembeschermingsgebied
-  IBS-bodemverontreinigingslocatie met code
-  Locatie waar (mogelijk) ophoging met baggerspecie  
heeft plaatsgevonden (o.a. loswal)
-  Grondwaterbeschermingsgebied
-  Watervingsgebied
-  A3093 Grondwaterkwaliteitsmeetpunt

**Ruimtelijke ordening en Geluid: Effecten**

**Ruimtelijke Ordening**

-  ernstig effect
-  matig effect
-  gering effect
-  Wonen, bestaand
-  Wonen, geprojecteerd/beleidsoptie
-  Werken, bestaand
-  Werken, geprojecteerd
-  Werken, beleidsoptie
-  Glastuinbouw, bestaand
-  Glastuinbouw, geprojecteerd
-  Doorsnijding agrarisch lint
-  Recreatieve voorziening /  
Gebied met recreatieve functie
-  Gebied met (gedeeltelijk) recreatieve functie, geprojecteerd

**Geluid**

-  Stillegebied met 40 dB(A)-contour
-  Geluidarme zone
-  50 dB(A)-contour
-  57 dB(A)-contour
-  70 dB(A)-contour
-  Geluidscherm BS + 2 m
-  Geluidscherm BS + 4 m

**Landschap: waarden**

**Openheid en kleinschaligheid**

-  Gebied met grote openheid (zicht overwegend > 200 m)
-  Huidig en toekomstig bebouwd gebied met grote beslotenheid (zicht overwegend < 100 m)
-  Huidig en toekomstig kassengebied met grote beslotenheid (zicht overwegend < 100 m)
-  Kleinschalige structuur (lintbebouwing)
-  Boomgaard, boomkwekerij
-  Hoogopgaande beplanting
-  Toekomstig bos-/recreatiegebied
-  Open water

**Oriëntatie**

-  Markant punt
-  Hoge vuilstort, puinstort of vloeivelden
-  Dijk, kade, opmerkelijk hoogteverschil
-  Landschapsovergang (alleen in Brabant)
-  Weg in hoofdrichting gebied
-  Hoofdrichting autosnelweg
-  Waterloop
-  Bestaande spoorlijn
-  Hoogspanningsleiding

**Cultuurhistorische waarden**

-  Molen
-  Kerk
-  Kasteel of buitenplaats
-  Boerderij
-  Woonhuis
-  Fort
-  Dijk, kade
-  Bebouwingsstrook
-  Beschermd stads- en dorpsgezicht
-  Gebied met belangwekkende verkavelingspatronen

**Archeologie**













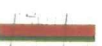




-  Concentratiegebied met (te verwachten) archeologische waarden ter plekke van het tracé
-  Archeologisch monument

**Aardkundige waarden**






-  Gea-object




**Landschap: Effecten**

<b>Openheid</b>	
	Ernstige aantasting
	Matige aantasting
	Geringe aantasting
<b>Kleinschaligheid</b>	
	Ernstige aantasting
	Matige aantasting
	Geringe aantasting
<b>Oriëntatie</b>	
	Ernstige aantasting
	Matige aantasting
	Geringe aantasting
<b>Cultuurhistorische waarden</b>	
	Ernstige aantasting
	Matige aantasting
	Geringe aantasting
<b>Aardkundige waarden</b>	
	Ernstige aantasting
	Matige aantasting
	Geringe aantasting
	Geluidscherm BS + 2 m
	Geluidscherm BS + 4 m

**Ecologie: Waarden**

	Beschermd natuurgebied land
	Beschermd natuurgebied water
	Natuurontwikkelingsgebied
	Water hoge waarde
	Verbindingszone PEHS / GHS
	Verbindingszone / ecologische relatie lokaal
<b>Vegetatie</b>	
	zeer hoge waarde
	hoge waarde
	matig hoge waarde
	geringe waarde
<b>Weidevogels</b>	
	zeer hoge waarde
	hoge waarde
	matig hoge waarde
	geringe waarde
<b>Wintergasten</b>	
	zeer hoge waarde
	hoge waarde
	matig hoge waarde
	geringe waarde
<b>Bosvogels</b>	
	hoge waarde

Ecologie: effecten

-  Verstoring  
weidevogels zeer hoge en hoge waarde
-  weidevogels matig hoge en geringe waarde
-  wintergasten zeer hoge en hoge waarde
-  wintergasten matig hoge en geringe waarde
-  bosvogels hoge waarde
-  Versnipperd / restruimte
-  Verbroken verbindingzone in PEHS / GHS
-  Verbroken verbindingzone / ecologische relatie lokaal
-  Beschermd natuurgebied land
-  Beschermd natuurgebied water
-  Natuurontwikkelingsgebied

# Boortunnel onder het Groene Hart

## *Deel II: Vergelijking*

Datum : 16 februari 2000  
Ons kenmerk : BOT/  
Versie :  
Status : **Definitief**  
Opsteller : K.H.F. Berkers  
Controleur(s) : **Afstudeercommissie**  
Goedkeurder :  
Autorisator :  
Autorisatie paraaf :

Projectorganisatie  
Hogesnelheidslijn-Zuid  
Projectbureau Boortunnel  
Postbus 20000  
3502 LA Utrecht  
Bezoekadres:  
Gebouw "Westraven"  
Griffioenlaan 2  
Utrecht  
Tel 030 – 285 84 22  
Fax 030 – 285 84 60

## Voorwoord

Een van mijn laatste activiteiten als student aan de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft is de rapportage van mijn afstudeeronderzoek in de vorm dit eindverslag. Mijn afstudeeronderzoek bij de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid is mede mogelijk gemaakt door de Bouwdienst van Rijkswaterstaat.

In de Projectorganisatie HSL-Zuid is de realisatie van bouw al van start gegaan, die in 2005 gereed zal moeten zijn. In de Projectorganisatie HSL-Zuid werken NS Railinfrabeheer, Holland Railconsult en DHV Milieu en Infrastructuur samen onder verantwoordelijkheid van de Ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM.

De rapportage van mijn afstudeeronderzoek bestaat uit drie deelrapporten, die opeenvolgend gelezen dienen te worden. Het eerste deelrapport geeft op hoofdlijnen een beschrijving van de bestaande situatie, het Tracébesluit, het Referentieontwerp van de lange en de korte boortunnelvariant en de daaruit voortkomende milieu-effecten. Het tweede deelrapport bevat het beoordelingskader uit de milieu-effectrapportage. Na een selectieprocedure blijven die aspecten over, waarop beide boortunnelvarianten zowel in de uitvoeringsfase als de gebruiksfase vergeleken zullen worden. Het derde deelrapport is gebaseerd op de knelpunten die geconstateerd zijn in het tweede deelrapport. In het derde deelrapport wordt een gedetailleerde oplossing uitgewerkt voor één van deze knelpunten. In alle deelrapporten is de aanvullende informatie weergegeven in de desbetreffende bijlagen.

Ik wil van deze gelegenheid gebruik maken om een aantal personen te bedanken voor de begeleiding, het meedenken en de ondersteuning. Als eerste de leden van mijn afstudeercommissie met prof.dr.s.ir. J.K. Vrijling, ir. K.G. Bezuyen, ir. P. van Eck, ir. W.L. Leendertse en ir. M.P. Oude Essink; verder alle collega's van het "boortunnel-team" voor de ruimhartige samenwerking en ondersteuning gedurende de afgelopen maanden.

Speciale dank aan Peter voor zijn altijd enthousiaste en geduldige begeleiding. Speciale dank aan Michel voor zijn adequaat advies en te allen tijde opbouwende kritiek. Tot slot wil ik een woord van dank uitbrengen aan ouders, familie en vrienden voor hun enthousiaste ondersteuning.

K.H.F. Berkers,  
Utrecht, 5 februari 2000.

## Samenvatting

Dit deelrapport vormt samen met de overige twee deelrapporten de rapportage van het afstudeeronderzoek betreffende het vergelijken van de korte en de lange boortunnelvariant van de boortunnel onder het Groene Hart. Dit tweede deelrapport is toegespitst op de beschrijving van het Referentieontwerp van de beide boortunnelvarianten in de uitvoerings- en de gebruiksfase op de vergelijking van beide varianten op milieu aspecten in de bouw- en uitvoeringsfase. Het afstudeeronderzoek heeft als titel "Vergelijking korte en lange boortunnelvariant HSL-Zuid onder het Groene Hart" en heeft, namens de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, plaatsgevonden bij de Projectorganisatie HSL-Zuid, Projectbureau Boortunnel. Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft en is begeleid door een afstudeercommissie. De afstudeercommissie bestaat uit prof.dr.ir. J.K. Vrijling (sectie waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek), ir. K.G. Bezuyen (sectie waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek), ir. P. van Eck (sectie infrastructuurplanning, Faculteit der Civiele Techniek), ir. W.L. Leendertse (Bouwdienst Rijkswaterstaat) en ir. M.P. Oude Essink (Bouwdienst Rijkswaterstaat).

Het doel van dit afstudeeronderzoek is tweeledig. Het eerste doel omvat het inventariseren van de verschillende soorten hinder voor de korte en de lange boortunnelvariant. Het tweede doel omvat het analyseren van de geconstateerde knelpunten in het Referentieontwerp en het uitwerken van één knelpunt met grote waterbouwkundige relevantie. In deelrapport I is een inventarisatie gemaakt van de milieuaspecten die een mogelijke rol spelen bij de beide boortunnelvarianten. Het deelrapport II is toegespitst op het Referentieontwerp van de beide boortunnelvarianten onder het Groene Hart en bevat de vergelijking van de korte en lange boortunnelvariant op milieu aspecten. Het deelrapport III bevat een constructieve uitwerking van één van de knelpunten die uit de vergelijking in het tweede deelrapport naar voren zijn gekomen. In het derde, en laatste, deelrapport staan tevens de conclusie en de aanbevelingen vermeld.

Het tweede deelrapport bevat het beoordelingskader uit de milieu-effectrapportage met daarin de drie thema's: natuur- en milieu, Ruimtelijke Ordening en woon- en leefmilieu. De thema's zijn opgebouwd uit meerdere aspecten, waarbinnen de toetsingscriteria van de beoordeling van beide boortunnelvarianten zullen worden geselecteerd. De gevolgde selectieprocedure levert een reeks specifiek bij het vakgebied behorende aspecten en criteria op. Op de laatstgenoemde reeks wordt vervolgens een selectie op basis van persoonlijke interesse toegepast. De aldus overgebleven aspecten en criteria vormen de basis, waarop de beide boortunnelvarianten in de uitvoerings- en gebruiksfase vergeleken zullen worden. In de onderstaande tabel staan de beoordelingscriteria weergegeven:

ASPECT	BEOORDELINGSCRITERIA
Thema Natuurlijk milieu	
1) Landschap	Aantasting openheid
	Aantasting cultuurhistorische waarden
2) Ecologie	Verbreking van ecologische relaties
Thema Ruimtelijke Ordening	
1) Wonen	Aantasting bestaande woonlocaties
	Aantasting geplande woonlocaties
2) Werken	Aantasting bestaande bedrijventerreinen
	Aantasting geplande bedrijventerreinen
3) Recreatie	Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen
	Aantasting geplande recreatieve voorzieningen
	Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes
	Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes
Thema Woon- en leefmilieu	
1) Geluid en trillingen	Aantasting stiltegebieden
	Geluidbelast oppervlak

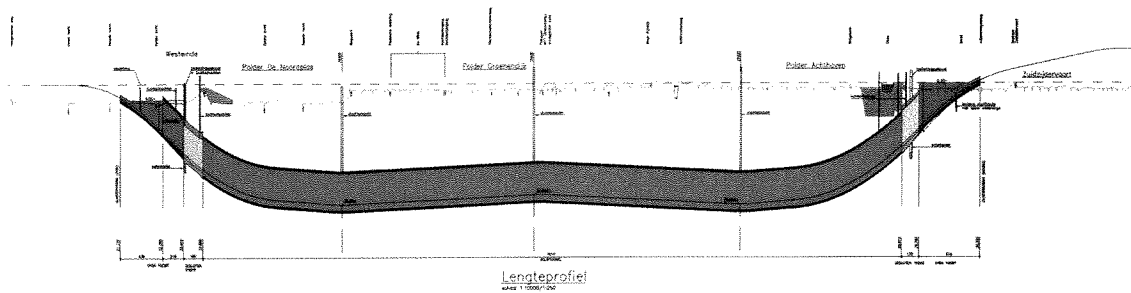
De opgenomen fotoreportage van het deel van het Groene Hart waar het tracé komt te liggen, geeft een duidelijk beeld van de bestaande situatie aldaar. Het tracé van de boortunnel loopt door de Bospolder, polder Achthoven en polder Groenendijk. Op de foto's is te zien dat openheid een van de kenmerken van genoemde polders is. In dit gebied staan enkele molens met cultuurhistorische waarde en ligt een vogelreservaat, dat als stiltegebied is aangewezen.

Het Referentieontwerp van de lange en dat van de korte boortunnelvariant vormen de basis van de vergelijking van beide boortunnelvarianten. De karakteristieken van de lange boortunnelvariant staan in tabel 0.1 en die van de korte boortunnelvariant in tabel 0.2. Het lengteprofiel van de lange boortunnelvariant is weergegeven in figuur 0.1 en dat van de korte boortunnelvariant in figuur 0.2.

Lange boortunnelvariant	HSL-km	HSL-km	Totale lengte
Open bak noordelijke toerit	30,390	29,780	610 m
"Cut&cover" tunnel noordelijke toerit	29,780	29,610	170 m
Boortunnel	29,610	22,600	7010 m
"Cut&cover" tunnel zuidelijke toerit	22,600	22,410	190 m
Open bak zuidelijke toerit	22,410	21,770	640 m

tabel 0.1 - beschrijving tracé lange boortunnelvariant

De vlucht- en onderhoudschachten bevinden zich op HSL-km 28,000, HSL-km 25,935 en HSL-km 24,000.

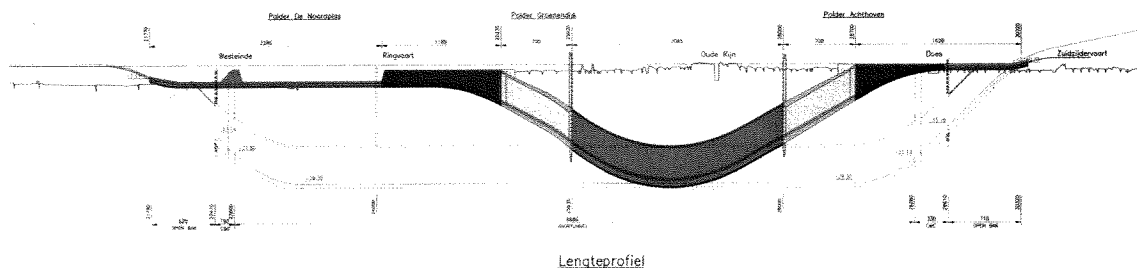


figuur 0.1 - lengteprofiel lange boortunnelvariant

Korte boortunnelvariant	HSL-km	HSL-km	Totale lengte
Open bak noordelijke toerit	30,320	28,700	1620 m
"Cut&cover" tunnel noordelijke toerit	28,700	28,000	700 m
Boortunnel	28,000	25,935	2065 m
"Cut&cover" tunnel zuidelijke toerit	25,935	25,235	700 m
Open bak zuidelijke toerit	25,235	24,050	1185 m
Zettingsvrije plaat	24,050	21,770	2280 m

tabel 0.2 - beschrijving tracé korte boortunnelvariant

De vlucht- en onderhoudschachten bevinden zich op HSL-km 28,000, HSL-km 25,935.



figuur 0.2 - lengteprofiel korte boortunnelvariant

De werkzaamheden in het projectgebied tijdens de uitvoeringsfase worden niet alleen algemeen beschreven maar ook toegespitst op de toeritten noord en zuid en de vluchtschachten. Er zijn twee werkterreinen, een noordelijk en tevens het grootste en een zuidelijk, ingericht voor bouw- en opslagactiviteiten gedurende het bouwproces. Het boorproces zal van noord naar zuid verlopen. Op het noordelijke werkterrein worden onder andere de betonfabriek en het generatorenpark gesitueerd, hetgeen voor de nodige overlast zal zorgen. Op de zuidelijke werkterreinen is slechts ruimte voor opslag en voor het plaatsen van verschillende bouwketen; hier worden geen grote fabrieken geplaatst. Het werkterrein van de noordelijke toerit bestaat uit de Bospolder (werkterrein), de Munnikkenpolder (tijdelijke grondopslag) en een deel van de Polder Achthoven (werkweg).

Een van de hulpmiddelen om tot een zo goed mogelijke inrichting van het gebied te komen is het houden van bijeenkomsten met de betrokkenen. Een dergelijke bijeenkomst is in de vorm van een workshop gehouden. Uit het verslag van deze workshop valt op te maken dat het belangrijk is een visie te ontwikkelen op de regionale ontwikkeling van het gebied. De visie moet aan de volgende eisen voldoen:

- (versterking van het) watersysteem en de ecologische hoofdroute moeten centrale elementen in de visie zijn;
- de visie moet kwaliteitsimpulsen bevatten voor (combinaties van) landbouw, natuurbouw en recreatie;
- de visie moet aangeven hoe bestaande barrières (water, infrastructuur, verstedelijking etc.) zo veel mogelijk kunnen worden geslecht;
- de visie moet de samenhang tussen "noord" (ten noorden van de Oude Rijn) en "zuid" (ten zuiden van de Oude Rijn) versterken;
- de visie moet aangeven hoe de bereikbaarheid van specifieke doelgroepen (b.v. recreanten) van het gebied verbeterd kan worden;
- de visie moet aangeven hoe deze bijdraagt aan het creëren/behouden van een duurzame en duidelijke grens tussen stedelijk gebied en groene ruimte.

Samenvattend kan men stellen dat de visie positief bijdraagt aan de samenhang en identiteit van het gebied als geheel. De uitdaging is als het ware het gebied zoveel mogelijk een eigen, herkenbaar gezicht te geven.

De vergelijking tussen de korte en de lange boortunnelvariant is gemaakt op de volgende drie thema's: het natuurlijk milieu, de ruimtelijke ordening en het woon- en leefmilieu. Uit de vergelijking is naar voren gekomen dat er slechts een klein verschil bestaat tussen de bouw- en de gebruiksfase van de beide boortunnelvarianten.

In de bouwfase komen de onderstaande aspecten, die als hinderlijk worden ervaren bij beide boortunnelvarianten, duidelijk naar voren:

- aantasting cultuurhistorische waarden;
- verbreking van ecologische relaties;
- aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes;
- aantasting geplande recreatieve verbindingroutes.



In de gebruiksfase verschillen beide boortunnelvarianten slechts marginaal van elkaar. De punten die in de bouwfase als hinderlijk worden ervaren, worden nu ook in deze fase als hinderlijk ervaren. Bovendien zijn er een aantal aspecten bijgekomen. De aspecten die in de gebruiksfase van de beide boortunnelvarianten een rol spelen, zijn de volgende:

- aantasting openheid;
- aantasting cultuurhistorische waarden;
- verbreking van ecologische relaties;
- aantasting geplande bedrijventerreinen;
- aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes;
- aantasting geplande recreatieve verbindingroutes;
- aantasting stiltegebieden;
- geluidsbelast oppervlak.

De lange boortunnelvariant is verreweg de meest gunstige variant op alle drie de thema's. Het verschil tussen de bouwfase en de gebruiksfase is minimaal, vanwege het feit dat er in de bouwfase geen extra hinder wordt ondervonden van de bouwactiviteiten in het Groene Hart. De activiteiten vinden zoveel mogelijk binnen de grenzen van de bouwzones plaats. De bouwzones gaan na voltooiing van de bouw voor het merendeel over in de HSL-zone. Dit heeft tot gevolg dat de hinder, veroorzaakt door de bouwactiviteiten, vervangen wordt door de hinder ten gevolge van het gebruik van het tracé. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de overlast van de bouwactiviteiten gedurende een aantal jaren zeer intensief zal zijn en dat de overlast te gevolge van het gebruik van het tracé slechts momentaan zal plaats vinden.

Het aspect wat nog onbesproken is gebleven, heeft betrekking op de mogelijke aanpassingen van één van beide boortunnelvarianten, waardoor het verschil tussen beide boortunnelvarianten kleiner wordt. Dit aspect zal in het derde deelrapport worden uitgewerkt.

## Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b>	<b>i</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>ii</b>
<b>1 Uitsplitsing van criteria</b>	<b>1</b>
1.1 Grove selectie	1
1.2 Selectie op vakgebied	3
1.3 Selectie op interesse	5
1.4 Totaaloverzicht	6
<b>2 Beschrijving huidige situatie</b>	<b>7</b>
<b>3 Beschrijving referentieontwerp</b>	<b>12</b>
3.1 Beschrijving tracé van de lange boortunnelvariant	12
3.2 Beschrijving tracé van de korte boortunnelvariant	15
<b>4 Beschrijving uitvoeringsfase en gebruiksfase</b>	<b>18</b>
4.1 Uitvoeringsfase	18
4.1.1 Algemene beschrijving werkzaamheden	18
4.1.2 Toerit Noord	20
4.1.3 Toerit Zuid	22
4.1.4 Vlucht- en onderhoudsschachten	24
4.2 Gebruiksfase	24
<b>5 Vergelijking in uitvoeringsfase en gebruiksfase</b>	<b>27</b>
5.1 Uitvoeringsfase	27
5.1.1 Effecten lange boortunnelvariant	27
5.1.2 Effecten korte boortunnelvariant	28
5.1.3 Overeenkomsten en verschillen werkzaamheden varianten	28
5.2 Gebruiksfase	29
5.2.1 Effecten lange boortunnelvariant	29
5.2.2 Effecten korte boortunnelvariant	30
5.3 Kwantificering criteria	31
5.3.1 Beschrijving criteria met bijbehorende eenheden	31
5.3.2 Vergelijking varianten	50
<b>Literatuurlijst</b>	<b>52</b>
<b>Referenties</b>	<b>54</b>
<b>Bijlage A Tracé lange boortunnelvariant</b>	<b>55</b>
<b>Bijlage B Overzicht werkterrein Does</b>	<b>56</b>
<b>Bijlage C Overzicht werkterreinen vluchtschachten</b>	<b>57</b>
<b>Bijlage D Overzicht werkterreinen Westeinde</b>	<b>58</b>
<b>Bijlage E Kaart milieubeschermingsgebieden</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage F Workshop impulsmaatregelen Groene Hart</b>	<b>60</b>

# 1 Uitsplitsing van criteria

Het beoordelingskader uit de milieu-effectrapportage bevat diverse thema's. Deze thema's zijn "natuurlijk milieu", "Ruimtelijke Ordening" en "woon- en leefmilieu". De thema's zijn vervolgens opgebouwd uit meerdere aspecten. De toetsingscriteria van de beoordeling zullen binnen deze aspecten geselecteerd worden.

De keuze van de criteria bestaat uit een proces van drie stappen. Als eerst wordt er een grove selectie gemaakt. Hierbij vallen de aspecten af die op het eerste gezicht geen grote, of zelfs geen invloed lijken te hebben op de keuze tussen een lange of een korte boortunnelvariant.

Na de grove selectie blijft er een aantal aspecten over. Op deze nieuwe, sterk gereduceerde, reeks aspecten wordt vervolgens de selectie op vakgebied toegepast. Hierbij vallen de aspecten af die geen verbinding hebben met de afstudeerrichting (constructieve) waterbouwkunde. Het resultaat van het genoemde onderzoek dient als basis voor de laatste fase van het afstudeeronderzoek.

Na de selectie op vakgebied komt de laatste selectie. Op de overgebleven aspecten wordt tot slot de selectie op interesse toegepast. De aspecten die nu overblijven, zijn de aspecten waarop de boortunnelvarianten zullen worden vergeleken in zowel de bouwfase als de gebruiksfase.

## 1.1 Grove selectie

Thema: Natuurlijk milieu

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA GROVE SELECTIE
1) Landschap	Aantasting openheid	
	Aantasting kleinschaligheid	
	Aantasting oriëntatie	
	Aantasting cultuurhistorische waarden	
		Aantasting aardkundige werken
2) Ecologie	Kwantitatief biotoopverlies	
	Kwantitatief biotoopverlies door verstoring	
	Kwantitatief biotoopverlies door versnippering	
	Verbreking van ecologische relaties	
3) Bodem en water	Vergraven bodems	
		Doorsnijding bodem-beschermingsgebieden
		Doorsnijding grondwater-beschermingsgebieden
	Zandbehoefte	
	Te bergen baggerspecie	
		Verontreinigde bodemlocaties

**Thema: Ruimtelijk Ordening**

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA GROVE SELECTIE
1) Wonen	Aantasting bestaande woonlocaties	
	Aantasting geplande woonlocaties	
2) Werken	Aantasting bestaande bedrijventerreinen	
	Aantasting geplande bedrijventerreinen	
3) Recreatie	Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen	
	Aantasting geplande recreatieve voorzieningen	
	Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	
	Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes	
4) Landbouw	Verlies aan landbouwareaal	
	Aantasting agrarische bedrijfsstructuren	
		Aantasting bestaande agrarische lintbebouwing
		Aantasting landinrichtingsprojecten
5) Infrastructuur		Strakke bundeling met bestaande infrastructuur

**Thema: Woon- en leefmilieu**

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA GROVE SELECTIE
1) Geluid en trillingen	Te amoveren woningen	
	Totaal gehinderden door geluid	
	Aantasting verblijfsrecreatie	
	Aantasting stiltegebieden	
	Geluidbelast oppervlak	
	Trillingshinder (woningen)	
	Totaal gehinderden door trilling	
2) Sociale veiligheid		Afname sociale veiligheid
	Visuele hinder	
	Gedwongen vertrek (sloop van woningen)	
	Afname sociale integratie	
3) Bereikbaarheid	Bereikbaarheid	
4) Barrièrewerking	Barrièrewerking	

## 1.2 Selectie op vakgebied

### Thema: Natuurlijk milieu

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA SELECTIE OP VAKGEBIED
1) Landschap	Aantasting openheid	
		Aantasting kleinschaligheid
		Aantasting oriëntatie
	Aantasting cultuurhistorische waarden	
2) Ecologie		Kwantitatief biotoopverlies
		Kwantitatief biotoopverlies door verstoring
		Kwantitatief biotoopverlies door versnippering
	Verbreking van ecologische relaties	
3) Bodem en water	Vergraven bodems	
	Zandbehoefte	
	Te bergen baggerspecie	

### Thema: Ruimtelijke Ordening

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA SELECTIE OP VAKGEBIED
1) Wonen	Aantasting bestaande woonlocaties	
	Aantasting geplande woonlocaties	
2) Werken	Aantasting bestaande bedrijventerreinen	
	Aantasting geplande bedrijventerreinen	
3) Recreatie	Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen	
	Aantasting geplande recreatieve voorzieningen	
	Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	
	Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes	
4) Landbouw		Verlies aan landbouwareaal
		Aantasting agrarische bedrijfsstructuren

**Thema: Woon- en leefmilieu**

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA SELECTIE OP VAKGEBIED
1) Geluid en trillingen		Te amoveren woningen
		Totaal gehinderden door geluid
	Aantasting verblijfsrecreatie	
	Aantasting stiltegebieden	
	Geluidbelast oppervlak	
	Trillingshinder (woningen)	
		Totaal gehinderden door trilling
2) Sociale veiligheid	Visuele hinder	
		Gedwongen vertrek (sloop van woningen)
	Afname sociale integratie	
3) Bereikbaarheid	Bereikbaarheid	
4) Barrièrewerking	Barrièrewerking	

### 1.3 Selectie op interesse

Thema: Natuurlijk milieu

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA SELECTIE OP INTERESSE
1) Landschap	Aantasting openheid	
	Aantasting cultuurhistorische waarden	
2) Ecologie	Verbreking van ecologische relaties	
3) Bodem en water		Vergraven bodems
		Zandbehoefte
		Te bergen baggerspecie

Thema: Ruimtelijke Ordening

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA SELECTIE OP INTERESSE
1) Wonen	Aantasting bestaande woonlocaties	
	Aantasting geplande woonlocaties	
2) Werken	Aantasting bestaande bedrijventerreinen	
	Aantasting geplande bedrijventerreinen	
3) Recreatie	Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen	
	Aantasting geplande recreatieve voorzieningen	
	Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	
	Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes	

Thema: Woon- en leefmilieu

ASPECT	GAAT DOOR	VALT AF NA SELECTIE OP INTERESSE
1) Geluid en trillingen		Aantasting verblijfsrecreatie
	Aantasting stiltegebieden	
	Geluidbelast oppervlak	
		Trillingshinder (woningen)
2) Sociale veiligheid		Visuele hinder
		Afname sociale integratie
3) Bereikbaarheid		Bereikbaarheid
4) Barrièrewerking		Barrièrewerking

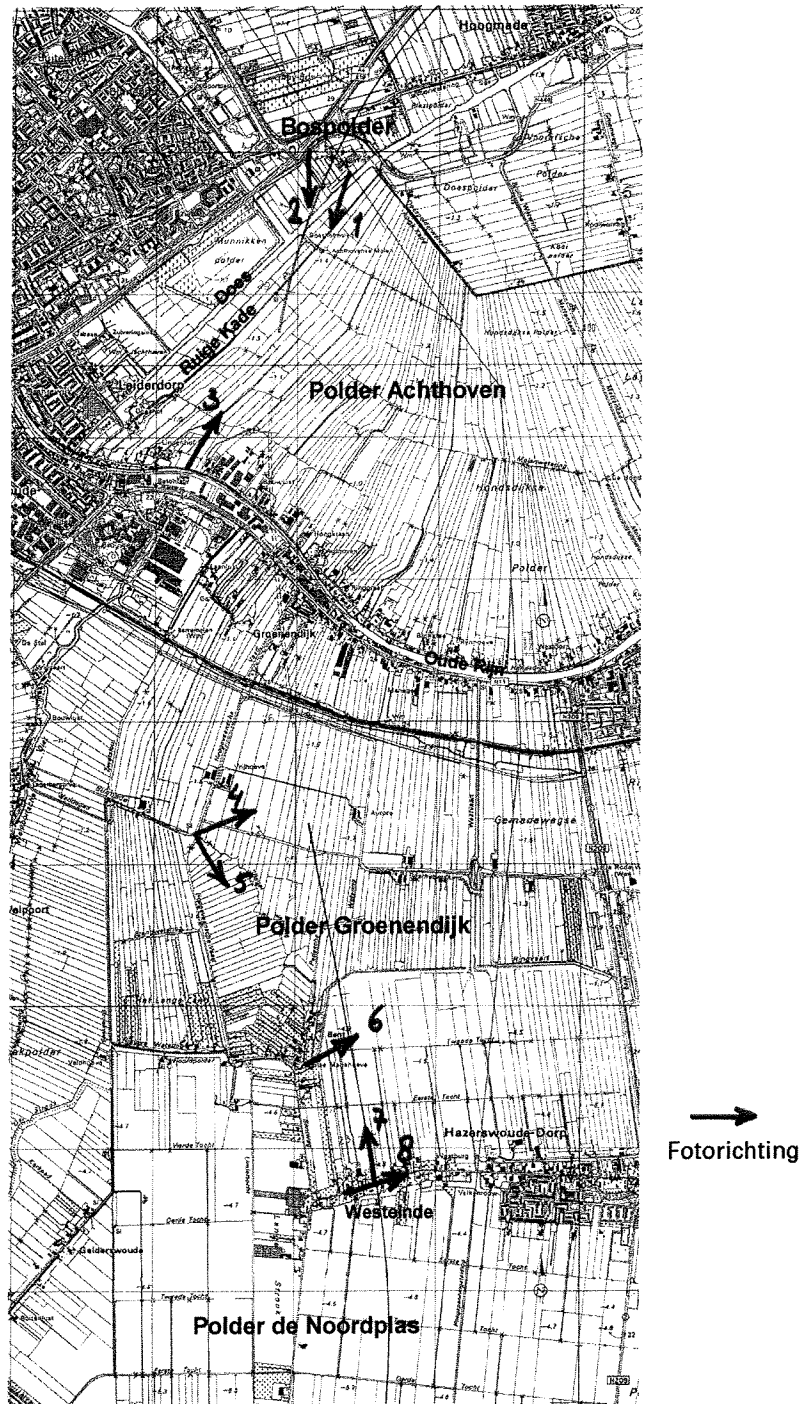
## 1.4 Totaaloverzicht

ASPECT	BEOORDELINGSCRITEIA
Thema Natuurlijk milieu	
1) Landschap	Aantasting openheid
	Aantasting cultuurhistorische waarden
2) Ecologie	Verbreking van ecologische relaties
Thema Ruimtelijke Ordening	
1) Wonen	Aantasting bestaande woonlocaties
	Aantasting geplande woonlocaties
2) Werken	Aantasting bestaande bedrijventerreinen
	Aantasting geplande bedrijventerreinen
3) Recreatie	Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen
	Aantasting geplande recreatieve voorzieningen
	Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes
	Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes
Thema Woon- en leefmilieu	
1) Geluid en trillingen	Aantasting stiltegebieden
	Geluidbelast oppervlak



## 2 Beschrijving huidige situatie

Het tracé van de boortunnel loopt door de Bospolder, polder Achthoven en polder Groenendijk. Om een goede indruk te krijgen van de natuur ter plaatse wordt in dit hoofdstuk van diverse markante punten een impressie gegeven. In het onderstaande overzicht, figuur 2.1, staat de plaats waar de foto is genomen, aangegeven. De richting van de pijl is de richting waarin de foto is genomen.



figuur 2.1 - foto overzicht

Het tracé start in de Bospolder en gaat vervolgens onder de Does door. De Does is een waterloop met als hoofdfunctie het bedienen van de recreatievaart. (Zie foto 2.1). De Does wordt dan ook als zeer belangrijk voor de omgeving ervaren. Op de onderstaande foto staan nog twee kenmerken van het gebied: de hoogspanningsleiding, die in alle polders is waar te nemen en twee molens, de Doeshofmolen en de Achthovensemolen, die op de achtergrond staan afgebeeld. De hoogspanningsleiding is belangrijk vanwege de oriëntatie in het gebied en de molens vanwege hun cultuurhistorische waarde.



*foto 2.1 - de Does*

Vanuit het perspectief van foto 2.1 ziet men aan de rechterzijde van de Does de Bospolder, zie foto 2.1, en de Munnikkenpolder. In deze polders zullen de toekomstige werkterreinen worden gevestigd. Hieronder is een foto van de Bospolder waar de startschacht van de boortunnel zal komen te liggen. In de verte staan wederom beide molens die zeer bepalend zijn voor het landschap.



*foto 2.2 - de Bospolder*

Beide boortunnels zullen vanuit de Bospolder door polder Achthoven gaan. Bij bedrijfsterrein Bouwlust gaan de boortunnels vervolgens onder de Oude Rijn door (foto 2.3 geeft een indruk van polder Achthoven).



*foto 2.3 - polder Achthoven*

Na de kruising met de Oude Rijn en de spoorlijn Leiden - Alphen a/d Rijn komt de HSL uit in polder Groenendijk. Wordt de boortunnel als korte variant uitgevoerd, dan komt hij in deze polder op maaiveld; wordt de boortunnel echter als lange variant uitgevoerd, dan blijft deze tot Westeinde ondergronds (foto 2.4 is een weergave van polder Groenendijk).



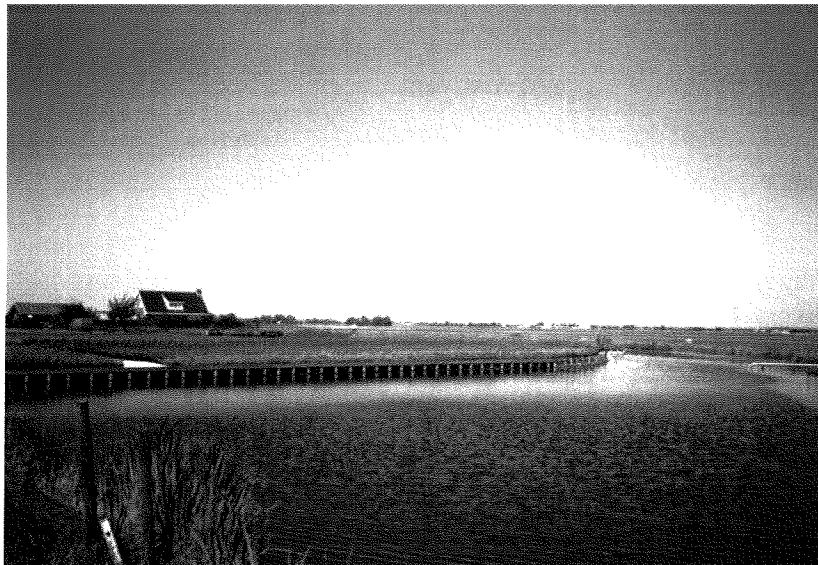
*foto 2.4 - polder Groenendijk*

Vanuit de positie van foto 2.4 bevindt zich ter rechterzijde het vogelreservaat "De Wilck". (Zie foto 2.5). Dit gebied staat bekend als broedplaats voor diverse weidevogels en is daarom aangewezen als stiltegebied. Het gebied is toegankelijk voor de recreatie, maar er dient rekening gehouden te worden met de rust ter plekke.



*foto 2.5 - vogelreservaat "De Wilck"*

Wat meer naar het zuiden bevindt zich woonlocatie Bent. Bij de uitvoering van de lange boortunnelvariant zal hier een vluchtschacht worden gerealiseerd. Vanuit het werkterrein zal een verbinding tot stand worden gebracht met de omringende wegen. Deze verbindende werkweg zal langs onderstaande ringvaart komen te liggen. (Zie foto 2.6).



*foto 2.6 - ringvaart Bent*

Tot slot de lintbebouwing Westeinde. De onderstaande foto 2.7 en foto 2.8 geven de huidige situatie weer. Bij de lange boortunnelvariant zal het werkterrein ten zuiden van deze bebouwing komen te liggen. Bij de korte boortunnelvariant wordt de lintbebouwing doorsneden.



*foto 2.7 - polder Groenendijk bij Westeinde*



*foto 2.8 - lintbebouwing Westeinde*

### 3 Beschrijving referentieontwerp

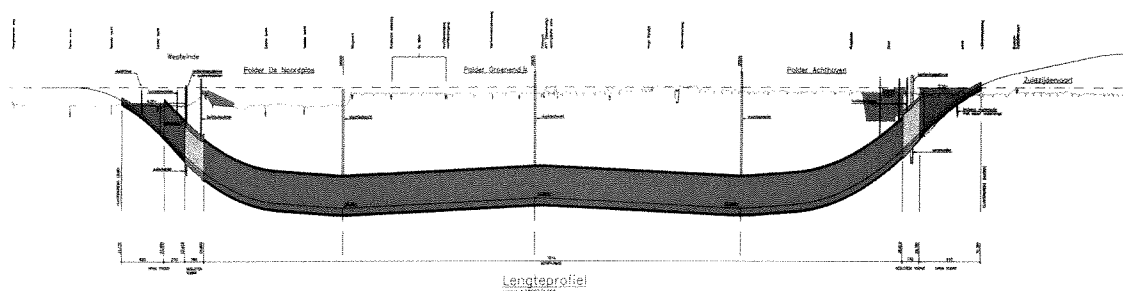
In dit hoofdstuk wordt het referentieontwerp van de lange en van de korte boortunnelvariant beschreven. Er zijn vier kaarten ter toelichting opgenomen.

#### 3.1 Beschrijving tracé van de lange boortunnelvariant

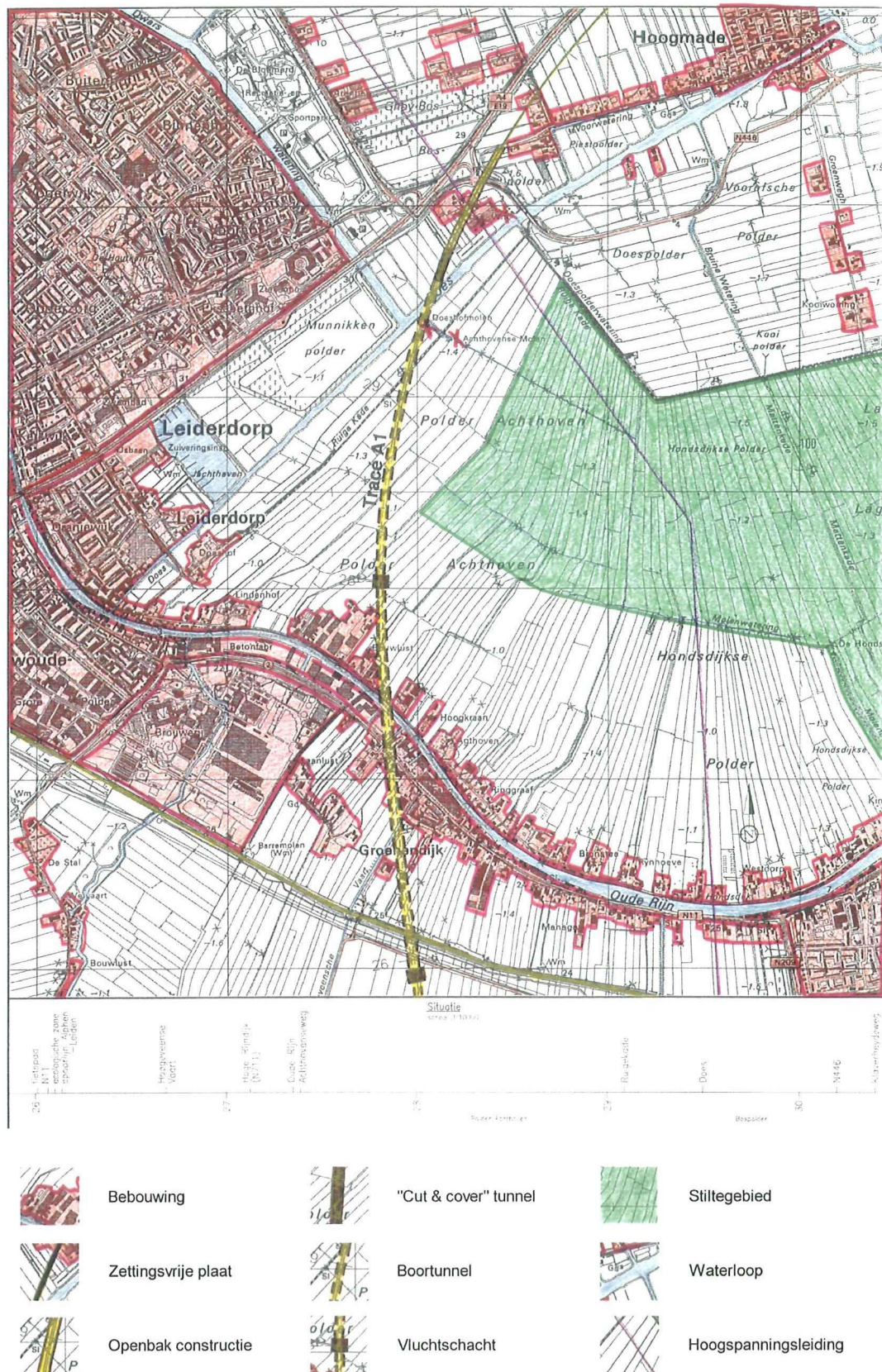
De HSL ligt vanaf HSL-km 30,3 in de Bospolder in een open bak en gaat bij HSL-km 29,8 met een "cut & cover" tunnel onder de Does door. Na de passage met de Does gaat in de polder Achthoven bij HSL-km 29,6 de "cut & cover" tunnel over in een boortunnel. De HSL ligt in een boortunnel tot ten zuiden van Westeinde. Vanaf HSL-km 22,6 gaat de boortunnel over in een "cut & cover" tunnel die bij HSL-km 22,4 overgaat in een open tunnelbak. De HSL komt tussen de Eerste en de Tweede Tocht in de polder De Noordplas boven het maaiveld. Dit is op HSL-km 21,8. (Zie figuur 2 en 3).

De totale bouw van de boortunnel inclusief de bouw van de toeritten duurt ruim 5 jaar. De constructie van de boortunnel, zie figuur 1, is van noord naar zuid opgebouwd uit een aantal onderdelen:

- een open toerit van circa 610 m van HSL-km 30,3 tot 29,8;
- een gesloten toerit in de vorm van een zogeheten "cut & cover" tunnel van circa 170 m van HSL-km 29,8 tot 29,6;
- een boortunnel van circa 7010 m van HSL-km 29,6 tot 22,6;
- een gesloten toerit in de vorm van een "cut & cover" tunnel van circa 190 m van HSL-km 22,6 tot 22,4;
- een open toerit van circa 620 m van HSL-km 22,4 tot 21,8;
- vijf onderhouds- en vluchtschachten, waardoor men de tunnel bij calamiteiten kan ontvluchten en die aan hulpverlenende instanties toegang tot de tunnel bieden. De schachten dienen tevens als toegang tot de tunnel voor inspectie en onderhoud.



figuur 3.1 - lengteprofiel lange boortunnelvariant



figuur 3.2 - noordelijk deel van tracé lange boortunnelvariant



figuur 3.3 - zuidelijk deel van tracé lange boortunnelvariant



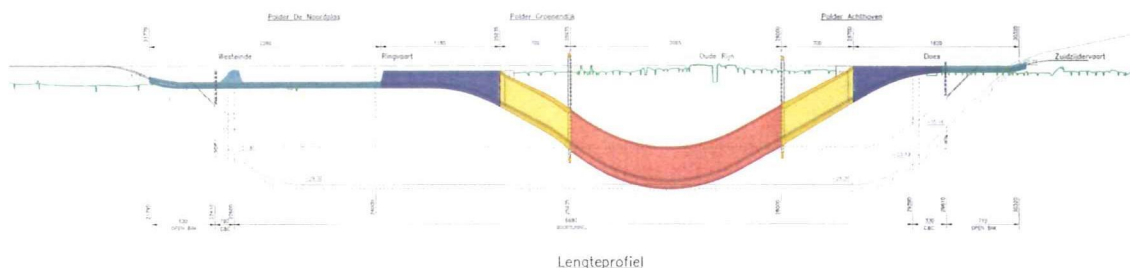
### 3.2 Beschrijving tracé van de korte boortunnelvariant

Ter hoogte van HSL-km 29,6 ligt het HSL-tracé op maaiveld. Ter hoogte van HSL-km 29,5 gaat de HSL over in een open toerit van ca. 800 meter, waarna de HSL ter hoogte van HSL-km 28,7 daalt in een "cut & cover" tunnel met een lengte van ca. 700 meter naar de passage van de Oude Rijn. Voor continuering van de waterhuishoudkundige en recreatieve functies wordt de Does omgelegd naar het zuiden evenwijdig met het HSL-tracé. De omgelegde Does kruist de HSL ter hoogte van HSL-km 28,2. De ruige kade wordt samen met de Does verlegd.

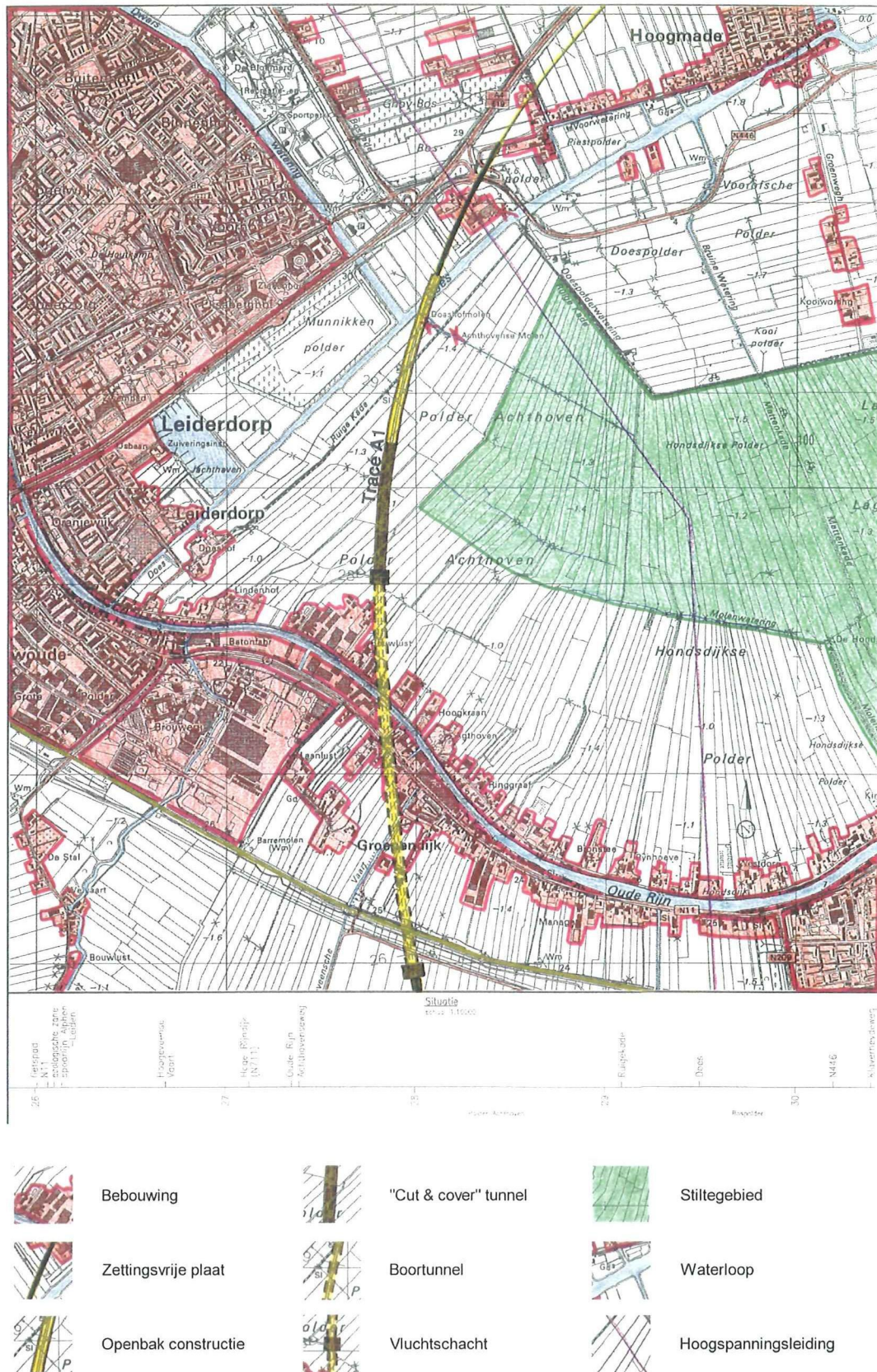
Ter hoogte van HSL-km 28,0 gaat het tracé over in een geboorde tunnel van 2 km lengte onder de Oude Rijn tot voorbij de spoorlijn Leiden - Alphen a/d Rijn en voorbij de geprojecteerde Rijksweg N11. Vervolgens stijgt het tracé via een "cut & cover" tunnel met een lengte van ca. 700 meter naar een half diepe open bak met een lengte van 1,2 km. De Ringvaart wordt met een sifonconstructie onder de HSL doorgeleid. De overige waterhuishouding wordt omgeleid via de spoorloten. Even voorbij de Ringvaart ligt de HSL op maaiveld. Tot even voorbij Westeinde (HSL-km 22,4) blijft de HSL een maaiveldligging houden. De weg Westeinde wordt doorsneden. De weg wordt gecontinueerd door een omlegging. (Zie figuur 5 en figuur 6).

De constructie van de korte boortunnelvariant, zie figuur 4, is van noord naar zuid opgebouwd uit de volgende onderdelen:

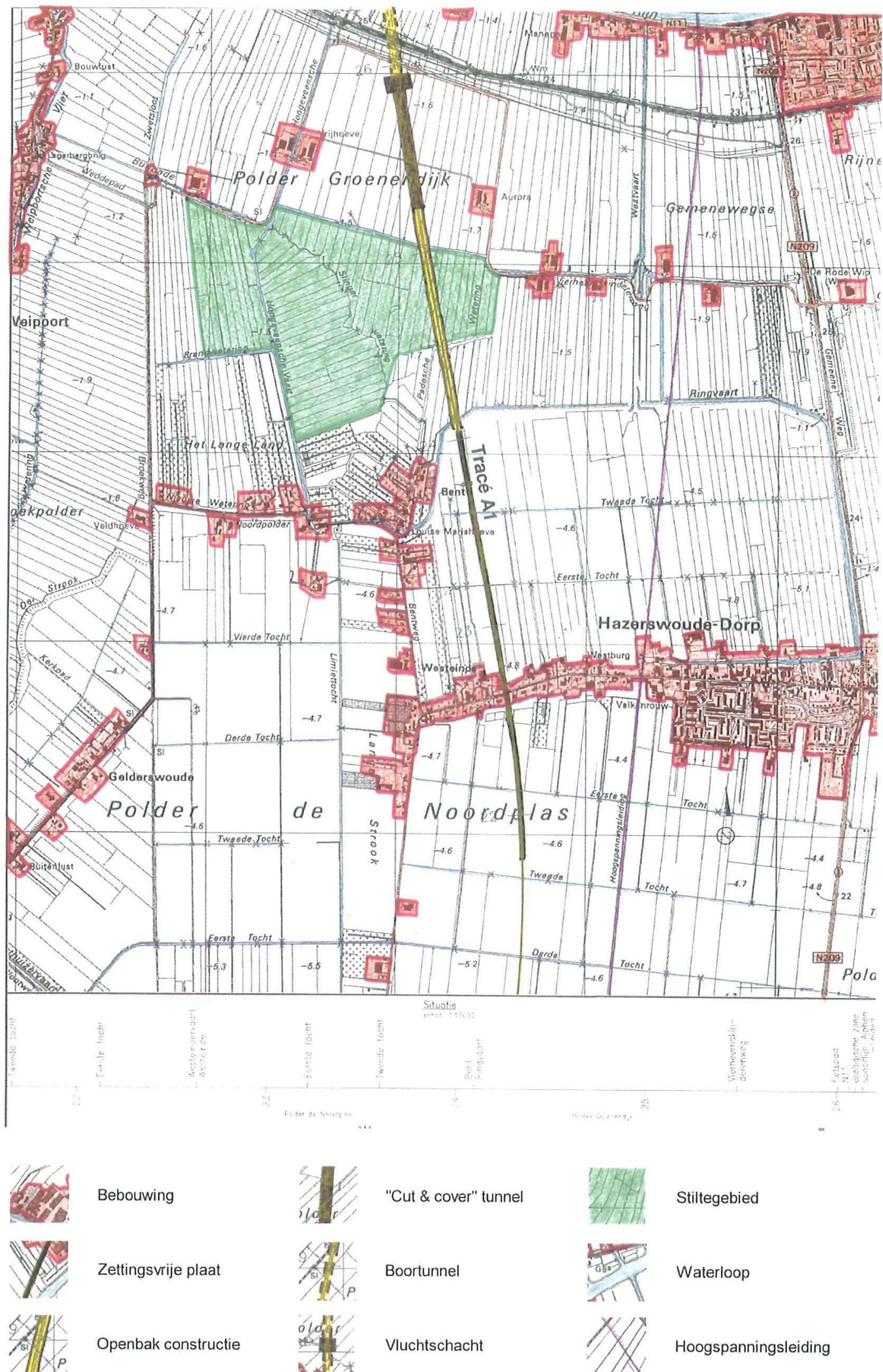
- een zettingsvrije plaat van circa 800 m van HSL-km 30,3 tot 29,5;
- een open toerit van circa 800 m van HSL-km 29,5 tot 28,7;
- een gesloten toerit in de vorm van een zogeheten "cut & cover" tunnel van circa 700 m van HSL-km 28,7 tot 28,0;
- een boortunnel van circa 2065 m van HSL-km 28,0 tot 25,9;
- een gesloten toerit in de vorm van een "cut & cover" tunnel van circa 700 m van HSL-km 25,9 tot 25,2;
- een open toerit van circa 1185 m van HSL-km 25,2 tot 24,0;
- een zettingsvrije plaat van circa 2280 m van HSL-km 24,0 tot 21,8;



figuur 3.4 - lengteprofiel korte boortunnelvariant



figuur 3.5 - noordelijk deel van tracé korte boortunnelvariant



figuur 3.6 - zuidelijk deel van tracé korte boortunnelvariant

## 4 Beschrijving uitvoeringsfase en gebruiksfase

In dit hoofdstuk worden in paragraaf 1 de werkzaamheden in het projectgebied tijdens de uitvoeringsfase beschreven, zowel algemeen als toegespitst op de toeritten noord en zuid en de vluchtschachten. In paragraaf 2 staat de beschrijving van de gebruiksfase, die onder meer gebaseerd is op de workshop "Impulsmaatregelen Groene Hart". Het verslag van genoemde workshop geeft goed weer welke inpassingsmaatregelen er nodig zijn om draagvlak bij de betrokkenen te creëren. Aan het eind van het hoofdstuk worden de beschrijvingen, behorende bij de uitvoeringsfase, toegelicht middels kaarten in de bijlagen 2 tot en met 4 en die behorende bij de gebruiksfase in de bijlage 6.

### 4.1 Uitvoeringsfase

#### 4.1.1 Algemene beschrijving werkzaamheden

Het boorproces zal van noord naar zuid verlopen. Dit heeft tot gevolg dat het noordelijke werkterrein het meest intensief zal worden gebruikt. Op dit werkterrein worden o.a. de betonfabriek en het generatorenpark gesitueerd, hetgeen voor de nodige overlast zal zorgen.

Het zuidelijke werkterrein en de vluchtschachten zullen in vergelijking met het noordelijke werkterrein kleiner worden uitgevoerd. Op deze werkterreinen is slechts ruimte voor opslag en voor het plaatsen van diverse bouwketen. Grote fabrieken worden hier niet geplaatst. (Zie bijlagen 1 tot en met 4 voor een grafische toelichting).

De inrichting van het werkterrein van toerit Noord is grotendeels gesitueerd tussen de A4 en de Does (zie bijlage 2). Aan de noordzijde wordt het werkterrein begrensd door de N446, aan de zuidzijde door de Jachthaven. Aan de oostzijde van de Does is een terrein gereserveerd om een grondverbetering mogelijk te maken.

Binnen de inrichting zijn de volgende bedrijfsonderdelen te zien: tijdelijk gronddepot, scheidingsinstallatie, betonmortelcentrale, elementenfabriek, generatorenpark, laboratorium, tankplaats, aannemersketen, directieketen, materialenopslag, infocentrum en parkeerterrein.

De bouw- en opslagactiviteiten vinden plaats gedurende het bouwproces van de boortunnel. Het werkterrein van de noordelijk toerit bestaat uit de Bospolder (werkterrein), de Munnikkenpolder (tijdelijke grondopslag) en een deel van de polder Achthoven (werkweg). De totale bouwtijd is circa 5 jaar, waarbij aangetekend moet worden dat, wanneer het boorproces bijna voltooid is, de activiteiten op het werkterrein noordelijke toerit sterk zullen afnemen.

De Bospolder zal na voltooiing van de aanleg van de HSL ingericht worden volgens een plan van landschappelijke inrichting met ruimte voor onder andere waterpartijen. Hierover zal uitvoerig overleg met de betrokken instanties worden gevoerd. De Munnikkenpolder heeft een agrarische bestemming: er is geen bebouwing aanwezig. Deze polder wordt na voltooiing van het werk in principe in zijn oorspronkelijke staat teruggebracht. Het gebruikte deel van de polder Achthoven heeft eveneens een agrarische bestemming, maar behoeft slechts voor een beperkte periode als werkterrein te fungeren. Het terrein in de polder Achthoven zal eveneens na gebruik in zijn oorspronkelijke staat worden teruggebracht.

Activiteiten met betrekking tot het boorproces zullen vierentwintig uur per dag plaatsvinden. De betonwarenfabriek en het "powerstation" zijn eveneens vierentwintig uur per dag in bedrijf. De betonietscheidingsinstallatie die dient om grond, water en betoniet van elkaar te scheiden, zal gedurende 24 uur continu in bedrijf zijn. In het weekend zullen, uitzonderingen daargelaten, alleen onderhouds- en reparatiewerkzaamheden plaatsvinden.

Andere werkzaamheden, zoals de terreininrichting, het heien van damwanden en ontgraven van de bouwkuipen zullen maandag tot en met vrijdag overdag plaatsvinden, met als uitgangspunt de periode tussen 07.00 uur en 19.00 uur. Aanvoer van materiaal en materieel gedurende de nacht is mogelijk.

Naast de voorbereidende werkzaamheden op de werkterreinen zijn er twee onderdelen die veel aandacht vragen. De belangrijkste onderdelen van de inrichting zullen slechts een gedeelte van de totale periode van de werkzaamheden aanwezig zijn. Uitgangspunt daarbij is, dat op het werkterrein nooit meer capaciteit aanwezig is dan nodig wordt geacht.

De betonmortelcentrale/segmentenfabriek zal medio 2000 gebouwd worden, zodat een voldoende voorraad aan segmenten opgebouwd kan worden, voordat de feitelijke boorwerkzaamheden zullen beginnen. Ruim voor de beëindiging van de boorwerkzaamheden, uiterlijk begin 2004, zal de productie weer gestaakt worden. De werkduur zal maximaal 3,5 jaar zijn.

Het generatorpark dat o.a. voor de stroomvoorziening van de TBM's en de scheidingsinstallaties zal moeten zorgen, zal "op volle kracht" in werking zijn gedurende het boorproces. De werkperiode zal, gemeten vanaf begin 2001 tot medio 2004, eveneens circa 3,5 jaar zijn.

Ten behoeve van het totale boorproces van ontgraven tot en met plaatsen van segmenten vindt er een veelheid aan activiteiten plaats: aanvoer van segmenten, bentoniet, grout, personeel, water, electriciteit, onderdelen en afvoer van het slurymengsel, personeel, onderdelen etc. Deze activiteiten vinden plaats via rails, pijpleidingen of kabels.

Voor het opzetten van een goed en betrouwbaar logistiek systeem behoren het vermijden van onnodige handelingen en in ieder geval het zoveel mogelijk beperken ervan tot de uitgangspunten. Dit komt de overlast voor de omgeving ten goede.

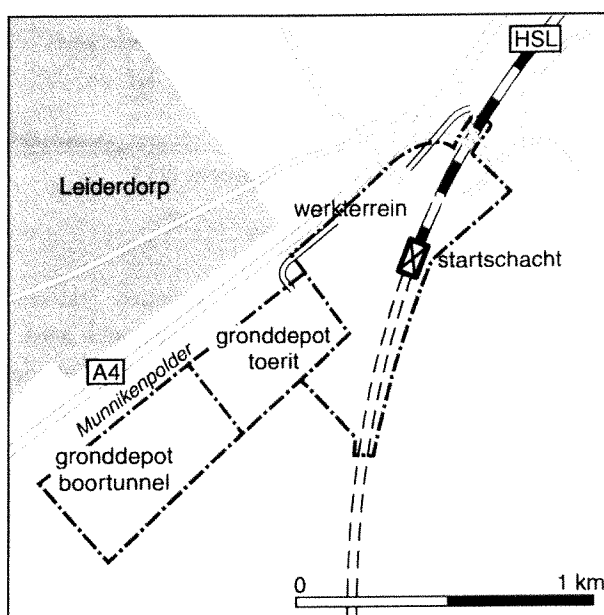
Voor de segmenten van de "lining" geldt: zo min mogelijk handelingen tussen fabricage in de fabriek en de uiteindelijke inbouw in de tunnel. Dit kan worden gerealiseerd door een segmentenproductie op het bouwterrein zelf en een horizontaal transport van de segmenten vanuit de fabriek naar de tunnelboormachine. Het horizontale transport van de elementen vormt hier het probleem, want het werkterrein in de Bospolder, van waaruit gestart wordt met de tunnelboormachine op horizontale wijze, dient namelijk tevens als werkterrein voor de werkzaamheden aan de A4 en N446. De reconstructie van deze wegen neemt een belangrijk deel van het terrein in beslag. Het aanbrengen van de aardebanen vormt een fysieke barrière voor eventuele spoorrails van en naar de ingang van de open toerit. Door de productie zo dicht mogelijk bij de startschacht te plaatsen en door de segmenten vanaf het opslagterrein via rails te vervoeren naar de startschacht wordt dit zo goed mogelijk opgelost. Boven de startschacht werkt een portaalkraan die de segmenten van de wagons af hijst en aflaait in de startschacht. De voorafgaand geschetste situatie is niet ideaal.

De activiteiten die de tunnel na afloop van het boorproces geschikt maken om de definitieve rails, trein- en tunneltechnische installaties, kabels en leidingen aan te leggen, zijn samen te vatten onder de noemer afbouw. Genoemde werkzaamheden geschieden in de tunnel en de voorziene benodigdheden worden via het werkspoor aangevoerd. Vandaar dat de afbouwwerkzaamheden slechts een minimale extra belasting voor de omgeving vormen.

#### 4.1.2 Toerit Noord

Het werkterrein aan de Noordzijde van de tunnel in de Bospolder en het bijbehorende gronddepot in de Munnikenspolder zijn zowel voor de aanleg van de boortunnel als voor de aanleg van de noordelijke toerit noodzakelijk. Naar verwachting zal vanaf de tweede helft van 2000 een aannemer de uitvoering van de werkzaamheden ten behoeve van de verbreding en verlegging van de A4 alsmede de reconstructie van de verkeersknoop met de N446 opstarten. Deze aannemer zal eveneens gebruik maken van het werkterrein in de Bospolder.

De Bospolder en de Munnikenspolder zijn gelegen aan de oostzijde van de A4 ter hoogte van de gemeenten Leiderdorp en Jacobswoude. De Bospolder ligt tevens deels aan de westzijde van de A4. De polders worden verder begrensd door de Does en de jachthaven nabij Leiderdorp en worden onderling gescheiden door de Dwarswetering.



figuur 4.1 - de noordelijke toerit

In het referentieontwerp bestaat de toeritconstructie uit een open bak met een lengte van 610 m, een gesloten gedeelte uitgevoerd als "cut&cover" tunnel met een lengte van 110 m en een startschacht van 60 m lengte. De startschacht wordt na de bouw van de boortunnel afgebouwd als een "cut&cover" tunnel. De gehele toeritconstructie is ontworpen op basis van een bouwkuip van dam- en combiwanden met een onderwaterbetonvloer voorzien van trekpalen. Daarbinnen wordt de definitieve constructie gebouwd. Er wordt vanuit gegaan dat na afloop de damwanden getrokken en de buizen van de combiwand achterblijven.

De rijksweg A4 wordt tussen Leiden en Burgerveen verbreed. De rijbanen worden verbreed van twee naar drie rijstroken aan elke zijde, en de A4 zal hierbij in oostelijke richting worden verlegd. Tevens zullen in verband met de aansluiting met de N446 de bijbehorende op- en afritten van de A4 worden gereconstrueerd. Deze werkzaamheden zullen vrijwel tegelijkertijd met de aanleg van de boortunnel worden uitgevoerd. Dit heeft tot gevolg dat zowel de aannemer van de boortunnel als de aannemer van de reconstructie van de A4 tegelijkertijd van het beschikbare werkterrein in de Bospolder gebruik dienen te maken.

De Bospolder heeft, als het gaat om het startpunt voor de boortunnel, altijd de voorkeur gehad boven andere locaties; dit laatste vanuit het oogpunt van bereikbaarheid en de grootte van het werkterrein. In een later stadium is een groot deel van het oorspronkelijke werkterrein afgestaan als bouwzone voor het project A4, hetgeen aanzienlijke beperkingen tot gevolg hebben gehad voor het oorspronkelijke plan. Ten gevolge van de toeritconstructie naar de boormachines is het horizontaal transport van "lining"-segmenten vanaf de fabriek geen reële optie meer.

De bereikbaarheid en de mogelijke beschikbare grootte van het werkterrein en het gronddepot vormen een belangrijke reden voor de voorkeur voor de noordzijde van de boortunnel als startlocatie.

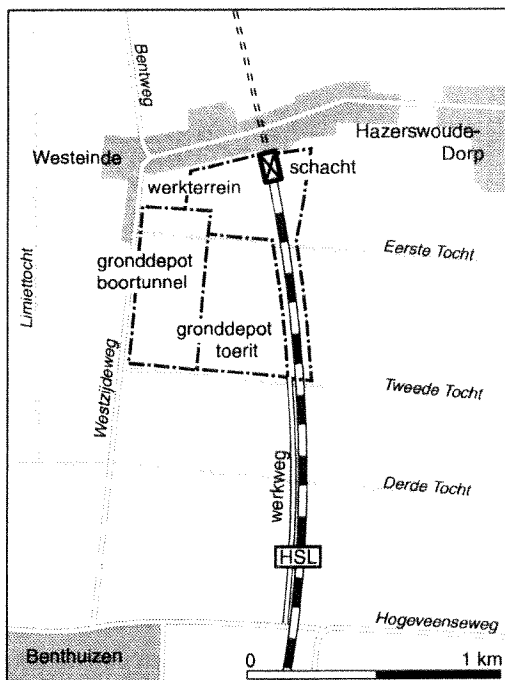
De Munnikenspolder heeft na de verwijdering en omlegging van een gasleiding van de Nederlandse Gas Unie een oppervlakte van 360.000 m<sup>2</sup>. Gezien de verminderde ruimte in de Bospolder is een aantal activiteiten verplaatst naar de Munnikenspolder. Het betreft de scheidingsinstallatie, het waterbassin, de betonietopslag en het opslagdepot voor afgewerkte boorspecie. Dit gaat ten koste van de beschikbare ruimte voor het gronddepot. Het resterende deel van de Munnikenspolder bedraagt ruim 250.000 m<sup>2</sup>. Dit moet ingezet worden ten behoeve van de opslag van de totale hoeveelheid grond uit de toerit en een gedeeltelijke opslag uit de boortunnel.

Een belangrijke reden voor de keuze van de startlocatie voor het boorproces in het noorden is de goede bereikbaarheid ervan. De Bospolder als toekomstig werkterrein en de Munnikenspolder als tijdelijk gronddepot, zijn direct gelegen aan de rijksweg A4 en de provinciale weg N446. Beide wegen zijn geschikt voor verkeersklasse 60 en daardoor in principe ook geschikt voor zwaar bouwverkeer. De N446 ligt op voldoende afstand van de bouwlocatie maar loopt door en langs woonbebouwing, hetgeen de nodige overlast zal veroorzaken. Het betreft hier de lintbebouwing langs de weg in de richting van Woubrugge en in het dorp Woubrugge zelf.

De A4 wordt verbreed en verlegd tussen Leiden en Burgerveen. Dit leidt onvermijdelijk tot de afsluiting in beide richtingen van een of meerdere rijstroken gedurende de wegwerkzaamheden. Daardoor kunnen aanzienlijke vertragingen op de aan- en afvoerroutes ontstaan.

#### 4.1.3 Toerit Zuid

De toerit Zuid ligt ten zuiden van de lintbebouwing Westeinde en nabij Hazerswoude-Dorp. Deze toerit ligt in de directe nabijheid van de woonbebouwing en is dan ook de enige bouwlocatie van het project Boortunnel Groene Hart, die grote overlast in de vorm van geluids- en trillingshinder zal veroorzaken. Tevens dient in ogenschouw genomen te worden dat de locatie gelegen is in een gebied met een zogeheten "bijzonder beschermingsniveau"; dit laatste houdt onder meer in dat de eisen met betrekking tot geluidshinder strenger zijn dan elders.



figuur 4.2 - de zuidelijke toerit

De toerit zuid bevindt zich in de polder de Noordplas, een vier meter onder NAP gelegen polder. Alleen het Westeinde en Hazerswoude-Dorp zijn nog hooggelegen op de oorspronkelijke ligging van 1,5 meter boven NAP.

Het Westeinde wordt gevormd door de lintbebouwing aan de dijk en bestaat uit woningen en boerderijen. Het aantal inwoners bedraagt een paar honderd mensen. In verband met de aanleg van de boortunnel dient een aantal woningen en schuren te worden verwijderd. Het betreft één woning boven het geboorde gedeelte, één woning ter plaatse van de "cut&cover" tunnel en twee woningen die direct naast de toerit in de bouwzone liggen. Het dichtstbijzijnde pand dat gehandhaafd blijft, ligt op ongeveer 25 m van de ontvangtschacht; de bewoners van deze woning op Westeinde nr. 40 zullen de meeste bouwoverlast ondervinden. Deze woning wordt als referentie- of meetpunt aangehouden voor de bepaling van geluids- en trillingshinder van de eventuele alternatieve ontwerpen van de aannemers.

De toerit doorsnijdt enkele watergangen, te weten de Eerste en Tweede Tocht ten zuiden van Westeinde. De waterdoorvoer dient in verband met de agrarische functie van het land gehandhaafd te blijven. De twee watergangen worden omgelegd en via aan te leggen spoorsloten op de Derde Tocht aangesloten.

In het referentieontwerp bestaat de toeritconstructie uit een open bak van 430 m lengte, een open bak met zogeheten schijndak van 210 m lengte, een "cut&cover" tunnel van 170 m lengte en een ontvangtschacht van 20 m lengte. De ontvangtschacht wordt later afgebouwd als "cut&cover" tunnel.



De gehele constructie wordt gebouwd in open bouwput (diep-, dam- en combiwanden, onderwaterbeton met trekpalen). Er wordt van uitgegaan, dat de damwanden na afloop worden getrokken en de buizen van de combiwand achterblijven.

Het werkterrein bij het Westeinde heeft een oppervlakte van circa 18 ha, inclusief de ruimte die gereserveerd is voor het tijdelijke gronddepot. De benodigde oppervlakte voor opslag bedraagt 12 á 13 ha ten behoeve van zand, klei en veen. De resterende oppervlakte, ruim 5 ha, is bestemd voor de overige activiteiten. De benodigde oppervlakte is kleiner dan de oppervlakte van de gereserveerde ruimte en kan dus zonder problemen worden ingepast.

Indien de aannemer met een kleinere oppervlakte aan werkterrein of gronddepot kan werken, geven de bewoners van het Westeinde er de voorkeur aan om het gedeelte aan de noord-oostzijde van de toerit niet te gebruiken.

Extra aandacht verdient het tijdelijke grondlichaam, dat boven de laatste paar honderd meter moet worden aangebracht. Dit grondlichaam, tussen HSL-km 22,6 en 22,9, ligt aan weerszijden van het Westeinde en zal daarom tijdens de uitvoering voor de nodige overlast zorgen. In het referentieontwerp wordt uitgegaan van een zandpakket met een maximale hoogte gelijk aan die van het Westeinde. Dit zandpakket dient direct voor het passeren van de boormachines te worden aangebracht en direct na het passeren weer te worden verwijderd. Gedacht wordt om dit zandpakket met zandauto's aan te leveren vanuit het gronddepot ten zuiden van het Westeinde en om met behulp van bulldozers en/of "graders" te verspreiden en op hoogte te brengen.

De gehele toerit, inclusief ontvangtschacht, ligt ten zuiden van de bebouwing van het Westeinde. De weg Westeinde en de aansluitende Hoofdstraat door het naastgelegen dorpje Hazerswoude-Dorp zijn smal en minder geschikt voor zwaar vrachtverkeer. De bewoners is ter beperking van de bouwhinder toegezegd al het bouwverkeer buiten het dorp te zullen houden en aan te zullen voeren via het toekomstige HSL-tracé vanaf de Hogeveense weg. Eveneens is toegezegd dat het personenvervoer van en naar de bouwplaats buiten het dorp wordt gehouden en dat er via de Hogeveense weg en het toekomstige tracé gereden dient te worden. De Hogeveense weg is de lokale benaming van de provinciale weg N209, later geheten Nieuwe Hoefweg, die ten oosten van Zoetermeer op de rijksweg A12 aansluit. De aannemer is zodoende verzekerd van een goede bereikbaarheid van het werkterrein.

#### 4.1.4 Vlucht- en onderhoudsschachten

De vluchtschachten dienen als vluchtmogelijkheid voor treinreizigers om in het geval van calamiteiten in de tunnel veilig en snel het maaiveld te kunnen bereiken. De vluchtschachten mogen volgens de eisen van de Nederlandse Spoorwegen niet verder dan 2000 meter uit elkaar worden aangelegd. In het referentieontwerp is aangenomen, dat de vluchtschachten voorafgaand aan de passage van de boormachines gereed dienen te zijn. De boormachines boren door een opening in de wand van de vluchtschacht heen en komen zo in een blok van lage sterkte mortel, waarbij de mogelijkheid zich voordoet de graafkamer onder verhoogde luchtdruk te zetten en zodoende controle, onderhoud en reparaties aan het graaffront uit te voeren.

De vlucht- en onderhoudsschacht ligt op een afstand van ruim 1600 meter van de startschacht aan de noordzijde van de Oude Rijn, aan de rand van een bedrijventerrein in de leefgemeenschap Achthoven, die deel uitmaakt van de gemeente Leiderdorp. Direct aan dit bedrijventerrein grenst het open landschap van de polder Achthoven, een gebied met een verhoogde natuur- en landschapswaarde; hierdoor worden er strengere eisen aan de geluidsproductie gesteld. Het is een gebied met geringe bebouwing. Voor degenen, die in de directe nabijheid van de vluchtschacht wonen, valt niet meer overlast te verwachten dan datgene wat reeds door de aanwezige bedrijvigheid wordt veroorzaakt.

Sinds medio 1996 vinden er werkzaamheden plaats ten behoeve van de aanleg van de nieuwe rijksweg N11. Deze weg dient ter vervanging van de huidige N11, die door vele dorpen en woonwijken voert, voor veel overlast zorgt en tevens een te geringe capaciteit kent. De HSL kruist deze weg in aanleg even ten zuiden van de spoorlijn Alphen a/d Rijn – Leiden.

Bij het zoeken naar geschikte locaties voor de benodigde vlucht- en onderhoudsschachten is gekeken naar de bereikbaarheid van de schachten via de bestaande infrastructuur, waarbij tevens is getracht de aanleg van nieuwe wegen in dit deel van het Groene Hart tot een minimum te beperken. Zodoende is gekozen voor de locatie, gelegen in de nabijheid van de N11. Deze locatie biedt een goede bereikbaarheid voor hulpverlenende diensten in geval van calamiteiten in de exploitatiefase en is ook zeer geschikt voor de aan- en afvoer van zwaar bouwmaterieel en bouwmaterialen.

Het dorp Bent maakt onderdeel uit van de gemeente Rijnwoude en omvat hoofdzakelijk enkele woningen en bedrijven, die ressorteren onder de akker- en tuinbouw. Tevens is er een veiling en een kunstgalerie gesitueerd. De totale bevolking bedraagt enkele tientallen mensen. De dichtst bij de locatie van de vluchtschacht gelegen woningen zijn hiervan enige honderden meters verwijderd; het ligt in de lijn der verwachting dat de geluidsoverlast tijdens de aanleg beperkt zal zijn.

Van groter belang is de moeilijke bereikbaarheid van de locatie, veroorzaakt door het ver af gelegen zijn van de bestaande infrastructuur. Voor de vluchtschacht is het noodzakelijk om een weg ter ontsluiting van circa 500 meter lengte aan te leggen. Deze weg zal aan de voet van de dijk aan de laaggelegen zuidzijde van de ringvaart worden aangelegd; nabij de overgang van de Bent op de Bentweg sluit deze aan op de bestaande infrastructuur.

## 4.2 Gebruiksfase

### Beschrijving uitgangspunten en impulsmaatregelen Groene Hart

Een van de uitgangspunten van het gehele HSL-project is dat de HSL-Zuid een positieve bijdrage levert aan de ontwikkeling van de bestaande ruimtelijke structuur. Daarnaast beoogt de HSL-Zuid het landschappelijke en het lokale milieu zo min mogelijk te schaden. Sterker nog: de HSL-Zuid moet zoveel mogelijk kansen, die bij de realisatie ervan geboden worden, benutten om een positieve bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van het landschappelijk en lokaal milieu.

Om deze doelstellingen te kunnen halen, is een intensieve samenwerking met de diverse instanties noodzakelijk. Een van de hulpmiddelen om tot een zo goed mogelijke inrichting van het gebied te komen, is het houden van bijeenkomsten met de betrokkenen. Dit is gebeurd in de vorm van het houden van een workshop.

De workshop over impulsmaatregelen voor het Groene Hart bestond uit twee sessies, waarvan de eerste gehouden werd op 25 maart 1999 en de tweede op 1 april 1999. De eerste sessie was in het bijzonder gericht op de voorbereiding van het feitelijke ontwerpgedeelte van 1 april 1999. De workshop moet gezien worden als een proces, dat in een korte tijd wordt doorlopen. Het wordt dan ook in het verslag "een ontwerpproces in een snelkookpan" genoemd. Vermeld moet nog worden, dat de opdracht aan de deelnemers van de workshop was om gezamenlijk te bezien wat mogelijkheden zijn voor een korte boortunnelvariant. Het gaat hierbij om twee hoofdpunten. Ten eerste het creatief ontwikkelen van impulsmaatregelen en ten tweede het bezien van het mogelijke draagvlak dat er voor de korte boortunnelvariant bestaat.

Uit de eerste workshop is de volgende ontwerpogave geformuleerd:

"Ontwikkel op basis van de korte boortunnelvariant een visie (=leidend principe + eerste uitwerking van de korte boortunnelvariant in de vorm van plannen/maatregelen) op de regionale ontwikkeling van het gebied die als integrerend kader kan dienen voor de impulsmaatregelen en die een duidelijke meerwaarde heeft in vergelijking met de optelsom van reeds bestaande (deel)visies en (deel)plannen".

De visie moet aan de volgende eisen voldoen:

- (versterking van het) watersysteem en de ecologische hoofdroute moeten centrale elementen in de visie zijn
- de visie moet kwaliteitsimpulsen bevatten voor (combinaties van) landbouw, natuurbouw en recreatie
- de visie moet aangeven hoe bestaande barrières (water, infrastructuur, verstedelijking etc.) zo veel mogelijk kunnen worden geslecht
- de visie moet de samenhang tussen "noord" (ten noorden van de Oude Rijn) en "zuid" (ten zuiden van de Oude Rijn) versterken
- de visie moet aangeven hoe de bereikbaarheid van specifieke doelgroepen (b.v. recreanten) van het gebied verbeterd kan worden
- de visie moet aangeven hoe deze bijdraagt aan het creëren/behouden van een duurzame en duidelijke grens tussen stedelijk gebied en groene ruimte

Samenvattend kan men stellen dat de visie positief bijdraagt aan de samenhang en identiteit van het gebied als geheel. De uitdaging is als het ware het gebied zoveel mogelijk een eigen, herkenbaar gezicht te geven.

De deelnemers werden verdeeld in vier evenwichtige groepen. Deze groepen hebben afzonderlijk de zogenaamde parels geformuleerd. Parels zijn goede ideeën, kansrijke oplossingen voor problemen of zaken die het waard zijn om te onthouden.

Op een aantal punten bleek er een overlapping in ideeën te zijn tussen de verschillende deelnemende groepen. Deze ideeën waren de volgende:

- het idee van het zogenaamde Bentmeer (zie bijlage 6) werd als een zeer inspirerende parel ervaren. De haalbaarheid ervan is twijfelachtig, gegeven de invloed die het Bentmeer heeft op de bestaande situatie. In het algemeen werd geconcludeerd, dat voor versterking van de regionale identiteit "het water" als belangrijke drager is aangewezen;
- geconstateerd werd dat de sector landbouw hoe dan ook onder druk zou komen te staan. De zogenoemde verbrede landbouw werd door de groep als oriëntatierichting als haalbaar beschouwd;
- de duurzame en duidelijke scheiding tussen stedelijk gebied en groene ruimte werd door iedereen als belangrijk ontwerppunt gezien;

Vastgesteld kan worden, dat de relatie tussen de impulsmaatregelen en de verkorte boortunnelvariant nog zeer gering is. De vraag moet immers nog gesteld worden hoe de koppeling tussen impulsmaatregelen en de korte boortunnelvariant gelegd dient te worden. Deze vraag hangt nauw samen met het geconstateerde verschil in ambitieniveau dat de deelnemers aan de impulsmaatregelen hebben toebedacht. Het gaat om maatregelen in het directe verstoringsgebied versus maatregelen met een Groene Hart ambitie. Bij de deelnemers is op z'n minst de indruk ontstaan, dat impulsmaatregelen voor dit gebied een versterking van de regionale identiteit en kwaliteit tot resultaat kunnen hebben. Dit ondanks de enorme plandichtheid die voor dit gebied geldt.

## 5 Vergelijking in uitvoeringsfase en gebruiksfase

In dit hoofdstuk worden in de uitvoeringsfase en de gebruiksfase de korte en de lange boortunnelvariant vergeleken.

In paragraaf 1 worden de effecten in beide fasen afzonderlijk voor de uitvoeringsfase beschreven, in paragraaf 2 voor de gebruiksfase. De aspecten tijdelijk en definitief worden bij de beschrijving impliciet meegenomen. In de slotparagraaf zullen de criteria, waarmee de optredende effecten kwantitatief kunnen worden bepaald, beschreven en gekwantificeerd worden. Diverse grafische toelichtingen zijn tussengevoegd. Voor de vergelijking van beide varianten is een goed inzicht in de beoordelingscriteria een vereiste. De vergelijking wordt tot slot in tabelvorm gepresenteerd.

### 5.1 Uitvoeringsfase

#### 5.1.1 Effecten lange boortunnelvariant

Met de uitvoering van de lange boortunnelvariant worden de cultuurhistorische waarden ernstig aangetast. In de polder Achthoven en de Bospolder zullen de drie aanwezige molens moeten verdwijnen. De molens, onderdeel van het cultuurhistorisch erfgoed, mogen niet verloren gaan; zij zullen moeten worden verplaatst. De openheid van de polders is tijdelijk geheel verdwenen. De polders worden immers tot werkterrein omgevormd. De ecologische relaties daarentegen blijven geheel intact.

Voor de bouw van de lange boortunnelvariant moet alle bebouwing uit de Bospolder worden verwijderd. Deze polder wordt ingericht voor de uitvoeringsfase. De recreatie ondervindt enige hinder van de uitvoering, wanneer de grondverbetering van de Does wordt gerealiseerd. De grondverbetering van de Does vindt in twee stappen plaats. Eerst wordt de ene helft van de Does afgesloten en vervolgens de andere helft. De recreatievaart krijgt te maken met een vernauwde doorvaartopening, hetgeen tot stremming kan leiden. De jachthaven ondervindt geen overlast.

In de Bospolder dienen enkele woningen te worden verwijderd; de woningen aan de N446 zullen ernstige geluidsoverlast ondervinden. De N446 zal te samen met de A4 worden gebruikt als af- en aanvoerroute. Aangezien het werk in continudienst wordt uitgevoerd, kan er van een aanzienlijke overlast sprake zijn. Er zal immers onafgebroken materieel en materiaal aan- en afgevoerd worden.

In deze boortunnelvariant wordt de bebouwing rondom het Westeinde zoveel mogelijk gespaard. Het bouwverkeer wordt buiten het dorp gehouden en zal zoveel mogelijk via het toekomstige tracé dienen te rijden. Enkele woningen zullen echter enige vorm van overlast ondervinden van de bouw, aangezien de bouwkuip aan de bebouwing grenst. Al wat mogelijk is, wordt gedaan om de overlast te minimaliseren.

In de polder Groenendijk bevinden zich enkele beschermde stiltegebieden. Bij de uitvoering van de lange boortunnelvariant blijven deze grotendeels gespaard. Vluchtschacht Bent bevindt zich in een dergelijk beschermd stiltegebied. De uitvoering van deze vluchtschacht zal dus aan strenge geluidseisen onderworpen worden.

In de polder Achthoven worden geen stiltegebieden aangetast. Wel dient er bij de uitvoering van vluchtschacht Achthoven zorg en aandacht te worden besteed aan het feit, dat het werkterrein grenst aan een beschermd gebied.

### 5.1.2 Effecten korte boortunnelvariant

Met de uitvoering van de korte boortunnelvariant worden de cultuurhistorische waarden aangetast. De drie aanwezige molens staan te dicht langs het tracé en zullen moeten worden verwijderd. De openheid van de polders is tijdelijk geheel verdwenen. De polders worden tot werkterrein omgevormd. De ecologische relaties daarentegen blijven intact.

Er dient voor de bouw van de korte boortunnelvariant enige bebouwing te worden verwijderd. De bebouwing uit de Bospolder wordt geheel verwijderd; deze polder wordt immers in zijn geheel ingericht als werkterrein. De Munnikpolder wordt gebruikt als gronddepot.

De recreatie ondervindt bij de korte boortunnelvariant veel hinder tijdens de uitvoeringsfase. De Does dient te worden omgelegd, en deze omlegging kan pas geschieden als alle werkzaamheden aan de toerit van de boortunnel gereed zijn. Tijdelijk is het verkeer over de Does gestremd.

Naast de woningen in de Bospolder, die verwijderd worden, zijn er nog andere woningen die overlast ondervinden van de bouw van de boortunnel. De woningen aan de N446 ondervinden ernstige overlast tijdens de bouw. Aan- en afvoer van materieel en materiaal vinden in continudienst plaats, hetgeen voor de nodige overlast zorgt.

De bebouwing rondom het Westeinde wordt niet gespaard. De spoorbaan doorsnijdt de lintbebouwing van dit dorp en hoge geluidsschermen verdelen dit dorp in twee helften. Tijdens de bouw is de hinder waarschijnlijk minimaal: er zal enige vorm van geluidsoverlast zijn. Het materieel, dat over het tracé heen en weer rijdt, is de belangrijkste bron van overlast. Het zware bouwverkeer voor de ontvangtschacht gaat via Bent naar het Werkterrein. De bewoners van Bent zullen hier de overlast van ondervinden. Vooral tijdens de nachtelijke uren zal er, ondanks het feit dat het werkterrein zich in een stiltegebied bevindt, toch materiaal getransporteerd worden waardoor er enige overlast zal zijn. De aan- en afvoer van materieel en materiaal kunnen niet onderbroken worden.

In de polder Groenendijk bevinden zich enkele beschermde stiltegebieden. Bij de uitvoering van de korte boortunnelvariant blijven deze gebieden niet gespaard. De ontvangtschacht bij de N11 en de zettingsvrije plaat op maaiveldligging bevinden zich in of nabij een stiltegebied. De rust in dit gebied zal worden verstoord, wat nog onbekende gevolgen zal hebben.

In de polder Achthoven worden geen stiltegebieden aangetast. Wel bevindt zich het tracé in de nabijheid van een stiltegebied. De verwachting is dat vanwege het feit, dat de baan zich al in een bak bevindt, de overlast minder zal zijn dan bij een maaiveldligging van de baan. Het geluidbelast oppervlak is daardoor minder groot en kan eventueel met geluidsschermen worden geminimaliseerd. Tijdens de uitvoering moet wel rekening worden gehouden met het feit dat het werkterrein, dat wel op maaiveld ligt, grenst aan het stiltegebied.

### 5.1.3 Overeenkomsten en verschillen werkzaamheden varianten

Voor de bouw zullen in beide boortunnelvarianten een scheidingsinstallatie, een betonmortelcentrale, een elementenfabriek en een generatorenpark nodig zijn. Tijdens de uitvoering is de inrichting van het werkterrein bij de startschacht is voor beide boortunnelvarianten vrijwel dezelfde. De overlast, veroorzaakt door de aanwezigheid van een werkterrein in de Bospolder en een gronddepot in de Munnikpolder, zal bij de uitvoering van een korte boortunnelvariant niet anders zijn als bij die van de lange boortunnelvariant. Datgene, dat het grootste gedeelte van de hinder tijdens de bouwfase voor de omgeving veroorzaakt, komt in beide varianten in gelijke mate voor.

De duur van de werkzaamheden van de diverse onderdelen bij de lange boortunnelvariant zullen aanzienlijk verschillen van die bij de korte boortunnelvariant. De korte boortunnelvariant heeft een kortere geboorde tunnel, wat tot gevolg heeft dat er minder grond vrijkomt uit de boortunnel, dat er minder boorspecie nodig is, dat er minder afgewerkte boorspecie dient te worden opgeslagen en dat er minder elementen voor de bouw

van de tunnel nodig zijn. Dit heeft tot gevolg, dat het werkterrein en de grondopslag bij de noordelijke toerit minder worden belast; er is een kleinere opslagcapaciteit voor de afgewerkte boorspecie nodig en er zullen minder elementen vervaardigd en tijdelijk opgeslagen behoeven te worden.

Voor de overige werkterreinen zijn er grote verschillen tussen beide varianten te verwachten. Bij de korte boortunnelvariant wordt daar, waar bij de lange boortunnelvariant de vluchtschacht Achthoven aangegeven staat, de startschacht gesitueerd en komt de functie van vluchtschacht te vervallen. De vluchtschacht N11 krijgt bij de korte boortunnelvariant de functie van ontvangtschacht. De bij de lange boortunnelvariant geplande vluchtschacht Bent komt bij de korte boortunnelvariant geheel te vervallen. Het tracé loopt hier reeds over maaiveld.

Voor het werkterrein van de zuidelijke toerit verandert er veel in de korte boortunnelvariant ten opzichte van de lange boortunnelvariant. Dit werkterrein ligt bij de korte boortunnelvariant niet meer ten zuiden van het Westeinde. Het Westeinde wordt op maaiveld doorsneden en aan weerszijden afgeschermd door hoge geluidsschermen. Bij de korte boortunnelvariant komt het werkterrein Westeinde te vervallen.

## 5.2 Gebruiksfase

Een van de uitgangspunten van het HSL-project is het zo min mogelijk schaden en belasten van het landschappelijke en lokale milieu. Daarnaast worden alle kansen benut om een positieve bijdrage te leveren aan het verbeteren van de bestaande situatie. De workshop, die gehouden is met de diverse instanties en betrokkenen, heeft als centraal thema gekregen het onderzoeken van de mogelijkheden om de samenhang en de identiteit van het gebied te behouden en, indien mogelijk, te versterken. De mogelijke oplossingen voor de ruimtelijke inpassing van de HSL in het Groene Hart zijn weliswaar zeer divers, maar op een aantal gebieden overeenstemmend.

De drie kernpunten die uit de workshop naar voren zijn gekomen, zijn: het nemen van water als leidend principe, de noodzakelijke heroriëntatie van de landbouw en het creëren van bufferzones tussen de stad en het platteland. Van het thema Ruimtelijk Ordening, komen de aspecten wonen, werken en recreatie terug in de conclusies die worden getrokken door deelnemers van de workshop. Het thema woon- en leefmilieu is een onderdeel van het thema Ruimtelijke Ordening, hetgeen inhoudt dat het thema natuurlijk milieu geheel ontbreekt.

De uitwerkingen van de workshop zijn opgenomen in bijlage 6. Het betreft een tweetal kaarten, de eerste geeft de huidige situatie van het betreffende gebied weer en de tweede geeft een mogelijke inpassing van de korte boortunnelvariant weer. Daarnaast worden in paragraaf 5.3 de zichtlijnen en in paragraaf 5.4 de geluidsc contouren in de gebruiksfase weergegeven. Deze kaarten geven een goed inzicht in de gebruiksfase van beide boortunnelvarianten.

### 5.2.1 Effecten lange boortunnelvariant

De lange boortunnelvariant spaart het Groene Hart op het punt van de openheid van het gebied en de ecologische relaties onderling. Nadat de HSL zich heeft losgemaakt van de A4 gaat de spoorlijn in de open bak en verdwijnt nog voor de Does in de geboorde tunnel. De HSL kruist de Oude Rijn en komt pas weer op maaiveld na het passeren van de lintbebouwing van Westeinde.

Alle aanwezige natuur kan ongestoord en onaangetast blijven. Het vogelreservaat De Wilck wordt niet aangetast en alle ecologische relaties blijven intact. De lange boortunnelvariant heeft in dat opzicht een positieve uitwerking op het milieu; er vindt immers een minimale aantasting plaats.

Objecten met een cultuurhistorische waarde daarentegen worden verwijderd of, in het gunstigste geval, verplaatst. Dit houdt in dat de drie molens worden verwijderd of verplaatst.

De aanleg van de lange boortunnelvariant heeft voor het Groene Hart op het punt van de Ruimtelijke Ordening geen ingrijpende gevolgen. Alle geplande activiteiten van de gemeenten Leiderdorp en

Hazerswoude staan tot nu toe los van de aanleg van de HSL. De enige problemen die ontstaan, zijn de bundeling van de HSL met de A4, de aanleg van de HSL in de Bospolder en de aanleg van de HSL na de lintbebouwing van het Westeinde. Op het laatstgenoemde terrein dient de HSL te worden ingepast in de lokale situatie.

De huidige recreatieve routes ondervinden verder geen hinder van de aanleg van de HSL.

De lange boortunnelvariant heeft de minste negatieve gevolgen voor het geluidbelast oppervlak van het Groene Hart. De HSL gaat in de Bospolder als snel onder maaiveld en komt na het Westeinde weer op maaiveld te liggen. Zodoende ontbreekt over het gehele tracé de geluidsbelasting van het oppervlak. De stiltegebieden worden niet aangetast, hetgeen als zeer positief moet worden aangemerkt.

### 5.2.2 Effecten korte boortunnelvariant

De korte boortunnelvariant belast het Groene Hart op het punt van het natuurlijk milieu. De openheid van het gebied blijft zeker niet onaangetaast. De HSL gaat, net als bij de lange boortunnelvariant, na bundeling met A4 in de open bak. Deze open bak blijft tot ver in de polder Achthoven open en gaat daarna pas over in een cut&cover tunnel. Na kruising met de Oude Rijn komt de HSL weer op maaiveld. Net voor het vogelreservaat De Wilck gaat de HSL over in een open bakconstructie. Deze open bakconstructie gaat over in een zettingsvrije plaat die vervolgens dwars door Westeinde gaat.

De aanwezige natuur wordt zwaar belast door de dwarsdoorsnijding van zowel de polder Achthoven als de polder Groenendijk. Deze nadelige beïnvloeding kan ten dele worden gecompenseerd. De vraag is echter in hoeverre het vogelreservaat De Wilck zijn functie kan blijven vervullen. De ecologische hoofdroute die zich evenwijdig aan de spoorlijn Leiden-Woerden en de N11 bevindt, blijft onaangetaast. De HSL gaat ook hier in een boortunnel onderdoor.

Dit heeft tot gevolg, dat de cultuurhistorische waarden aanzienlijk aangetast worden. De drie molens worden verwijderd of, in het gunstigste geval, verplaatst.

De aanleg van een korte boortunnelvariant heeft vergaande gevolgen voor de recreatieve voorzieningen in de polder Achthoven. Met de korte boortunnelvariant van de HSL worden alle recreatieve verbindingroutes doorsneden. Deze zo belangrijke recreatieve voorzieningen dienen na de aanleg van de HSL weer hersteld te worden. Is herstel niet mogelijk, dan dienen er alternatieven te worden aangelegd.

Op het vlak van de bedrijventerreinen gaat er met de aanleg van de korte boortunnelvariant niet veel verloren. De woonlocaties kunnen echter niet ontzien worden. Naast de te amoveren woningen in de Bospolder gaan er ook veel woningen in Westeinde verloren. Deze zeer waardevolle lintbebouwing wordt geheel doorsneden en afgewerkt met hoge geluidsschermen.

Een punt, dat wel positief bijdraagt aan de ontwikkeling van het Groene Hart, is de mogelijkheid om met de korte boortunnelvariant de overgang tussen Leiderdorp en het Groene Hart vast te leggen. De Munnikken polder die eerst als werkterrein wordt gebruikt, kan nadien worden ingericht als overgangsgebied tussen stedelijke bebouwing en het Groene Hart. De polder wordt ruim opgezet met veel groen en buitenhuizen. De HSL vormt dan de grens van de stedelijke bebouwing en het Groene Hart.

Met de korte boortunnelvariant wordt zowel polder Achthoven als polder Groenendijk doorsneden. In polder Achthoven wordt alleen het oppervlak aan geluidsbelasting blootgesteld. In polder Groenendijk daarentegen is er naast de geluidsbelasting van het oppervlak ook nog het probleem van het moeten respecteren van het stiltegebied. Het stiltegebied, vogelreservaat De Wilck, wordt blootgesteld aan de geluidsbelasting van de HSL. Het is niet bekend hoe de weidevogelpopulatie hierop zal reageren. Wel staat vast dat het een negatieve uitwerking zal hebben op het broedgedrag van de weidevogels.



### 5.3 Kwantificering criteria

In de voorgaande paragrafen zijn de uitvoeringsfase en de gebruiksfase van de boortunnelvarianten onder het Groene Hart beschreven. De eerste beschouwing van de binnen de aspecten geselecteerde criteria heeft in het eerste deelrapport reeds plaatsgevonden. Na genoemde beschouwing volgen dit deelrapport de visualisering en de kwantificering van deze criteria.

Eerst wordt er een korte beschrijving van de criteria gegeven en daarna wordt er, indien mogelijk, aan elk criterium een eenheid toegevoegd. Behalve een beschrijving is er van elk criterium ook een grafische weergave in de vorm van kaarten gemaakt. De kaarten zijn tussen de beschrijvingen geplaatst.

Aan de hand van de kaarten worden de eenheden aan de betreffende criteria toegekend. De resultaten van de kwantificering worden in tabelvorm gepresenteerd. In elke tabel staan de bouwfase en de gebruiksfase genoteerd als BF respectievelijk GF.

Voor elke tabel geldt dat de gegevens uit de afzonderlijke kolommen tot waarden worden gecomprimeerd. Deze waarden staan weergegeven in de eindtabel. Mede aan de hand van de eindtabel worden conclusies getrokken aangaande de geselecteerde criteria in het kader van de vergelijking van beide boortunnelvarianten. Genoemde conclusies worden meegenomen in de beschouwing van het verschil in de kostenraming van de onderscheiden boortunnelvarianten.

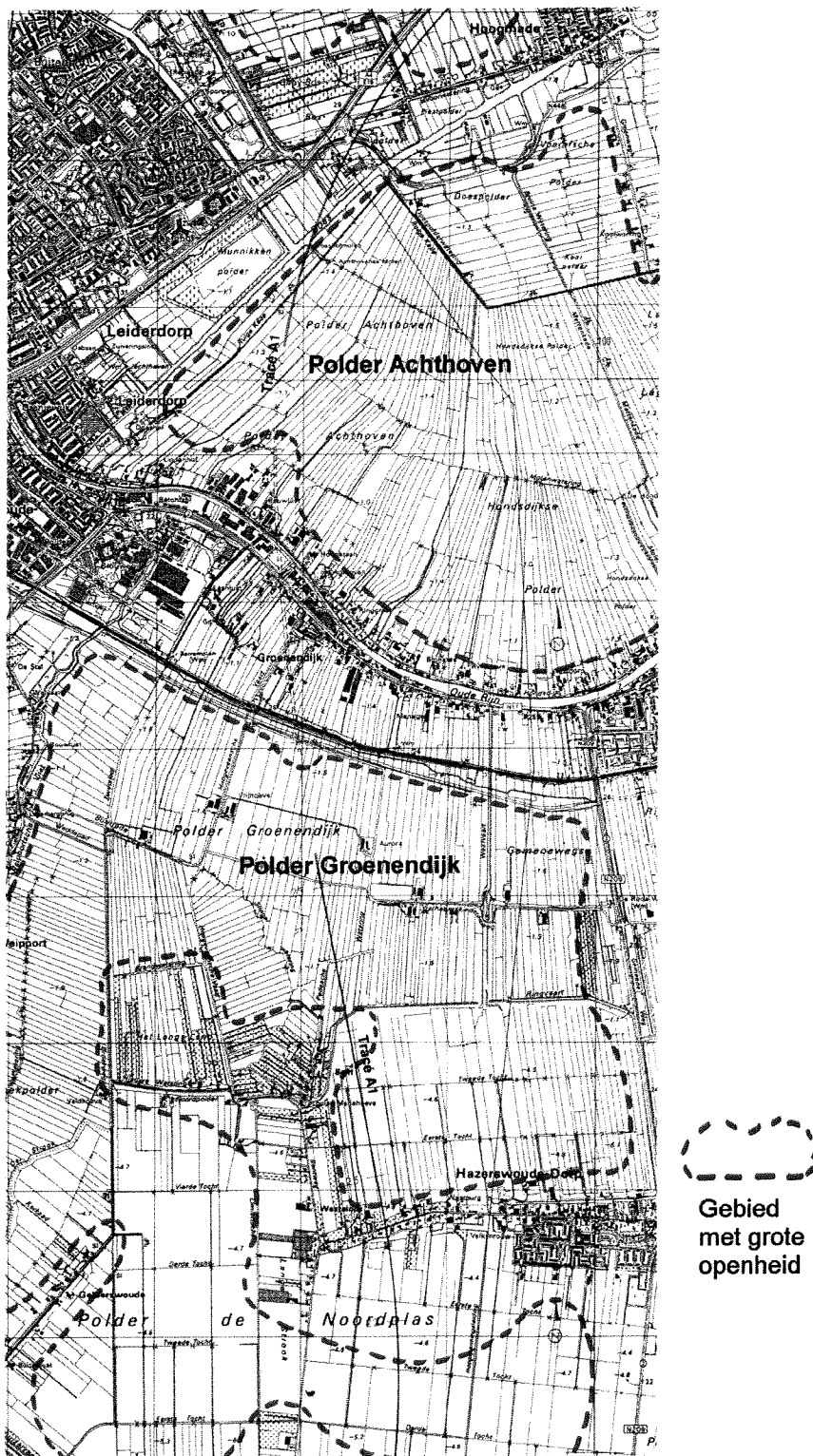
#### 5.3.1 Beschrijving criteria met bijbehorende eenheden

##### Aantasting openheid

Een gebied met weinig of geen ruimtebegrenzende elementen wordt ook wel een gebied met een grote openheid genoemd. Het kenmerk van een gebied met een grote openheid is dat er verre uitzichten mogelijk zijn. Dit is het geval in zowel polder Achthoven als polder Groenendijk.

In figuur 5.1 en figuur 5.2 wordt de openheid van de polder Achthoven en de polder Groenendijk weergegeven door rode stippellijnen. De verre uitzichten zijn mogelijk binnen deze gestippelde grenzen. Het tracé snijdt deze gebieden met grote openheid. De verre uitzichten worden duidelijk beperkt. De lengte van deze zichtlijnen is maatgevend voor de openheid van de gebieden. De maximale lengte van de zichtlijn, die voor het verre uitzicht mogelijk is, wordt als maatstaf gehanteerd. Deze lengte wordt in de eenheid kilometer opgemeten en weergegeven.

criterium	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Polder Achthoven	Km	0	3,4	0	3,4
Polder Groenendijk	Km	0	5,0	0	3,3



figuur 5.1 - aantasting openheid, lange boortunnelvariant



figuur 5.2 - aantasting openheid, korte boortunnelvariant

### Aantasting cultuurhistorische waarden

De waarde die ontstaat door de inbezitneming door de mens van een gebied, waardoor men inzicht verkrijgt in een deel van de beschavingsgeschiedenis, noemt men de cultuurhistorische waarde van een gebied. In polder Achthoven staan drie oude molens op karakteristieke punten in het landschap en zijn daardoor nadrukkelijk aanwezig in dat landschap. Ook is er sprake van een zeer opvallende kavelindeling. De lange, smalle kavels zijn overgebleven uit de tijd dat er veen in de polders ontgonnen is. De Ruige Kade, die nu dienst doet als fietsroute, was een oude verbindingroute ten tijde van de veenontginning; via deze weg is het veen afgevoerd. De bovengenoemde punten zijn weergegeven in figuur 5.3 en figuur 5.4.

Het aantal te verwijderen cultuurhistorische objecten wordt als maatstaf gehanteerd. In de eindtabel worden deze aantallen vermeld; hieronder staat weergegeven middels ja/nee of er wel of niet sprake is van verwijdering. De lengte van de oude verbindingroute wordt in de eenheid kilometer uitgedrukt.

criterium	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Bospoldermolen	-	Nee	Nee	Nee	Nee
Doeshofmolen	-	Ja	Nee	Ja	Ja
Achthovensemolen	-	Nee	Nee	nee	Nee
Lange smalle kavelstructuur en de oude Ruige Kade	Km	2,6	2,6	1,0	1,0

### Verbreking van ecologische relaties

De lijnvormige landschapselementen in een streek, bijvoorbeeld dijken en sloten, te samen met de natuurlijke functies van een gebied worden gebundeld in de naam ecologische relatie. De aanwezige ecologische relaties in polder Achthoven en polder Groenendijk staan weergegeven in figuur 5.5 en figuur 5.6. De grote pijlen staan voor verbindingen tussen regio's en de kleine pijlen staan voor lokale verbindingen. Het aantal verbroken ecologische relaties vormt de kwantificering van dit criterium. In de eindtabel worden deze aantallen vermeld; hieronder staat weergegeven middels ja/nee of er wel of niet sprake is van verbreking van ecologische relaties.

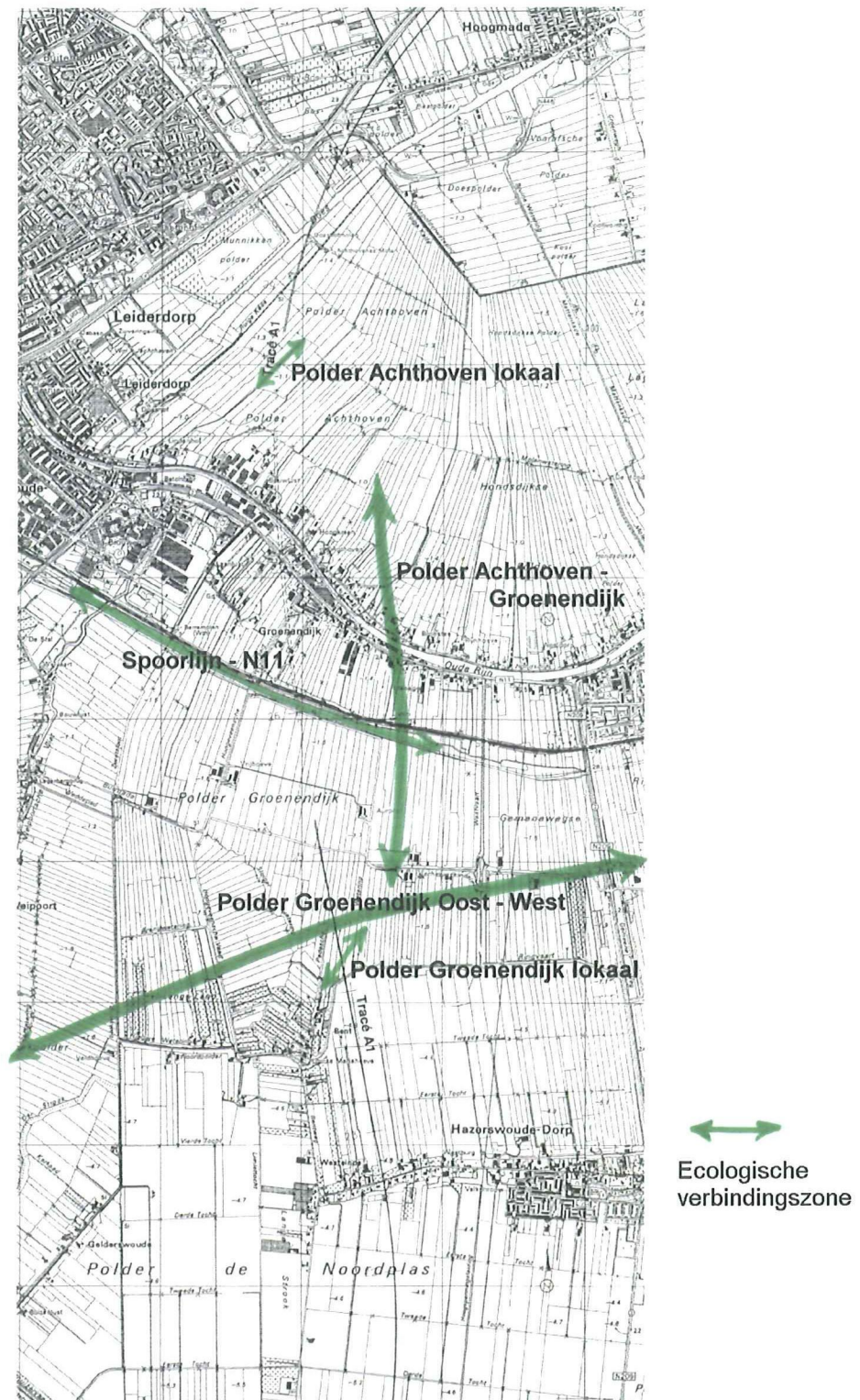
criterium	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Polder Achthoven lokaal	-	Nee	Nee	Ja	Ja
Polder Achthoven – Groenendijk	-	Nee	Nee	Nee	Nee
Spoorlijn – N11	-	Nee	Nee	Nee	Nee
Polder Groenendijk Oost – West	-	Nee	Nee	Ja	Ja
Polder Groenendijk lokaal	-	Nee	Nee	Ja	Ja



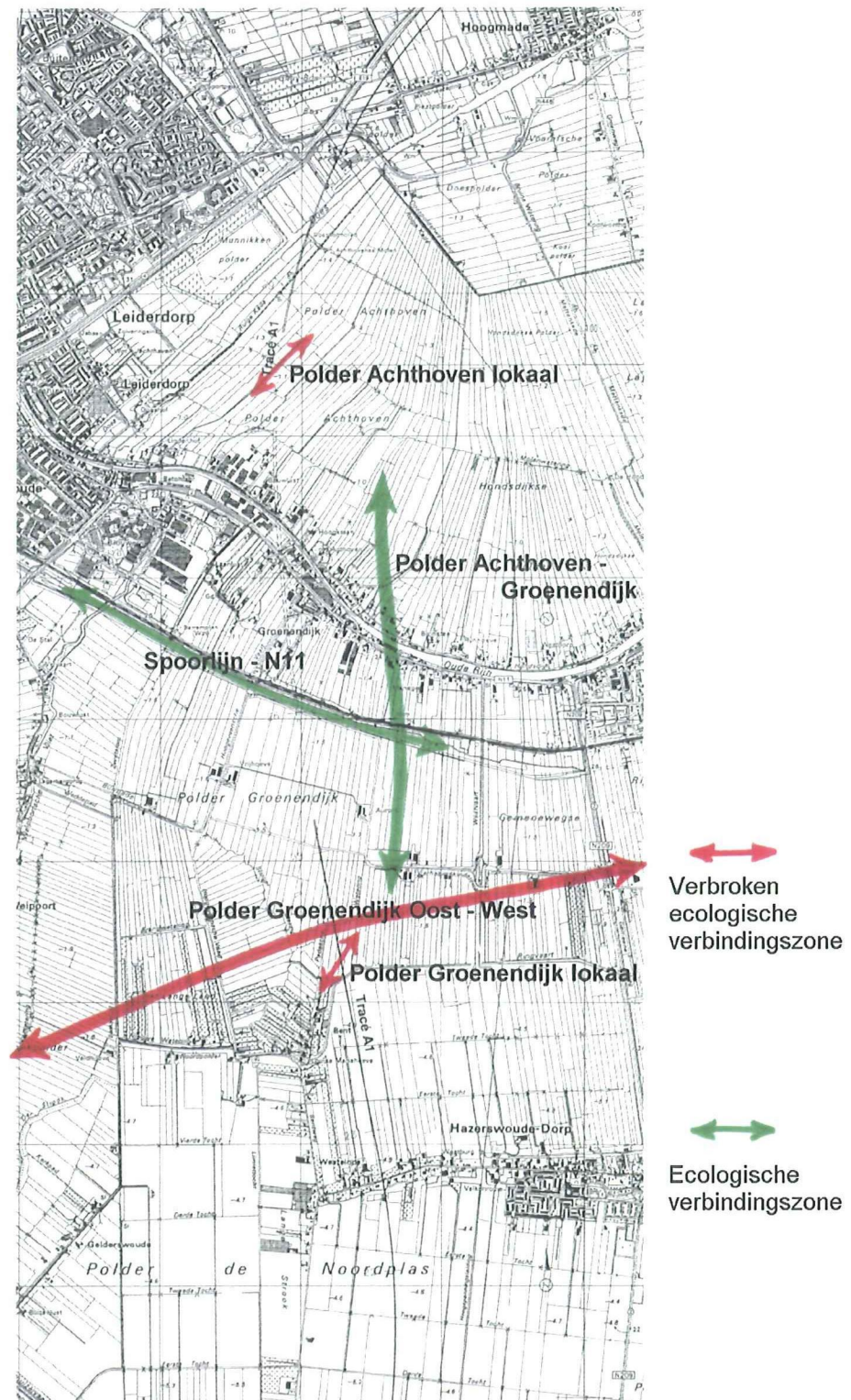
figuur 5.3 - aantasting cultuurhistorische waarden, lange boortunnelvariant



figuur 5.4 - aantasting cultuurhistorische waarden, korte boortunnelvariant



figuur 5.5 - verbreking van ecologische relaties, lange boortunnelvariant



figuur 5.6 - verbreking van ecologische relaties, korte boortunnelvariant



#### Aantasting bestaande woonlocaties

De woonlocaties die voor het moment, waarop het besluit tot het aanleggen van de hogesnelheidsspoorlijn is genomen, al aanwezig waren, zijn de bestaande woonlocaties. De kaarten, waarop de bestaande woonlocaties aangegeven zijn, zijn in bijlage 7 opgenomen. De woningen die worden verwijderd, zijn zwart en de woningen die worden gespaard, zijn gearceerd weergegeven.

Het criterium aantasting bestaande woonlocaties wordt in aantallen te verwijderen woningen weergegeven in onderstaande tabel.

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Leiderdorp	Aantal	8	8	8	8
Hazerswoude	Aantal	7	7	7	7

#### Aantasting geplande woonlocaties

De geplande woonlocaties zijn locaties die voor het moment, waarop het besluit tot de aanleg van de hogesnelheidslijn genomen is, al bestemd waren om te gaan dienen als woningbouwlocatie. In de omgeving van het tracé van de boortunnel bevinden zich geen geplande woonlocaties.

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Aantasting geplande woonlocaties	Aantal	0	0	0	0

#### Aantasting bestaande bedrijventerreinen

De bestaande bedrijventerreinen die in de omgeving van het tracé van de boortunnel liggen, zijn alle gesitueerd rond de Oude Rijn. De boortunnel van zowel de korte als de lange boortunnelvariant gaat onder de bestaande bedrijventerreinen door. Er treedt in beide gevallen geen aantasting van genoemde bedrijventerreinen op.

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Aantasting bestaande bedrijventerreinen	Aantal	0	0	0	0

#### Aantasting geplande bedrijventerreinen

Aangrenzend aan de bestaande bedrijventerreinen zijn enkele terreinen aangewezen voor de eventuele ontwikkeling van nieuwe bedrijventerreinen. In figuur 5.7 zijn twee van dergelijke terreinen aangegeven in de polder Achthoven. Het eerste terrein is gepland in de Bospolder; het tweede terrein is gepland naast het huidige bedrijventerrein van Heineken.

De oppervlakte van het geplande bedrijventerrein is in hoge mate bepalend voor de waarde van het toekomstige bedrijventerrein.

De eenheid van het criterium voor het volledige terrein is de vierkante kilometer.

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Bedrijvenpark Bospolder	Km <sup>2</sup>	0,60	0	0,60	0,60
Bedrijvenpark Heineken	Km <sup>2</sup>	0	0	0	0



figuur 5.7 - aantasting geplande bedrijventerreinen, korte en lange boortunnelvariant

### Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen

De huidige recreatieve voorzieningen worden niet aangetast door de aanleg van de boortunnelvarianten. De enige voorziening die in het gebied aanwezig is, is de jachthaven van Leiderdorp. Deze jachthaven ligt geheel buiten de invloedzone. Het aantal aangetaste bestaande recreatieve voorzieningen vormt de kwantificering van dit criterium.

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen	Aantal	0	0	0	0

### Aantasting geplande recreatieve voorzieningen

Voor de omgeving van Leiderdorp en Hazerswoude zijn geen nieuwe recreatieve voorzieningen gepland.

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Aantasting geplande recreatieve voorzieningen	Aantal	0	0	0	0

### Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes

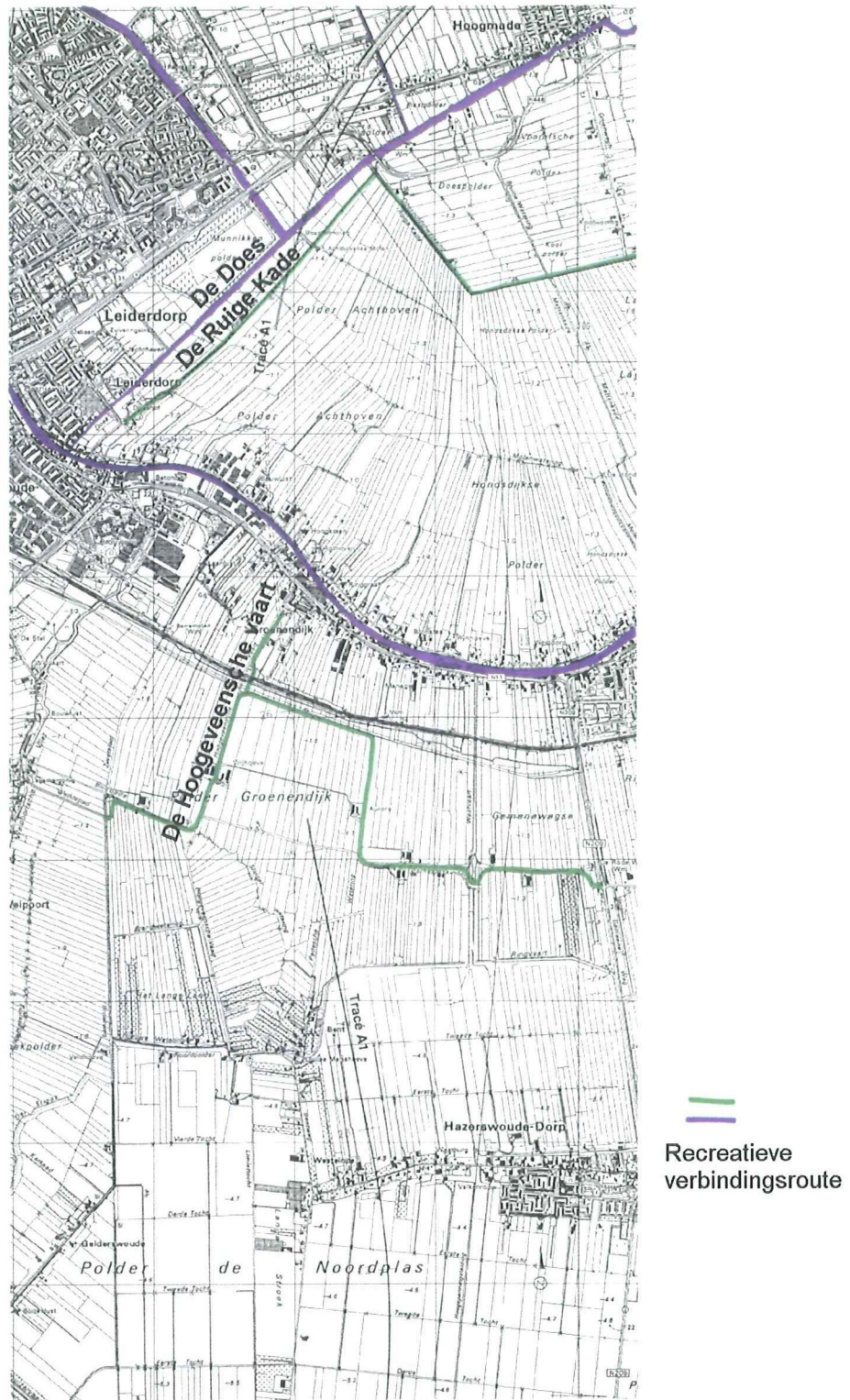
De bestaande recreatieve verbindingroutes zijn tweeledig. Er bestaan de zogeheten blauwe en groene recreatieve verbindingroutes. De blauwe zijn verbindingroutes over water en de groene over land. Deze betreffen vaarwegen, fietspaden, ruiterspaden, wandelroutes en dergelijke. In figuur 5.8 en figuur 5.9 zijn alle recreatieve verbindingen voor de omgeving weergegeven. Het aantal verbroken recreatieve routes is bepalend voor dit criterium. In de eindtabel worden deze aantallen vermeld; hieronder staat weergegeven middels ja/nee of er wel of niet sprake is van verbreking van recreatieve routes.

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
De Does	-	Nee	Nee	Ja	Ja
De Ruige Kade	-	Nee	Nee	Ja	Ja
De Hoogeveense vaart	-	Nee	Nee	Nee	Nee

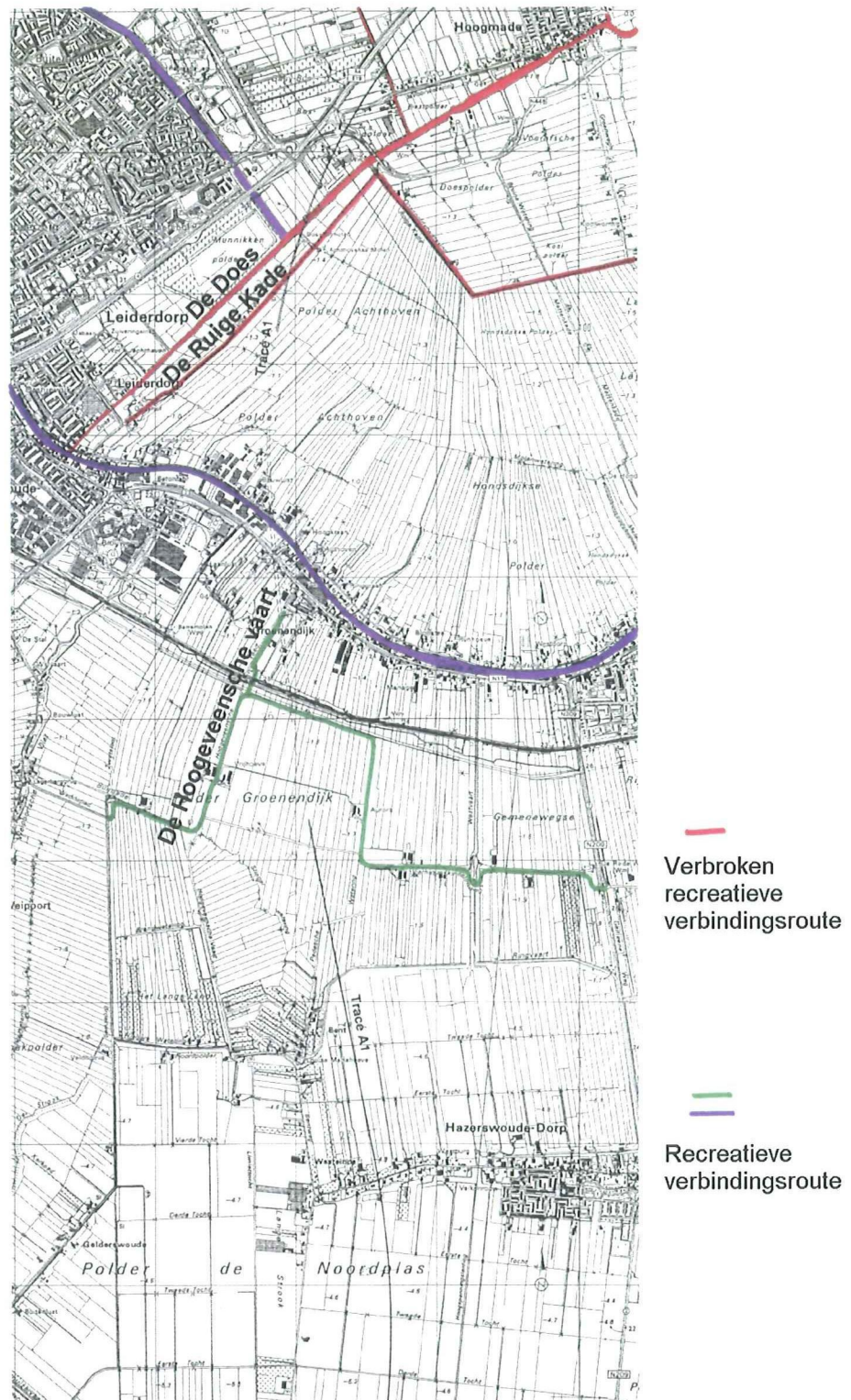
### Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes

De Groenblauwe Slinger is het waterrijke, groene gebied dat tussen de grote steden in het westen van Zuid-Holland ligt. Voor dit gebied is het beleid in de vorm van een ontwikkelingsperspectief weergegeven. Dit perspectief schetst het lange-termijnbeleid voor de uitwerking van de deelgebieden binnen de Groenblauwe Slinger. Voor de polder Groenendijk zijn diverse ecologische en recreatieve verbindingen gepland. Deze zijn weergegeven in figuur 5.10 en figuur 5.11. Het gaat bij het doorsnijden van deze geplande verbindingroutes niet om de lengte ervan, maar om het aantal te doorsnijden routes. De eenheid van dit criterium zal in aantallen worden weergegeven. In de eindtabel worden deze aantallen vermeld; hieronder staat weergegeven middels ja/nee of er wel of niet sprake is van doorsnijding van verbindingroutes.

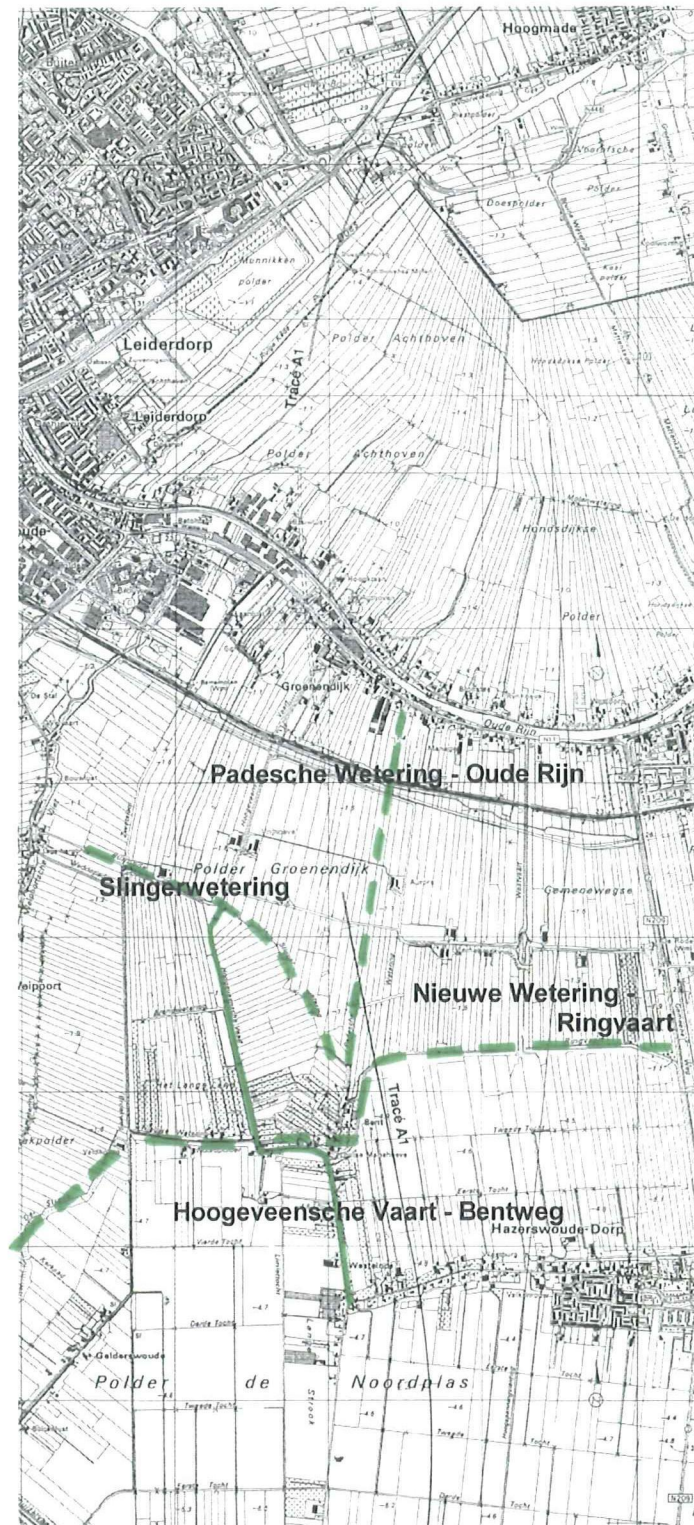
Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Padesche Wetering – Oude Rijn	-	Nee	Nee	Ja	Ja
Slingerwetering	-	Nee	Nee	Nee	Nee
Nieuwe Wetering – Ringvaart	-	Nee	Nee	Ja	Ja
Hoogeveense Vaart – Bentweg	-	Nee	Nee	Nee	Nee



figuur 5.8 - aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes, lange boortunnelvariant



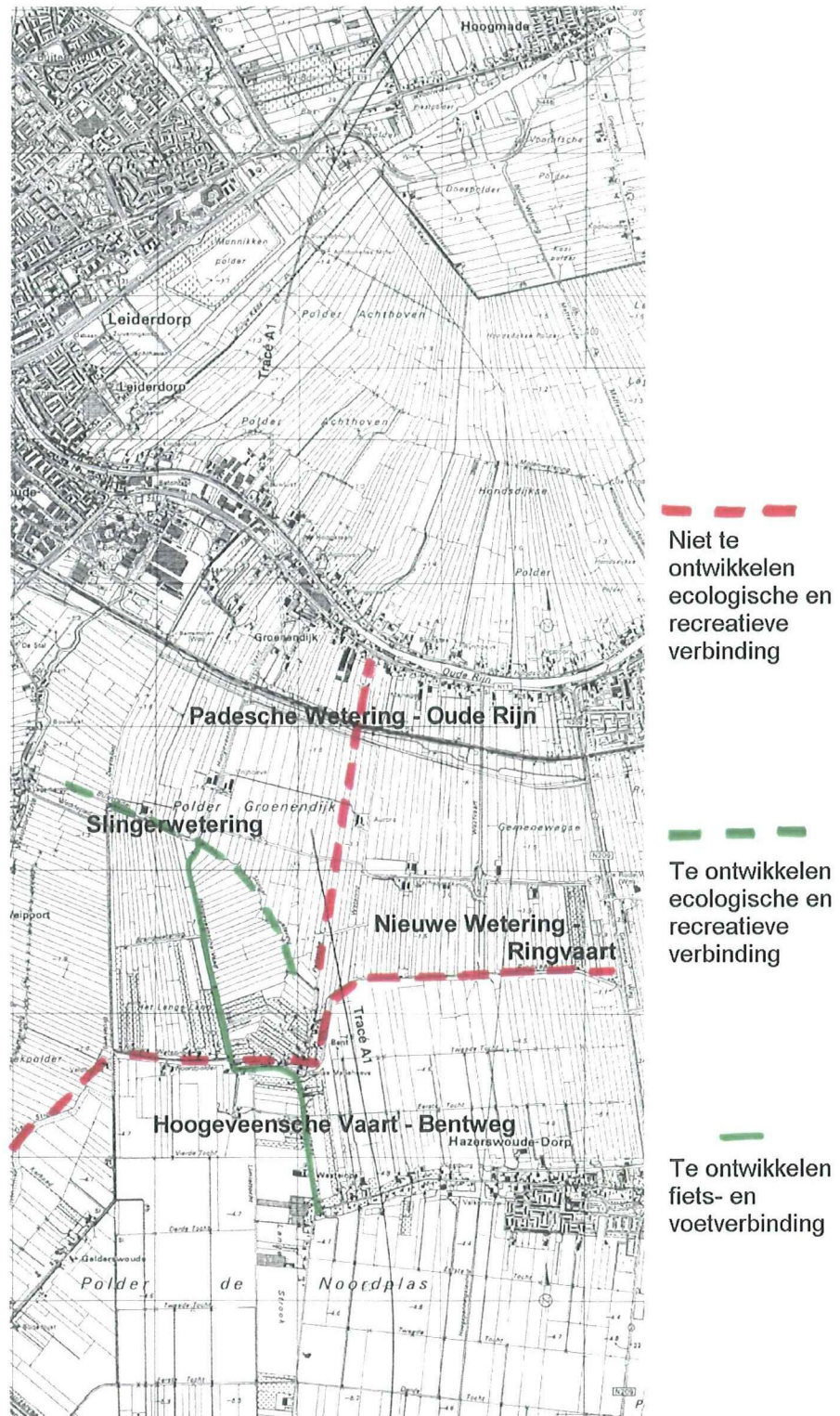
figuur 5.9 - aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes, korte boortunnelvariant



Te ontwikkelen  
ecologische en  
recreatieve  
verbinding

Te ontwikkelen  
fiets- en  
voetverbinding

figuur 5.10 - aantasting geplande recreatieve verbindingroutes, lange boortunnelvariant



figuur 5.11 - aantasting geplande recreatieve verbindingroutes, korte boortunnelvariant

### Aantasting stiltegebieden

De stiltegebieden zijn vastgesteld op provinciaal niveau. De geluidsnorm voor deze stiltegebieden ligt op een maximale geluidssterkte van 40 dB(A). Voor zowel het stiltegebied in de polder Achthoven als het stiltegebied "De Wilck" in de polder Groenendijk geldt deze geluidsnorm van 40 dB(A). In figuur 5.12, figuur 5.13 en figuur 5.14 is voor beide boortunnelvarianten aangegeven wat de belasting voor deze stiltegebieden inhoudt. Aangezien een stiltegebied wordt belast, is de eenheid van dit criterium de vierkante kilometer.

criterium	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Werkterrein / gronddepot Bospolder	Km <sup>2</sup>	0	0	0	0
Stiltegebied Achthoven	Km <sup>2</sup>	0	0	0	0,19
Stiltegebied de Wilck	Km <sup>2</sup>	0	0	0	0,83

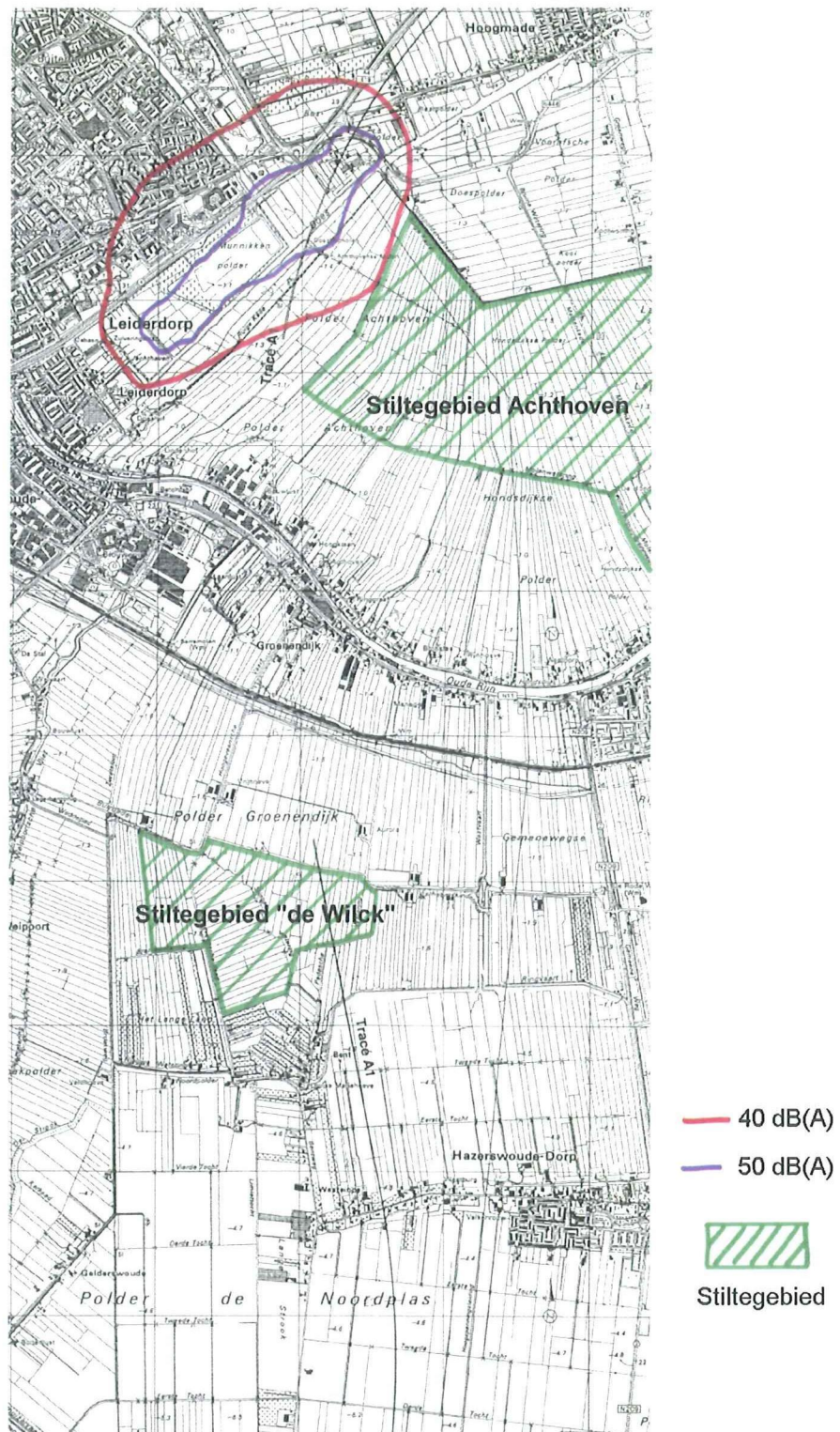
### Geluidsbelast oppervlak

Voor de bepaling van het geluidsbelast oppervlak dient als eerste te worden vastgesteld wat de grens van belasting voor dit oppervlak is. Uit diverse studies over de geluidsbelasting van woningen in de verschillende woonlocaties is gebleken, dat 50 dB(A) een goede gemiddelde waarde voor de geluidsbelasting is. Gegeven dat 57 dB(A) de maximaal toelaatbare waarde is, dient deze waarde zoveel mogelijk vermeden te worden. De uitschieters naar 60 dB(A) en zelfs 70 dB(A) mogen slechts in bijzondere gevallen, die tevens tijdelijk van aard zijn, worden toegestaan. Per geval dient door de rechter uitgesproken te worden dat een andere oplossing niet haalbaar is. Voor de boortunnelvarianten is het geluidsbelast oppervlak weergegeven in figuur 5.12, figuur 5.13 en figuur 5.14.

De eenheid van het geluidsbelast oppervlak is de vierkante kilometer. Als maximale geluidsbelasting wordt de grenswaarde van 50 dB(A) gehanteerd. Aangezien het geluidsbelast oppervlak invloed heeft op de bewoning van een gebied wordt er niet alleen bepaald hoeveel oppervlakte maar ook hoeveel woningen hinder ondervinden van een geluidsbelasting boven de 50 dB(A).

criterium	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
De 50 dB(A) contour	Km <sup>2</sup>	0,85	0,99	0,85	4,2
	Aantal woningen	8	8	8	41

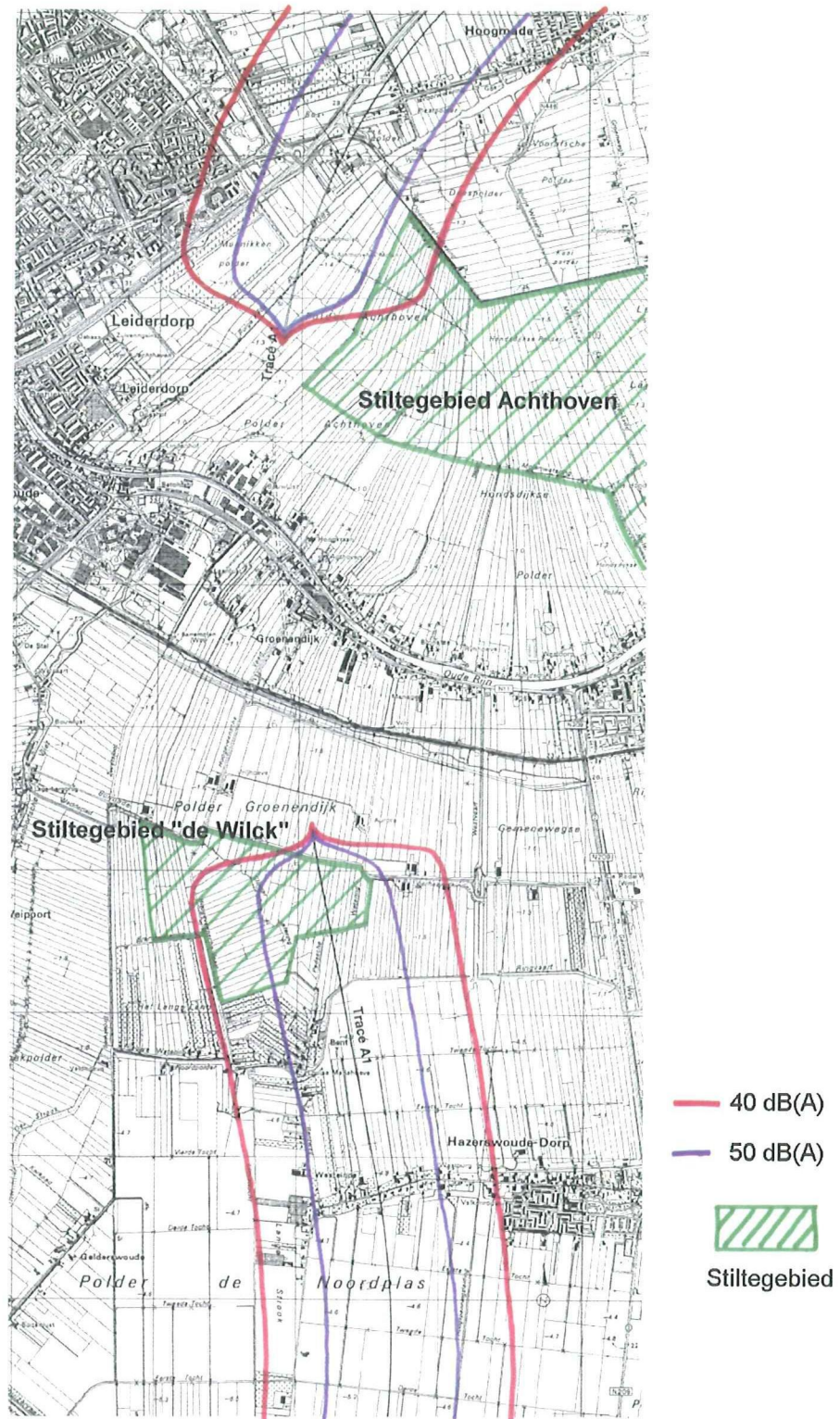




figuur 5.12 - geluidscontouren bouwphase, korte en lange boortunnelvariant



figuur 5.13 - geluidscontouren gebruiksfase, lange boortunnelvariant



figuur 5.14 - geluidscontouren gebruiksfase, korte boortunnelvariant

## 5.3.2 Vergelijking varianten

## Eindtabel:

Criterion	Eenheid	Lang, BF	Lang, GF	Kort, BF	Kort, GF
Aantasting openheid	Km	0	8,4 (*)	0	6,7 (*)
Aantasting cultuurhistorische waarden	Aantal	1	0	2	2
Verbreking van ecologische relaties	Aantal	0	0	3	3
Aantasting bestaande woonlocaties	Aantal	15	15	15	15
Aantasting geplande woonlocaties	Aantal	0	0	0	0
Aantasting bestaande bedrijventerreinen	Aantal	0	0	0	0
Aantasting geplande bedrijventerreinen	Km <sup>2</sup>	0,60	0	0,60	0,60
Aantasting bestaande recreatieve voorzieningen	Aantal	0	0	0	0
Aantasting geplande recreatieve voorzieningen	Aantal	0	0	0	0
Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	Aantal	0	0	2	2
Aantasting geplande recreatieve verbindingroutes	Aantal	0	0	2	2
Aantasting stiltegebieden	Km <sup>2</sup>	0	0	0	1,02
Geluidsbelast oppervlak	Aantal woningen	8	8	8	41

(\*) een grotere waarde komt overeen met een betere mate van openheid

De korte en de lange boortunnelvariant worden met elkaar vergeleken in de bouwfase en in de gebruiksfase. Opvallend is dat de bouwfasen van de boortunnelvarianten op een viertal van de in totaal dertien punten verschillen laten zien, terwijl de gebruiksfasen van de boortunnelvarianten op acht punten verschillend zijn. De bouwfasen van de boortunnelvarianten verschillen op de volgende punten van elkaar:

- aantasting cultuurhistorische waarden;
- verbreking van ecologische relaties;
- aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes;
- aantasting geplande recreatieve verbindingroutes.

Hierbij dient te worden opgemerkt, dat niet alleen bovenstaande punten maar ook de overige eerder genoemde punten voor de bouwfase als hinderlijk worden ervaren. Ook in de gebruiksfase blijft dit gevoel van hinder voortduren. Wat genoemde hinder betreft, is er geen sprake van enige verandering ten goede. In het bijzonder niet, als het gaat om wijzigingen in de bestaande situatie die in de gebruiksfase gecontinueerd worden. De wijzigingen zijn niet specifiek het gevolg van het fysieke bouwen van de tunnel, maar van de aanwezigheid van de tunnel in het Groene Hart. Dit komt onder meer tot uitdrukking in het ontbreken van verschilpunten in de bouwfase en de gebruiksfase. De eventuele overlast tijdens de bouwfase wordt zodanig beperkt, dat de omgeving hiervan geen extra hinder ondervindt. Het binnen de grenzen van het toelaatbare houden van de overlast, behoedt de omgeving voor buitensporige hinder.

In de gebruiksfase van de boortunnelvarianten komen er punten naar voren die grote hinder voor de omgeving met zich meebrengen. Datgene, wat in de bouwfase van zowel de korte als de lange boortunnelvariant als punt van hinder naar voren kwam, is ook in de gebruiksfase een punt van hinder voor de omgeving. Hierbij komen dan nog enkele punten die in het bijzonder gerelateerd zijn aan het milieu. In de gebruiksfase worden met name het natuurlijke milieu en het woon- en leefmilieu zwaar belast. De ruimtelijke structuur wordt minder zwaar aangetast. Behalve op de in de bouwfase al genoemde punten zijn de boortunnelvarianten in de gebruiksfase significant verschillend op de volgende punten:

- aantasting openheid;
- aantasting geplande bedrijventerreinen;
- aantasting stiltegebieden;
- geluidsbelast oppervlak.

De in het begin van paragraaf 5.3.2 geplaatste eindtabel laat zien, dat de lange boortunnelvariant op de aangegeven punten een beter scoort dan de korte boortunnelvariant. Op basis van de totaalscore kan gesteld worden, dat de lange boortunnelvariant de beste variant is voor de aanleg van een tunnelverbinding door het Groene Hart. Het natuurlijke milieu, het woon- en leefmilieu en de ruimtelijke ordening worden binnen deze variant optimaal gespaard. De mate, waarin het milieu ontzien wordt, bepaalt mede de hoogte van de te maken kosten. Het bijbehorend kostenplaatje is niet opgenomen in de eindtabel.

Het verschilbedrag van circa 300 miljoen gulden is het voordeel dat behaald wordt bij het aanleggen van de korte boortunnelvariant in plaats van de lange boortunnelvariant. De schade die de omgeving feitelijk ondervindt, is echter significant groter dan de schade die er nog is na het uitvoeren van de strikt noodzakelijke compenserende maatregelen. De spoorbaan van de HSL ligt bij de korte boortunnelvariant op een dominante wijze in het landschap en dient derhalve beter te worden ingepast.

Om tot een gelijkwaardige vergelijking van beide boortunnelvarianten te kunnen komen, dienen er voor de omgeving extra maatregelen genomen te worden. De hieruit voortvloeiende kosten worden vervolgens op het verschilbedrag van circa 300 miljoen gulden in mindering gebracht. Het aldus resterende bedrag geeft de omvang van de daadwerkelijke besparing aan.

## Literatuurlijst

- [1] **ir.H. Abbenhuis**  
Ontwerp van het Gouwe-aquaduct  
Cement 1980, nr2
  
- [2] **Prof.dr.ir.F.B.J. Barends**  
Grondwatermechanica, Syllabus  
TU Delft, september 1996
  
- [3] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp, Geluidsimmissie activiteiten bouwfase HSL-Zuid  
november 1998
  
- [4] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp, Trillingen tijdens de bouw boortunnel en de exploitatie van de HSL  
november 1998
  
- [5] **Projectbureau Boortunnel**  
Interne verkenning verlaging kruising A4/HSL  
Utrecht, 7 oktober 1999
  
- [6] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp Toerit Noord, diverse rapporten en kaartbijlagen  
Utrecht, november 1998
  
- [7] **Projectbureau Boortunnel**  
Programma van Eisen Boortunnel Groene Hart  
Utrecht, november 1998
  
- [8] **Bouwdienst Magazine**  
Blinde vlek van de m.e.r. (Bouwdienst geeft ruimte aan belevingswaardenonderzoek), pag 21 t/m 23  
maart 1999
  
- [9] **CUR**  
CUR rapport 93-8A, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport A: Marktverkenning
  
- [10] **CUR**  
CUR rapport 93-8B, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport B: Integrale Afweging
  
- [11] **CUR**  
CUR rapport 93-8D, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport D: Milieu Effect Rapportage

- [12] **ir.C.P.W.J. Genders**  
Aquaduct Veluwemeer: Erop én eronder  
Cement 1998, nr3
  
- [13] **Prof.Dr.-Ing.I.A. Hansen**  
Collegedictaat CTvk3049, Deel B: Ontwerp van wegen en spoorwegen  
TU Delft, augustus 1998
  
- [14] **Afdeling Beleidsevaluatie en –instrumentatie van het Ministerie van Financiën**  
Evaluatiemethoden, een introductie, 4e herziene druk  
SDU uitgeverij, Den Haag 1992
  
- [15] **Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer**  
Nieuwe HSL-Nota,  
deelrapport 11: Milieu en Ruimtelijke Ordening: effecten ten noorden van Rotterdam  
maart 1994
  
- [16] **Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer**  
Nieuwe HSL-Nota, bijlage 4 bij deelrapport 11: Thematische kaarten  
maart 1994
  
- [17] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Partiële herziening Planologische Kernbeslissing HSL-Zuid  
betreffende de boortunnel onder het Groene Hart  
april 1999
  
- [18] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Toelichting Besluit  
begin 1998
  
- [19] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Tracédeel 2  
begin 1998
  
- [20] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Tracédeel 3  
begin 1998
  
- [21] **Nederlands Normalisatie-instituut**  
Voorschriften Beton TGB 1990, Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC 1995), NEN 6720  
2e druk, Delft, september 1995
  
- [22] **Projectorganisatie HSL-Zuid**  
Integraal Projectplan HSL-Zuid  
Utrecht, juli 1999
  
- [23] **Prof.dr.ir.H.A.J. de Ridder**  
Inleiding Functioneel Ontwerpen, Collegedictaat  
TU Delft, augustus 1998

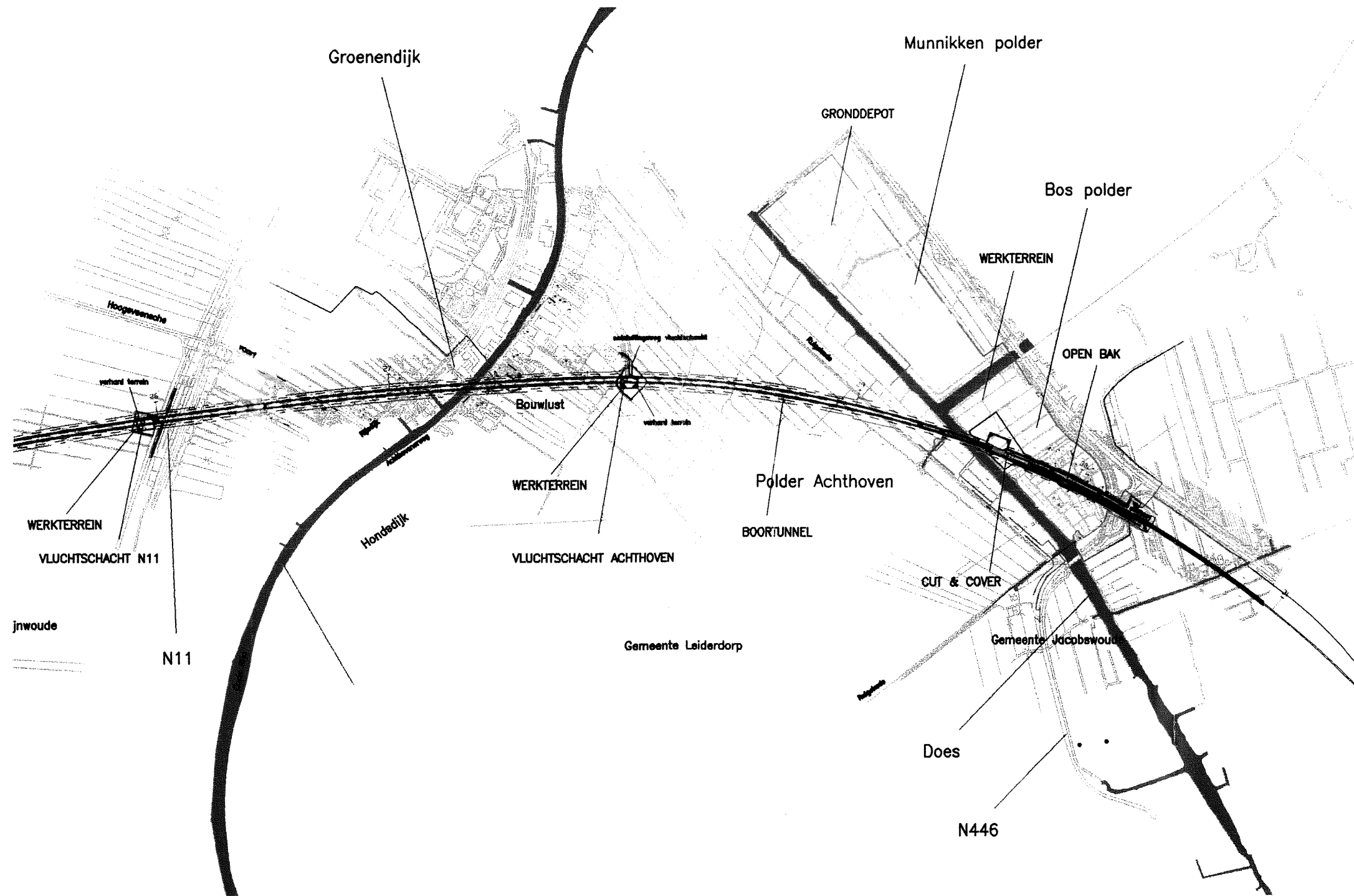
- [24] **Prof.dr.ir.H.A.J. de Ridder**  
Integraal Ontwerpen, Individuele Ontwerpopdracht, Collegedictaat  
TU Delft, april 1999
- [25] **Karl Riesebosch**  
Afstudeerverslag "de grond in geboord?"  
maart 1998
- [26] **Prof.ir.A.F. van Tol**  
Funderingstechnieken  
TU Delft, september 1995
- [27] **Prof.dr.ir.A. Verruijt**  
Grondmechanica  
Delftse Uitgevers Maatschappij, eerste druk 1983
- [28] **Prof.dr.ir.A. Verruijt**  
Grondwatermechanica, Handleiding bij het college  
TU Delft, september 1996
- [29] **Prof.drs.ir.J.K. Vrijling**  
Constructieve Waterbouwkunde, Deel A: Algemeen  
TU Delft, februari 1999
- [30] **Prof.drs.ir.J.K. Vrijling**  
Constructieve Waterbouwkunde, Deel B: Schutsluizen  
TU Delft, februari 1999
- [31] **Prof.dr.ir.J.C. Walraven, ir.J.C. Galjaard**  
Voorgespannen Beton  
BetonPrisma, 's-Hertogenbosch 1997

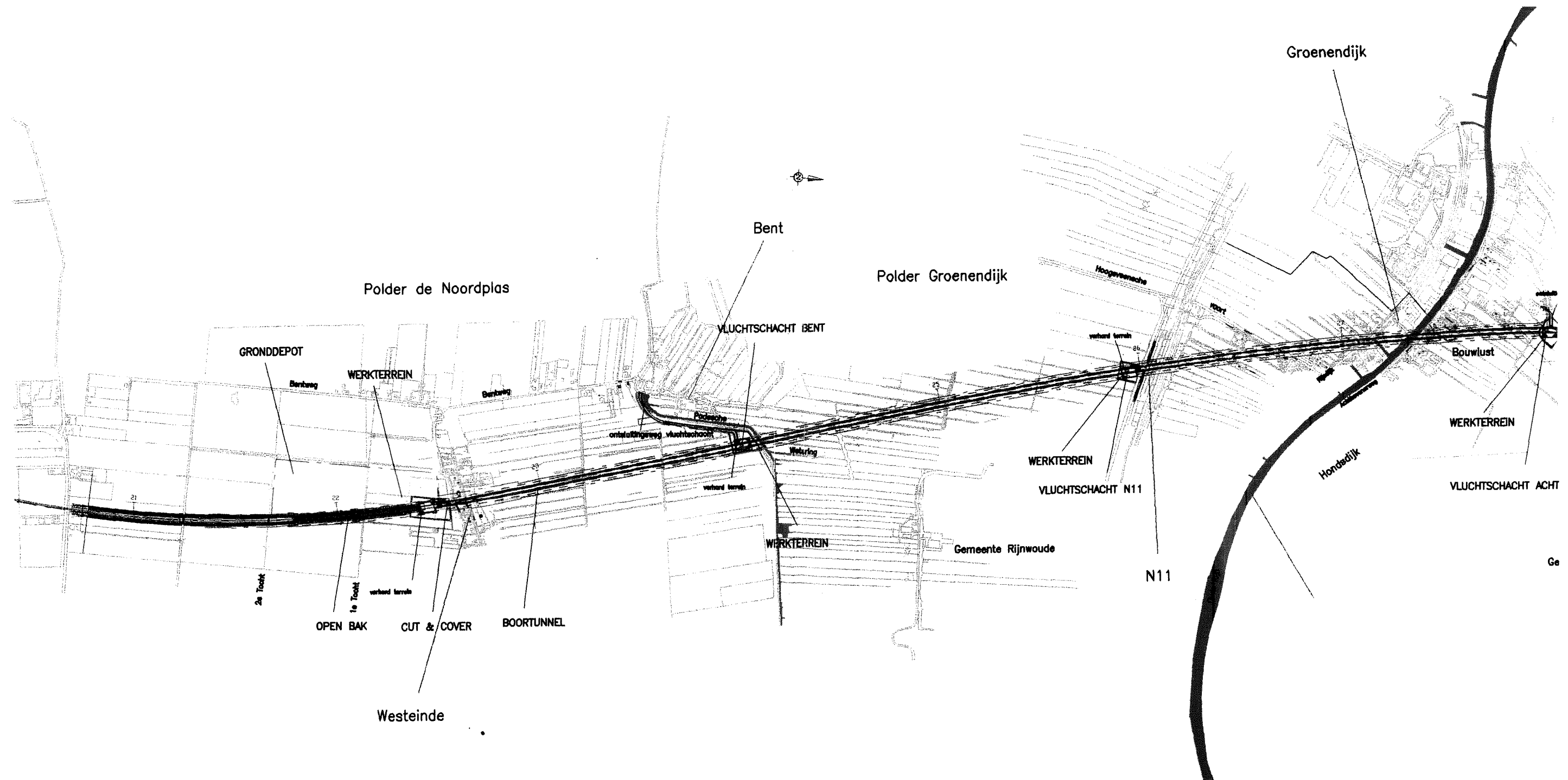
## Referenties

- ing. W.A.D. van de Ven, afdeling Beleids- en Projectanalyse Bouwdienst Rijkswaterstaat
- mw. M.J.A. Mul, afdeling Beleids- en Projectanalyse Bouwdienst Rijkswaterstaat
- ing. K.C. van Kemenade, afdeling Bedrijfsvoering en Projectondersteuning Bouwdienst Rijkswaterstaat
- Sectie Waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek, T.U. Delft
- Sectie Infrastructuur, Faculteit der Civiele Techniek, T.U. Delft
- Bouwdienst Rijkswaterstaat, Westraven te Utrecht
- Projectorganisatie HSL-Zuid, Afdeling Boortunnel, Westraven te Utrecht
- Projectorganisatie HSL-Zuid, Projectdirectie, Radboudtoren te Utrecht



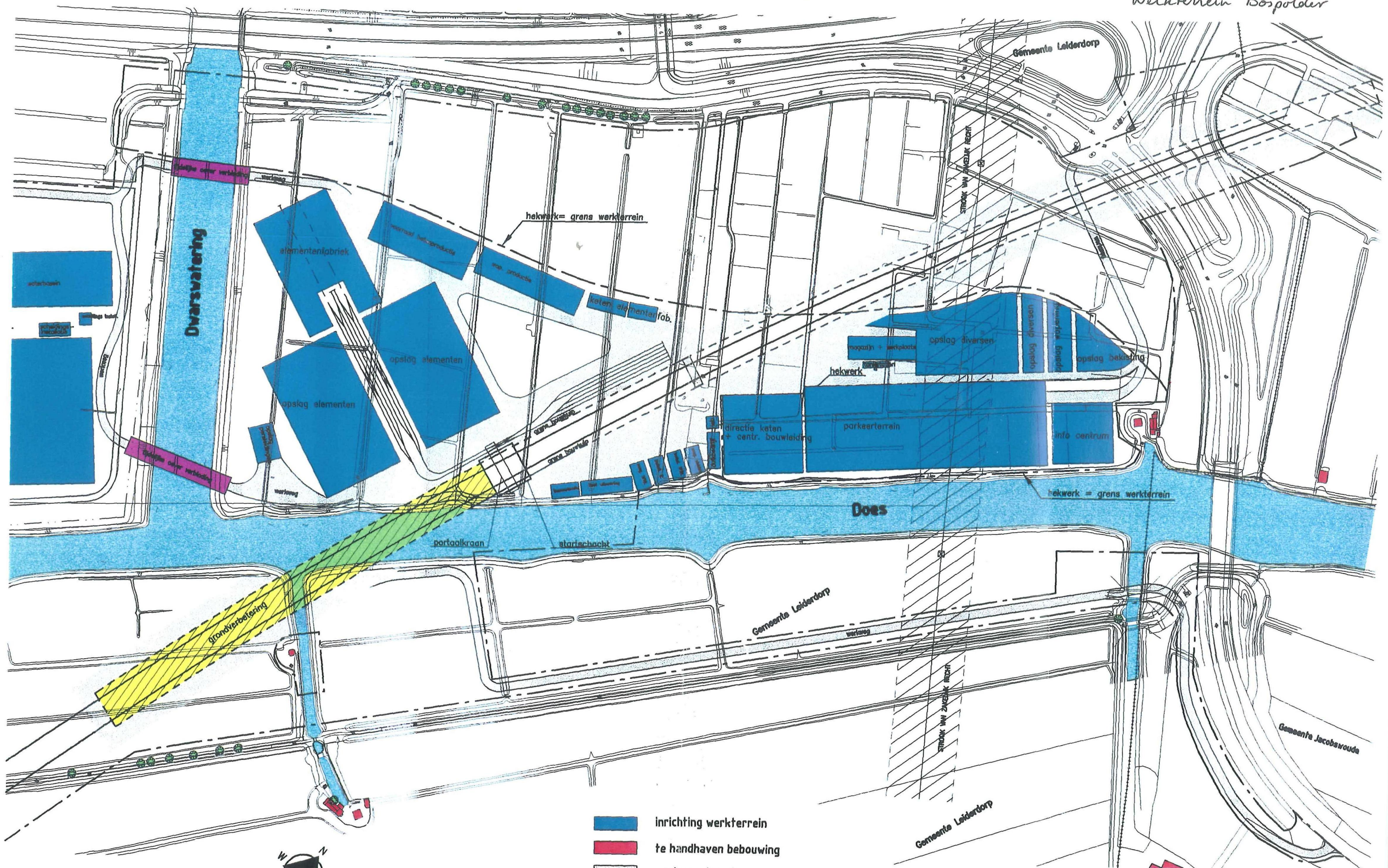
## **Bijlage A      Tracé lange boortunnelvariant**





---

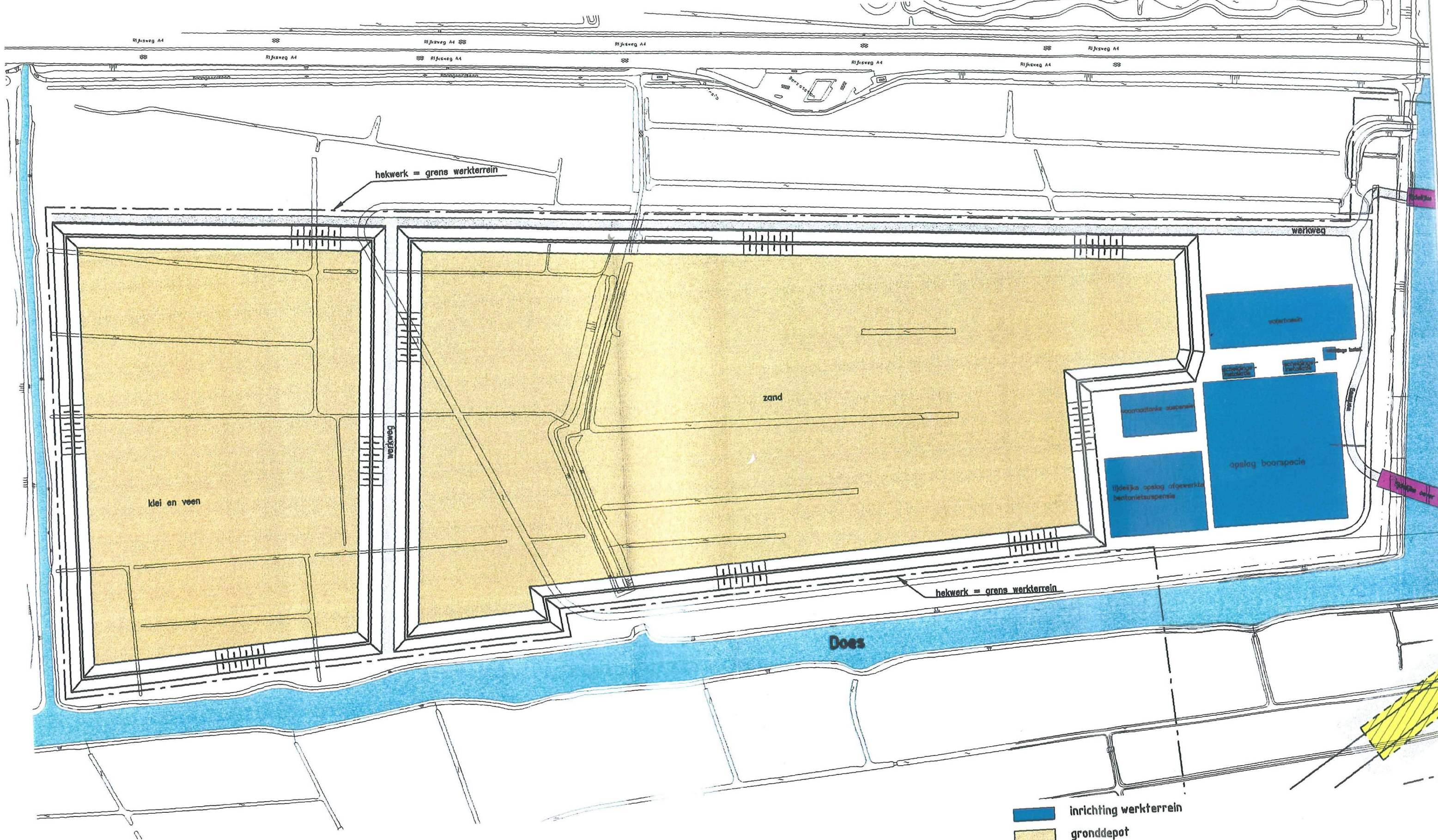
## **Bijlage B      Overzicht werkterrein Does**



- inrichting werkterrein
- te handhaven bebouwing
- werkweg / werkzone
- tijdelijke oeververbinding
- beplanting
- water
- grondverbetering



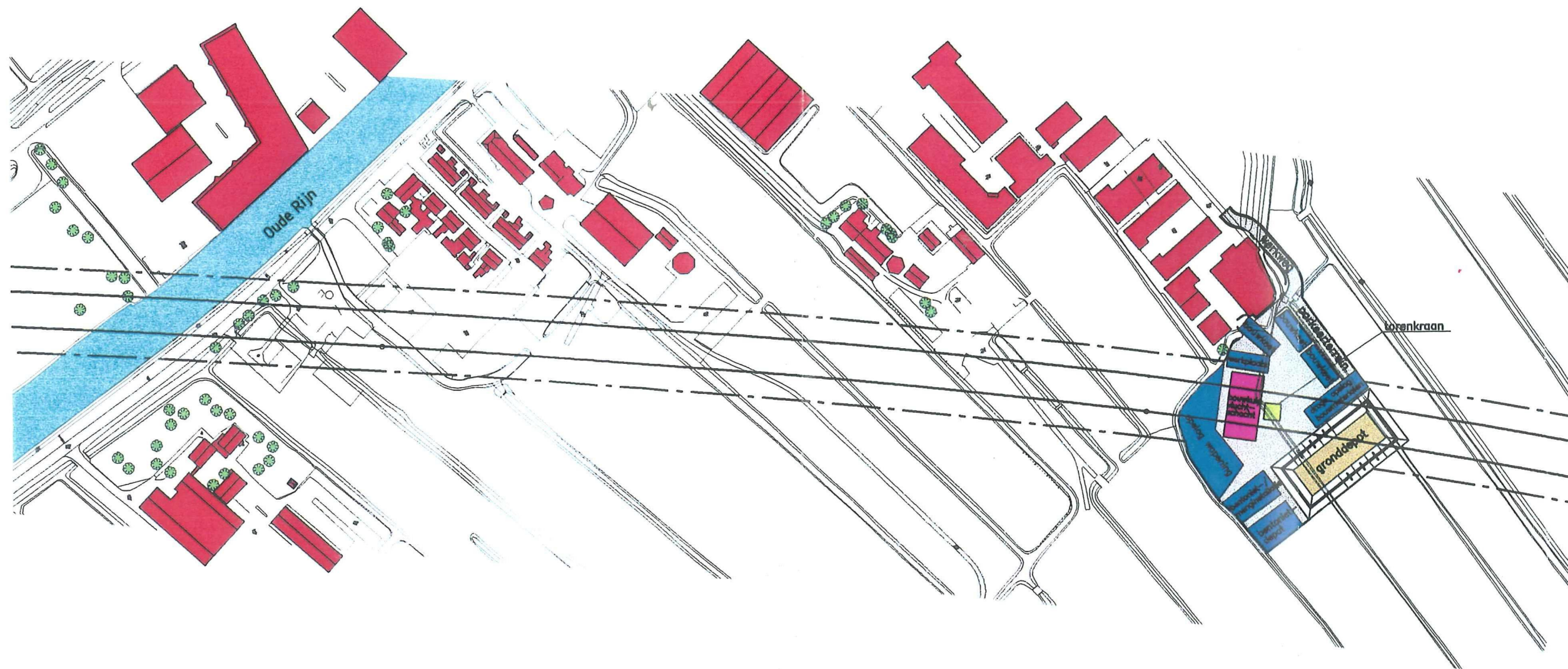
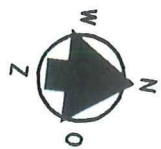
INDICATIEF




INDICATIEF

- inrichting werfterrein
- gronddepot
- werkweg / werkzone
- beplanting
- water
- grondverbetering

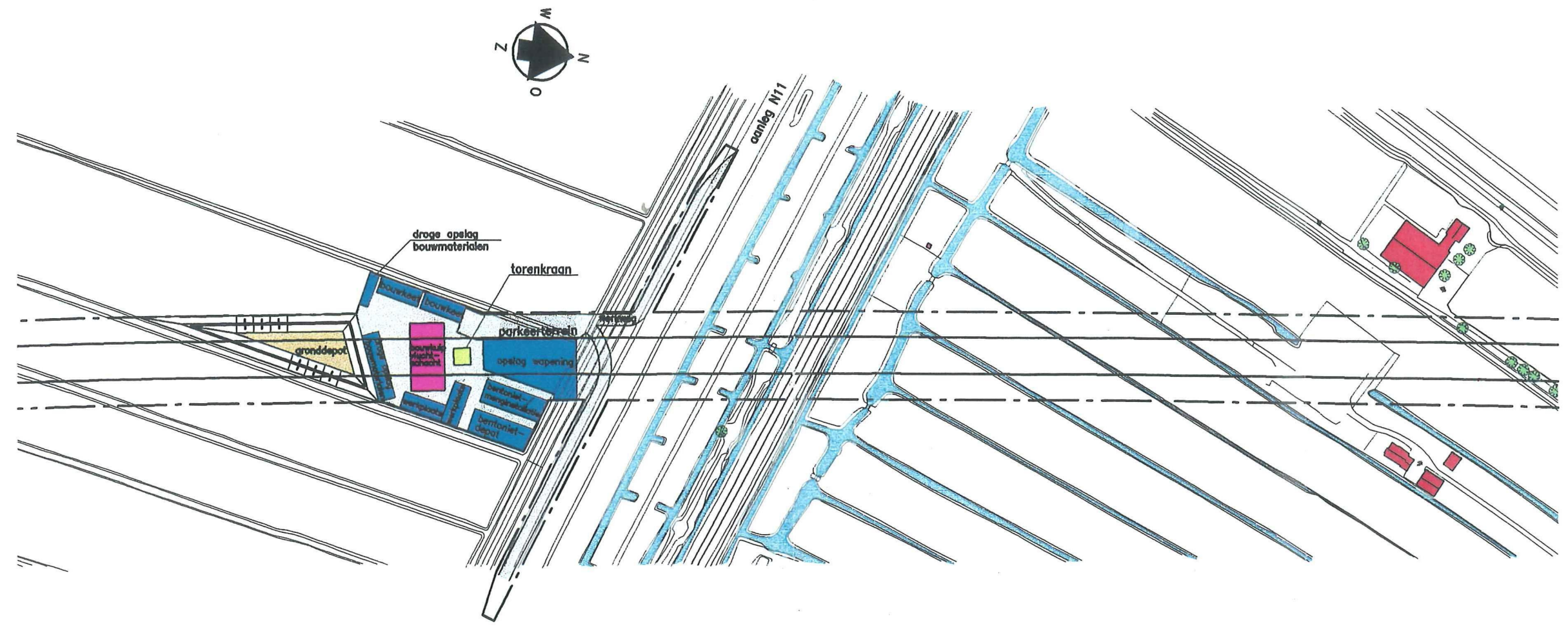
## **Bijlage C      Overzicht werkterreinen vluchtschachten**




# INDICATIEF

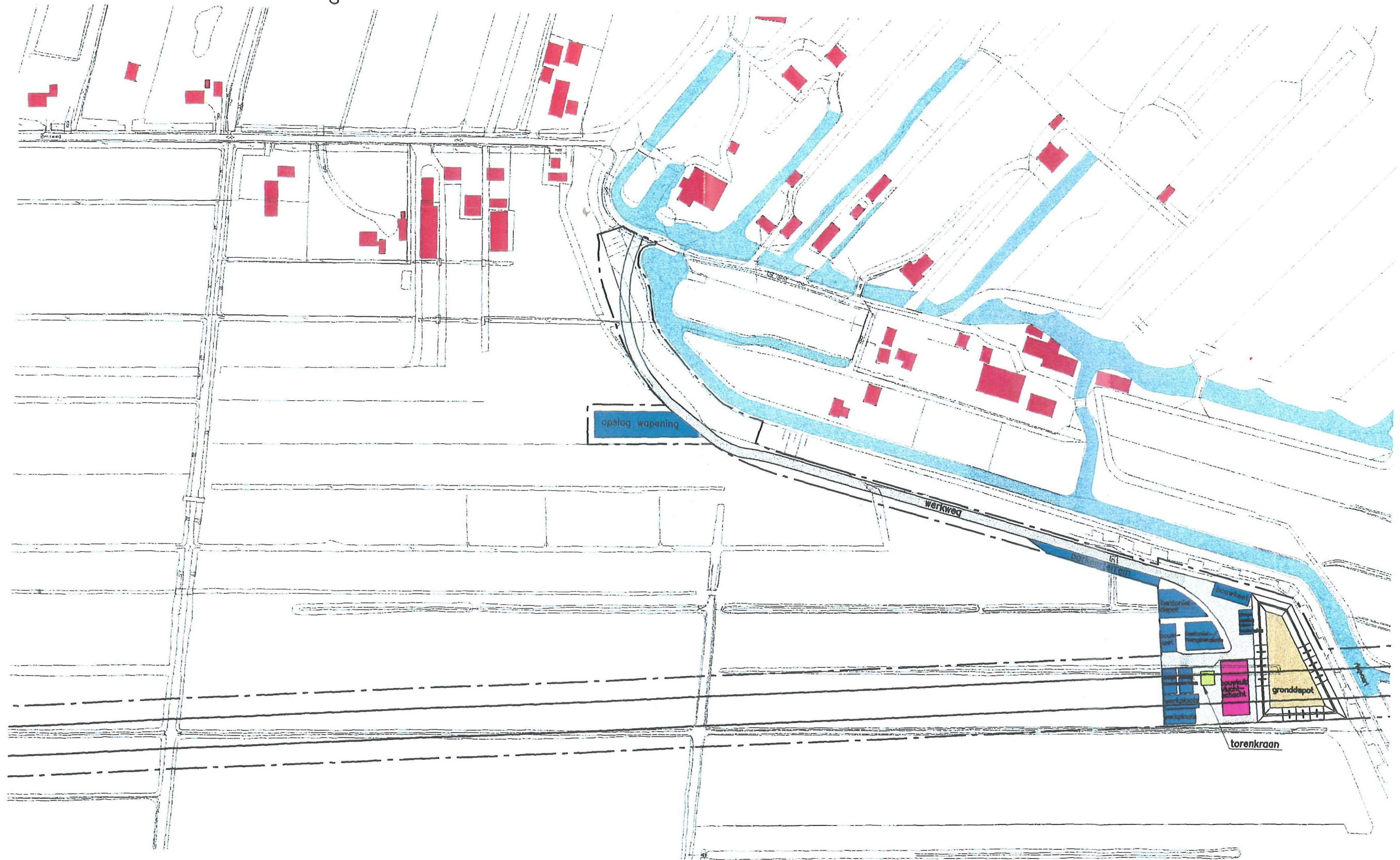
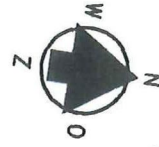
-  inrichting werkterrein
-  gronddepot
-  te handhaven bebouwing
-  werkweg / werkzone
-  beplanting
-  water





INDICATIEF

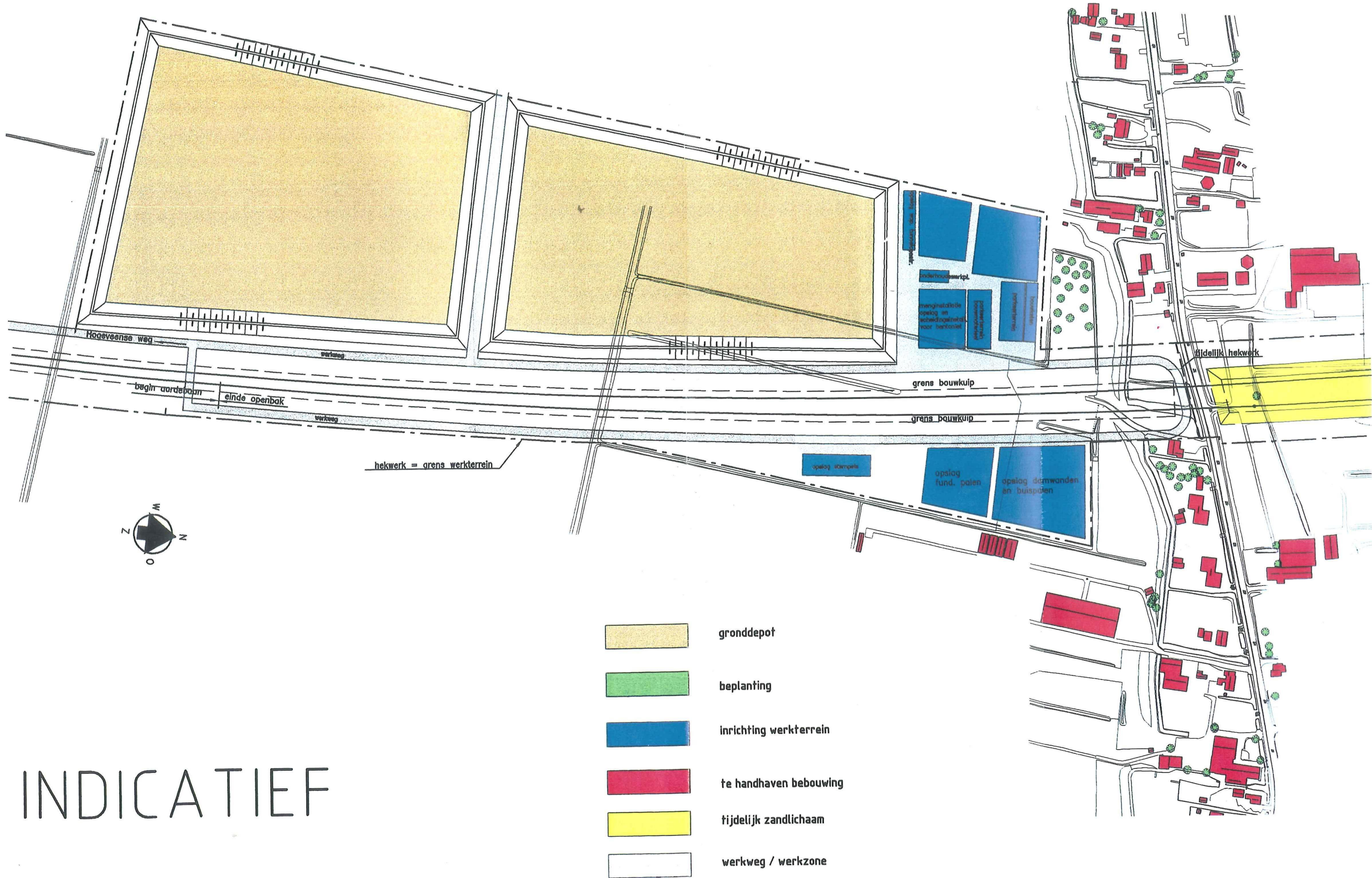
-  inrichting werkterrein
-  gronddepot
-  te handhaven bebouwing
-  werkweg / werkzone
-  beplanting
-  water



INDICATIEF

-  inrichting werkterrein
-  gronddepot
-  te handhaven bebouwing
-  werkweg / werkzone
-  water

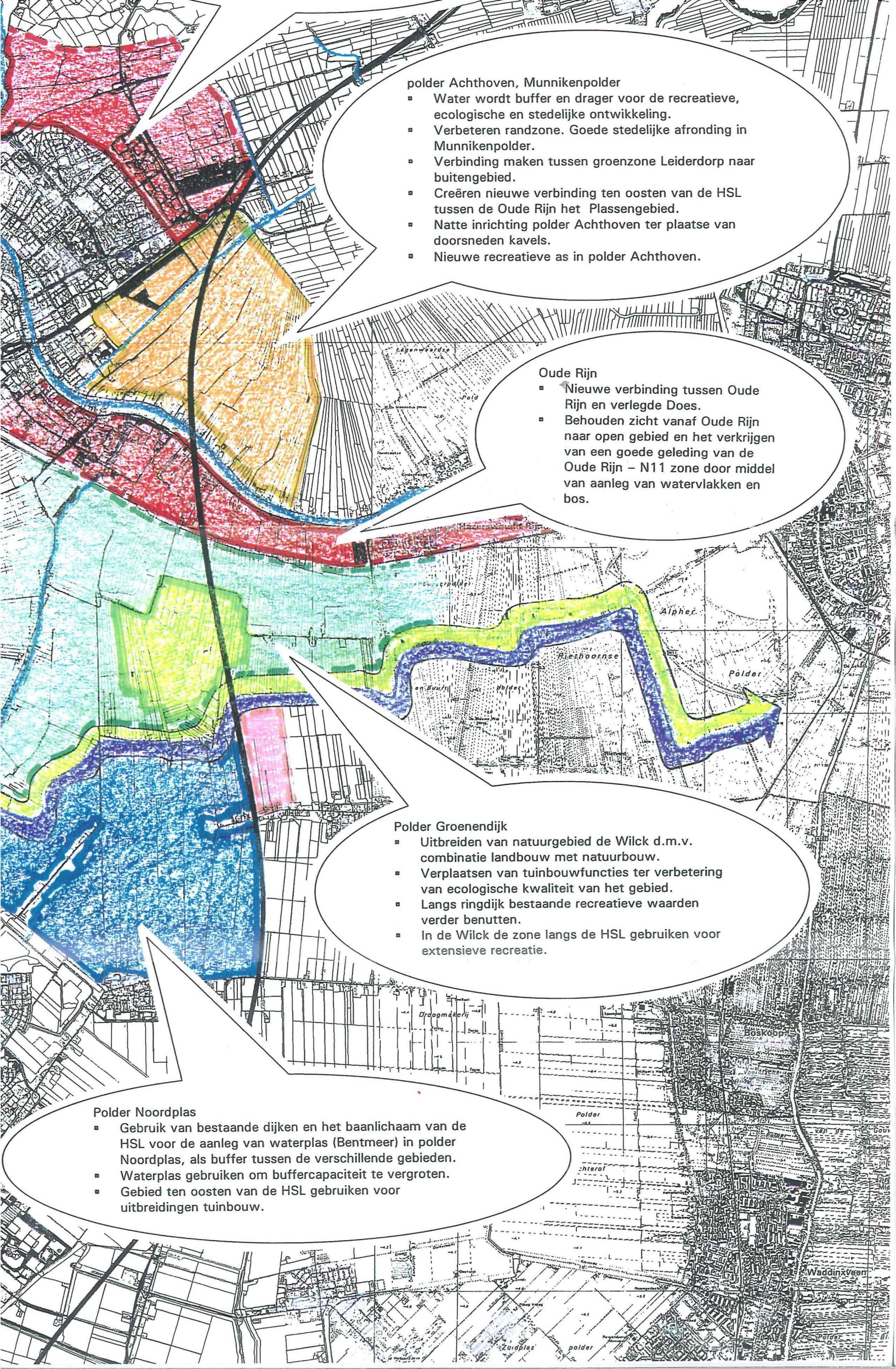
## **Bijlage D      Overzicht werkterreinen Westeinde**



INDICATIEF

-  gronddepot
-  beplanting
-  inrichting werkterrein
-  te handhaven bebouwing
-  tijdelijk zandlichaam
-  werkweg / werkzone

## **Bijlage E      Kaart milieubeschermingsgebieden**



#### polder Achthoven, Munnikerpolder

- Water wordt buffer en drager voor de recreatieve, ecologische en stedelijke ontwikkeling.
- Verbeteren randzone. Goede stedelijke afronding in Munnikerpolder.
- Verbinding maken tussen groenzone Leiderdorp naar buitengebied.
- Creëren nieuwe verbinding ten oosten van de HSL tussen de Oude Rijn het Plassengebied.
- Natte inrichting polder Achthoven ter plaatse van doorsneden kavels.
- Nieuwe recreatieve as in polder Achthoven.

#### Oude Rijn

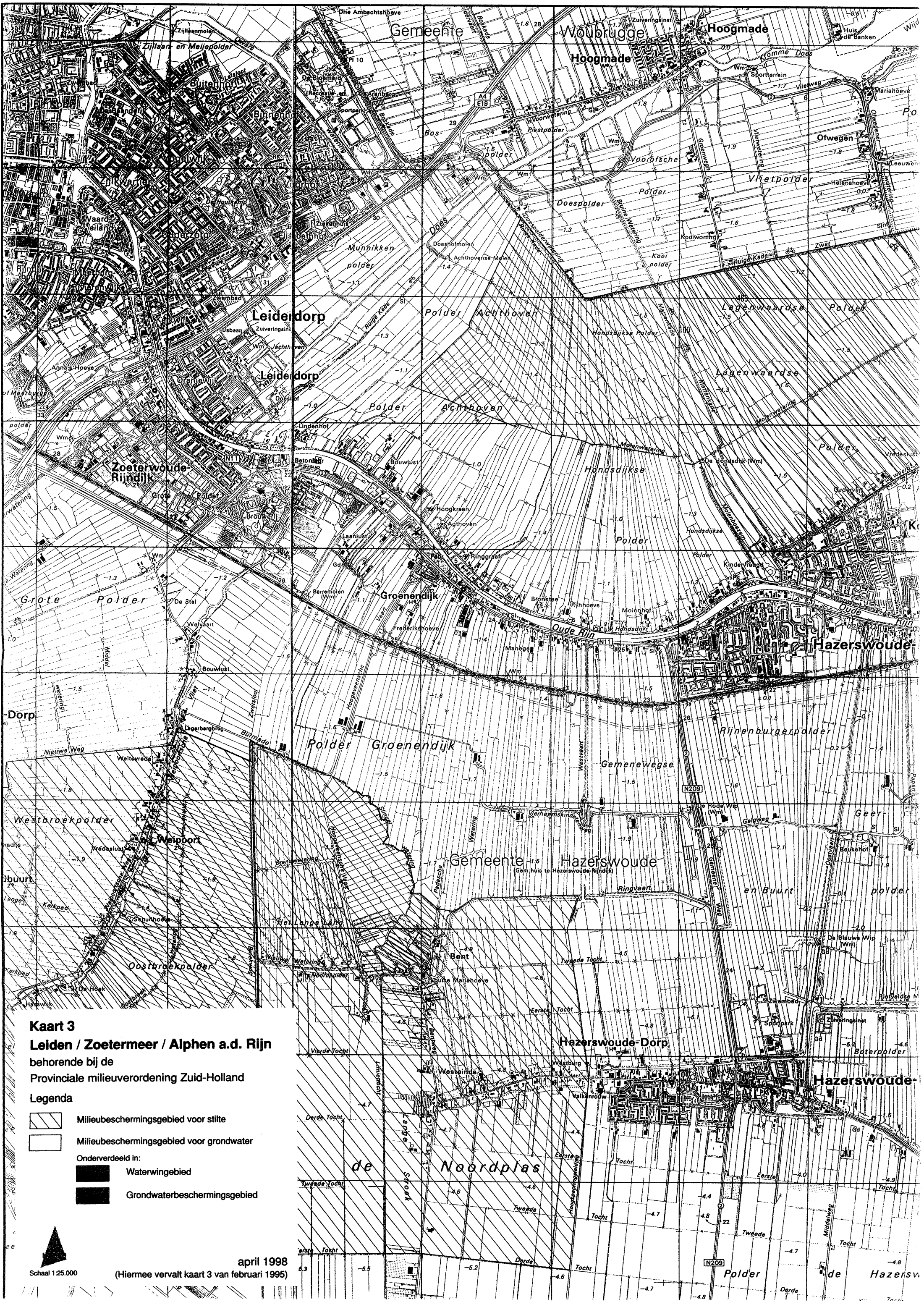
- Nieuwe verbinding tussen Oude Rijn en verlegde Does.
- Behouden zicht vanaf Oude Rijn naar open gebied en het verkrijgen van een goede geleiding van de Oude Rijn – N11 zone door middel van aanleg van watervlakken en bos.

#### Polder Groenendijk

- Uitbreiden van natuurgebied de Wilck d.m.v. combinatie landbouw met natuurbouw.
- Verplaatsen van tuinbouwfuncties ter verbetering van ecologische kwaliteit van het gebied.
- Langs ringdijk bestaande recreatieve waarden verder benutten.
- In de Wilck de zone langs de HSL gebruiken voor extensieve recreatie.





#### Polder Noordplas

- Gebruik van bestaande dijken en het baanlichaam van de HSL voor de aanleg van waterplas (Bentmeer) in polder Noordplas, als buffer tussen de verschillende gebieden.
- Waterplas gebruiken om buffercapaciteit te vergroten.
- Gebied ten oosten van de HSL gebruiken voor uitbreidingen tuinbouw.



**Kaart 3**  
**Leiden / Zoetermeer / Alphen a.d. Rijn**  
 behorende bij de  
 Provinciale milieuverordening Zuid-Holland

**Legenda**

-  Milieubeschermingsgebied voor stilte
-  Milieubeschermingsgebied voor grondwater
- Onderverdeeld in:
  -  Waterwingebied
  -  Grondwaterbeschermingsgebied



Schaal 1:25.000  
 april 1998  
 (Hiermee vervalt kaart 3 van februari 1995)

---

## **Bijlage F                  Workshop impulsmaatregelen Groene Hart**



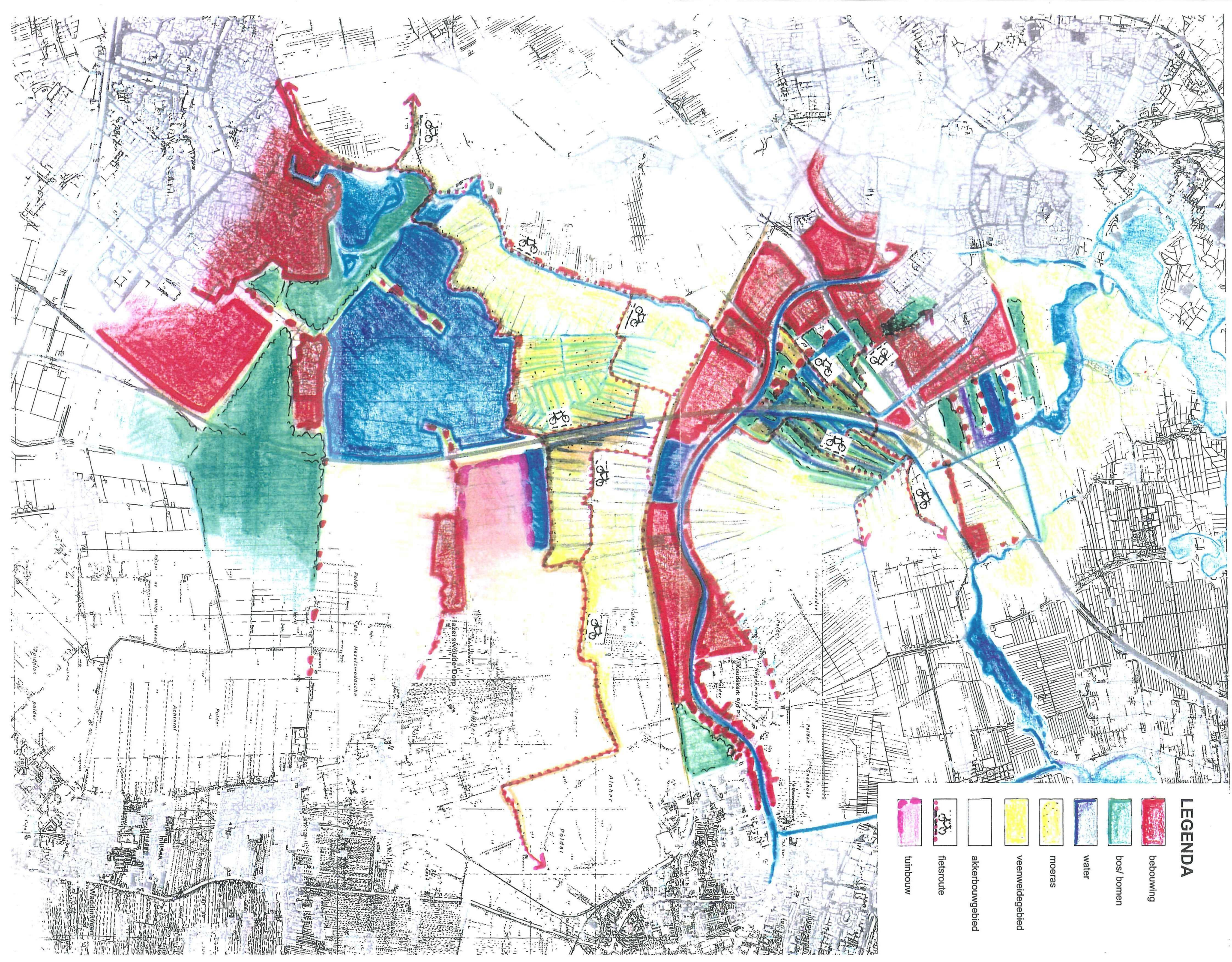
# KORTE BOORTUNNELVARIANT

WORKSHOP: EERSTE SYNTHESE dd 7 april '99



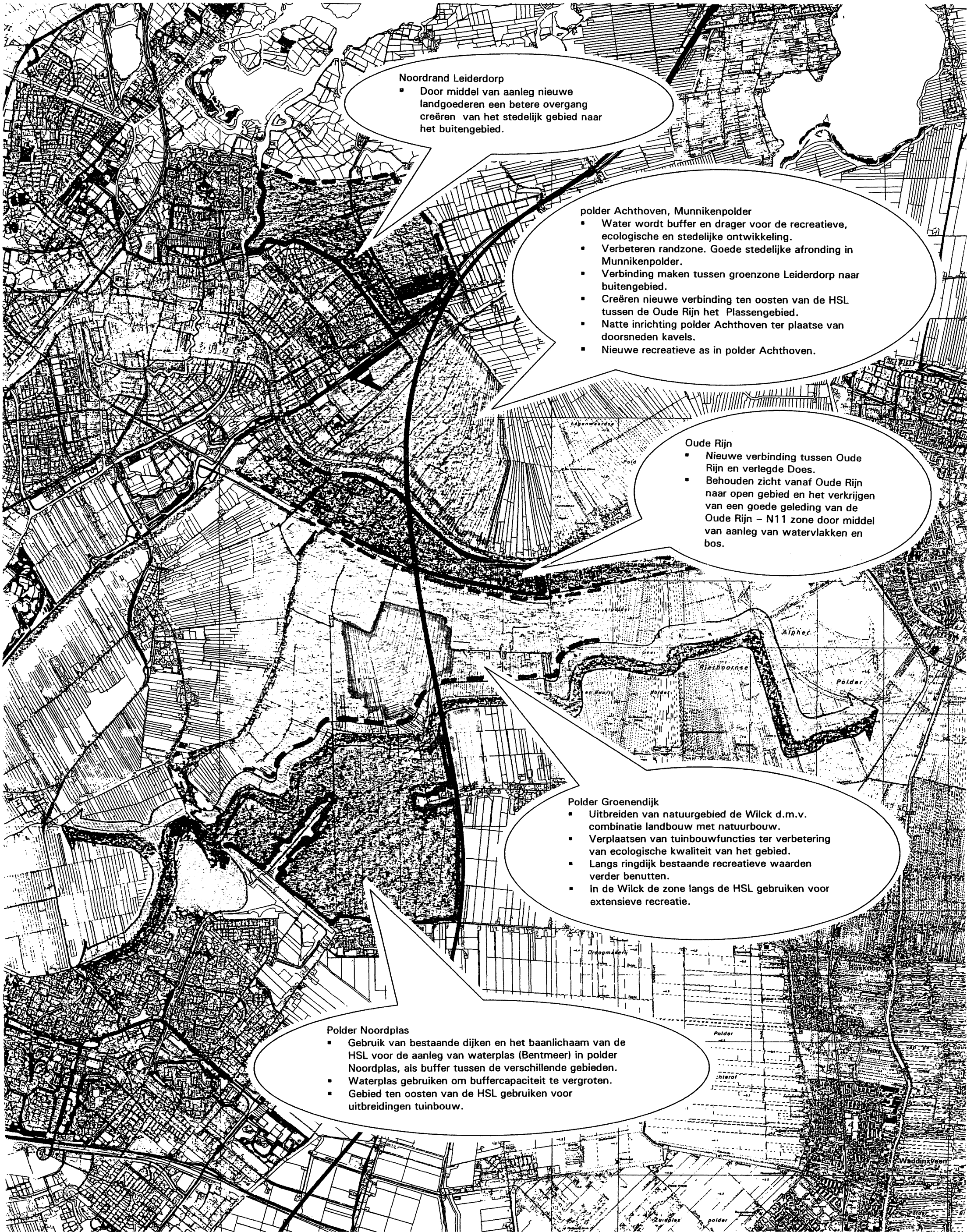
**LEGENDA**

	bebouwing
	bos/ bomen
	water
	moeras
	veenweidegebied
	akkerbouwgebied
	fietroute
	tuinbouw



# KORTE BOORTUNNELVARIANT

WORKSHOP: **UITGANGSPUNTENKAART** dd 7 april '99



## Noordrand Leiderdorp

- Door middel van aanleg nieuwe landgoederen een betere overgang creëren van het stedelijk gebied naar het buitengebied.

## polder Achthoven, Munnikerpolder

- Water wordt buffer en drager voor de recreatieve, ecologische en stedelijke ontwikkeling.
- Verbeteren randzone. Goede stedelijke afronding in Munnikerpolder.
- Verbinding maken tussen groenzone Leiderdorp naar buitengebied.
- Creëren nieuwe verbinding ten oosten van de HSL tussen de Oude Rijn het Plassengebied.
- Natte inrichting polder Achthoven ter plaatse van doorsneden kavels.
- Nieuwe recreatieve as in polder Achthoven.

## Oude Rijn

- Nieuwe verbinding tussen Oude Rijn en verlegde Does.
- Behouden zicht vanaf Oude Rijn naar open gebied en het verkrijgen van een goede geleiding van de Oude Rijn - N11 zone door middel van aanleg van watervlakken en bos.

## Polder Groenendijk

- Uitbreiden van natuurgebied de Wilck d.m.v. combinatie landbouw met natuurbouw.
- Verplaatsen van tuinbouwfuncties ter verbetering van ecologische kwaliteit van het gebied.
- Langs ringdijk bestaande recreatieve waarden verder benutten.
- In de Wilck de zone langs de HSL gebruiken voor extensieve recreatie.

## Polder Noordplas

- Gebruik van bestaande dijken en het baanlichaam van de HSL voor de aanleg van waterplas (Bentmeer) in polder Noordplas, als buffer tussen de verschillende gebieden.
- Waterplas gebruiken om buffercapaciteit te vergroten.
- Gebied ten oosten van de HSL gebruiken voor uitbreidingen tuinbouw.

# Boortunnel onder het Groene Hart

*Deel III: Constructieve uitwerking*

Datum : 16 februari 2000  
Ons kenmerk :  
Versie :  
Status : **Definitief**  
Opsteller : K.H.F. Berkers  
Controleur(s) : **Afstudeercommissie**  
Goedkeurder :  
Autorisator :  
Autorisatie paraaf :

Projectorganisatie  
Hogesnelheidslijn-Zuid  
Projectbureau Boortunnel  
Postbus 20000  
3502 LA Utrecht  
Bezoekadres:  
Gebouw "Westraven"  
Griffioenlaan 2  
Utrecht  
Tel 030 – 285 84 22  
Fax 030 – 285 84 60

## Voorwoord

Een van mijn laatste activiteiten als student aan de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft is de rapportage van mijn afstudeeronderzoek in de vorm dit eindverslag. Mijn afstudeeronderzoek bij de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid is mede mogelijk gemaakt door de Bouwdienst van Rijkswaterstaat.

In de Projectorganisatie HSL-Zuid is de realisatie van bouw al van start gegaan, die in 2005 gereed zal moeten zijn. In de Projectorganisatie HSL-Zuid werken NS Railinfrabeheer, Holland Railconsult en DHV Milieu en Infrastructuur samen onder verantwoordelijkheid van de Ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM.

De rapportage van mijn afstudeeronderzoek bestaat uit drie deelrapporten, die opeenvolgend gelezen dienen te worden. Het eerste deelrapport geeft op hoofdlijnen een beschrijving van de bestaande situatie, het Tracébesluit, het Referentieontwerp van de lange en de korte boortunnelvariant en de daaruit voortkomende milieu-effecten. Het tweede deelrapport bevat het beoordelingskader uit de milieu-effectrapportage. Na een selectieprocedure blijven die aspecten over, waarop beide boortunnelvarianten zowel in de uitvoeringsfase als de gebruiksfase vergeleken zullen worden. Het derde deelrapport is gebaseerd op de knelpunten die geconstateerd zijn in het tweede deelrapport. In het derde deelrapport wordt een gedetailleerde oplossing uitgewerkt voor één van deze knelpunten. In alle deelrapporten is de aanvullende informatie weergegeven in de desbetreffende bijlagen.

Ik wil van deze gelegenheid gebruik maken om een aantal personen te bedanken voor de begeleiding, het meedenken en de ondersteuning. Als eerste de leden van mijn afstudeercommissie met prof.dr.s.ir. J.K. Vrijling, ir. K.G. Bezuyen, ir. P. van Eck, ir. W.L. Leendertse en ir. M.P. Oude Essink; verder alle collega's van het "boortunnel-team" voor de ruimhartige samenwerking en ondersteuning gedurende de afgelopen maanden.

Speciale dank aan Peter voor zijn altijd enthousiaste en geduldige begeleiding. Speciale dank aan Michel voor zijn adequaat advies en te allen tijde opbouwende kritiek. Tot slot wil ik een woord van dank uitbrengen aan ouders, familie en vrienden voor hun enthousiaste ondersteuning.

K.H.F. Berkers,  
Utrecht, 5 februari 2000.

## Samenvatting

Dit derde deelrapport vormt samen met de overige twee deelrapporten de rapportage van het afstudeeronderzoek betreffende het vergelijken van de korte en de lange boortunnelvariant van de boortunnel onder het Groene Hart. Het derde deelrapport is toegespitst op de constructieve uitwerking van één van de knelpunten die uit de vergelijking in het tweede deelrapport naar voren zijn gekomen. Het afstudeeronderzoek heeft als titel "Vergelijking korte en lange boortunnelvariant HSL-Zuid onder het Groene Hart" en heeft, namens de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, plaatsgevonden bij de Projectorganisatie HSL-Zuid, Projectbureau Boortunnel. Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft en is begeleid door een afstudeercommissie. De afstudeercommissie bestaat uit prof.dr.s.ir. J.K. Vrijling (sectie waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek), ir. K.G. Bezuyen (sectie waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek), ir. P. van Eck (sectie infrastructuurplanning, Faculteit der Civiele Techniek), ir. W.L. Leendertse (Bouwdienst Rijkswaterstaat) en ir. M.P. Oude Essink (Bouwdienst Rijkswaterstaat).

Het doel van dit afstudeeronderzoek is tweeledig. Het eerste doel omvat het inventariseren van de verschillende soorten hinder voor de korte en de lange boortunnelvariant. Het tweede doel omvat het analyseren van de geconstateerde knelpunten in het Referentieontwerp en het uitwerken van één knelpunt met grote waterbouwkundige relevantie. In deelrapport I is een inventarisatie gemaakt van de milieuaspecten die een mogelijke rol spelen bij de beide boortunnelvarianten. Het deelrapport II is toegespitst op het Referentieontwerp van de beide boortunnelvarianten onder het Groene Hart en bevat de vergelijking van de korte en lange boortunnelvariant op milieu aspecten. Het deelrapport III bevat een constructieve uitwerking van één van de knelpunten die uit de vergelijking in het tweede deelrapport naar voren zijn gekomen. In het derde, en laatste, deelrapport staan tevens de conclusie en de aanbevelingen vermeld.

In het tweede deelrapport is de vergelijking gemaakt tussen de korte en de lange boortunnelvariant op de volgende drie thema's: het natuurlijk milieu, de ruimtelijke ordening en het woon- en leefmilieu. Uit de vergelijking is naar voren gekomen dat er slechts een klein verschil bestaat tussen de bouw- en de gebruiksfase van de beide boortunnelvarianten. De tabel 0.1 geeft de effecten van de diverse aspecten op het noordelijke gedeelte van het boortunneltracé weer.

	Lange boortunnelvariant	Korte boortunnelvariant
Aantasting openheid	0	-
Aantasting cultuurhistorische waarden	0	-
Verbreking van ecologische relaties	0	-
Aantasting bestaande woonlocaties	-	-
Aantasting geplande bedrijventerreinen	-	--
Aantasting bestaande recreatieve verbindingsroutes	0	-
Aantasting stiltegebieden	0	-
Geluidsbelast oppervlak	0	-

*tabel 0.1 - vergelijking lange en korte boortunnelvariant in bestaande situatie*

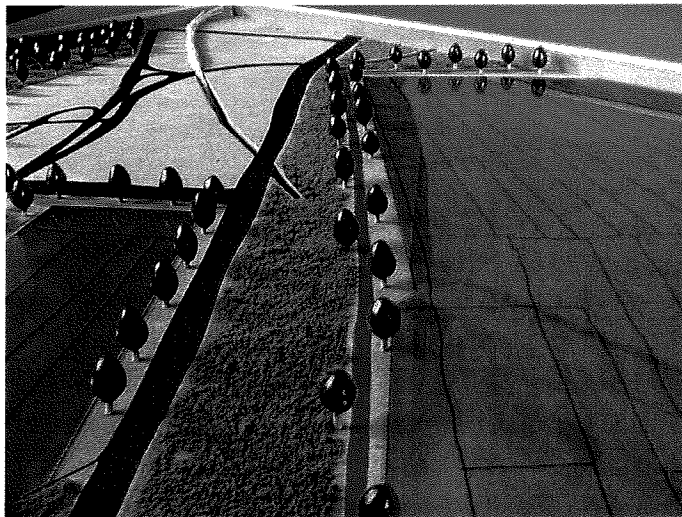
Op basis van de effecten op de omgeving lijkt de lange boortunnelvariant in het zuidelijk gedeelte van het tracé het best inpasbare alternatief. In het noordelijk gedeelte van het tracé zijn beide boortunnelvarianten echter mogelijk. De lange boortunnelvariant verdient de voorkeur. Indien de korte boortunnelvariant enkele aanpassingen in het ontwerp ondergaat, dan is ook deze variant een goed inpasbaar alternatief ten aanzien van de hinder op de omgeving. De volgende aanpassingen aan dit ontwerp zijn dan noodzakelijk:

- de Does dient niet te worden verplaatst;
- de fietsroute over de Ruige Kade in polder Achthoven dient niet doorbroken te worden;
- er dient in de Bospolder een bedrijventerrein ontwikkeld te worden.

Het ontwerp van de korte boortunnelvariant wordt aangepast om zodoende als concurrerend alternatief voor het ontwerp van de lange boortunnelvariant te kunnen dienen. Let wel, er is slechts sprake van een aanpassing in het noordelijk gedeelte van het tracé van de korte boortunnelvariant. Voor het zuidelijk gedeelte van het tracé wordt het ontwerp van de lange boortunnelvariant zonder aanpassing aanbevolen. Het ontwerp van de korte boortunnelvariant met aanpassingen is de zogeheten "Berkers" boortunnelvariant. De constructie van de "Berkers" boortunnelvariant is van noord naar zuid opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- een open toerit van circa 1000 m van HSL-km 30,32 tot 29,35;
- een gesloten toerit in de vorm van een "cut&cover" tunnel van circa 1350 m van HSL-km 29,35 tot 28,0;
- een boortunnel van circa 5400 m van HSL-km 28,0 tot 22,6;
- een gesloten toerit in de vorm van een "cut&cover" tunnel van circa 190 m van HSL-km 22,6 tot 22,4;
- een open toerit van circa 620 m van HSL-km 22,4 tot 21,8.

De foto 0.1 geeft een ruimtelijk beeld van de noordelijke toerit in de "Berkers" boortunnelvariant.

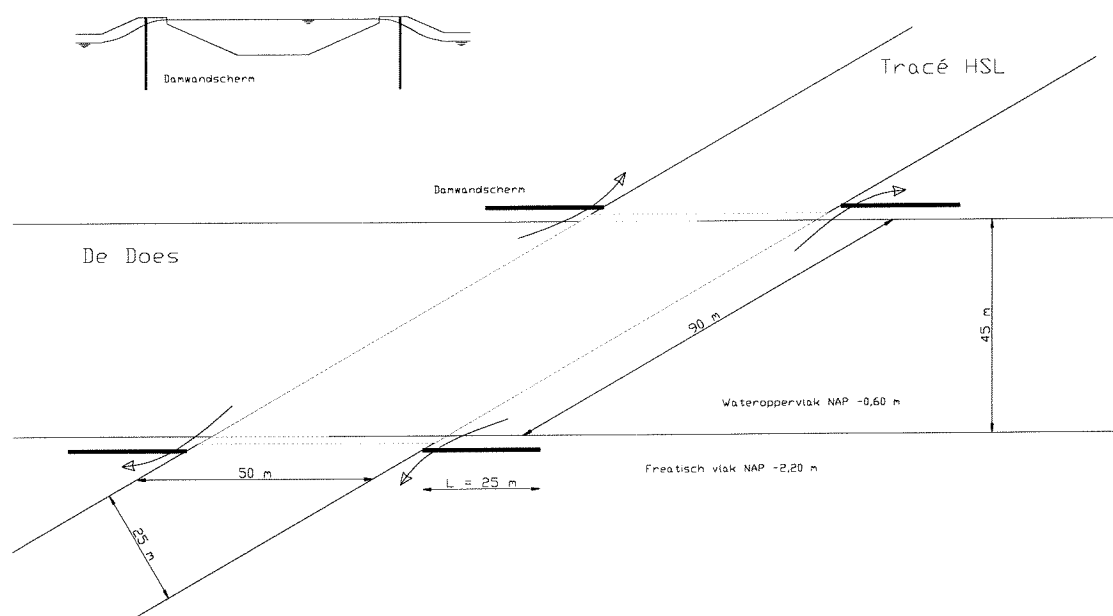


*foto 0.1 - ruimtelijk beeld van de noordelijke toerit*

In het ontwerp van de "Berkers" boortunnelvariant dienen er ter voorkoming van de horizontale kwelstromen vier damwandschermen geplaatst te worden met ieder een lengte van 25 meter. De plaatsing van de damwandschermen is weergegeven in figuur 0.1.

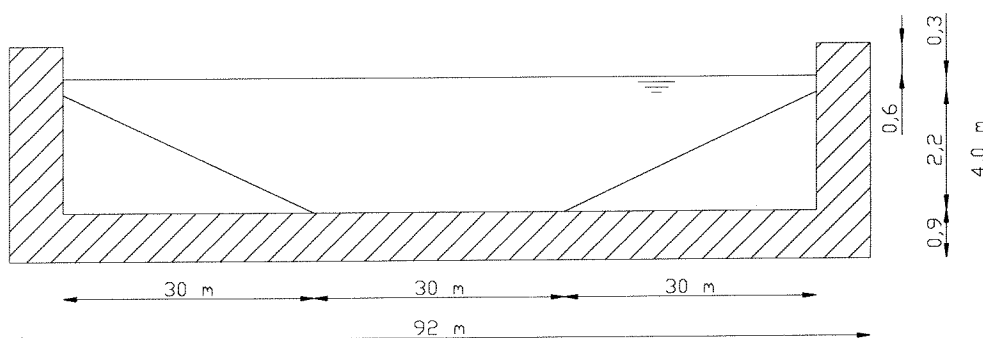
Ter voorkoming van de verticale kwelstromen dienen de damwandschermen minimaal 18 meter ingeheid te worden. De controle van de stabiliteit van het dijklichaam kan nog een grotere inheidiepte van de schermen vereisen. Het criterium stabiliteit van het dijklichaam is niet maatgevend voor de inheidiepte.

Onder de toerit van de HSL door, in de richting van de Does, zal geen kwelstroom ontstaan. Voor een kwelstroom is immers een potentiaalverschil vereist; het potentiaalverschil is in die richting niet aanwezig. Onder de toerit van de HSL zullen alleen dan damwandschermen voor de kwelstromen in dwarsrichting op de Does geplaatst worden, als deze schermen dieper dienen te steken dan de toerit zelf.



figuur 0.1 - piping langs toeritconstructie

Uit de constructieve uitwerking van het aquaduct volgt de doorsnede van de U-bakconstructie, weergegeven in figuur 0.2. De hoogte van de vloer bedraagt 0,9 m. De breedte van de wanden is 1,0 m en de hoogte ervan is 4,0 m. In totaal zijn er 660 voorspanelementen in de doorsnede verwerkt om de waterbelasting te kunnen opnemen. Elk voorspanelement bestaat uit 12 strengen met een totale oppervlakte van  $1188 \text{ mm}^2$ . De maximale aanvangskracht per voorspanelement is 1606 kN.



figuur 0.2 - dimensionering van de U-bak

Een schematische weergave van de effecten voor het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé staat puntsgewijs in tabel 0.2 weergegeven.

	Korte boortunnelvariant	“Berkers” boortunnelvariant
Aantasting openheid	-	+
Aantasting cultuurhistorische waarden	-	++
Verbreking van ecologische relaties	-	+/-
Aantasting bestaande woonlocaties	-	-
Aantasting geplande bedrijventerreinen	--	++
Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	-	++
Aantasting stiltegebieden	-	+
Geluidsbelast oppervlak	-	+

tabel 0.2 - vergelijking korte boortunnelvariant met “Berkers” boortunnelvariant

Uit het onderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat met geringe wijzigingen in de korte boortunnelvariant grote positieve effecten inzake verbetering bereikt kunnen worden. Deze constatering geldt slechts voor het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé.

De grote positieve effecten worden bereikt op basis van de inbreng van de volgende twee factoren:

- de bepaling van het verticale alignement;
- de positionering van het op maaiveld laten komen van het tracé.

De toevoeging van het aquaduct voor de Does is een zeer gewichtige factor bij de vergroting van het positieve effect.

De conclusie is dat de korte boortunnelvariant voor het zuidelijke gedeelte van het boortunneltracé niet geschikt is om met diverse compenserende maatregelen en enige aanpassingen in het ontwerp als gelijkwaardig alternatief voor de lange boortunnelvariant te dienen. Uitgaande van de constatering dat op alle effecten negatief wordt gescoord, kan geconcludeerd worden dat compenserende maatregelen contraproductief werken.

Voor het noordelijke gedeelte van het boortunneltracé is de conclusie dat het ontwerp van de korte boortunnelvariant met aanpassingen wel als een gelijkwaardig alternatief kan dienen. De effecten van de “Berkers” boortunnelvariant op de omgeving, zie tabel 0.2, staven de bovenstaande conclusie.

Enkele aanbevelingen in het kader van de inpassing van het aangepaste korte boortunnelontwerp:



- onderzoek naar de kostenramingen van gewenste inpassingsalternatieven, opdat een vergelijking, op financieel vlak, tussen beide varianten plaats kan vinden. Hierbij heeft de vergelijking tussen beide varianten op het noordelijk gedeelte de hoogste prioriteit;
- haalbaarheidsstudie van de uitvoering van het zuidelijk gedeelte van de korte boortunnelvariant in een "cut&cover" tunnel in plaats van de maaiveldligging op de zettingsvrije plaat. De studie dient te worden toegespitst op de financiële aspecten, verbonden aan de "cut&cover" methode.

## Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b>	<b>i</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>ii</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Introductie	1
1.2 Rapportindeling	3
<b>2 Aanpassing ontwerp</b>	<b>4</b>
2.1 Algemene uitwerking	4
2.2 Eerste controle U-bakconstructie	12
2.2.1 Controleberekening draagkracht fundering	12
2.2.2 Controleberekening "piping"	14
2.2.3 Controleberekening stabiliteit dijklichaam Does	17
<b>3 Constructieve uitwerking aquaduct</b>	<b>19</b>
3.1 Schematisering betonnen bakconstructie	19
3.2 Dimensionering van de U-bakconstructie	22
3.3 Verdeling van de belasting	23
3.4 Dimensionering van de voorspanning in de L-balk	24
3.4.1 Dimensionering	24
3.4.2 Vaststellen verliezen	27
3.4.3 Spanningscontroles	30
3.4.4 Bezwijkcontrole op buiging	31
3.4.5 Bezwijkcontrole op afschuiving	32
3.5 Dimensionering van de voorspanning in de plaat	33
3.5.1 Dimensionering	33
3.5.2 Vaststellen verliezen	35
3.5.3 Spanningscontroles	39
3.5.4 Bezwijkcontrole op buiging	40
3.5.5 Bezwijkcontrole op afschuiving	41
3.6 Herberekening plaat	42
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>43</b>
<b>Literatuurlijst</b>	<b>45</b>
<b>Referenties</b>	<b>47</b>
<b>Lijst van symbolen</b>	<b>48</b>
<b>Bijlage A Spanning-rekdiagram materialen</b>	<b>52</b>
<b>Bijlage B Schematisering en krachtsverdeling</b>	<b>53</b>
<b>Bijlage C Figuren ter bepaling kruipcoëfficiënt</b>	<b>54</b>
<b>Bijlage D Figuren ter bepaling krimpcoëfficiënt</b>	<b>56</b>
<b>Bijlage E Tabel ter bepaling van de relaxatie</b>	<b>57</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

In de vorige fase is de vergelijking gemaakt tussen de korte en de lange boortunnelvariant op de volgende drie thema's: het natuurlijk milieu, de ruimtelijke ordening en het woon- en leefmilieu. Uit de vergelijking is naar voren gekomen dat er slechts een klein verschil bestaat tussen de bouw- en de gebruiksfase van de beide boortunnelvarianten.

In de bouwfase komen de onderstaande aspecten, die als hinderlijk worden ervaren bij beide boortunnelvarianten, duidelijk naar voren:

- aantasting cultuurhistorische waarden;
- verbreking van ecologische relaties;
- aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes;
- aantasting geplande recreatieve verbindingroutes.

In de gebruiksfase verschillen beide boortunnelvarianten slechts marginaal van elkaar. De punten die in de bouwfase als hinderlijk worden ervaren, worden nu ook in deze fase als hinderlijk ervaren. Bovendien zijn er een aantal aspecten bijgekomen. De aspecten die in de gebruiksfase van de beide boortunnelvarianten een rol spelen, zijn de volgende:

- aantasting openheid;
- aantasting cultuurhistorische waarden;
- verbreking van ecologische relaties;
- aantasting geplande bedrijventerreinen;
- aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes;
- aantasting geplande recreatieve verbindingroutes;
- aantasting stiltegebieden;
- geluidsbelast oppervlak.

De lange boortunnelvariant is verreweg de meest gunstige variant op alle drie de thema's. Het verschil tussen de bouwfase en de gebruiksfase is minimaal, vanwege het feit dat er in de bouwfase geen extra hinder wordt ondervonden van de bouwactiviteiten in het Groene Hart. De activiteiten vinden zoveel mogelijk binnen de grenzen van de bouwzones plaats. De bouwzones gaan na voltooiing van de bouw voor het merendeel over in de HSL-zone. Dit heeft tot gevolg dat de hinder, veroorzaakt door de bouwactiviteiten, vervangen wordt door de hinder ten gevolge van het gebruik van het tracé. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de overlast van de bouwactiviteiten gedurende een aantal jaren zeer intensief zal zijn en dat de overlast te gevolge van het gebruik van het tracé slechts momentaan zal plaats vinden.

Het aspect wat nog onbesproken is gebleven, heeft betrekking op de mogelijke aanpassingen van één van beide boortunnelvarianten, waardoor het verschil tussen beide boortunnelvarianten kleiner wordt. Dit aspect zal hieronder nader worden toegelicht.

De effecten van de lange boortunnelvariant zijn voor het zuidelijk gedeelte van het boortunneltracé - het gedeelte ten zuiden van de Oude Rijn – zeer positief. De stiltegebieden in Polder Groenendijk worden immers in deze variant geheel ontlast, het geluidsbelast oppervlak wordt tot een minimum beperkt en de lintbebouwing van Westeinde wordt niet doorsneden. Daarnaast blijft het mogelijk om de geplande recreatieve ontwikkelingen in de polder ongewijzigd doorgang te laten vinden. De openheid wordt niet aangetast, hetgeen tot gevolg heeft dat de verre uitzichten door de karakteristieke polder mogelijk blijven. De korte boortunnelvariant is voor dit gedeelte van het tracé niet interessant. Vanwege de maaiveldligging is deze variant in financieel opzicht zeer aantrekkelijk; op alle genoemde thema's scoort deze variant heel

slecht. Niet alleen de slechte scores maar ook het gebrek aan aanpassingsmogelijkheden zijn debet aan het onaantrekkelijke karakter van de korte boortunnelvariant voor dit gedeelte tracé.

In het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé - het gedeelte ten noorden van de Oude Rijn - is de situatie wat gecompliceerder. De lange boortunnelvariant scoort hier goed door het feit, dat de boortunnel zo lang als mogelijk is onder het maaiveld blijft. Het bouwterrein van de lange boortunnelvariant veroorzaakt dezelfde hoeveelheid hinder als die van de korte boortunnelvariant. Bij beide boortunnelvarianten wordt alle bebouwing in de Bospolder verwijderd en dient de Munnikkenpolder als gronddepot. Op laatstgenoemde aspecten scoren beide boortunnelvarianten gelijk.

De korte boortunnelvariant scoort slecht in het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé. Niet alleen wordt de karakteristieke langgerekte kavelstructuur drastisch doorsneden, maar ook worden de Ruige Kade en de Does omgelegd. Dit alles behoort tot de cultuurhistorische waarden van de omgeving en dient zo mogelijk niet te worden aangetast. De aanleg van het toekomstige bedrijventerrein in de Bospolder, wat zo belangrijk is voor de financiering van de verdiepte aanleg van de Rijksweg A4, komt bij de aanleg van de korte boortunnelvariant op maaiveld door de Bospolder in gevaar.

De recreatieve verbindingroutes, die in deze omgeving van groot belang zijn, worden bij de aanleg van de korte boortunnelvariant meerdere malen doorbroken. De omlegging van de Does en van een aantal fiets- en wandelroutes zou een goed alternatief zijn, ware het niet dat de cultuurhistorische en de natuurhistorische waarden van het gebied ernstig worden aangetast. Het belang om, bijvoorbeeld de Does en de Ruige Kade in de oorspronkelijke vorm in het bestaande natuurgebied te behouden, is dan ook zeer groot.

De onderstaande tabel geeft de effecten van de diverse aspecten op de omgeving weer. In de tabel staan de effecten die betrekking hebben op het noordelijke gedeelte van het boortunneltracé.

	Lange boortunnelvariant	Korte boortunnelvariant
Aantasting openheid	0	-
Aantasting cultuurhistorische waarden	0	-
Verbreking van ecologische relaties	0	-
Aantasting bestaande woonlocaties	-	-
Aantasting geplande bedrijventerreinen	-	--
Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	0	-
Aantasting stiltegebieden	0	-
Geluidsbelast oppervlak	0	-

tabel 1.1 - vergelijking lange en korte boortunnelvariant in bestaande situatie

Samenvattend kan men stellen dat de lange boortunnelvariant in het zuidelijk gedeelte van het tracé het enige correct inpasbare alternatief is. In het noordelijk gedeelte van het tracé zijn beide boortunnelvarianten echter mogelijk. De lange boortunnelvariant verdient de voorkeur. Indien de korte boortunnelvariant enkele aanpassingen in het ontwerp ondergaat, dan is ook deze variant een goed inpasbaar alternatief.

In het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé kan de korte boortunnelvariant, die ogenschijnlijk goedkoper is, eveneens als goed uitvoerbaar alternatief worden gezien. De restrictie is echter dat enige aanpassingen aan dit ontwerp een vereiste zijn.

Ten eerste dient de Does niet verplaatst te worden. De omlegging van de Does heeft tot gevolg dat de verlegde Does de langgerekte kavels doorsnijdt; dit is niet acceptabel. Daarnaast is de Does een van de recreatieve hoofdroutes van de omgeving. Op grond daarvan is stremming algeheel onmogelijk en een omlegging niet gewenst. De Does dient zodoende op de huidige plaats te blijven liggen en het tracé van de HSL te kruisen.

Ten tweede dient de fietsroute over de Ruige Kade in polder Achthoven niet doorbroken te worden. De fietsroute kan worden omgelegd, maar de wetenschap dat de Ruige Kade tot de cultuurhistorische waarde van de omgeving behoort, maakt dat deze omlegging geen optie is.

Ten derde is het noodzakelijk dat er een bedrijventerrein in de Bospolder kan worden ontwikkeld. Om dit te kunnen realiseren zonder al te veel overlast van de HSL te hebben, dient het tracé zo lang mogelijk onder het maaiveld te blijven. De zettingsvrijeplaat zal dan ook uit het ontwerp van de aangepaste korte boortunnelvariant verdwijnen en er zal een groter gedeelte met de "cut&cover" tunnel en de openbak-methode worden gewerkt.

Tot slot zij opgewerkt dat de bebouwing in de Bospolder op geen enkele manier kan worden behouden. De aanwezige bebouwing zal in alle mogelijke varianten worden geamoveerd.

## 1.2 Rapportindeling

Na de introductie van paragraaf 1.1 volgt in het tweede hoofdstuk de beschrijving van de aanpassing van het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant. De ontstane variant wordt hierna de "Berkers" boortunnelvariant genoemd. De aanpassingen zijn beschreven in paragraaf 2.1 en worden aansluitend toegelicht aan de hand van figuur 2.3 en figuur 2.4. Enkele foto's van de bij de ontworpen boortunnelvariant horende maquette geven een ruimtelijk beeld van de ontstane situatie in de polders ten noorden van de Oude Rijn. In paragraaf 2.2 staan de eerste controleberekeningen ten behoeve van de "Berkers" boortunnelvariant. Het betreft de punten:

- draagkracht fundering;
- piping;
- stabiliteit van het dijklichaam van de Does.

Nadat de "Berkers" boortunnelvariant op hoofdlijnen is gecontroleerd, wordt het ontwerp in detail op enkele punten uitgewerkt. In paragraaf 3.1 wordt de betonnen bakconstructie geschematiseerd, waarna in paragraaf 3.2 de dimensionering van de U-bakconstructie plaats vindt. De dimensionering resulteert in een L-balk en in een plaat. De L-balk en de plaat worden afzonderlijk doorgerekend. De schematisering van de belasting volgt in paragraaf 3.3.

In paragraaf 3.4 wordt de voorspanning in de L-balk en in paragraaf ~~Fout!~~ **Verwijzingsbron niet gevonden.** die in de plaat gedimensioneerd. De bezwijkcontroles op buiging en op afschuiving valideren de berekende voorspanning. In paragraaf 3.6 wordt de herberekening van de plaat uitgevoerd. De herberekening is nodig om aan de controle op bezwijken te voldoen.

Tot slot zijn in hoofdstuk 4 de conclusies en aanbevelingen verwoord.

## 2 Aanpassing ontwerp

### 2.1 Algemene uitwerking

Het ontwerp van de korte boortunnelvariant wordt aangepast om zodoende als concurrerend alternatief voor het ontwerp van de lange boortunnelvariant te kunnen dienen. Let wel, er is slechts sprake van een aanpassing in het noordelijk gedeelte van het tracé van de korte boortunnelvariant. Voor het zuidelijk gedeelte van het tracé wordt het ontwerp van de lange boortunnelvariant zonder aanpassingen aanbevolen.

De korte boortunnelvariant belast de recreatie in Polder Achthoven en het geplande bedrijventerrein in de Bospolder in hoge mate. Om nu de korte boortunnelvariant beter te kunnen inpassen, worden de volgende punten aanbevolen:

- De Does op de huidige plaats laten liggen en over het tracé heen leiden. Dit kan zowel over de open bakconstructie als over de "cut&cover" tunnel. De aangepaste ligging van het tracé zal volgen uit een nieuw verticaal alignement.
- De Ruige Kade op de huidige plaats op maaiveld laten liggen en het tracé onder de Ruige Kade door laten lopen. Dit kan zowel over de open bakconstructie als over de "cut&cover" tunnel. Dit volgt eveneens uit het aangepaste alignement.
- Het tracé in de Bospolder zo lang mogelijk in de open bakconstructie laten liggen en zo laat mogelijk op het maaiveld laten komen. Dit heeft een positieve uitwerking op de mate van overlast op het bedrijventerrein in de Bospolder. Hoe minder overlast, hoe minder maatregelen er nodig zijn.

Het verticale alignement wordt opnieuw bepaald tussen HSL-km 28.000 en HSL-km 30.320. De beide randen zijn respectievelijk de overgang bij de startschacht van de korte boortunnel en de rand van het tracé bij de kruising van de Rijksweg A4 met de HSL. Bij HSL-km 28.000 bevindt zich de bovenkant van het spoor op NAP -17m en op HSL-km 30.320 bevindt zich de bovenkant van het spoor op NAP. Bij beide randen kan er een kleine afwijking van het Referentieontwerp optreden. Voor een eerste bepaling van het nieuwe verticale alignement voldoen deze waarden echter ruimschoots. Let wel, de berekening van het verticale alignement dient ter plaatsbepaling van het tracé; dit laatste in verband met de haalbaarheid van het behouden van de plaats van de Does en de Ruige Kade. Voor een optimaler alignement dient er in een later stadium nog een gedetailleerdere berekening te worden uitgevoerd.

Voor de gebruiksfunctie dient het verticale alignement aan een aantal eisen te voldoen. Bij een ontwerpsnelheid van 300 km/h dienen de volgende verticale cirkelbogen te worden gehanteerd:

- Topboog  $20.000 \text{ m} \leq R_{\text{norm,topboog}} \leq 50.000 \text{ m}$
- Dalboog  $18.000 \text{ m} \leq R_{\text{norm,dalboog}} \leq 50.000 \text{ m}$

Neem voor  $R_{\text{topboog}} = 20.000 \text{ m}$  en voor  $R_{\text{dalboog}} = 18.000 \text{ m}$ . Met behulp van onderstaande formule (literatuur 13) kunnen de hierbij behorende horizontale afstanden ( $T_a$ ) worden berekend.

De lengte van de tangent van de afrondingsboog tussen het begin van de boog en het snijpunt met de andere tangent wordt afhankelijk van de combinatie van de hellingen bepaald door:

$$T_a = \frac{R_v}{2} \cdot \frac{|I_1 \pm I_2|}{1000}$$

- met  $T_a$  lengte van de tangent van de afrondingsboog [m]  
 $I_1$  promillage van de eerste helling [‰]  
 $I_2$  promillage van de tweede helling [‰]  
 $(I_1 + I_2)$  indien de hellingen tegengesteld gericht zijn  
 $(I_1 - I_2)$  indien de hellingen gelijk gericht zijn

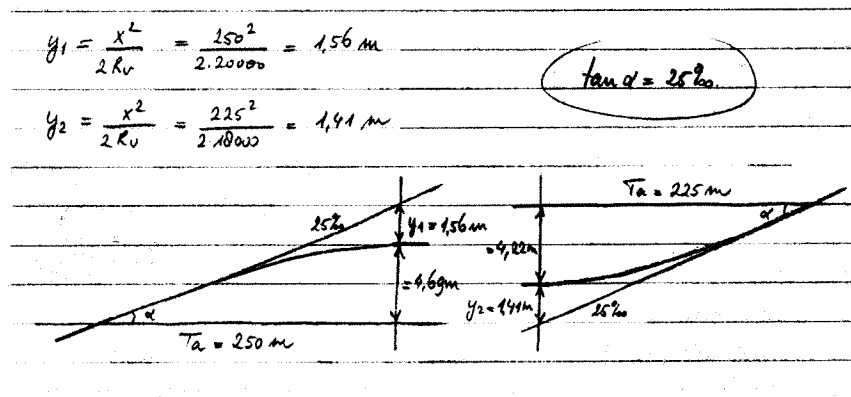
Topboog:

$$T_{a,topboog} = \frac{20000}{2} \cdot \frac{|25 + 0|}{1000} = 250 \text{ m}$$

Voetboog:

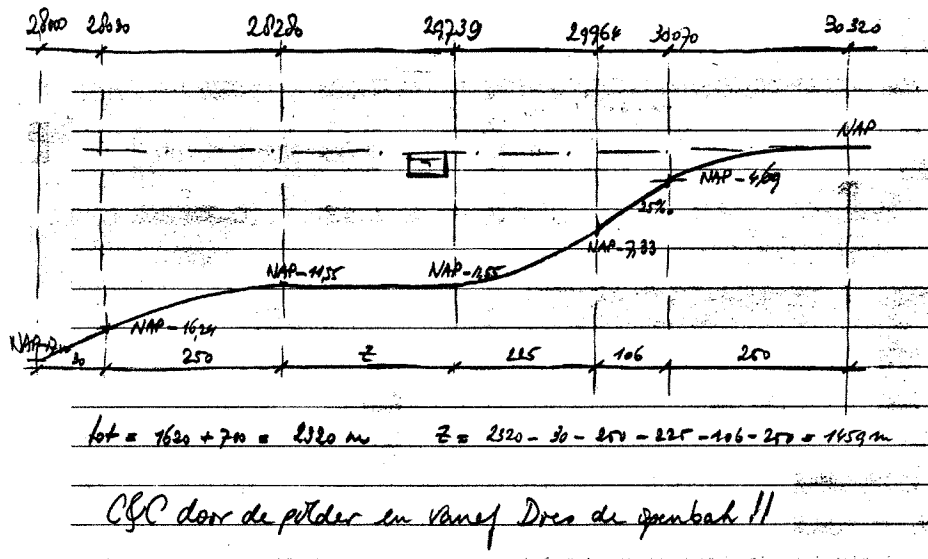
$$T_{a,voetboog} = \frac{18000}{2} \cdot \frac{|0 + 25|}{1000} = 225 \text{ m}$$

In de Projectorganisatie  
Hogeschool Delft, Zuid-  
westen NS Railinfrastructuur,  
Italgang Railconsult en  
DeltA Milieu en Infrastructuur  
zijn samen onder verantwoordelijkheid van de  
Ministeries van Verkeer  
en Waterstaat en VROM



figuur 2.1 - hulpberekening verticaal alignement

In de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid werken H5 RailinfraBouwer, Holland Railconsult en DWR Advies en Ingenieurs samen onder verantwoordelijkheid van de Ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM



figuur 2.2 - berekening verticaal alignement

Uit de berekening van het verticale alignement is af te leiden dat de Does het tracé van de HSL kan kruisen. Ten noorden van de Oude Rijn zal de boortunnel stoppen bij HSL-km 28.000. Hier zal de boortunnel overgaan in een "cut&cover" tunnel van HSL-km 28.000 tot HSL-km 29.350. Van HSL-km 29.350 tot HSL-km 30.320 zal de HSL zich bevinden in een open bakconstructie. De HSL zal zo snel mogelijk van de "cut&cover" tunnel overgaan in de open bakconstructie, aangezien de open bakconstructie goedkoper is dan de "cut&cover" tunnel. De overgang zal zich op HSL-km 29.350 bevinden, aangezien dit de eerste mogelijkheid is om op maaiveld te komen zonder de langgerekte kavelstructuur van Polder Achthoven te schaden. Tevens zal op deze wijze de openheid in polder Achthoven onaangetaast blijven.

De constructie van de "Berkers" boortunnelvariant, zie figuur 2.3 en figuur 2.4, is van noord naar zuid opgebouwd uit de volgende onderdelen:

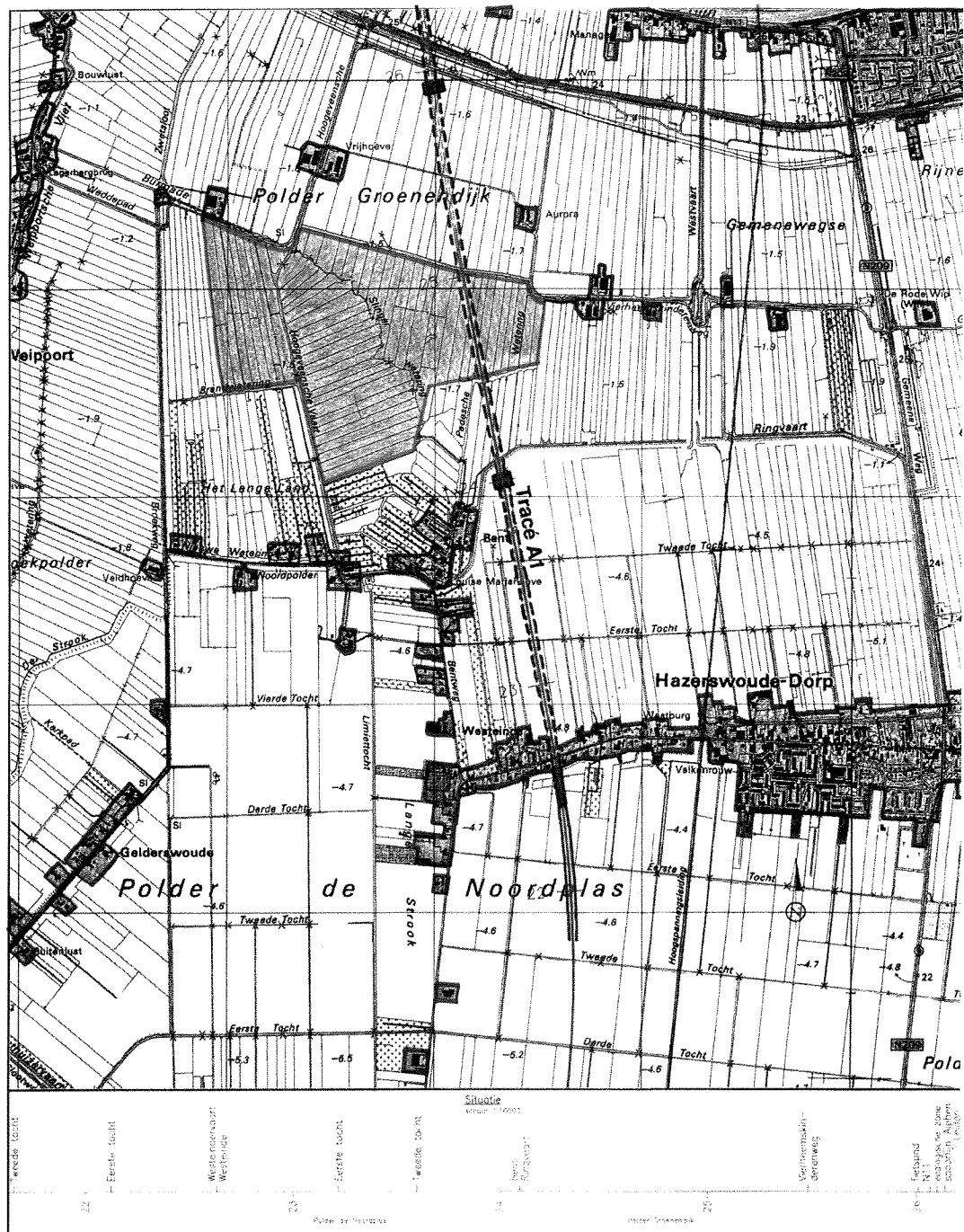
- een open toerit van circa 1000 m van HSL-km 30,32 tot 29,35;
- een gesloten toerit in de vorm van een "cut&cover" tunnel van circa 1350 m van HSL-km 29,35 tot 28,0;
- een boortunnel van circa 5400 m van HSL-km 28,0 tot 22,6;
- een gesloten toerit in de vorm van een "cut&cover" tunnel van circa 190 m van HSL-km 22,6 tot 22,4;
- een open toerit van circa 620 m van HSL-km 22,4 tot 21,8.





- |  |                     |  |                      |  |                      |
|--|---------------------|--|----------------------|--|----------------------|
|  | Bebouwing           |  | "Cut & cover" tunnel |  | Stiltegebied         |
|  | Zettingsvrije plaat |  | Boortunnel           |  | Waterloop            |
|  | Openbak constructie |  | Vluchtschacht        |  | Hoogspanningsleiding |

figuur 2.3 - noordelijk deel van tracé "Berkers" boortunnelvariant

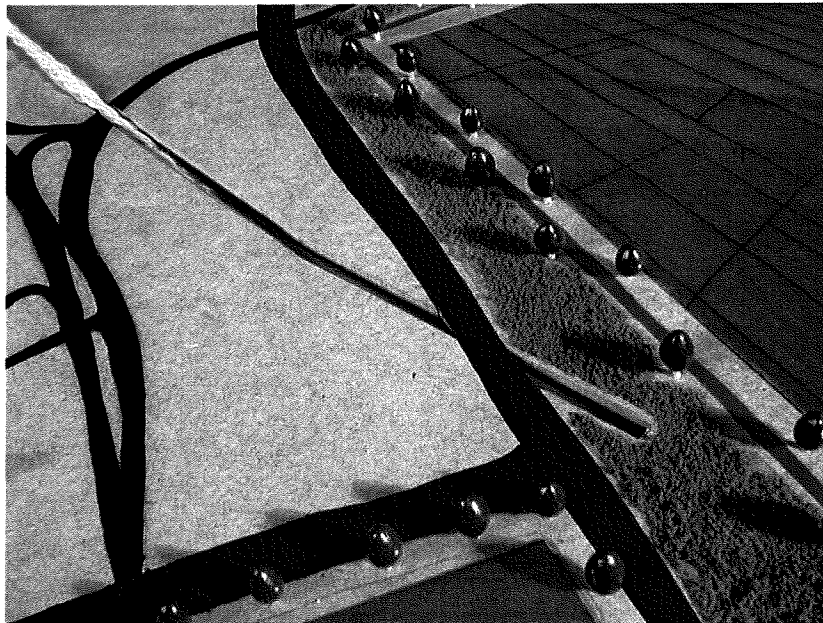


	Bebouwing		"Cut & cover" tunnel		Stiltegebied
	Zettingsvrije plaat		Boortunnel		Waterloop
	Openbak constructie		Vluchtschacht		Hoogspanningsleiding

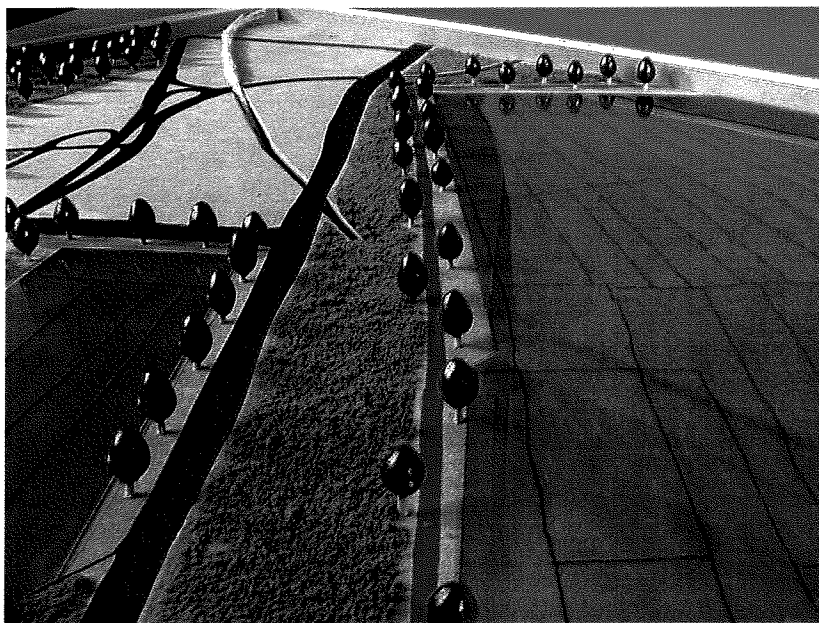
figuur 2.4 - zuidelijk deel van tracé "Berkers" boortunnelvariant

## Visualisering "Berkers" boortunnelvariant

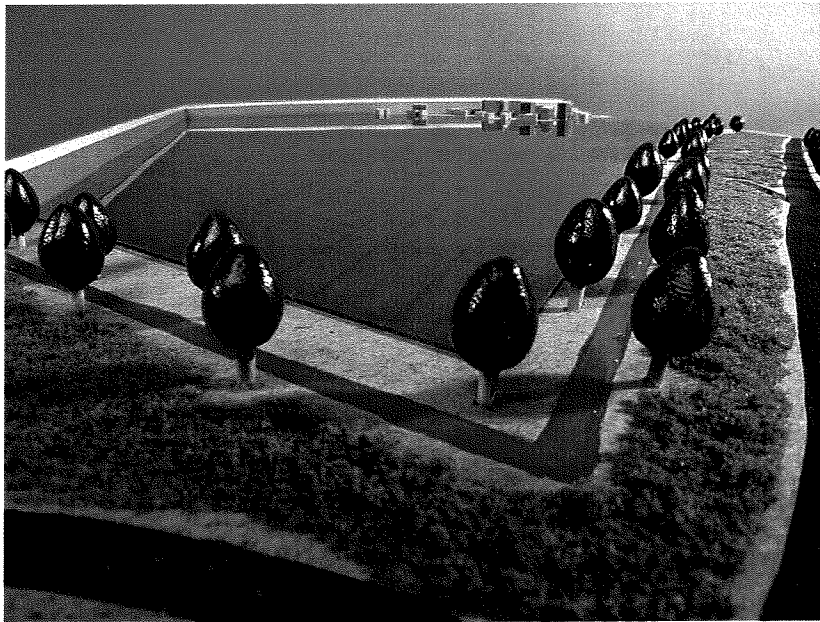
De figuur 2.5, figuur 2.6, figuur 2.7 en figuur 2.8 geven een ruimtelijk beeld van de noordelijke toerit in de "Berkers" boortunnelvariant.



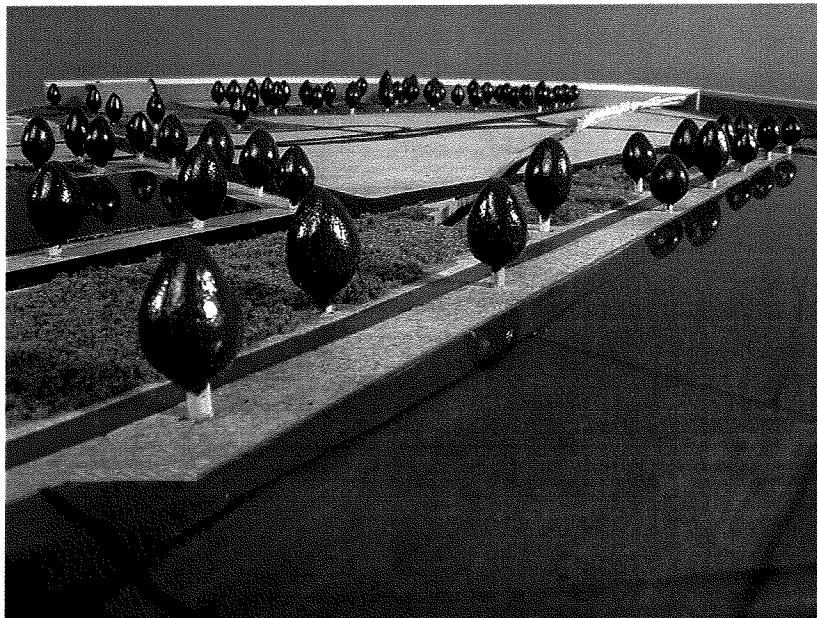
*figuur 2.5 - overzicht noordelijke toerit*



*figuur 2.6 - noordelijke toerit met bundeling A4*



*figuur 2.7 - polder Achthoven met Ruige Kade*

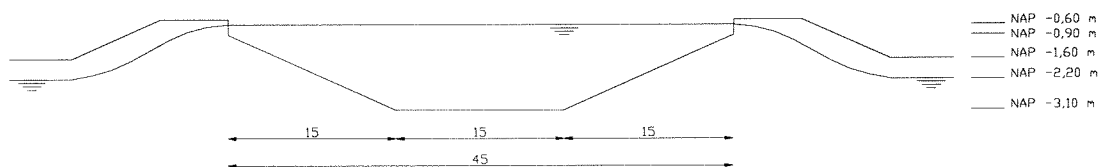


*figuur 2.8 - Overgang "cut&cover" tunnel naar open bakconstructie*

De Does gaat bij de "Berkers" boortunnelvariant in een U-vormige bakconstructie over de open toerit van het tracé van de HSL. De afmetingen van de U-bakconstructie volgen uit het profiel van de Does, de gegevens van de omgeving en de afmetingen van de noordelijke toerit van het Referentieontwerp.

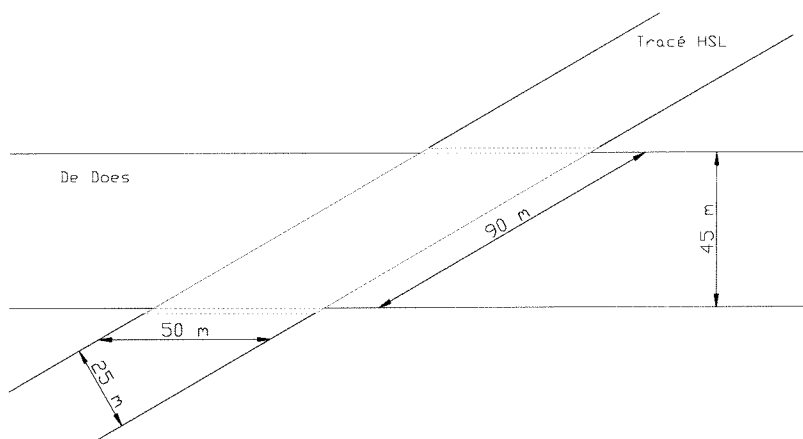
Relevante gegevens:

- waterniveau Does = NAP -0,60 m
- bodemniveau Does = NAP -3,10 m
- breedte Does (wateroppervlak) = 45 m
- breedte Does (bodem) = 15 m
- ligging maaiveld = NAP -1,60 m
- grondwaterstand = NAP -2,20 m
- breedte toerit HSL = 25 meter
- bovenkant toerit HSL = NAP



figuur 2.9 - dwarsdoorsnede Does met bijbehorende peilen

De ligging van de U-bakconstructie wordt in de onderstaande figuur verduidelijkt:



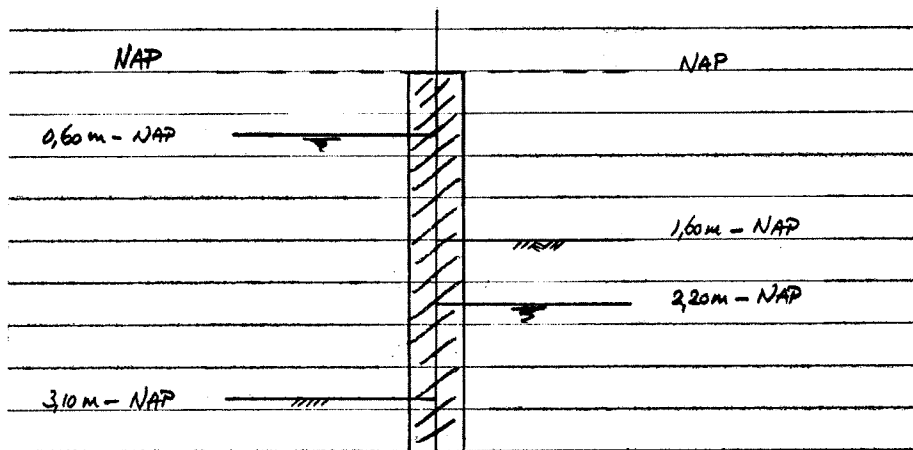
figuur 2.10 - bovenaanzicht kruising Does met tracé HSL

De afmetingen van de U-bakconstructie volgen uit de bovenstaande randvoorwaarden of worden met vuistregels voor een eerste berekening vastgesteld. De dimensionering en de controleberekeningen zullen in een van de volgende paragrafen plaatsvinden.

## 2.2 Eerste controle U-bakconstructie

In deze eerste controleberekening zal de U-bakconstructie in grote lijnen worden gecontroleerd. Als eerste zal er een aanname voor de breedte van de wanden en voor de dikte van de vloer worden gemaakt. Vervolgens wordt de afdracht van de krachten nader beschouwd en tot slot zal de aansluiting van de U-bakconstructie met de toerit worden bekeken.

Om een goede weergave van de situatie ter plaatse te kunnen krijgen, is het noodzakelijk om de diverse peilen eerst grafisch weer te geven. Aan de linkerzijde staan de peilen van de Does weergegeven en aan de rechterzijde staan de peilen in de polder aangegeven.

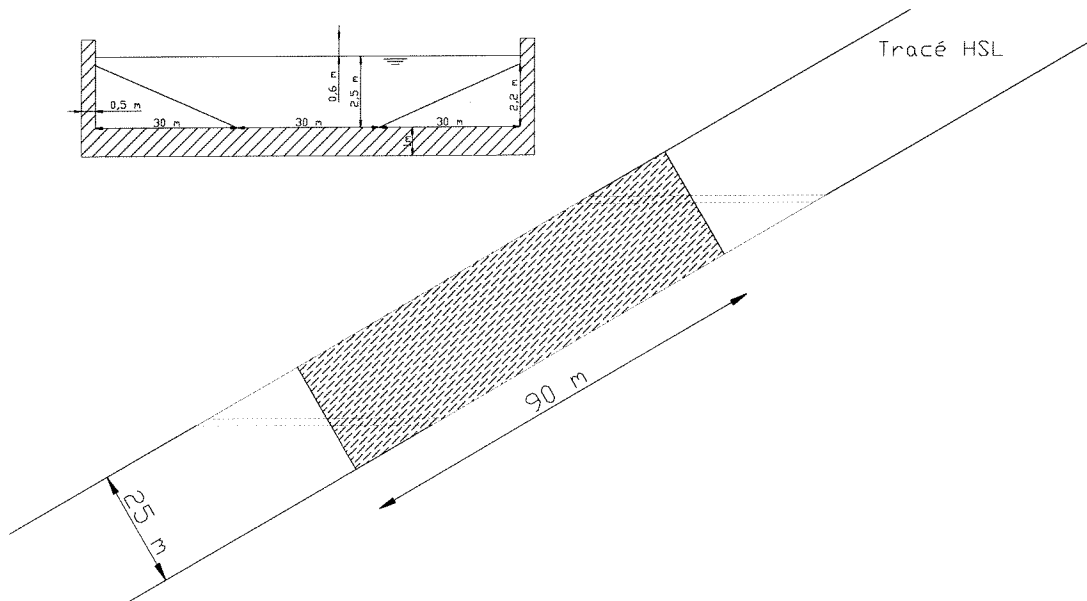


figuur 2.11 - peilen bij Does respectievelijk in Polder

Uit bovenstaande figuur is af te lezen dat het waterstandsverschil tussen de Does en de polder  $2,20 - 0,60 = 1,60$  meter bedraagt.

### 2.2.1 Controleberekening draagkracht fundering

Om tot een berekening van het eigen gewicht van de U-bak te komen, dient eerst de situatie geschematiseerd te worden. De ruitvorm van het aquaduct zal teruggebracht worden tot een rechthoekige vorm. De oppervlakte blijft gelijk, maar de vorm verandert. Zowel de rechthoekige als de ruitvormige figuur zijn weergegeven in figuur 2.12. De tweede reden om tot de vereenvoudiging te komen, is dat bij een nadere berekening van het aquaduct, het te gecompliceerd is om deze ruitvorm met een handberekening door te rekenen. De benadering met de eindige elementen methode is hier zeer op zijn plaats. De schematisering door een rechthoekige vorm voldoet voor de controle van de gekozen afmetingen. Opgemerkt zij dat er in de ruitvormige doorsnede nog andere effecten zullen optreden. De controle op doorbuiging en afschuiving dient voorts nog aangevuld te worden met een controle van het "opwippen" van de hoekpunten van de plaat en van de torsie in de U-bakconstructie. De doorbuiging en de afschuiving zullen in de nadere uitwerking van de U-bakconstructie worden gecontroleerd. Hierbij wordt aangenomen dat de overige effecten niet maatgevend zullen zijn. Deze effecten volgen uit de eerder genoemde berekening met een eindige elementen methode. De schematisering met de bijbehorende afmetingen staat in onderstaande figuur. In het bovenaanzicht is slechts het aquaduct, waarin de Does het tracé van de HSL kruist, weergegeven. Het gearceerde gedeelte is het rechthoekige equivalent van de ruitvormige U-bakconstructie. Linksboven is de doorsnede van genoemde schematisering weergegeven met de omgerekende breedtes en hoogtes.



figuur 2.12 - schematisering ruitvorm tot rechthoek en doorsnede U-bak met afmetingen

**De massa van de U-bakconstructie is:**

Volume vloer beton:  $25 \cdot (90 + 2 \cdot 0,5) \cdot 1 = 2275 \text{ m}^3$

Volume wanden beton:  $2 \cdot (0,5 \cdot 3,10 \cdot 25) = 77,5 \text{ m}^3$

Totaal volume beton:  $2275 + 77,5 = 2352,5 \text{ m}^3$

Specifiek gewicht beton:  $\gamma_{\text{beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$

$F_{\text{beton}} = 25 \cdot 2352,5 = 58813 \text{ kN}$

**Het gewicht van het water en het zand in het aquaduct:**

In eerste instantie wordt er berekend wat de totale hoeveelheid water in het aquaduct is. Daarna wordt bepaald hoeveel zand er in het aquaduct aanwezig is. Deze hoeveelheid zand wordt van de hoeveelheid water afgetrokken; de uitkomst hiervan wordt met de soortelijke massa vermenigvuldigd.

Totaal volume water:  $90 \cdot 25 \cdot 2,5 = 5625 \text{ m}^3$

Volume zand:  $2 \cdot (1/2 \cdot 30 \cdot 2,2 \cdot 25) = 1650 \text{ m}^3$

Volume water:  $5625 - 1650 = 3975 \text{ m}^3$

Specifiek gewicht water:  $\gamma_{\text{water}} = 10 \text{ kN/m}^3$

Specifiek gewicht zand:  $\gamma_{\text{zand}} = 20 \text{ kN/m}^3$

$F_{\text{water}} = 10 \cdot 3975 = 39750 \text{ kN}$

$F_{\text{zand}} = 20 \cdot 1650 = 33000 \text{ kN}$

Soort materiaal	Volume (m <sup>3</sup> )	Soortelijke massa (kN/m <sup>3</sup> )	Kracht F (kN)
Beton	2352,5	25	58813
Water	3975	10	39750
Zand	1650	20	33000
Totale constructie			Σ 131563 kN

In totaal zal er 131563 kN in verticale richting afgedragen moeten worden. Per zijde geeft dit een belasting van  $131563/2 = 65782$  kN.

De U-bakconstructie zal op de randen van de openbak van de noordelijke toerit worden opgelegd. Door de wanden van de toerit worden alleen verticale (eventueel ook kleine horizontale) krachten overdragen. De wanden van de toerit kunnen geen moment opnemen en zullen daar dan ook niet op worden belast.

De toerit is gedimensioneerd enkel en alleen op de belasting van de toerit zelf. De palen die benodigd zijn om de belasting van de toerit op te nemen, hebben waarschijnlijk nog een reserve. De belasting daarentegen die voortkomt uit de plaatsing van het aquaduct, zal worden afgedragen door extra aan te brengen palen. Laatstgenoemde palen worden in een rij onder de wanden van de noordelijk toerit geplaatst. Dit zal alleen gebeuren over het gedeelte, waar het aquaduct op de wand rust.

Verder wordt het gedeelte van de toerit waar het aquaduct op rust, separaat van de rest van de toerit uitgevoerd. Er zal een waterdichte koppeling tussen de moot van het aquaduct en de beide toeritdelen worden gemaakt. De ont koppeling van de moot van het aquaduct en de beide toeritdelen is nodig om de eventuele extra zettingen, ontstaan door de extra belasting van het aquaduct, zonder scheurvorming in de toerit op te kunnen nemen. De extra benodigde palen staan dus alleen maar onder de wanden van dit ontkoppelde gedeelte van de toerit.

De belasting die door deze extra palen moet worden opgenomen, bedraagt 65782 kN per zijde. De lengte, waarover deze belasting moet worden opgenomen, bedraagt 91 meter. Over deze 91 meter wordt er vervolgens een paalfundering aangebracht. Voor de opname van de kracht worden prefab palen van  $400 \times 400$  mm<sup>2</sup> gebruikt. Het draagvermogen van een enkele paal moet worden ontleend aan de grondopbouw ter plaatse. Voor deze controle wordt gebruik gemaakt van een aannames voor de kracht, die één enkele paal kan opnemen. Voor deze fase is het voldoende te weten of het haalbaar is om de kracht door middel van een paalfundering naar de ondergrond over te dragen.

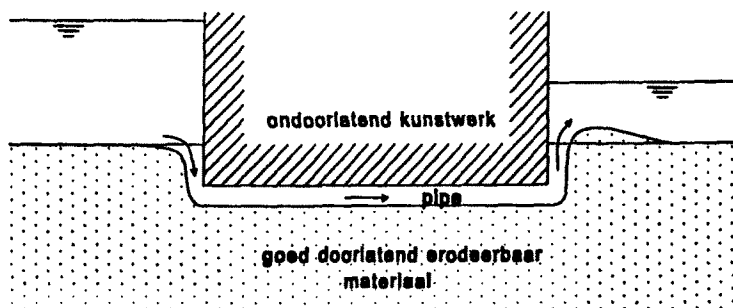
Voor één enkele paal wordt aangehouden dat de kracht, die door de paalpunt kan worden overdragen, 1500 kN bedraagt. De kracht, die door middel van schachtwrijving kan worden overgedragen, bedraagt 1000 kN. De totale kracht, die een paal kan opnemen, bedraagt dan  $F_{\text{paal}} = F_{\text{schacht}} + F_{\text{punt}} = 1000 + 1500 = 2500$  kN. De belasting bedraagt  $F_{\text{belasting}} = 65782$  kN. Er zijn dan  $65782/2500 = 27$  palen nodig. Deze palen staan verdeeld over 91 meter en ten gevolge daarvan bedraagt de hart op hart afstand  $91/27 = 3,3$  meter. De hart op hart afstand is reëel en is groot genoeg om te mogen concluderen dat de palen elkaar niet beïnvloeden. Het spreekt voor zich, dat het kluitcriterium hier geen rol speelt. Samenvattend kan gesteld worden, dat de verticale krachtsafdracht via de extra paalfundering kan worden afgedragen.

### 2.2.2 Controleberekening "piping"

Het potentiaalverschil tussen de Does en de polder veroorzaakt een grondwaterstroming door de waterkerende constructie: de dijk langs de Does. De grondwaterstroming ontstaat ook langs de zijanten van de toerit van de HSL. Aan het scheidingsvlak van de ondoorlatende betonconstructie van de toerit en het loskorrelige materiaal kan "piping" ontstaan. Dit verschijnsel, "piping", ontstaat wanneer de grondwaterstroming zo sterk wordt, dat de gronddeeltjes worden meegenomen en er holle ruimten ontstaan, die de stabiliteit van de waterkerende constructie (de dijk) in gevaar brengen.

Aangenomen wordt, dat de dijk zijn waterkerende functie ook na de aanleg van de toerit van de HSL (met bijbehorend aquaduct voor de Does) nog steeds naar behoren vervult. Het gevaar voor "piping" wordt hieronder nagegaan.





figuur 2.13 - piping onder een constructie

Voor de onder- en achterloopsheid zijn empirische formules ontwikkeld. De bekendste zijn de formules van Bligh en Lane.

Bligh stelt dat er voldoende veiligheid tegen "piping" aanwezig is, als:

$$L \geq 1,5 \cdot C_B \cdot H$$

waarin

$$L = \Sigma L_{\text{vert}} + \Sigma L_{\text{hor}}$$

$$L = \text{totale kwallengte [m]}$$

$$C_B = \text{constante afhankelijk van de grondsoort [-]}$$

$$H = \text{verval [m]}$$

Lane heeft de theorie van Bligh aangevuld met zijn verworven kennis, dat de verticaal geplaatste constructiedelen meer weerstand bieden tegen stroming dan de horizontaal geplaatste constructiedelen.

Lane stelt dat er voldoende veiligheid tegen "piping" aanwezig is, als:

$$L \geq 1,5 \cdot C_L \cdot H$$

waarin

$$L = \Sigma L_{\text{vert}} + \Sigma 1/3 \cdot L_{\text{hor}}$$

$$L = \text{totale kwallengte [m]}$$

$$C_L = \text{constante afhankelijk van de grondsoort [-]}$$

$$H = \text{verval [m]}$$

De controleberekeningen van de kwelstromen wordt uitgevoerd aan de hand van zowel de formule van Bligh als de formule van Lane. De grootst vereiste lengte is maatgevend.

De kwelstromen worden verdeeld in horizontale kwelstromen (achterloopsheid) en verticale kwelstromen (onderloopsheid). Als eerste zal de achterloopsheid worden gecontroleerd, daarna de onderloopsheid.

#### Controle onder- en achterloopsheid:

De grondsoort wordt benaderd door fijn zand. Dit geeft een  $C_B = 15$ . Het verval  $H = 1,60$  m.

$$L \geq 1,5 \cdot 15 \cdot 1,60$$

$$L \geq 36 \text{ m.}$$

De totale kwallengte, die volgens de formule van Bligh vereist is, bedraagt minimaal 36 meter. De benodigde lengte van de kwelchermen in horizontale richting is  $36/2 = 18$  meter.

De horizontale kwallengte is gelijk aan de verticale kwallengte. De inheidiepte van de damwand is volgens Bligh dan 18 meter.

Met de methode van Lane dient een  $C_L = 7,0$  voor fijn zand te worden gebruikt.

$$L \geq 1,5 \cdot 7,0 \cdot 1,60$$

$$L \geq 16,8 \text{ m.}$$

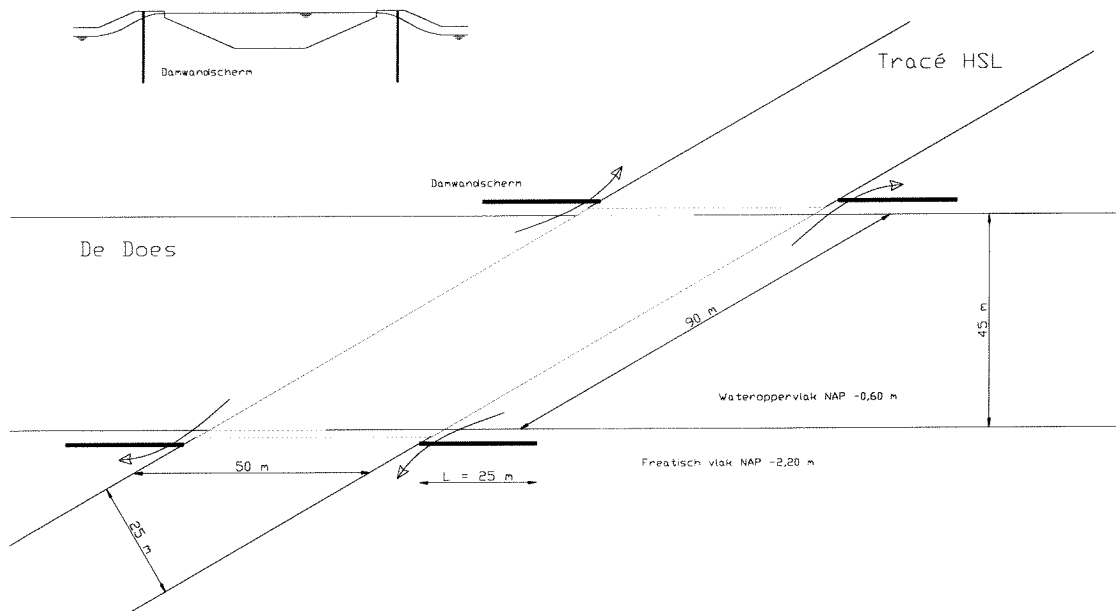
De totale horizontale kwelengte, die volgt uit de formule van Lane, bedraagt  $3 \cdot 16,8 = 50$  meter. De benodigde lengte van de horizontale kwelwanden is in dit geval  $50/2 = 25$  meter.

De verticale kwelengte bedraagt volgens Lane 16,8 meter. De vereiste lengte van de damwanden is volgens Lane dan  $16,8/2 = 8,4$  meter.

Ter voorkoming van de horizontale kwelstromen dienen er vier damwandschermen geplaatst te worden met ieder een lengte van 25 meter. De plaatsing is weergegeven in figuur 2.14.

Ter voorkoming van de verticale kwelstromen dienen de damwandschermen minimaal 18 meter ingeheid te worden. De controle van de stabiliteit van het dijklichaam kan nog een grotere inheidiepte vereisen. De grootst vereiste inheidiepte van de damwandschermen is maatgevend.

Onder de toerit van de HSL door, in de richting van de Does, zal geen kwelstroom ontstaan. Voor een kwelstroom is immers een potentiaalverschil vereist; het potentiaalverschil is in die richting niet aanwezig. Onder de toerit van de HSL zullen alleen dan damwandschermen voor de kwelstromen in dwarsrichting op de Does geplaatst worden, als deze schermen dieper dienen te steken dan de toerit zelf.



figuur 2.14 - piping langs toeritconstructie

### 2.2.3 Controleberekening stabiliteit dijklichaam Does

De stabiliteit van het dijklichaam wordt gecontroleerd aan de hand van het momentenevenwicht om de onderkant van het damwandscherm. In figuur 2.15 is de schematisering weergegeven.

De krachten die op het damwandscherm werken, worden ontleend aan de grondspanningen. De verticale grondspanningen worden omgezet in horizontale grondspanningen. Aan de hand van deze horizontale grondspanningen kunnen de krachten die op het damwandscherm werken, worden bepaald. Voor een eerste berekening wordt gebruik gemaakt van een homogene grondlaag. Mocht blijken, dat de stabiliteit van het dijklichaam maatgevend is, dan dient er een tweede berekening te worden gemaakt met het exacte bodemprofiel.

De krachten aan de linkerzijde ( $F_l$ ) en aan de rechterzijde ( $F_r$ ) van het damwandscherm:

Kracht	Grootte van kracht	Hefboomsarm t.o.v. onderkant
$F_{l1}$	$1/2 \cdot (3 \cdot 2,2 \cdot 18) \cdot 2,2$	$(d + 1/3 \cdot 2,2)$
$F_{l2}$	$(3 \cdot 2,2 \cdot 18) \cdot d$	$1/2 \cdot d$
$F_{l3}$	$1/2 \cdot (3 \cdot 10 \cdot d + d \cdot 10) \cdot d$	$1/3 \cdot d$
$F_{r1}$	$1/2 \cdot (1/3 \cdot 0,6 \cdot 18) \cdot 0,6$	$(d + 1,60 + 1/3 \cdot 0,6)$
$F_{r2}$	$(1/3 \cdot 0,6 \cdot 18) \cdot (d + 1,60)$	$1/2 \cdot (d + 1,60)$
$F_{r3}$	$1/2 \cdot (1/3 \cdot (d + 1,60) \cdot 10) \cdot (d + 1,60)$	$1/3 \cdot (d + 1,60)$

Het momentenevenwicht om de onderzijde van de damwand is nul ( $\Sigma M = 0$ ):

$$-F_{l1} \cdot (d + 1/3 \cdot 2,2) - F_{l2} \cdot (1/2 \cdot d) - F_{l3} \cdot (1/3 \cdot d) +$$

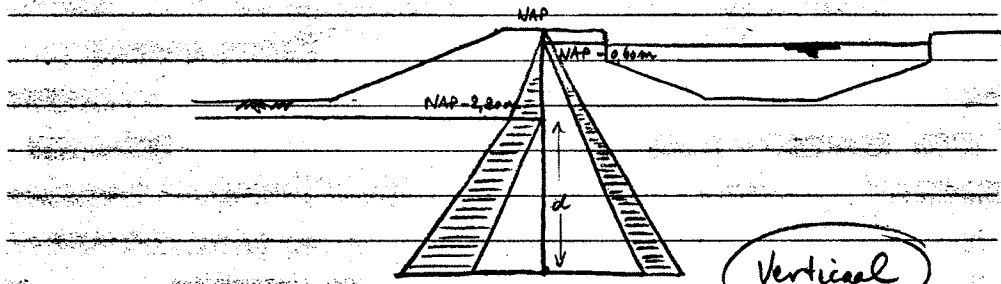
$$F_{r1} \cdot (d + 1,60 + 1/3 \cdot 0,6) + F_{r2} \cdot 1/2 \cdot (d + 1,60) + F_{r3} \cdot 1/3 \cdot (d + 1,60) = 0$$

$$-130,68 \cdot (d + 1/3 \cdot 2,2) - 118,8 \cdot d \cdot 1/2 \cdot d - 20 \cdot d^2 \cdot 1/3 \cdot d + 1,08 \cdot (d + 1,80) + 3,6 \cdot (d + 1,60) \cdot 1/2 \cdot (d + 1,60) + 1/6 \cdot 10 \cdot (d + 1,60)^2 \cdot 1/3 \cdot (d + 1,60) = 0$$

$$d = -1,43 \text{ meter.}$$

De variabele  $d$  geeft de lengte van het damwandscherm onder de waterspiegel in de polder aan. De waarde van  $d$  dient onder de omstandigheden van dit model groter dan nul te zijn. De negatieve waarde van  $d$  geeft aan dat de stabiliteit van het dijklichaam niet maatgevend is en dat de lengte van de damwandschermen bepaald wordt door het criterium van onderloopsheid. De lengte van de kwelschermen is volgens de methode van Bligh 18 meter.

In de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid werken HS Railinstitute, Holland Railconsult en DNV Milieu en Infrastructuur samen onder verantwoordelijkheid van de Ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM



$k_p = 3$

$k_a = \frac{1}{3}$

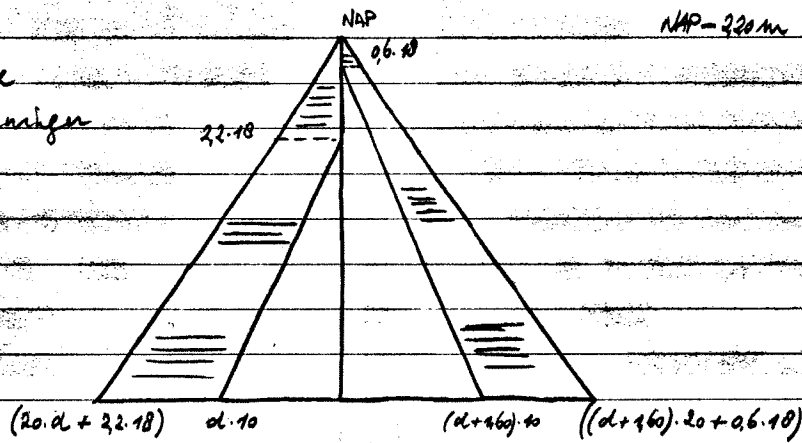
$\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$

$d = \text{totale lengte van de}$

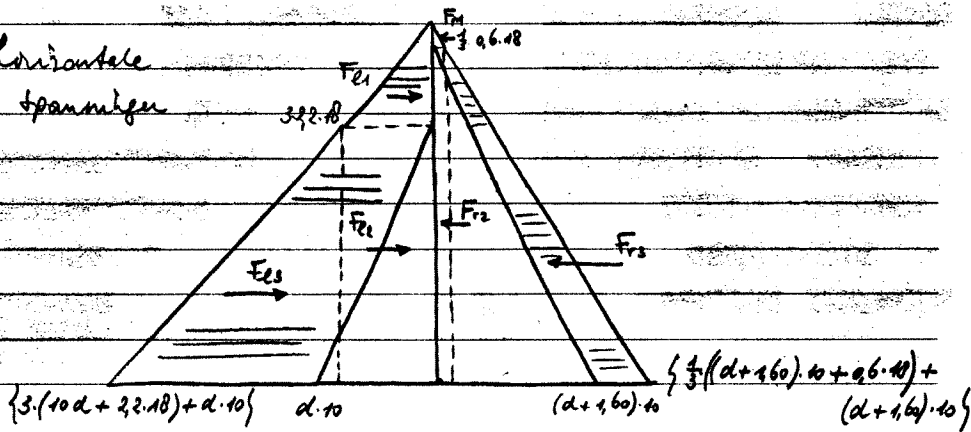
Verticale

spanningen



Horizontale

spanningen

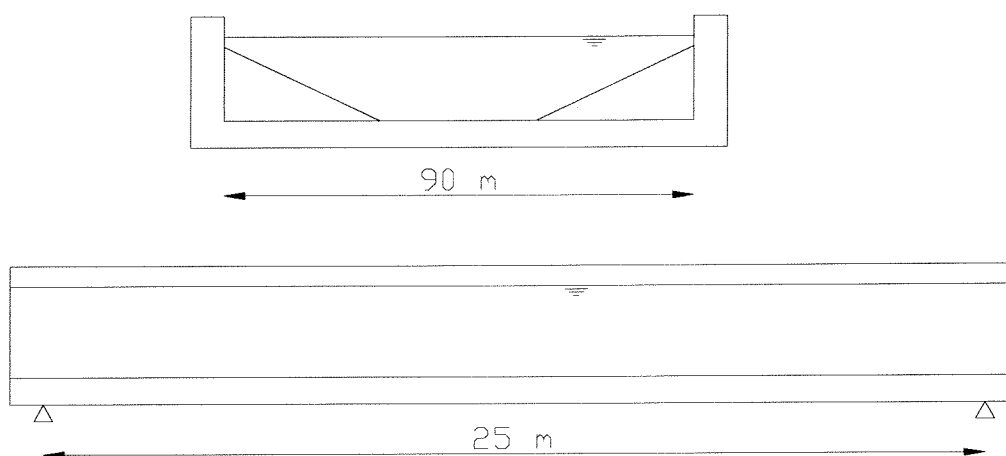


figuur 2.15 - controleberekening stabiliteit dijklichaam

### 3 Constructieve uitwerking aquaduct

Het kernwoord van de uitgangspunten bij de constructieve uitwerking van het aquaduct is eenvoud. Dit vindt zijn vertaling in de eenvoud van de vorm van de betonnen bakconstructie. Een rechthoekig vorm is eenvoudig inpasbaar in de toerit van de HSL. De betonnen bakconstructie wordt in het werk gestort. Om dit mogelijk te maken dient de bekisting eenvoudig van vorm te zijn. Door de rechthoekige vorm van de bakconstructie is de bekisting gemakkelijk te plaatsen en te ondersteunen. Een bijkomend voordeel is dat bij een rechthoekige vorm van de bakconstructie de voorspanelementen relatief eenvoudig geplaatst kunnen worden.

#### 3.1 Schematisering betonnen bakconstructie

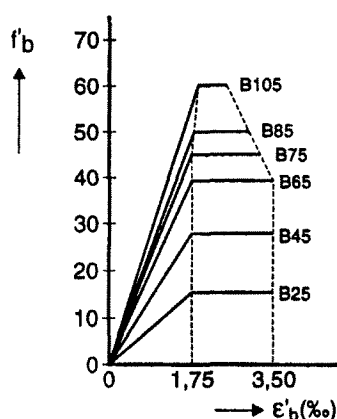


figuur 3.1 - doorsnede U-bak inclusief afmetingen

Volumieke massa beton: 2500 kg/m<sup>3</sup>

Volumieke massa water: 1000 kg/m<sup>3</sup>

Voorgespannen beton:



sterkteklasse	$\alpha$	$\beta$
tot en met B65	0,750	0,389
B75	0,731	0,382
B85	0,700	0,371
B95	0,664	0,360
B105	0,620	0,349

$\alpha$  = oppervlaktefactor voor rechthoekige doorsnedes van de drukzone ( $N_b = \alpha \cdot b \cdot x_y \cdot f'_b$ )

$\beta$  = afstandsfactor voor rechthoekige doorsnedes van de drukzone ( $M_b = N_b \cdot (z_b - \beta \cdot x_y)$ )

figuur 3.2 -  $\sigma$ - $\epsilon$ -diagram van het beton

Betonkwaliteit: B55

$$E_b = 31.000 \text{ N/mm}^2$$

Oppervlaktefactor  $\alpha = 0,75$

Afstandsfactor  $\beta = 0,39$

$$f_b = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 55 = 33 \text{ N/mm}^2$$

Maximale drukspanning tijdens het spannen in het beton:

$$\sigma'_{bi} \leq 0,75 \cdot f_b = 0,75 \cdot 33 = 24,75 \text{ N/mm}^2$$

Geëist wordt, dat in de bruikbaarheidsgrenstoestand (gebruikstadium) geen trekspanningen optreden (volle voorspanning).

#### VOORSPANNING

Kabelsysteem met 12 strengen.

Per kabel 12,9 mm per kabel.

Oppervlakte per streng:  $A_p = 99 \text{ mm}^2$  (7-draadsstreng).

Staalkwaliteit: FeP 1860

$$E_p = 200.000 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{pu,rep} = 1860 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{p,rep} = 1600 \text{ N/mm}^2$$

Rekenwaarden (=  $f_{rep}/\gamma_m$  met  $\gamma_m = 1,1$ ):

$$f_{pu} = 1860/1,1 = 1690 \text{ N/mm}^2$$

$$f_p = 1600/1,1 = 1450 \text{ N/mm}^2$$

Maximale spanning in het staal ( $\sigma_{pi}$ ):

$$\sigma_{pi} = \min\{0,8 \cdot f_{pu}, f_p\}$$

$$\sigma_{pi} = \min\{0,8 \cdot 1690, 1450\} = 1352 \text{ N/mm}^2$$

Elastische verliezen compenseren door overspannen met maximaal:

$$80 \cdot (f_p/f_{pu} - 0,75) \leq 12 \%$$

$$80 \cdot (1450/1690 - 0,75) = 8,64\% \leq 12 \%$$

Tijdschema voor het aanbrengen van de belasting:

Voorspannen: 14 dagen na storten

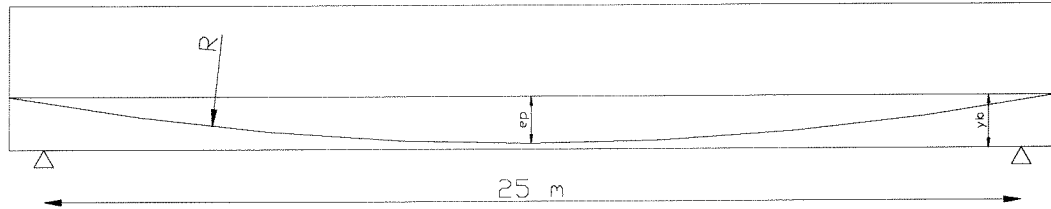
Waterbelasting: 90 dagen na storten

Belastingsfactoren bruikbaarheidsgrenstoestand (b.g.t.):  $\gamma_g = \gamma_p = 1,0$

Belastingsfactoren uiterste grenstoestand (u.g.t.):  $\gamma_g = 1,35$  waarbij er van uit gegaan moet worden, dat het water tot de bovenrand van het aquaduct staat en  $\gamma_p = 1,0$ .

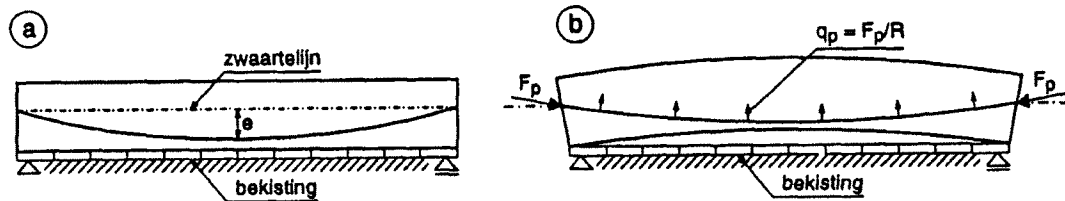
Verloop van de zwaartelijijn:

Het verloop van de zwaartelijijn van de voorspanelementen over de lengte is cirkelvormig en verankerd in het zwaartepunt van de constructie. De cirkelvormige vorm van de voorspanelementen zorgt ervoor dat er, na het aanbrengen van de voorspanning, een verdeelde belasting omhoog gericht ontstaat.



figuur 3.3 - verloop zwaartelijijn

$$R = \frac{l^2}{8 \cdot e_p} \quad \phi = \frac{4 \cdot e_p}{l}$$



*Voorspannen met nagerekt staal:*

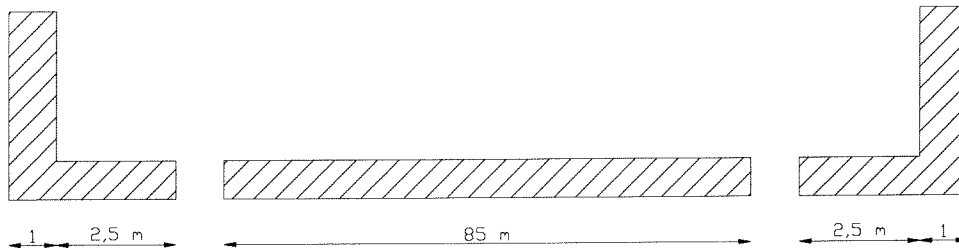
- a. *Vóór het aanbrengen van de voorspanning*
- b. *Na het aanbrengen van de voorspanning*

figuur 3.4 - voorspannen met nagerekt staal

### 3.2 Dimensionering van de U-bakconstructie

De schematisering van de U-bakconstructie vereist een onderverdeling in drie delen. De U-bakconstructie bestaat uit twee L-balken, waarvan de breedte kan worden bepaald met het meewerkend breedtecriterium zoals vermeld staat in de NEN 6720. Deze twee L-balken zijn symmetrisch. Vandaar dat er slechts één behoeft te worden gedimensioneerd en te worden gecontroleerd.

Het middelste gedeelte tussen de twee L-balken kan worden gezien als een vlakke plaat. Dit dient afzonderlijk te worden gedimensioneerd en gecontroleerd.



figuur 3.5 - meewerkende breedte

Voor de meewerkende breedte geldt:

$$b_e = b_w + b_1$$

$$b_1 = 0,1 \cdot l + b_s = 0,1 \cdot 25 + 0 = 2,5 \text{ m.}$$

$$b_e = 1,0 + 2,5 = 3,5 \text{ m.}$$

Voor de dikte van de plaat geldt:

$$h = l/35 = 25/35 \approx 0,71 \text{ m.}$$

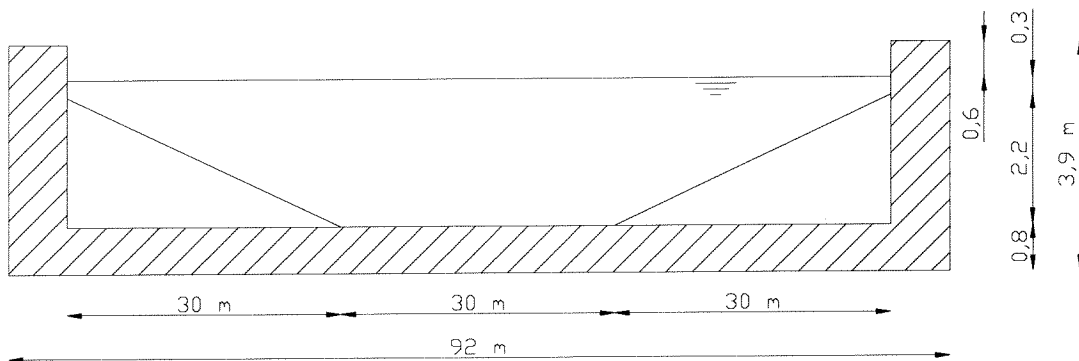
Neem voor  $h = 0,8 \text{ m.}$

Voor de dikte van de flens geldt:

$$b = 1/3 \cdot h$$

$$b = 1/3 \cdot 3,9 = 1,36 \text{ m.}$$

Neem voor  $b = 1,0 \text{ m.}$



figuur 3.6 - dimensionering van de U-bak

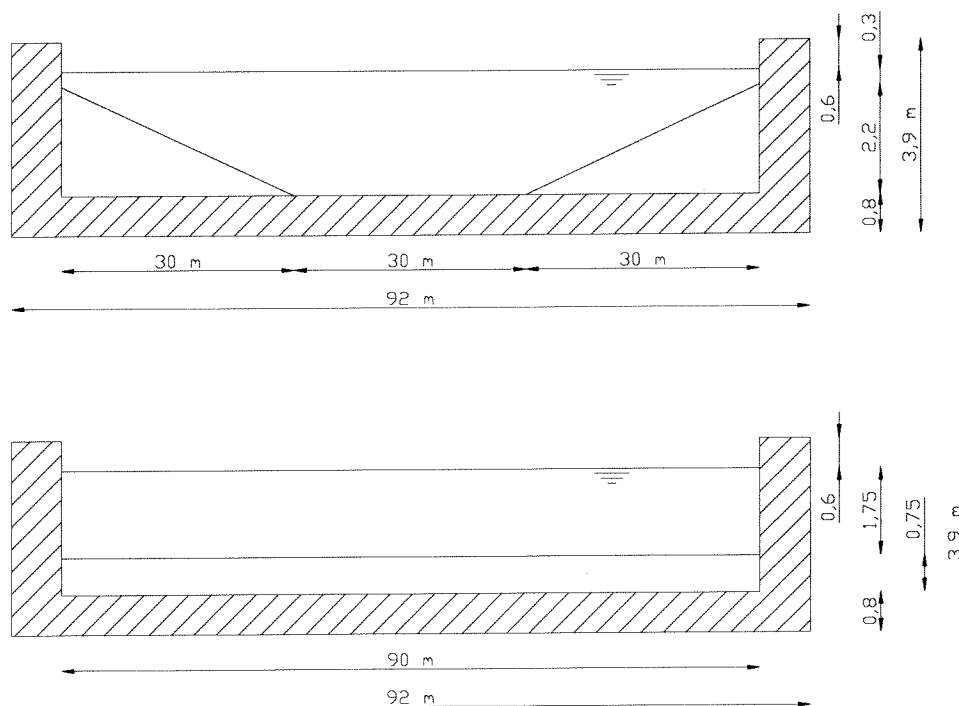


### 3.3 Verdeling van de belasting

Tijdens het spannen is er sprake van een betondoorsnede met gaten, ook wel netto betondoorsnede genoemd. De berekeningen op basis van de netto betondoorsnede wijken dermate weinig af van de berekeningen op basis van de bruto betondoorsnede, dat ten alle tijden gerekend wordt met de bruto doorsnede.

Bij voorspannen met nagerekt staal worden de kabels na verharden van het beton gespannen, en de voorspankanalen aansluitend geïnjecteerd met een speciale injectiemortel. Na verharding van de injectiemortel gedraagt de doorsnede zich als een samengestelde doorsnede: staal en beton werken nauw samen bij het opnemen van de belasting. Het voorspanstaal gedraagt zich dan op dezelfde wijze als het betonstaal in een gewapende doorsnede.

De belasting van de grond in het doorstroomprofiel zal op onderstaande wijze worden geschematiseerd. De aanwezige hoeveelheid grond is evenredig verdeeld over de volledige breedte van de doorsnede.



figuur 3.7 - verdeling grond over de doorsnede

Het zand ligt aan de randen 2,2 m hoog in de bak en heeft een volume van  $2,2 \cdot 30 = 66 \text{ m}^3/\text{m}^1$ . Over de volledige breedte geeft dit een hoogte van  $66/90 = 0,733 \text{ m}$ . Voor de hoogte van de zandlaag wordt  $h = 0,75 \text{ m}$  genomen.

### 3.4 Dimensionering van de voorspanning in de L-balk

#### 3.4.1 Dimensionering

##### Bepaling grootte en ligging voorspankracht in de middendoorsnede

De oppervlakte van de betondoorsnede  $A_b$  is:

$$A_b = A_1 + A_2 = 3,1 \cdot 1 + 3,5 \cdot 0,8 = 5,9 \text{ m}^2$$

De verdeelde belasting en de bijbehorende momenten zijn:

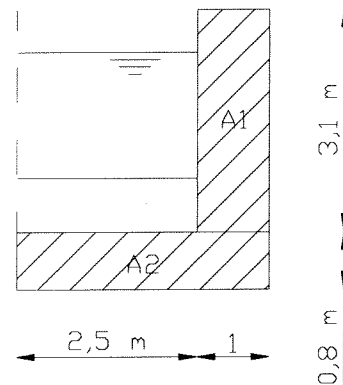
$$q_{eg} = A_b \cdot \gamma_b = 5,9 \cdot 25 = 147,5 \text{ kN/m}^1$$

$$M_{eg,rep} = 1/8 \cdot q_{eg} \cdot l^2 = 1/8 \cdot 147,5 \cdot 25^2 = 11523 \text{ kNm}$$

$$q_w = 2,5 \cdot (1,75 \cdot 10 + 0,75 \cdot 20) = 81,25 \text{ kN/m}^1$$

$$M_{w,rep} = 1/8 \cdot q_w \cdot l^2 = 1/8 \cdot 81,25 \cdot 25^2 = 6348 \text{ kNm}$$

$$M_{eg+w} = 11523 + 6348 = 17871 \text{ kNm}$$



figuur 3.8 - doorsnede L-balk

Bepaling van de zwaartelijijn:

$$(1) \quad 1,0 \cdot 3,1 \cdot \{1/2 \cdot 3,1 + 0,8\} = 7,285 \text{ m}^2$$

$$(2) \quad 3,5 \cdot 0,8 \cdot \{1/2 \cdot 0,8\} = 1,12 \text{ m}^2$$

$$\Sigma 8,405 \text{ m}^2$$

$$y_{zw} = y_b = \frac{8,405}{1,0 \cdot 3,1 + 3,5 \cdot 0,8} = 1,425 \text{ m.}$$

Bepaling van het traagheidsmoment  $I_b$ :

$$I_b = 1/12 \cdot 1,0 \cdot (3,1)^3 + (1,0 \cdot 3,1) \cdot (3,1/2 + 0,8 - 1,425)^2 = 5,137 \text{ m}^4$$

$$+ 1/12 \cdot 3,5 \cdot (0,8)^3 + (3,5 \cdot 0,8) \cdot (0,8/2 - 1,425)^2 = 3,046 \text{ m}^4$$

$$\Sigma I_b = 8,18 \text{ m}^4$$

Bepaling van de massatraagheidsmomenten  $W_{bb}$  en  $W_{bo}$ :

$$W_{bb} = \frac{I_b}{e_b} = \frac{8,18}{(3,9 - 1,425)} = 3,31 \text{ m}^3$$

$$W_{bo} = \frac{I_b}{e_b} = \frac{8,18}{1,425} = 5,74 \text{ m}^3$$

De grootte en de ligging van de voorspanning moeten zodanig gekozen worden, dat er onder de minimale belasting en de aanvangsvoorspankracht respectievelijk de maximale belasting en de werkvoorspankracht geen trekspanning in de bruikbaarheidsgrenstoestand optreedt, dus  $\gamma_g = \gamma_w = 1,0$ .

Voor de tijdsafhankelijke verliezen wordt een schatting gemaakt. Stel  $F_{pw} = 0,85 \cdot F_{pi}$ . Dit is in de praktijk een gebruikelijke aanname.

Voor de bovenzijde geldt (A):  $\sigma_{bb} \leq 0$ :

$$\sigma_{bb} = -\frac{F_{pi}}{A_b} + \frac{F_{pi} \cdot e_p}{W_{bb}} - \frac{M_{EG,rep}}{W_{bb}} \leq 0$$

$$-\frac{F_{pi} \cdot 10^3}{5,9} + \frac{F_{pi} \cdot 10^3 \cdot e_{p0}}{3,31} - \frac{11523 \cdot 10^3}{3,31} \leq 0$$

$$e_{p0} \leq \left( \frac{11523 \cdot 10^3}{3,31} + \frac{F_{pi} \cdot 10^3}{5,9} \right) \cdot \frac{3,31}{F_{pi} \cdot 10^3}$$

$$e_{p0} \leq \frac{11523}{F_{pi}} + 0,5610$$

Voor de onderzijde geldt (B):  $\sigma_{bo} \leq 0$ :

$$\sigma_{bo} = -\frac{0,85 \cdot F_{pi}}{A_b} - \frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_{EG,rep} + M_{Q,rep}}{W_{bo}} \leq 0$$

$$-\frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3}{5,9} - \frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3 \cdot e_{p0}}{5,74} + \frac{17871 \cdot 10^3}{5,74} \leq 0$$

$$e_{p0} \geq \left( \frac{17871 \cdot 10^3}{5,74} - \frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3}{5,9} \right) \cdot \frac{5,74}{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3}$$

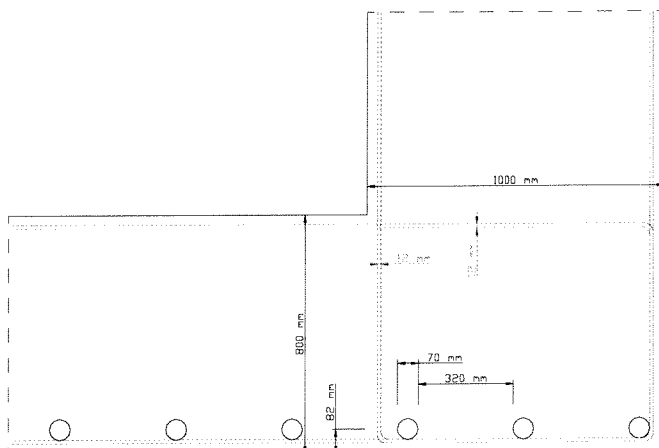
$$e_{p0} \geq \frac{21025}{F_{pi}} - 0,9729$$

De maximale aanvangskracht per element is:

$$F_{pi} = A_p \cdot \sigma_{pi} = 12 \cdot 99 \cdot 0,8 \cdot 1690 = 1606 \text{ kN.}$$

Bij een milieuklasse 3 geldt voor een dekking op het staal een dekking van 35 mm. De dekking op het voorspanstaal is in deze milieuklasse 40 mm.

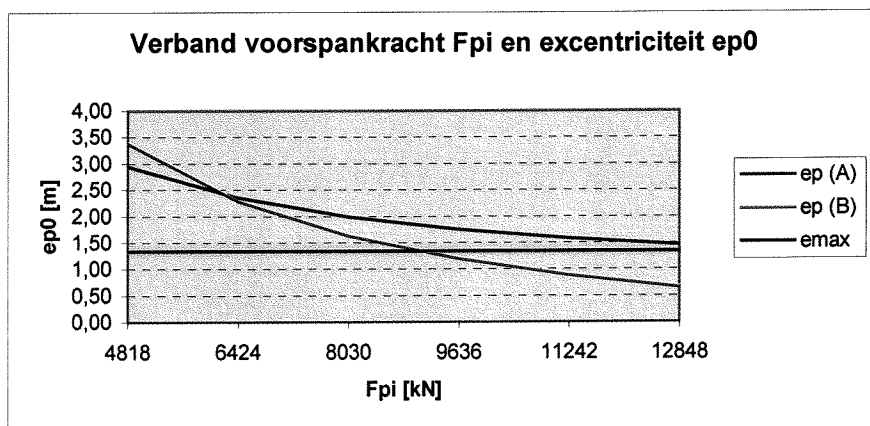
Bij een aanname van beugels  $\phi 12$  mm in de wanden wordt de ligging van de voorspanelementen als volgt:



figuur 3.9 - kabelplaatsing in de middendoorsnede van de L-balk

$$z_p = 35 + 12 + 70/2 = 82 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = y_b - z_p = 1,425 - 0,082 = 1,343 \text{ m.}$$



figuur 3.10 - lijnen (A), (B) en emax

Het snijpunt van (A) en (B) ligt boven de lijn  $e_{\max}$ .  $F_{pi, \min}$  is in dat geval te vinden door voor  $e_0$  in (B)  $e_{\max}$  in te vullen. Het vereiste aantal voorspanelementen wordt gevonden door  $F_{pi, \min}$  te delen door  $F_{pi}$  en dit quotiënt naar boven op een geheel getal af te ronden.

$$e_{\max} = 1,343 \geq \frac{21025}{F_{pi, \min}} - 0,9729$$

$$F_{pi, \min} = 9079 \text{ kN.}$$

$$9079/1606 = 5,65. \text{ Er zijn dus 6 voorspanelementen vereist.}$$

Kies 6 voorspanelementen.

De R en de  $\phi$  volgen uit de twee onderstaande formules:

$$R = \frac{l^2}{8 \cdot e_p} \quad \phi = \frac{4 \cdot e_p}{l}$$

$$e_p = y_b - z_p = 1,425 - 0,082 = 1,343 \text{ m.}$$

$$R = 25^2 / (8 \cdot 1,343) = 58,2 \text{ m.}$$

$$\phi = 4 \cdot 1,343 / 25 = 0,215 \text{ rad.}$$

### 3.4.2 Vaststellen verliezen

Zwaartelijn van de voorspanelementen:

$$e_p = y_b - z_p = 1,425 - 0,082 = 1,343 \text{ m.}$$

Wrijvingsverlies door de aanvangsvoorspankracht:

Bij het voorspannen met nagerekt staal gaat, vooral bij gebogen voorspanelementen, een deel van de voorspankracht verloren door de wrijving tussen de voorspankabel en de omhullingsbuis. De voorspankracht, rekening houdend met de wrijvingsverliezen, is met onderstaande formule te berekenen:

$$F_{pi(m)} = F_{pi} \cdot e^{-\mu(\phi + \phi_1 \cdot x)}$$

$$x = 1/2 \cdot l = 1/2 \cdot 25 = 12,5 \text{ m}$$

$$\phi_1 = 0,01 \text{ rad}$$

$$\phi = 0,215 \text{ rad}$$

$$\mu = 0,2$$

$$F_{pi} = 6 \cdot 1606 = 9636 \text{ kN}$$

$$F_{pi(m)} = 9636 \cdot e^{-0,2 \cdot (0,215 + 0,01 \cdot 12,5)} = 9003 \text{ kN}$$

$$F_{pi(m)}/n_p = 9003/6 = 1500,5 \text{ kN per element.}$$

Elastische verkorting van de ligger:

Niet alleen de ligger maar ook de reeds gespannen kabels zullen korter worden door het spannen van één van de kabels. Voorafgaand aan het injecteren van de voorspankanalen verliezen de reeds gespannen kabels derhalve een deel van hun aanvangsspanning. De verliezen kunnen worden gecompenseerd door het overspannen van de voorspanelementen dan wel door het naspannen van de als eerste gespannen voorspanelementen, of door een combinatie van beide genoemde methoden.

Het verlies aan voorspankracht wordt door middel van overspannen gecompenseerd:

$$\Delta F_{pi} = (n_p - i) \cdot F_{pi} \cdot \frac{E_p \cdot A_p}{E_b \cdot A_b}$$

Het totale verlies bij n elementen bedraagt:

$$\sum \Delta F_{pi} = \frac{n_p \cdot (n_p - 1)}{2} \cdot F_{pi} \cdot \frac{E_p \cdot A_p}{E_b \cdot A_b}$$

$$n_p = 6$$

$$F_{pi} = 9636 \text{ kN}$$

$$E_p = 200.000 \text{ N/mm}^2$$

$$A_p = 12,99 = 1188 \text{ mm}^2$$

$$E_b = 31.000 \text{ N/mm}^2$$

$$A_b = 5,9 \text{ m}^2$$

Het verlies aan voorspankracht in het eerste voorspanelement bedraagt:

$$\Delta F_{pi} = (6 - 1) \cdot \frac{9636}{6} \cdot \frac{200.000 \cdot 1188}{31.000 \cdot 5,9 \cdot 10^6} = 10,4 \text{ kN}$$

$$10,4/1606 = 0,0065 = 0,65\%$$

Om de verliezen te compenseren moet worden voorgespannen tot  $1606 + 10,4 = 1616 \text{ kN}$ .

Maximaal te overspannen is 8,64%.

$$\sigma_{\max} = \sigma_{pi} + 8,64\%$$

$$\sigma_{\max} = (1606 \cdot 1000)/(99 \cdot 12) + 8,64\% = 1352 + 8,64\% = 1469 \text{ N/mm}^2.$$

$$\sigma_{\max} = 1469 \geq 1616 \cdot 10^3/(99 \cdot 12) = 1361 \text{ N/mm}^2.$$

De maximale spanning wordt niet overschreden dus kan er extra worden voorgespannen.

Het totale verlies bij 6 voorspanelementen bedraagt:

$$\sum \Delta F_{pi} = \frac{6 \cdot (6-1)}{2} \cdot \frac{9636}{6} \cdot \frac{200.000 \cdot 1188}{31.000 \cdot 5,9 \cdot 10^6} = 31,3 \text{ kN}$$

Wanneer de duurzaamheid van een constructie voor lange tijd gewaarborgd dient te worden, mag het langeduur-gedrag van het bouw materiaal niet buiten beschouwing worden gelaten.

“Kruip” is de toename van de vervorming in de tijd bij een constant gehouden spanning. “Krimp” is de zonder belasting optredende verkorting van het beton, die wordt veroorzaakt door de uitdroging van het materiaal. “Relaxatie” is nauw verwant aan de kruip; bij relaxatie wordt echter de vervorming van het materiaal constant gehouden, en nemen de oorspronkelijk aanwezige spanningen in de loop van de tijd af.

Krimp van het beton:

Volgens artikel 6.1.6 van NEN 6720 volgt de krimpverkorting uit:

$$\varepsilon_r' = \varepsilon_c' \cdot k_b \cdot k_h \cdot k_p \cdot k_t \leq \varepsilon_{\max}'$$

$$\varepsilon_r' = 0,25\text{‰} \quad (\text{buitenlucht})$$

$$k_b = 0,7$$

$$k_h = 0,7 \quad (h_m = 2 \cdot A_b / O_b = 2 \cdot 5,9 / (3,1 + 1 + 3,9 + 3,5 + 0,8 + 2,5) = 0,80 \text{ m})$$

$$k_t = 1,0 \quad (\text{voor } t = \infty)$$

$$k_p = 0,9 \quad (\text{voor } \omega = 0,5\%, \text{ hetgeen gebruikelijk is bij voorgespannen betonconstructies})$$

$$\varepsilon_{r\infty}' = -250 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = -110 \cdot 10^{-6}$$

Het minteken duidt op een verkorting.

Kruip van het beton:

Tengevolge van een bepaalde belasting op het beton zal niet alleen een elastische vervorming optreden, maar ook een in de tijd voortschrijdende plastische vervorming. Deze plastische vervorming (kruip) staat in een bepaalde verhouding tot de elastische vervorming, namelijk:

$$\varepsilon_{bc}(t) = \phi(t, t_c) \cdot \varepsilon_{be}$$

met  $\phi(t, t_c)$  volgens artikel 6.1.5 van NEN 6720:

$$\phi(t, t_c) = k_c \cdot k_d \cdot k_b \cdot k_h \cdot k_t \leq \phi_{\max}$$

Voor de belasting tengevolge van het eigengewicht en de voorspanning, die 14 dagen na het storten wordt aangebracht, betekent dit:

$$k_c = 1,9 \quad (\text{buitenlucht})$$

$$k_d = 1,2 \quad (\text{cementklasse A, 14 dagen})$$

$$k_b = 0,7$$

$$k_h = 0,7 \quad (h_m = 2 \cdot A_b / O_b = 2 \cdot 5,9 / (3,1 + 1 + 3,9 + 3,5 + 0,8 + 2,5) = 0,80 \text{ m})$$

$$k_t = 1,0 \quad (\text{voor } t = \infty)$$

$$\phi_{g+F} = 1,9 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 1,12$$

Voor de waterbelasting zijn de factoren hetzelfde behoudens  $k_d$ , omdat de waterbelasting pas na 90 dagen wordt aangebracht.

$$k_d = 0,7 \quad (\text{cementklasse A, 90 dagen})$$

$$\phi_w = 1,9 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,65$$

Het spanningsverlies in het voorspanstaal ten gevolge van krimp en kruip.

De algemene formule voor de vervorming van het beton:

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{E_b} \cdot \sigma_b \cdot (1 + \phi) + \varepsilon_{br\infty}$$

Er zijn twee belastingsgevallen met bijbehorende tijdstippen: g+F op t=14 dagen en w op t=90 dagen. Met genoemde belastingsgevallen en de compensatie van de elastische verkorting tengevolge van het spannen en het eigengewicht, wordt de formule voor de vervorming na het spannen:

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{E_b} \cdot (\sigma_{b,g+F} \cdot \phi_{g+F} + \sigma_{b,w} \cdot (1 + \phi_w)) + \varepsilon_{br\infty}$$

$$E_b = 31.000 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{br\infty} = -110 \cdot 10^{-6}$$

Voor de betonspanning ten gevolge van (g+F):

$$\sigma_{b,g+F} = -\frac{F_{pi(m)}}{A_b} - \frac{F_{pi(m)} \cdot e_p^2}{I_b} + \frac{M_g \cdot e_p}{I_b}$$

$$\sigma_{b,g+F} = -\frac{9003}{5,9} - \frac{9003 \cdot (1,343)^2}{8,18} + \frac{11523 \cdot 1,343}{8,18}$$

$$\sigma_{b,g+F} = -1619 \text{ kN/m}^2 = -1,619 \text{ N/mm}^2$$

Voor de betonspanning ten gevolge van w:

$$\sigma_{b,w} = +\frac{M_w \cdot e_p}{I_b}$$

$$\sigma_{b,w} = +\frac{6348 \cdot 1,343}{8,18} = +1042 \text{ kN/m}^2 = +1,042 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{E_b} \cdot (\sigma_{b,g+F} \cdot \phi_{g+F} + \sigma_{b,w} \cdot (1 + \phi_w)) + \varepsilon_{br\infty}$$

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{31.000} \cdot (-1,619 \cdot 1,12 + 1,042 \cdot (1 + 0,65)) - 110 \cdot 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{b\infty} = -3,03 \cdot 10^{-6} - 110 \cdot 10^{-6} = -113,03 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta\sigma_{p,kr} = \varepsilon_{b\infty} \cdot E_p = -113,03 \cdot 10^{-6} \cdot 200.000 = -22,61 \text{ N/mm}^2$$

Relaxatie van het voorspanstaal:

Volgens artikel 4.1.4.5 van NEN 6720 dient het spanningsverlies in het voorspanstaal  $\Delta\sigma_p$  te worden bepaald met behulp van:

$$\Delta\sigma_p = 3 \cdot \Delta\sigma_{p,rel} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{\Delta\sigma_{p,kr}}{\sigma_{pi}}\right)$$

$$\sigma_{pi} = \frac{F_{pi(m)}}{A_p} = \frac{(9003 \cdot 10^3)/6}{99 \cdot 12} = 1263 \text{ N/mm}^2$$

$\Delta\sigma_{p,rel}$  is afhankelijk van de verhouding  $\sigma_{pi}/f_{pu,rep} = 1263/1860 = 0,6790$  in procenten.

Met behulp van tabel 6-18 volgt voor 67,90% de waarde van 2,2905. Deze waarde wordt vervolgens ingevoerd in onderstaande formule en daaruit volgt de waarde van  $\Delta\sigma_{p,rel}$  (de relaxatie na 1.000 uur):

$$\Delta\sigma_{p,rel} = \frac{\%tabel \cdot \sigma_{pi}}{100} = \frac{2,2905 \cdot 1263}{100} = 28,93 \text{ N/mm}^2$$

De relaxatie van het voorspanstaal wordt nu:

$$\Delta\sigma_p = 3 \cdot 28,93 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{22,61}{1263}\right) = 83,68 \text{ N/mm}^2$$

Bepaling van de werkvoorspankracht op  $t=\infty$ :

$$F_{pw(m)} = F_{pi(m)} - (\Delta\sigma_{p,kr} + \Delta\sigma_p)$$

$$F_{pw(m)} = \left\{ \frac{9003}{6} - (22,61 + 83,68) \cdot 99 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \right\} \cdot 6$$

$$F_{pw(m)} = \{1500,5 - 126,3\} \cdot 6 = 8245 \text{ kN}$$

### 3.4.3 Spanningscontroles

Tijdens het spannen mag de drukspanning  $\sigma'_{bi}$  in het beton niet hoger zijn dan:

$$\sigma'_{bi} \leq 0,75 \cdot f_{bi} = 0,75 \cdot (0,6 \cdot 55) = 24,75 \text{ N/mm}^2$$

Bij volle voorspanning moet verder gelden:

$$\sigma_{bi} \leq 0 \text{ N/mm}^2$$

De geldende grenzen zijn voor de onder en de bovenzijde:  $0 \geq \sigma_{bi} \geq -24,75 \text{ N/mm}^2$

Voor de bovenzijde in middendoorsnede op  $t=0$  geldt:

$$\sigma_{bi} = -\frac{F_{pi(m)}}{A_b} + \frac{F_{pi(m)} \cdot e_p}{W_{bb}} - \frac{M_g}{W_{bb}}$$

$$\sigma_{bi} = -\frac{9003}{5,9} + \frac{9003 \cdot 1,343}{3,31} - \frac{11523}{3,31}$$

$$\sigma_{bi} = -1355 \text{ kN/m}^2 = -1,355 \text{ N/mm}^2$$

Voor de onderzijde in middendoorsnede op  $t=0$  geldt:

$$\sigma_{bi} = -\frac{F_{pi(m)}}{A_b} - \frac{F_{pi(m)} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_g}{W_{bo}}$$

$$\sigma_{bi} = -\frac{9003}{5,9} - \frac{9003 \cdot 1,343}{5,74} + \frac{11523}{5,74}$$

$$\sigma_{bi} = -1625 \text{ kN/m}^2 = -1,625 \text{ N/mm}^2$$

$$0 \geq \begin{matrix} -1,355 \\ -1,625 \end{matrix} \geq -24,75$$

Beide betondrukspanningen liggen binnen de gestelde grenzen.

Voor de onderzijde in middendoorsnede op  $t=\infty$  geldt:

$$\sigma_{bi} = -\frac{F_{pw(m)}}{A_b} - \frac{F_{pw(m)} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_{g+w}}{W_{bo}} \leq 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bi} = -\frac{8245}{5,9} - \frac{8245 \cdot 1,343}{5,74} + \frac{17871}{5,74}$$

$$\sigma_{bi} = -213 \text{ kN/m}^2 = -0,213 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bi} = -0,213 \leq 0 \text{ N/mm}^2$$

De betondrukspanning voldoet aan de gestelde voorwaarde.



### 3.4.4 Bezwijkcontrole op buiging

Het moment van de belasting ( $M_d$ )  $\leq$  het bezwijkmoment van de constructie ( $M_u$ ) in de uiterste grenstoestand.

$$M_d = \gamma_g \cdot M_g + \gamma_w \cdot M_w - \gamma_p \cdot M_p$$

$$\gamma_g = \gamma_w = 1,35 \text{ en } \gamma_p = 1,0$$

In de uiterste grenstoestand dient te worden gerekend met een tot de rand toe gevuld aquaduct.

$$M_{g,d} = 11523 \text{ kNm}$$

$$q_{\Delta w} = 2,5 \cdot 0,6 \cdot 10 = 15 \text{ kN/m}$$

$$M_{\Delta w} = 1/8 \cdot 15 \cdot 25^2 = 1172 \text{ kNm}$$

$$M_{w+\Delta w} = 6348 + 1172 = 7520 \text{ kNm}$$

$$q_p = F_{pw}/R = 8245/58,2 = 141,7 \text{ kN/m}$$

$$M_p = 1/8 \cdot 141,7 \cdot 25^2 = 11070 \text{ kNm}$$

$$M_d = 1,35 \cdot 11523 + 1,35 \cdot 7520 - 1,0 \cdot 11070$$

$$M_d = 14638 \text{ kNm}$$

$$M_u = A_p \cdot (\sigma_{pu} - \sigma_{pw}) \cdot (d_p - \beta \cdot x_u) + F_{pw} \cdot (z_b - \beta \cdot x_u)$$

$$A_p = 99 \cdot 12 \cdot 6 = 7128 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{pu} > 0,9 \cdot f_{pu} = 0,9 \cdot 1690 = 1521 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pw} = F_{pw}/A_p = 8245 \cdot 10^3 / 7128 = 1157 \text{ N/mm}^2$$

$$d_p = z_b + e_p = (3,9 - 1,425) + 1,343 = 3,818 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,75$$

$$\beta = 0,39$$

$$F_{pw} = 8245 \text{ kN}$$

$$x_u = (0,9 \cdot f_{pu} \cdot A_p) / (\alpha \cdot b \cdot f_b) = (0,9 \cdot 1690 \cdot 99 \cdot 12 \cdot 6) / (0,75 \cdot 1000 \cdot 33) = 438 \text{ mm}$$

$$N'_b = \alpha \cdot b \cdot x_u \cdot f_b = 0,75 \cdot 1000 \cdot 438 \cdot 33 = 10842 \text{ kN}$$

$$M_u = 7128 \cdot (1521 - 1157) \cdot (3818 - 0,39 \cdot 438) + 8245 \cdot 10^3 \cdot (2475 - 0,39 \cdot 438)$$

$$M_u = 28472 \text{ kNm}$$

$M_u \gg M_d$  dus wordt aan de voorwaarde!

#### CONTROLE BROSSE BREUK

Indien het scheurmoment  $M_r <$  het bezwijkmoment  $M_u$ , dan zal de constructie waarschuwen door scheurvorming voordat de constructie zal bezwijken.

Scheuren zullen ontstaan, indien de trekspanning in het beton groter wordt dan de waarde van  $1,4 \cdot f_{bm} = f_{br}$  (de buigtreksterkte).

$$f_{bm} = 2 \cdot f_b \text{ met } f_b = f_{b,rep} / \gamma_m$$

$$f_{b,rep} = 0,7 \cdot (1,05 + 0,05 \cdot f_{ck})$$

$$\gamma_m = 1,4$$

$$\text{Hieruit volgt dat: } f_{bm} = 1,05 + 0,05 \cdot f_{ck}$$

De constructie zal scheuren indien:

$$-\frac{F_{pw}}{A_b} - \frac{F_{pw} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_{g+w}}{W_{bo}} = 1,4 \cdot f_{bm} = f_{br}$$

Het scheurmoment wordt dus:

$$M_r = M_{g+w} - F_{pw} \cdot e_p = \left( f_{br} + \frac{F_{pw}}{A_b} \right) \cdot W_{bo}$$

$$f_{br} = 1,4 \cdot f_{bm}$$

$$f_{bm} = 1,05 + 0,05 \cdot f_{ck} = 1,05 + 0,05 \cdot 55 = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{br} = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32 \text{ N/mm}^2$$

$$M_r = (5,32 + (8245 \cdot 10^3) / (5,9 \cdot 10^6)) \cdot 5,74 \cdot 10^9 = 38588 \text{ kNm}$$

$M_r > M_u$  dus er is geen waarschuwing door scheurvorming voor het bezwijken van de constructie.

### 3.4.5 Bezwijkcontrole op afschuiving

De belasting in de uiterste grenstoestand is:

$$q_d = 1,35 \cdot (g + w + \Delta w) - 1,0 \cdot F_{pw} / R$$

$$g = 147,5 \text{ kN/m}$$

$$w + \Delta w = 81,25 + 15 = 96,25 \text{ kN/m}$$

$$F_{pw} = 8245 \text{ kN}$$

$$R = 58,2 \text{ m}$$

$$q_d = 1,35 \cdot (147,5 + 96,25) - 1,0 \cdot 8245 / 58,2 = 187,4 \text{ kN/m}$$

$$V_d = 1/2 \cdot q_d \cdot l = 1/2 \cdot 187,4 \cdot 25 = 2342 \text{ kN}$$

$$\tau_d = V_d / (b \cdot d) \text{ met } d = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 3,90 = 3,705 \text{ m}$$

$$\tau_d = 2342 / (1,0 \cdot 0,95 \cdot 3,90) = 632,1 \text{ kN/m}^2 = 0,6321 \text{ N/mm}^2$$

In gebieden waar trekscheuren ontstaan, mag voor het berekenen van de waarde van  $\tau_1$  de volgende formule worden toegepast:

$$\tau_1 = 0,4 \cdot f_b + 0,15 \cdot \sigma'_{bmd}$$

$$f_b = 0,5 \cdot (1,05 + 0,05 \cdot f_{ck}) = 0,5 \cdot (1,05 + 0,05 \cdot 55) = 1,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{bmd} = F_{pw} / A_b = 8245 / 5,9 = 1397 \text{ kN/m}^2 = 1,397 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 0,4 \cdot 1,90 + 0,15 \cdot 1,397 = 0,97 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_u = \tau_1 > \tau_d$$

De constructie zal dus niet bezwijken op afschuiving!

### 3.5 Dimensionering van de voorspanning in de plaat

#### 3.5.1 Dimensionering

Bepaling grootte en ligging voorspankracht in de middendoorsnede

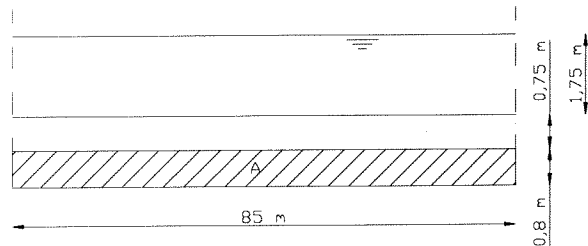
De oppervlakte van de betondoorsnede  $A_b$  is:

$$A_b = 85 \cdot 0,8 = 68 \text{ m}^2$$

De verdeelde belasting en de bijbehorende momenten zijn:

$$q_{eg} = A_b \cdot \gamma_b = 68 \cdot 25 = 1700 \text{ kN/m}^1$$

$$M_{eg,rep} = 1/8 \cdot q_{eg} \cdot l^2 = 1/8 \cdot 1700 \cdot 25^2 = 132813 \text{ kNm}$$



figuur 3.11 - doorsnede plaat

$$q_w = 85 \cdot (1,75 \cdot 10 + 0,75 \cdot 20) = 2762,5 \text{ kN/m}^1$$

$$M_{w,rep} = 1/8 \cdot q_w \cdot l^2 = 1/8 \cdot 2762,5 \cdot 25^2 = 215820 \text{ kNm}$$

$$M_{eg+w} = 132813 + 215820 = 348633 \text{ kNm}$$

Bepaling van de zwaartelijijn:

$$Y_{zw} = 1/2 \cdot 0,800 = 0,400 \text{ m}$$

Bepaling van het traagheidsmoment  $I_b$ :

$$I_b = 1/12 \cdot 85 \cdot (0,8)^3 = 3,63 \text{ m}^4$$

Bepaling van de massatraagheidsmomenten  $W_{bb}$  en  $W_{bo}$ :

$$W_{bb} = W_{bo} = I_b / (1/2 \cdot h) = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 85 \cdot (0,8)^2 = 9,07 \text{ m}^3$$

De grootte en de ligging van de voorspanning moeten zodanig gekozen worden, dat onder de minimale belasting en de aanvangsvoorspankracht respectievelijk de maximale belasting en de werkvoorspankracht geen trekspanning in de bruikbaarheidsgrenstoestand optreedt, dus met  $\gamma_g = \gamma_w = 1,0$ .

Voor de tijdsafhankelijke verliezen wordt een schatting gemaakt. Stel  $F_{pw} = 0,85 \cdot F_{pi}$ . Dit is in de praktijk een gebruikelijke aanname.

Voor de bovenzijde geldt (A):  $\sigma_{bb} \leq 0$ :

$$\sigma_{bb} = - \frac{F_{pi}}{A_b} + \frac{F_{pi} \cdot e_p}{W_{bb}} - \frac{M_{EG,rep}}{W_{bb}} \leq 0$$

$$- \frac{F_{pi} \cdot 10^3}{68} + \frac{F_{pi} \cdot 10^3 \cdot e_{p0}}{9,07} - \frac{132813 \cdot 10^3}{9,07} \leq 0$$

$$e_{p0} \leq \left( \frac{132813 \cdot 10^3}{9,07} + \frac{F_{pi} \cdot 10^3}{68} \right) \cdot \frac{9,07}{F_{pi} \cdot 10^3}$$

$$e_{p0} \leq \frac{132813}{F_{pi}} + \frac{9,07}{68}$$

Voor de onderzijde geldt (B):  $\sigma_{bo} \leq 0$ :

$$\sigma_{bo} = -\frac{0,85 \cdot F_{pi}}{A_b} - \frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_{EG,rep} + M_{Q,rep}}{W_{bo}} \leq 0$$

$$-\frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3}{68} - \frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3 \cdot e_{p0}}{9,07} + \frac{348633 \cdot 10^3}{9,07} \leq 0$$

$$e_{p0} \geq \left( \frac{348633 \cdot 10^3}{9,07} - \frac{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3}{68} \right) \cdot \frac{9,07}{0,85 \cdot F_{pi} \cdot 10^3}$$

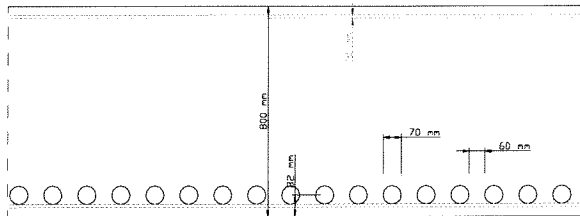
$$e_{p0} \geq \frac{410156}{F_{pi}} - \frac{9,07}{68}$$

De maximale aanvangskracht per element is:

$$F_{pi} = A_p \cdot \sigma_{pi} = 12 \cdot 99 \cdot 0,8 \cdot 1690 = 1606 \text{ kN.}$$

Bij een milieuklasse 3 geldt voor een dekking op het staal een dekking van 35 mm. De dekking op het voorspanstaal is in deze milieuklasse 40 mm.

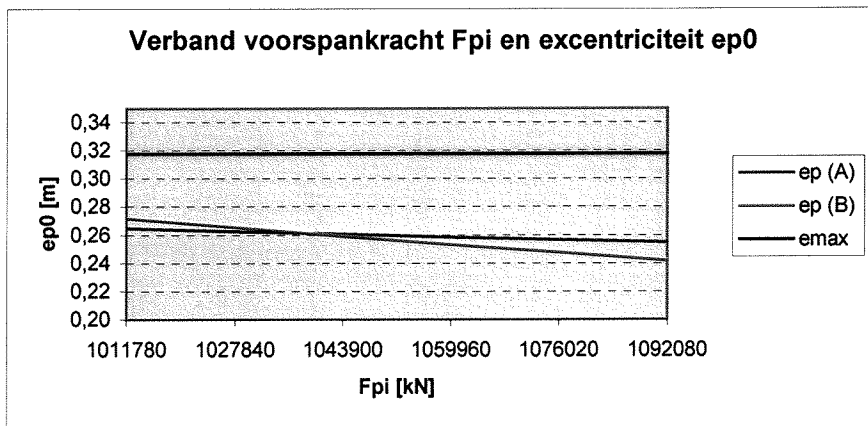
Bij een aanname van beugels  $\phi 12$  mm in de plaat wordt de ligging van de voorspanelementen als volgt:



figuur 3.12 - kabelplaatsing in middendoorsnede van de plaat

$$z_p = 35 + 12 + 70/2 = 82 \text{ mm}$$

$$e_{max} = y_b - z_p = 400 - 82 = 318 \text{ mm} = 0,318 \text{ m.}$$



figuur 3.13 - lijnen (A), (B) en emax

Het snijpunt van (A) en (B) ligt onder de lijn  $e_{\max}$ .  $F_{pi, \min}$  wordt gevonden door gelijkstelling van (A) en (B).

$$\frac{132813}{F_{pi}} + \frac{9,07}{68} = \frac{410156}{F_{pi}} - \frac{9,07}{68}$$

$$F_{pi, \min} = 1040039 \text{ kN.}$$

$1040039/1606 = 647,6$ . Er zijn dus 648 elementen vereist.

Kies 648 voorspanelementen.

De bijbehorende  $e_p$  wordt gevonden door  $F_{pi}$  in formule (A) in te vullen:

$$e_p \leq 132813/1040688 + 9,07/68$$

$$e_p \leq 0,261 \text{ m.}$$

De R en de  $\phi$  volgen uit de twee onderstaande formules:

$$R = \frac{l^2}{8 \cdot e_p} \quad \phi = \frac{4 \cdot e_p}{l}$$

$$e_p = 0,261 \text{ m.}$$

$$R = 25^2/(8 \cdot 0,261) = 299,4 \text{ m.}$$

$$\phi = 4 \cdot 0,261/25 = 0,0418 \text{ rad.}$$

### 3.5.2 Vaststellen verliezen

Zwaartelij van de voorspanelementen:

$$e_p = 0,261 \text{ m.}$$

Wrijvingsverlies door de aanvangsvoorspankracht:

Bij het voorspannen met nagerekt staal gaat, vooral bij gebogen voorspanelementen, een deel van de voorspankracht verloren door de wrijving tussen de voorspankabel en de omhullingsbuis. De voorspankracht, rekening houdend met de wrijvingsverliezen, is met onderstaande formule te berekenen:

$$F_{pi(m)} = F_{pi} \cdot e^{-\mu(\phi + \phi_1 \cdot x)}$$

$$x = 1/2 \cdot l = 1/2 \cdot 25 = 12,5 \text{ m}$$

$$\phi_1 = 0,01 \text{ rad}$$

$$\phi = 0,0418 \text{ rad}$$

$$\mu = 0,2$$

$$F_{pi} = 648 \cdot 1606 = 1040688 \text{ kN}$$

$$F_{pi(m)} = 1040688 \cdot e^{-0,2 \cdot (0,0418 + 0,01 \cdot 12,5)} = 1006553 \text{ kN}$$

$$F_{pi(m)}/n_p = 1006553/648 = 1553,3 \text{ kN per element.}$$

Elastische verkorting van de ligger:

Niet alleen de ligger maar ook de reeds gespannen kabels zullen korter worden door het spannen van één van de kabels. Voorafgaand aan het injecteren van de voorspankanalen verliezen de reeds gespannen kabels derhalve een deel van hun aanvangsspanning. De verliezen kunnen worden gecompenseerd door het overspannen van de voorspanelementen dan wel door het naspannen van de als eerste gespannen voorspanelementen, of door een combinatie van beide genoemde methoden.

Het verlies aan voorspankracht wordt door middel van overspannen gecompenseerd:

$$\Delta F_{pi} = (n_p - i) \cdot F_{pi} \cdot \frac{E_p \cdot A_p}{E_b \cdot A_b}$$

Het totale verlies bij n elementen bedraagt:

$$\sum \Delta F_{pi} = \frac{n_p \cdot (n_p - 1)}{2} \cdot F_{pi} \cdot \frac{E_p \cdot A_p}{E_b \cdot A_b}$$

$$n_p = 648$$

$$F_{pi} = 1040688 \text{ kN}$$

$$E_p = 200.000 \text{ N/mm}^2$$

$$A_p = 12.99 = 1188 \text{ mm}^2$$

$$E_b = 31.000 \text{ N/mm}^2$$

$$A_b = 68 \text{ m}^2$$

Het verlies aan voorspankracht in het eerste voorspanelement bedraagt:

$$\Delta F_{pi} = (648 - 1) \cdot \frac{1040688}{648} \cdot \frac{200.000 \cdot 1188}{31.000 \cdot 68 \cdot 10^6} = 117,1 \text{ kN}$$

$$117,1/1606 = 0,0729 = 7,29\%$$

Om de verliezen te compenseren moet worden voorgespannen tot  $1606 + 117,1 = 1723 \text{ kN}$ .

Maximaal te overspannen is 8,64%.

$$\sigma_{\max} = \sigma_{pi} + 8,64\%$$

$$\sigma_{\max} = (1606 \cdot 1000)/(99 \cdot 12) + 8,64\% = 1352 + 8,64\% = 1469 \text{ N/mm}^2.$$

$$\sigma_{\max} = 1469 \geq 1723 \cdot 10^3 / (99 \cdot 12) = 1450 \text{ N/mm}^2.$$

De maximale spanning wordt niet overschreden dus kan er extra worden voorgespannen.

Het totale verlies bij 648 elementen bedraagt:

$$\sum \Delta F_{pi} = \frac{648 \cdot (648 - 1)}{2} \cdot \frac{1040688}{648} \cdot \frac{200.000 \cdot 1188}{31.000 \cdot 68 \cdot 10^6} = 37946 \text{ kN}$$

Per element is dit gemiddeld  $37946/648 = 58,6 \text{ kN}$ .

Krimp van het beton:

Volgens artikel 6.1.6 van NEN 6720 volgt de krimpverktorting uit:

$$\varepsilon'_r = \varepsilon'_c \cdot k_b \cdot k_h \cdot k_p \cdot k_t \leq \varepsilon'_{\max}$$

$$\varepsilon'_r = 0,25\%_{\infty} \quad (\text{buitenlucht})$$

$$k_b = 0,7$$

$$k_h = 0,7 \quad (h_m = 2 \cdot A_b / O_b = 2 \cdot 68 / (2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 85) = 0,79 \text{ m})$$

$$k_t = 1,0 \quad (\text{voor } t = \infty)$$

$$k_p = 0,9 \quad (\text{voor } \omega = 0,5\%, \text{ hetgeen gebruikelijk is bij voorgespannen betonconstructies})$$

$$\varepsilon'_{r\infty} = -250 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = -110 \cdot 10^{-6}$$

Het minteken duidt op een verkorting.

Kruip van het beton:

Tengevolge van een bepaalde belasting op het beton zal niet alleen een elastische vervorming optreden, maar ook een in de tijd voortschrijdende plastische vervorming. Deze plastische vervorming (kruip) staat in een bepaalde verhouding tot de elastische vervorming, namelijk:

$$\varepsilon_{bc}(t) = \phi(t, t_c) \cdot \varepsilon_{be}$$

met  $\phi(t, t_c)$  volgens artikel 6.1.5 van NEN 6720:

$$\phi(t, t_c) = k_c \cdot k_d \cdot k_b \cdot k_h \cdot k_t \leq \phi_{\max}$$

Voor de belasting tengevolge van het eigengewicht en de voorspanning, die 14 dagen na het storten wordt aangebracht, betekent dit:

$$\begin{aligned}
 k_c &= 1,9 && \text{(buitenlucht)} \\
 k_d &= 1,2 && \text{(cementklasse A, 14 dagen)} \\
 k_b &= 0,7 \\
 k_h &= 0,7 && (h_m = 2 \cdot A_b / O_b = 2 \cdot 68 / (2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 85) = 0,79 \text{ m}) \\
 k_t &= 1,0 && \text{(voor } t = \infty) \\
 \phi_{g+F} &= 1,9 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 1,12
 \end{aligned}$$

Voor de waterbelasting zijn de factoren hetzelfde behoudens  $k_d$ , omdat de waterbelasting pas na 90 dagen wordt aangebracht.

$$\begin{aligned}
 k_d &= 0,7 && \text{(cementklasse A, 90 dagen)} \\
 \phi_w &= 1,9 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,65
 \end{aligned}$$

Het spanningsverlies in het voorspanstaal ten gevolge van krimp en kruip.

De algemene formule voor de vervorming van het beton:

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{E_b} \cdot \sigma_b \cdot (1 + \phi) + \varepsilon_{br\infty}$$

Er zijn twee belastingsgevallen met bijbehorende tijdstippen: g+F op t=14 dagen en w op t=90 dagen. Met genoemde belastingsgevallen en de compensatie van de elastische verkorting tengevolge van het spannen en het eigengewicht, wordt de formule voor de vervorming na het spannen:

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{E_b} \cdot (\sigma_{b,g+F} \cdot \phi_{g+F} + \sigma_{b,w} \cdot (1 + \phi_w)) + \varepsilon_{br\infty}$$

$$E_b = 31.000 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{br\infty} = -110 \cdot 10^{-6}$$

Voor de betonspanning ten gevolge van (g+F):

$$\begin{aligned}
 \sigma_{b,g+F} &= -\frac{F_{pi(m)}}{A_b} - \frac{F_{pi(m)} \cdot e_p^2}{I_b} + \frac{M_g \cdot e_p}{I_b} \\
 \sigma_{b,g+F} &= -\frac{1006553}{68} - \frac{1006553 \cdot (0,261)^2}{3,63} + \frac{132813 \cdot 0,261}{3,63} \\
 \sigma_{b,g+F} &= -24146 \text{ kN/m}^2 = -24,15 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Voor de betonspanning ten gevolge van w:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{b,w} &= +\frac{M_w \cdot e_p}{I_b} \\
 \sigma_{b,w} &= +\frac{215820 \cdot 0,261}{3,63} = +15529 \text{ kN/m}^2 = +15,53 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{E_b} \cdot (\sigma_{b,g+F} \cdot \phi_{g+F} + \sigma_{b,w} \cdot (1 + \phi_w)) + \varepsilon_{br\infty}$$

$$\varepsilon_{b\infty} = \frac{1}{31.000} \cdot (-24,15 \cdot 1,12 + 15,53 \cdot (1 + 0,65)) - 110 \cdot 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{b\infty} = -45,92 \cdot 10^{-6} - 110 \cdot 10^{-6} = -155,92 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta\sigma_{p,kr} = \varepsilon_{b\infty} \cdot E_p = -155,92 \cdot 10^{-6} \cdot 200.000 = -31,16 \text{ N/mm}^2$$

Relaxatie van het voorspanstaal:

Volgens artikel 4.1.4.5 van NEN 6720 dient het spanningsverlies in het voorspanstaal  $\Delta\sigma_p$  te worden bepaald met behulp van:

$$\Delta\sigma_p = 3 \cdot \Delta\sigma_{p,rel} \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{\Delta\sigma_{p,kr}}{\sigma_{pi}} \right)$$

$$\sigma_{pi} = \frac{F_{pi(m)}}{A_p} = \frac{(1006553 \cdot 10^3) / 648}{99 \cdot 12} = 1308 \text{ N/mm}^2$$

$\Delta\sigma_{p,rel}$  is afhankelijk van de verhouding  $\sigma_{pi}/f_{pu,rep} = 1308/1860 = 0,7030$  in procenten.

Met behulp van tabel pag 6-18 volgt voor 70,30% de waarde van 2,5593. Deze waarde wordt vervolgens ingevoerd in onderstaande formule en daaruit volgt de waarde van  $\Delta\sigma_{p,rel}$  (de relaxatie na 1.000 uur):

$$\Delta\sigma_{p,rel} = \frac{\%tabel \cdot \sigma_{pi}}{100} = \frac{2,5593 \cdot 1308}{100} = 33,46 \text{ N/mm}^2$$

De relaxatie van het voorspanstaal wordt nu:

$$\Delta\sigma_p = 3 \cdot 33,46 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{31,16}{1308} \right) = 95,60 \text{ N/mm}^2$$

Bepaling van de werkvoorspankracht op  $t=\infty$ :

$$F_{pw(m)} = F_{pi(m)} - (\Delta\sigma_{p,kr} + \Delta\sigma_p)$$

$$F_{pw(m)} = \left\{ \frac{1006553}{648} - (31,16 + 95,60) \cdot 99 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \right\} \cdot 648$$

$$F_{pw(m)} = \{1553,3 - 150,6\} \cdot 648 = 908967 \text{ kN}$$



### 3.5.3 Spanningscontroles

Tijdens het spannen mag de drukspanning  $\sigma'_{bi}$  in het beton niet hoger zijn dan:

$$\sigma'_{bi} \leq 0,75 \cdot f_{bi} = 0,75 \cdot (0,6 \cdot 55) = 24,75 \text{ N/mm}^2$$

Bij volle voorspanning moet verder gelden:

$$\sigma_{bi} \leq 0 \text{ N/mm}^2$$

De geldende grenzen zijn voor de onder en de bovenzijde:  $0 \geq \sigma_{bi} \geq -24,75 \text{ N/mm}^2$

Voor de bovenzijde in middendoorsnede op  $t=0$  geldt:

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= -\frac{F_{pi(m)}}{A_b} + \frac{F_{pi(m)} \cdot e_p}{W_{bb}} - \frac{M_g}{W_{bb}} \\ \sigma_{bi} &= -\frac{1006553}{68} + \frac{1006553 \cdot 0,261}{9,07} - \frac{132813}{9,07} \\ \sigma_{bi} &= -480,5 \text{ kN/m}^2 = -0,4805 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Voor de onderzijde in middendoorsnede op  $t=0$  geldt:

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= -\frac{F_{pi(m)}}{A_b} - \frac{F_{pi(m)} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_g}{W_{bo}} \\ \sigma_{bi} &= -\frac{1006553}{68} - \frac{1006553 \cdot 0,261}{9,07} + \frac{132813}{9,07} \\ \sigma_{bi} &= -29124 \text{ kN/m}^2 = -29,124 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$0 \geq -0,4805 \geq -24,75 \text{ N/mm}^2$$

De spanningscontrole van de bovenzijde in de middendoorsnede voldoet.

$$0 \geq -29,124 \text{ maar voldoet niet aan de eis } 0 \geq \sigma_{bi} \geq -24,75 \text{ N/mm}^2$$

De spanningscontrole aan de onderzijde van de plaat in de middendoorsnede voldoet niet! De voorspanning in de bouwfase is te groot, omdat de ontstane drukspanningen aan de onderzijde van de plaat te groot zijn.

De oplossing is om in de bouwfase slechts deels voor te spannen en om bij het aanbrengen van de waterbelasting de spanning tot de maximale waarde op te voeren.

$$-24750 = -\frac{F_{pi(m)}}{68} - \frac{F_{pi(m)} \cdot 0,261}{9,07} + \frac{132813}{9,07}$$

$$F_{pi(m)} = 905972 \text{ kN}$$

$$F_{pi(m)}/F_{pi} = 905972/1040688 = 0,87.$$

De voorspanning mag in de bouwfase slechts 87% van de benodigde voorspanning bedragen. De resterende 13% wordt na belasting bijgespannen.

Voor de onderzijde in middendoorsnede op  $t=\infty$  geldt:

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= -\frac{F_{pw(m)}}{A_b} - \frac{F_{pi(m)} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_{g+w}}{W_{bo}} \leq 0 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{bi} &= -\frac{908967}{68} - \frac{908967 \cdot 0,261}{9,07} + \frac{348633}{9,07} \\ \sigma_{bi} &= -1077 \text{ kN/m}^2 = -1,077 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{bi} &= -1,077 \leq 0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

De betondrukspanning voldoet aan de gestelde voorwaarde.

### 3.5.4 Bezwijkcontrole op buiging

Het moment van de belasting ( $M_d$ )  $\leq$  het bezwijkmoment van de constructie ( $M_u$ ) in de uiterste grenstoestand.

$$M_d = \gamma_g \cdot M_G + \gamma_w \cdot M_w - \gamma_p \cdot M_p$$

$$\gamma_g = \gamma_w = 1,35 \text{ en } \gamma_p = 1,0$$

In de uiterste grenstoestand dient te worden gerekend met een tot de rand toe gevuld aquaduct.

$$M_{g,d} = 132813 \text{ kNm}$$

$$q_{\Delta w} = 85 \cdot 0,6 \cdot 10 = 510 \text{ kN/m}$$

$$M_{\Delta w} = 1/8 \cdot 510 \cdot 25^2 = 39844 \text{ kNm}$$

$$M_{w+\Delta w} = 215820 + 39844 = 255664 \text{ kNm}$$

$$q_p = F_{pw}/R = 908967/299,4 = 3036 \text{ kN/m}$$

$$M_p = 1/8 \cdot 3036 \cdot 25^2 = 237198 \text{ kNm}$$

$$M_d = 1,35 \cdot 132813 + 1,35 \cdot 255664 - 1,0 \cdot 237198$$

$$M_d = 287245 \text{ kNm}$$

$$M_u = A_p \cdot (\sigma_{pu} - \sigma_{pw}) \cdot (d_p - \beta \cdot x_u) + F_{pw} \cdot (z_b - \beta \cdot x_u)$$

$$A_p = 99 \cdot 12 \cdot 648 = 769824 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{pu} > 0,9 \cdot f_{pu} = 0,9 \cdot 1690 = 1521 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pw} = F_{pw}/A_p = 908967 \cdot 10^3 / 769824 = 1181 \text{ N/mm}^2$$

$$d_p = z_b + e_p = 0,400 + 0,261 = 0,661 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,75$$

$$\beta = 0,39$$

$$F_{pw} = 908967 \text{ kN}$$

$$x_u = (0,9 \cdot f_{pu} \cdot A_p) / (\alpha \cdot b \cdot f_b) = (0,9 \cdot 1690 \cdot 99 \cdot 12 \cdot 648) / (0,75 \cdot 85000 \cdot 33) = 557 \text{ mm}$$

$$N'_b = \alpha \cdot b \cdot x_u \cdot f_b = 0,75 \cdot 85000 \cdot 557 \cdot 33 = 1170902 \text{ kN}$$

$$M_u = 769824 \cdot (1521 - 1181) \cdot (661 - 0,39 \cdot 557) + 908967 \cdot 10^3 \cdot (400 - 0,39 \cdot 557)$$

$$M_u = 282551 \text{ kNm}$$

$M_u < M_d$  Dit betekent dat de constructie de maximale belasting niet kan opnemen en zal bezwijken! Om de constructie toch te laten voldoen, zal de hoogte van de plaat groter moeten worden. De vereiste hoogte zal, na de controle op dwarskracht, worden berekend.

#### CONTROLE BROSSE BREUK

Indien het scheurmoment  $M_r <$  het bezwijkmoment  $M_u$  dan zal de constructie waarschuwen door scheurvorming voordat de constructie zal bezwijken.

Scheuren zullen ontstaan, indien de trekspanning in het beton groter wordt dan de waarde van  $1,4 \cdot f_{bm} = f_{br}$  (de buigtreksterkte).

$$f_{bm} = 2 \cdot f_b \text{ met } f_b = f_{b,rep} / \gamma_m$$

$$f_{b,rep} = 0,7 \cdot (1,05 + 0,05 \cdot f_{ck})$$

$$\gamma_m = 1,4$$

$$\text{Hieruit volgt dat: } f_{bm} = 1,05 + 0,05 \cdot f_{ck}$$

De constructie zal scheuren indien:

$$-\frac{F_{pw}}{A_b} - \frac{F_{pw} \cdot e_p}{W_{bo}} + \frac{M_{g+w}}{W_{bo}} = 1,4 \cdot f_{bm} = f_{br}$$

Het scheurmoment wordt dus:

$$M_r = M_{g+w} - F_{pw} \cdot e_p = \left( f_{br} + \frac{F_{pw}}{A_b} \right) \cdot W_{bo}$$

$$f_{br} = 1,4 \cdot f_{bm}$$

$$f_{bm} = 1,05 + 0,05 \cdot f_{ck} = 1,05 + 0,05 \cdot 55 = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{br} = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32 \text{ N/mm}^2$$

$$M_r = (5,32 + (908967 \cdot 10^3) / (68 \cdot 10^6)) \cdot 9,07 \cdot 10^9 = 169430 \text{ kNm}$$

$M_r < M_u$  Er is een waarschuwing door scheurvorming voor het bezwijken van de constructie, echter met de kanttekening dat de constructie op buiging niet voldoet!

### 3.5.5 Bezwijkcontrole op afschuiving

De belasting in de uiterste grenstoestand is:

$$q_d = 1,35 \cdot (g + w + \Delta w) - 1,0 \cdot F_{pw} / R$$

$$g = 1700 \text{ kN/m}$$

$$w + \Delta w = 2762,5 + 510 = 3272,5 \text{ kN/m}$$

$$F_{pw} = 908967 \text{ kN}$$

$$R = 299,4 \text{ m}$$

$$q_d = 1,35 \cdot (1700 + 3272,5) - 1,0 \cdot 908967 / 299,4 = 3677 \text{ kN/m}$$

$$V_d = 1/2 \cdot q_d \cdot l = 1/2 \cdot 3677 \cdot 25 = 45959 \text{ kN}$$

$$\tau_d = V_d / (b \cdot d) \text{ met } d = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 0,800 = 0,76 \text{ m}$$

$$\tau_d = 45959 / (85 \cdot 0,95 \cdot 0,8) = 711 \text{ kN/m}^2 = 0,711 \text{ N/mm}^2$$

In gebieden waar trekscheuren ontstaan, mag voor het berekenen van de waarde van  $\tau_1$  de volgende formule worden toegepast:

$$\tau_1 = 0,4 \cdot f_b + 0,15 \cdot \sigma'_{bmd}$$

$$f_b = 0,5 \cdot (1,05 + 0,05 \cdot f_{ck}) = 0,5 \cdot (1,05 + 0,05 \cdot 55) = 1,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{bmd} = F_{pw} / A_b = 908967 / 68 = 13367 \text{ kN/m}^2 = 13,367 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 0,4 \cdot 1,90 + 0,15 \cdot 13,367 = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_u = \tau_1 > \tau_d$$

De constructie zal dus niet bezwijken op afschuiving!

### 3.6 Herberekening plaat

Opmerking vooraf:

De berekeningen uit paragraaf 3.5 zijn in een spreadsheet ingevoerd. Het spreadsheetmodel geeft de mogelijkheid om voor meerdere waarden van  $h$  (de hoogte van de plaat) op een snelle manier het geheel door te rekenen. De resultaten staan in tabel 3.1 vermeld. Het betreft hier:

- $n_p$ , het benodigde aantal voorspanelementen;
- $F_{pi(m)}/F_{pi}$ , het percentage voorspanning dat in de bouwfase mag worden aangebracht;
- $M_d$ , het moment van de belasting;
- $M_u$ , het bezwijkmoment van de constructie;
- $M_r$ , het scheurmoment van de constructie.

In alle gevallen wordt aan het criterium bezwijken op afschuiving voldaan.

$h$ [m]	0,80	0,85	0,90
$n_p$ [-]	648	613	582
$F_{pi(m)}/F_{pi}$ [-]	0,87	0,94	1,01
$M_d$ [kNm]	287245	290171	293164
$M_u$ [kNm]	282551	313516	340379
$M_r$ [kNm]	185590	201384	217632

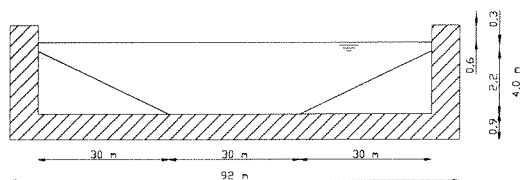
tabel 3.1 - herberekening plaat

De berekeningen uit paragraaf 3.5 zijn opnieuw uitgevoerd met toenemende waarden van de constructiehoogte  $h$ . Bij toenemende waarde van  $h$  neemt het aantal voorspanelementen af en neemt het volume te storten beton slechts in geringe mate toe. Dit laatste leidt tot een grotere vloerdikte. Opgemerkt zij, dat de afname van het aantal voorspanelementen en de geringe toename van het betonvolume financieel zeer aantrekkelijk zijn. De voorspanelementen zijn immers in verhouding duurder dan het te storten beton. Een bijkomend voordeel van een grotere  $h$  is dat de voorspanelementen in de bouwfase tot bijna de vereiste voorspankracht mogen worden voorgespannen. Het is gecompliceerder om een constructie, die in de gebruiksfase moet worden nagespannen, te bouwen dan een constructie, waarbij reeds in de bouwfase de volledige voorspanning mag worden aangebracht. Als  $h = 0,90$  m, dan hoeft de constructie in de gebruiksfase niet te worden nagespannen.

Als  $h = 0,80$  m, dan geldt dat het moment van de belasting ( $M_d$ ) > het bezwijkmoment van de constructie ( $M_u$ ). Als  $h = 0,85$  m, dan geldt dat  $M_d < M_u$  en dus voldoet de constructie.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat een toename van  $h$  vereist is om de constructie op buiging te laten voldoen. Als  $h = 0,80$  m, dan voldoet de constructie niet; als  $h = 0,85$  m, dan voldoet de constructie wel. Opgemerkt zij, dat als  $h = 0,85$  m er echter nog in twee fasen dient te worden voorgespannen.

Als  $h = 0,90$  m, dan voldoet de constructie niet alleen op buiging, maar mag de constructie in de bouwfase volledig direct worden voorgespannen. Op basis van de voorafgaande overwegingen wordt dan ook gekozen voor een constructiehoogte van 0,90 meter. In figuur 3.14 wordt de gedimensioneerde U-bakconstructie weergegeven.



figuur 3.14 - doorsnede U-bakconstructie

## 4 Conclusies en aanbevelingen

De vergelijking van de beide boortunnelvarianten beperkt zich tot het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé. Het zuidelijk gedeelte van het tracé is niet met kleine aanpassingen en/of aanvullingen op Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant te verbeteren. Het noordelijk gedeelte van het tracé uit het Referentieontwerp van de korte boortunnelvariant leent zich wel voor wijzigingen. Een mogelijke aanpassing van het tracé is uitgewerkt in de zogeheten “Berkers” boortunnelvariant. Een schematische weergave van de effecten voor het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé staat puntsgewijs in tabel 4.1 weergegeven. De criteria zijn overeenkomstig met die van de tabel uit paragraaf 1.1.

	Korte boortunnelvariant	“Berkers” boortunnelvariant
Aantasting openheid	-	+
Aantasting cultuurhistorische waarden	-	++
Verbreking van ecologische relaties	-	+/-
Aantasting bestaande woonlocaties	-	-
Aantasting geplande bedrijventerreinen	--	++
Aantasting bestaande recreatieve verbindingroutes	-	++
Aantasting stiltegebieden	-	+
Geluidsbelast oppervlak	-	+

tabel 4.1 - vergelijking korte boortunnelvariant met “Berkers” boortunnelvariant

Uit het onderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat met geringe wijzigingen in de korte boortunnelvariant grote positieve effecten inzake verbetering bereikt kunnen worden. Deze constatering geldt slechts voor het noordelijk gedeelte van het boortunneltracé.

De grote positieve effecten worden bereikt op basis van de inbreng van de volgende twee factoren:

- De bepaling van het verticale alignement
- De positionering van het op maaiveld laten komen van het tracé

De toevoeging van het aquaduct voor de Does is, als afgeleide van bovengenoemde positionering, een zeer gewichtige factor bij de vergroting van het positieve effect.

Op basis van datgene dat gesteld is in paragraaf 1.1, citaat:

“De effecten van de lange boortunnelvariant zijn voor het zuidelijk gedeelte van het boortunneltracé - het gedeelte ten zuiden van de Oude Rijn – zeer positief. De stiltegebieden in Polder Groenendijk worden immers in deze variant geheel ontlast, het geluidsbelast oppervlak wordt tot een minimum beperkt en de lintbebouwing van Westeinde wordt niet doorsneden. Daarnaast blijft het mogelijk om de geplande recreatieve ontwikkelingen in de polder ongewijzigd doorgang te laten vinden. De openheid wordt niet aangetast, hetgeen tot gevolg heeft dat de verre uitzichten door de karakteristieke polder mogelijk blijven.

De korte boortunnelvariant is voor dit gedeelte van het tracé niet interessant. Vanwege de maaiveldligging is deze variant in financieel opzicht zeer aantrekkelijk; op alle genoemde thema’s scoort deze variant heel slecht. Niet alleen de slechte scores maar ook het gebrek aan aanpassingsmogelijkheden zijn debet aan het onaantrekkelijke karakter van de korte boortunnelvariant voor dit gedeelte tracé.”,

is de conclusie dat de korte boortunnelvariant voor het zuidelijke gedeelte van het boortunneltracé niet geschikt is om met diverse compenserende maatregelen en enige aanpassingen in het ontwerp als gelijkwaardig alternatief voor de lange boortunnelvariant te dienen.

Uitgaande van de constatering dat op alle effecten negatief wordt gescoord, kan geconcludeerd worden dat compenserende maatregelen contraproductief werken.

Voor het noordelijke gedeelte van het boortunneltracé is de conclusie dat het ontwerp van de korte boortunnelvariant met aanpassingen wel als een gelijkwaardig alternatief kan dienen. De effecten van de "Berkers" boortunnelvariant op de omgeving, zie tabel 4.1, staven de bovenstaande conclusie.

Enkele aanbevelingen in het kader van de inpassing van het aangepaste korte boortunnelontwerp:

- Onderzoek naar de kostenramingen van gewenste inpassingsalternatieven, opdat een vergelijking, op financieel vlak, tussen beide varianten plaats kan vinden. Hierbij heeft de vergelijking tussen beide varianten op het noordelijk gedeelte de hoogste prioriteit.
- Haalbaarheidsstudie van de uitvoering van het zuidelijk gedeelte van de korte boortunnelvariant in een "cut&cover" tunnel in plaats van de maaiveldligging op de zettingsvrije plaat. De studie dient te worden toegespitst op de financiële aspecten, verbonden aan de "cut&cover" methode.

## Literatuurlijst

- [1] **ir.H. Abbenhuis**  
Ontwerp van het Gouwe-aquaduct  
Cement 1980, nr2
  
- [2] **Prof.dr.ir.F.B.J. Barends**  
Grondwatermechanica, Syllabus  
TU Delft, september 1996
  
- [3] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp, Geluidsimmissie activiteiten bouwfase HSL-Zuid  
november 1998
  
- [4] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp, Trillingen tijdens de bouw boortunnel en de exploitatie van de HSL  
november 1998
  
- [5] **Projectbureau Boortunnel**  
Interne verkenning verlaging kruising A4/HSL  
Utrecht, 7 oktober 1999
  
- [6] **Projectbureau Boortunnel**  
Referentieontwerp Toerit Noord, diverse rapporten en kaartbijlagen  
Utrecht, november 1998
  
- [7] **Projectbureau Boortunnel**  
Programma van Eisen Boortunnel Groene Hart  
Utrecht, november 1998
  
- [8] **Bouwdienst Magazine**  
Blinde vlek van de m.e.r. (Bouwdienst geeft ruimte aan belevingswaardenonderzoek), pag 21 t/m 23  
maart 1999
  
- [9] **CUR**  
CUR rapport 93-8A, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport A: Marktverkenning
  
- [10] **CUR**  
CUR rapport 93-8B, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport B: Integrale Afweging
  
- [11] **CUR**  
CUR rapport 93-8D, Ondergronds Overwegen,  
Eindrapport van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers-Infrastructuur,  
Deelrapport D: Milieu Effect Rapportage

- [12] **ir.C.P.W.J. Genders**  
Aquaduct Veluwemeer: Erop én eronder  
Cement 1998, nr3
  
- [13] **Prof.Dr.-Ing.I.A. Hansen**  
Collegedictaat CTvk3049, Deel B: Ontwerp van wegen en spoorwegen  
TU Delft, augustus 1998
  
- [14] **Afdeling Beleidsevaluatie en –instrumentatie van het Ministerie van Financiën**  
Evaluatiemethoden, een introductie, 4e herziene druk  
SDU uitgeverij, Den Haag 1992
  
- [15] **Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer**  
Nieuwe HSL-Nota,  
deelrapport 11: Milieu en Ruimtelijke Ordening: effecten ten noorden van Rotterdam  
maart 1994
  
- [16] **Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer**  
Nieuwe HSL-Nota, bijlage 4 bij deelrapport 11: Thematische kaarten  
maart 1994
  
- [17] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Partiële herziening Planologische Kernbeslissing HSL-Zuid  
betreffende de boortunnel onder het Groene Hart  
april 1999
  
- [18] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Toelichting Besluit  
begin 1998
  
- [19] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Tracédeel 2  
begin 1998
  
- [20] **De minister van Verkeer en Waterstaat en de minister van VROM**  
Tracébesluit Hogesnelheidslijn-Zuid, Tracédeel 3  
begin 1998
  
- [21] **Nederlands Normalisatie-instituut**  
Voorschriften Beton TGB 1990, Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC 1995), NEN 6720  
2e druk, Delft, september 1995
  
- [22] **Projectorganisatie HSL-Zuid**  
Integraal Projectplan HSL-Zuid  
Utrecht, juli 1999
  
- [23] **Prof.dr.ir.H.A.J. de Ridder**  
Inleiding Functioneel Ontwerpen, Collegedictaat  
TU Delft, augustus 1998



- [24] **Prof.dr.ir.H.A.J. de Ridder**  
Integraal Ontwerpen, Individuele Ontwerpopdracht, Collegedictaat  
TU Delft, april 1999
- [25] **Karl Riesebosch**  
Afstudeerverslag "de grond in geboord?"  
maart 1998
- [26] **Prof.ir.A.F. van Tol**  
Funderingstechnieken  
TU Delft, september 1995
- [27] **Prof.dr.ir.A. Verruijt**  
Grondmechanica  
Delftse Uitgevers Maatschappij, eerste druk 1983
- [28] **Prof.dr.ir.A. Verruijt**  
Grondwatermechanica, Handleiding bij het college  
TU Delft, september 1996
- [29] **Prof.drs.ir.J.K. Vrijling**  
Constructieve Waterbouwkunde, Deel A: Algemeen  
TU Delft, februari 1999
- [30] **Prof.drs.ir.J.K. Vrijling**  
Constructieve Waterbouwkunde, Deel B: Schutsluizen  
TU Delft, februari 1999
- [31] **Prof.dr.ir.J.C. Walraven, ir.J.C. Galjaard**  
Voorgespannen Beton  
BetonPrisma, 's-Hertogenbosch 1997

## Referenties

- ing. W.A.D. van de Ven, afdeling Beleids- en Projectanalyse Bouwdienst Rijkswaterstaat
- mw. M.J.A. Mul, afdeling Beleids- en Projectanalyse Bouwdienst Rijkswaterstaat
- ing. K.C. van Kemenade, afdeling Bedrijfsvoering en Projectondersteuning Bouwdienst Rijkswaterstaat
- Sectie Waterbouwkunde, Faculteit der Civiele Techniek, T.U. Delft
- Sectie Infrastructuur, Faculteit der Civiele Techniek, T.U. Delft
- Bouwdienst Rijkswaterstaat, Westraven te Utrecht
- Projectorganisatie HSL-Zuid, Afdeling Boortunnel, Westraven te Utrecht
- Projectorganisatie HSL-Zuid, Projectdirectie, Radbouttoren te Utrecht

## Lijst van symbolen

### Symbolenlijst

#### Symbolenlijst\*

##### a. Latijnse hoofdletters

$A_b$	oppervlakte van de betondoorsnede
$A_p$	oppervlakte van de doorsnede van voorspanstaal
$A_s$	oppervlakte van de doorsnede van betonstaal
$A_{sb}$	oppervlakte van de doorsnede van beugels of haarspelden
$A_{sv}$	oppervlakte van de dwarskracht- c.q. afschuifwapening
$E_b$	<i>elasticiteitsmodulus beton</i>
$E'_b$	<i>fictieve elasticiteitsmodulus beton voor op <math>t = 0</math> aangrijpende belastingen</i>
$E''_b$	<i>fictieve elasticiteitsmodulus beton voor belastingen die na <math>t = 0</math> aangrijpen</i>
$E_p$	elasticiteitsmodulus van voorspanstaal
$E_s$	elasticiteitsmodulus van betonstaal
$F_p$	voorspankracht
$F_{pi}$	aanvangsvoorspankracht onmiddellijk na het spannen
$F_{po}$	voorspankracht tijdens het spannen
$F_{pw}$	werkvoorspankracht ( $t \rightarrow \infty$ )
$G$	permanente belasting (geen grootheid)
$I_b$	<i>traagheidsmoment van de betondoorsnede</i>
$I_p$	<i>traagheidsmoment van het voorspanstaal ten opzichte van de neutrale as</i>
$I_s$	<i>traagheidsmoment van het betonstaal ten opzichte van de neutrale as</i>
$M_b$	<i>moment dat door de betondoorsnede wordt opgenomen</i>
$M_d$	rekenwaarde van het buigend moment in de uiterste grenstoestand
$M_{dec}$	<i>het decompressie of ontspanmoment</i>
$M_{eg,rep}$	buigend moment ten gevolge van het eigen gewicht in de bruikbaarheidsgrenstoestand
$M_g$	buigend moment ten gevolge van de permanente belasting (rustende belasting + eigen gewicht)
$M_{g,rep}$	buigend moment ten gevolge van de permanente belasting (rustende belasting + eigen gewicht) in de bruikbaarheidsgrenstoestand
$M_p$	<i>moment dat wordt opgenomen door het voorspanstaal</i>
$M_p$	buigend moment ten gevolge van de voorspanbelasting
$M_{p,rep}$	buigend moment ten gevolge van de voorspanbelasting in de bruikbaarheidsgrenstoestand
$M_q$	buigend moment ten gevolge van de veranderlijke belasting
$M_{q,rep}$	buigend moment ten gevolge van de veranderlijke belasting in de bruikbaarheidsgrenstoestand
$M_{rb}$	buigend moment ten gevolge van de rustende belasting
$M_{rb,rep}$	buigend moment ten gevolge van de rustende belasting in de bruikbaarheidsgrenstoestand
$M_r$	buigend moment waarbij scheurvorming optreedt (scheurmoment)
$M_{rep}$	buigend moment in de bruikbaarheidsgrenstoestand
$M_s$	<i>moment dat door het betonstaal wordt opgenomen</i>
$M_u$	uiterst opneembare buigend moment (breukmoment)
$N_b$	normaalkracht in het beton
$N_d$	rekenwaarde van de normaalkracht in de uiterste grenstoestand
$N'_d$	rekenwaarde van de normaaldrukkraft in het beton anders dan door voorspanning
$N'_{pd}$	rekenwaarde van de effectieve normaaldrukkraft in het beton ten gevolge van de voorspankracht
$N_p$	kracht in het voorspanstaal
$N_f$	<i>scheurtrekkraft van het beton</i>
$N_{rep}$	representatieve waarde van de normaalkracht zonder voorspanning
$N_s$	kracht in het betonstaal

\* de geursiveerde symbolen hebben een afwijkende betekenis van NEN 6720, of zijn symbolen die niet voorkomen in NEN 6720.

Symbolenlijst

$N_{sp}$	splijttrekkkracht
$N_u$	uiterst opneembare normaalkracht door de doorsnede
$O_b$	omtrek van de betondoorsnede
$O_s$	totale omtrek van de wapeningsstaven (ten behoeve van de scheurwijdteberekening)
$P$	voorspanbelasting (geen grootheid)
$Q$	veranderlijke belasting (geen grootheid)
$V_b$	<i>deel van de dwarskracht dat wordt opgenomen door het beton</i>
$V_d$	rekenwaarde van de dwarskracht
$V_s$	uiterst opneembare dwarskracht door de dwarskrachtwapening
$V_u$	dwarskrachtcapaciteit van de doorsnede
$W_b$	<i>weerstandsmoment van de betondoorsnede</i>
$W_{bb}$	<i>weerstandsmoment van de bovenzijde van de betondoorsnede</i>
$W_{bo}$	<i>weerstandsmoment van de onderzijde van de betondoorsnede</i>
<b>b. Latijnse kleine letters</b>	
$d_p$	afstand tussen het voorspanstaal en de meest gedrukte rand
$d_s$	afstand tussen het betonstaal en de meest gedrukte rand
$eg$	eigen gewicht
$e_b$	<i>excentriciteit van de betondoorsnede</i>
$e_p$	excentriciteit van de voorspankracht ten opzichte van de zwaartelij van de ongescheurd veronderstelde doorsnede
$e_s$	excentriciteit van het betonstaal ten opzichte van de zwaartelij van de ongescheurd veronderstelde doorsnede
$f_b$	rekenwaarde van de treksterkte van het beton
$f'_b$	rekenwaarde van de druksterkte van het beton
$f'_{bt}$	rekenwaarde van de druksterkte van het beton op een bepaald tijdstip $t$
$f_{bm}$	gemiddelde treksterkte van het beton
$f_{br}$	gemiddelde buigtreksterkte van het beton
$f_{bvar}$	treksterkte van het beton (als variabele)
$f_{ck}$	karakteristieke kubusdruksterkte
$f_{cm}$	gemiddelde kubusdruksterkte
$f_p$	rekenwaarde van de 0,1%-rekgrens van het voorspanstaal
$f_{prep}$	representatieve waarde van de 0,1%-rekgrens van het voorspanstaal
$f_{pu}$	rekenwaarde van de treksterkte van het voorspanstaal
$f_{puprep}$	representatieve waarde van de treksterkte van het voorspanstaal
$f_s$	rekenwaarde van de treksterkte van het betonstaal
$h_m$	fictieve dikte van de betondoorsnede
$h_w$	<i>meewerkende hoogte van het beton bij een scheurwijdteberekening</i>
$k_a$	$\frac{A_p}{A_p + A_s}$ ; verhouding wapeningsdoorsneden
$k_b$	<i>afstand van de zwaartelij tot het bovenkernpunt</i>
$k_e$	weegfactor voor de ligging van het voorspanstaal ten opzichte van de meest getrokken rand, volgens NEN 6720, artikel 8.7.4
$k_o$	<i>afstand van de zwaartelij tot het onderkernpunt</i>
$\Delta l_b$	<i>verlenging van het beton</i>
$\Delta l_{bc}$	<i>verkorting van het beton door kruip</i>
$\Delta l_{be}$	<i>elastische verkorting van beton</i>
$\Delta l_{br}$	<i>verkorting van het beton door krimp</i>
$l_s$	<i>storingslengte volgens Saint-Venant</i>
$l_{min}$	minimale overspanning
$l_o$	overdrachtslengte voorspanstaal volgens NEN 6720, artikel 9.7
$\Delta l_p$	verlenging van het voorspanstaal

II

Symbolenlijst

$l_{po}$	totale overdrachtslengte van het voorspanstaal in de uiterste grenstoestand
$l_{pt}$	overdrachtslengte voorspanstaal ten behoeve van een scheurwijdeberekening
$\Delta l_s$	elastische verkorting/verlenging van het staal
$l_{spl}$	lengte van het vervangingsprisma
$l_{st}$	overdrachtslengte betonstaal ten behoeve van een scheurwijdeberekening
$l_{vc}$	basisverankeringslengte
$n_e$	$\frac{E_s}{E_b} \left( \text{of} \frac{E_p}{E_b} \right)$
$q_{eg}$	gelijkmatig verdeelde belasting ten gevolge van het eigen gewicht
$q_g$	gelijkmatig verdeelde permanente belasting
$q_p$	gelijkmatig verdeelde belasting ten gevolge van de voorspanning
$q_q$	gelijkmatig verdeelde veranderlijke belasting
$t_c$	ouderdom beton
$w_m$	gemiddelde scheurwijde
$w_{max}$	maximale scheurwijde
$x_u$	hoogte van de betondrukzone in de uiterste grenstoestand
$z_b$	afstand van zwaartelijf of buigingsas tot meest gedrukte rand
$z_p$	zwaartepuntsafstand van het voorspanstaal
$z_s$	zwaartepuntsafstand van het betonstaal
<b>c. Griekse letters</b>	
$\epsilon_b$	rek van het beton
$\epsilon_{bc}$	kruipevervorming van het beton
$\epsilon_{be}$	elastische vervorming van het beton (bij krimp en kruip)
$\epsilon_{br}$	krimp van het beton
$\epsilon_{bu}$	breukstuik van beton
$\epsilon_p$	rek van het voorspanstaal
$\Delta \epsilon_p$	toename van de rek in het voorspanstaal
$\epsilon_{pi}$	aanvangsrek van het voorspanstaal onmiddellijk na het spannen
$\epsilon_{po}$	aanvangsrek van het voorspanstaal tijdens het spannen
$\epsilon_{pu}$	breukrek van het voorspanstaal
$\epsilon_{pw}$	rek van het voorspanstaal bij de werkvoorspanning ( $t \rightarrow \infty$ )
$\epsilon'_t$	specifieke krimpverkorting volgens NEN 6720, artikel 6.1.6
$\epsilon_s$	rek van het betonstaal
$\epsilon_{scr}$	rek van het staal in een scheur
$\epsilon_{so}$	rek van het staal in de ongescheurde doorsnede voor de scheurwijdeberekening
$\epsilon^*_{so}$	rek van het staal bij $\sigma^*_{so}$
$\epsilon_{sr}$	rek van het staal ten gevolge van het scheurmoment/de scheurtrekkkracht van het beton
$\epsilon_{su}$	breukrek van het betonstaal
$\phi_i$	coëfficiënt voor het zogenaamde Wobble-effect, in rad/m
$\phi_{km}$	gemiddelde kenmiddellijn
$\phi_p$	diameter voorspanelement
$\phi_s$	diameter betonstaalstaaf
$\gamma_m$	materiaalfactor
$\sigma_b$	drukspanning in het beton
$\sigma_s$	(buig)trekspanning in het beton
$\sigma_{bb}$	spanning in het beton aan de bovenzijde van de doorsnede
$\sigma'_{bi}$	aanvangsdrukspanning in het beton
$\sigma'_{brnd}$	gemiddelde betondrukspanning ten gevolge van de rekenwaarde van de normaalkracht inclusief voorspanbelasting

III

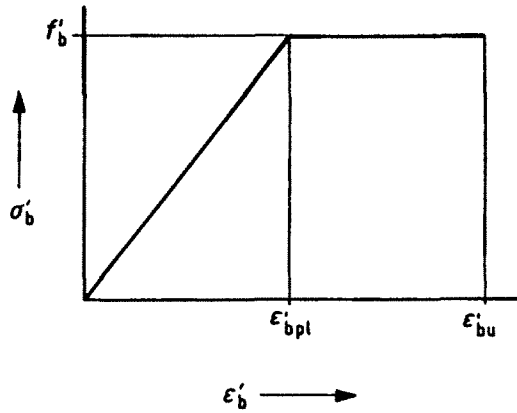
Symbolenlijst

$\Delta\sigma'_{bmd}$	het gemiddelde drukspanningsverlies ten gevolge van verhinderde vervormingen van het beton en van een eventueel uitwendig aangrijpende normaalkracht
$\sigma_{bmd}$	gemiddelde betontrekspanning ten gevolge van de rekenwaarde van de normaalkracht inclusief voorspanbelasting
$\sigma_{bo}$	<i>spanning in het beton aan de onderzijde van de doorsnede</i>
$\sigma'_{bp}$	drukspanning in het beton ten gevolge van de voorspanning
$\sigma_p$	spanning in het voorspanstaal
$\Delta\sigma_p$	spanningsverlies in het voorspanstaal
$\Delta\sigma_{pcr}$	<i>spanningstoename in het voorspanstaal in een scheur</i>
$\sigma_{pi}$	spanning in het voorspanstaal onmiddellijk na het spannen
$\Delta\sigma_{pkr}$	<i>spanningsverlies in het voorspanstaal ten gevolge van krimp en kruip</i>
$\sigma_{po}$	spanning in het voorspanstaal tijdens het spannen
$\Delta\sigma_{pret}$	spanningsverlies in het voorspanstaal na 1000 h ten gevolge van relaxatie
$\sigma_{pu}$	spanning in het voorspanstaal in de uiterste grenstoestand
$\Delta\sigma_{pu}$	verschil tussen de in het voorspanstaal optredende spanning, en de breukspanning van het voorspanstaal
$\sigma_{pw}$	werkspanning in het voorspanstaal ( $t \rightarrow \infty$ )
$\sigma_s$	spanning in het betonstaal
$\sigma_{scr}$	<i>spanning in het betonstaal in een scheur</i>
$\Delta\sigma_{sr}$	<i>spanningstoename in het staal in een scheur</i>
$\Delta\sigma_{skr}$	<i>spanningsverlies in het betonstaal ten gevolge van krimp en kruip</i>
$\sigma_{spl}$	splijtspanning
$\sigma_{s0}$	<i>staalspanning in de ongescheurde doorsnede ten behoeve van de scheurwijdteberekening</i>
$\sigma'_{s0}$	<i>minimale staalspanning midden tussen de scheuren bij de maximale scheurafstand bij het voltooide scheurpatroon</i>
$\sigma_{sr}$	<i>spanning in het betonstaal ten gevolge van het scheurmoment/ de scheurtrekkkracht</i>
$\Delta\sigma_{sr}$	<i>spanningstoename in het betonstaal door het scheurmoment bij de overgang van een ongescheurde naar een gescheurde doorsnede</i>
$\sigma_{su}$	spanning in het betonstaal in de uiterste grenstoestand
$\tau_1$	virtuele schuifspanning die de bijdrage van het beton in de dwarskrachtcapaciteit van een doorsnede weergeeft
$\tau_2$	virtuele schuifspanning die de maximale dwarskrachtcapaciteit van een doorsnede weergeeft gebaseerd op het bezwijken van de drukdiagonaal
$\tau_a$	<i>aanhechtspanning tussen beton en betonstaal</i>
$\tau_d$	rekenwaarde van de optredende schuifspanning
$\tau_n$	aandeel van de normaalkracht in de schuifsterkte
$\tau_{p0}$	<i>aanhechtspanning tussen beton en voorspanstaal</i>
$\tau_s$	virtuele schuifspanning die de bijdrage van de dwarskrachtwapening in de dwarskrachtcapaciteit van een doorsnede weergeeft
$\tau_{s0}$	<i>aanhechtspanning tussen beton en betonstaal</i>
$\tau_u$	virtuele schuifspanning die de totale dwarskrachtcapaciteit van een doorsnede weergeeft (beton en betonstaal)
$\omega_{min}$	minimum wapeningspercentage
$\omega_{ot}$	wapeningspercentage van de totale wapening van beton- en voorspanstaal, betrokken op de totale hoogte
$\omega_p$	wapeningspercentage van het voorspanstaal
$\omega_s$	wapeningspercentage van het betonstaal

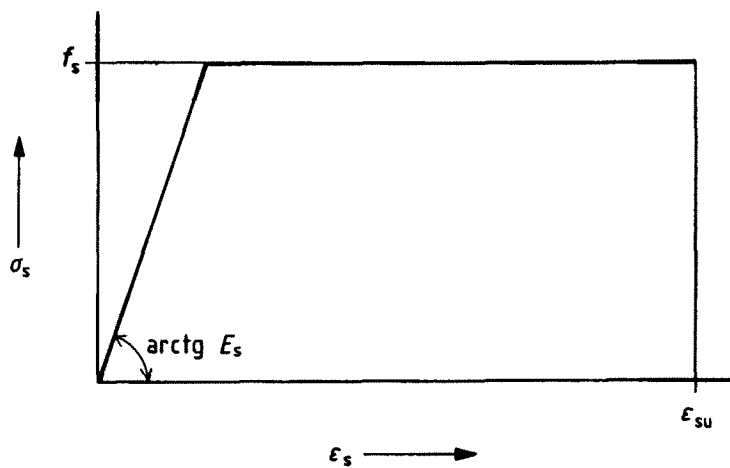
IV

## Bijlage A Spanning-rekdiagram materialen

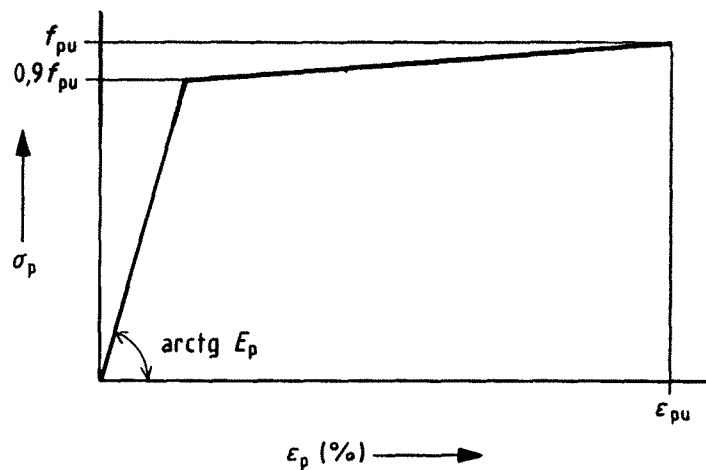
Spanning-rekdiagram van beton



Spanning-rekdiagram van betonstaal



Spanning-rekdiagram van voorspanstaal



## Bijlage B Schematisering en krachtsverdeling

### 7.1.7 Meewerkende breedte bij T- en L-balken

Als meewerkende flensbreedte  $b_e$  bij T- en L-balken geldt:

a. bij T-balken :  $b_e = b_w + b_1 + b_2$ ;

b. bij L-balken :  $b_e = b_w + b_1$ ;

waarin (zie ook figuur 14 en 15):

$b_w$  is de ribbreedte;

$b_1, b_2$  is de breedte van de meewerkende flensdelen gemeten vanuit de dagzijden van de rib;

$b_1 = 0,1 l + b_s \geq 0,1 l + h_s$  en  $\geq 0,5 L_1$ ;

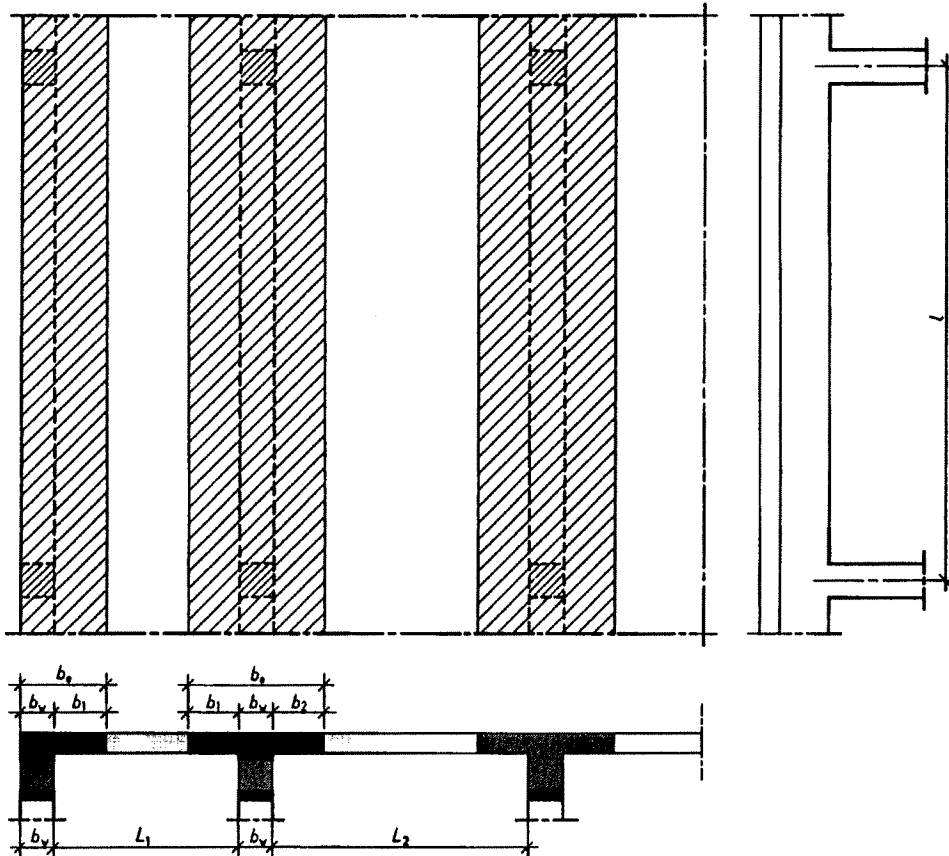
$b_2 = 0,1 l + b_s \geq 0,1 l + h_s$  en  $\geq 0,5 L_2$ ;

$b_s$  is de breedte van de afschuining;

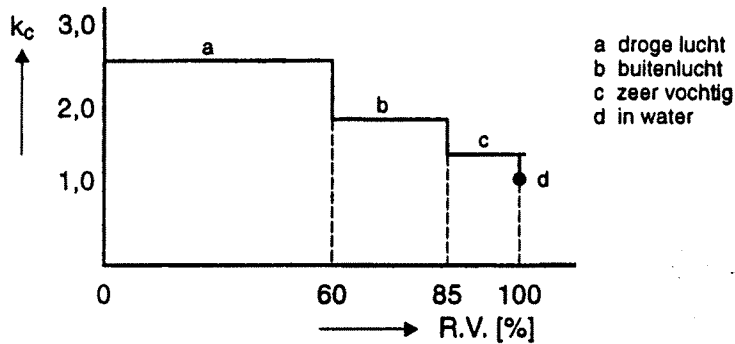
$h_s$  is de hoogte van de afschuining;

$l$  is de theoretische overspanning van de balk volgens 7.1.6, of tweemaal de lengte van de uitkraging;

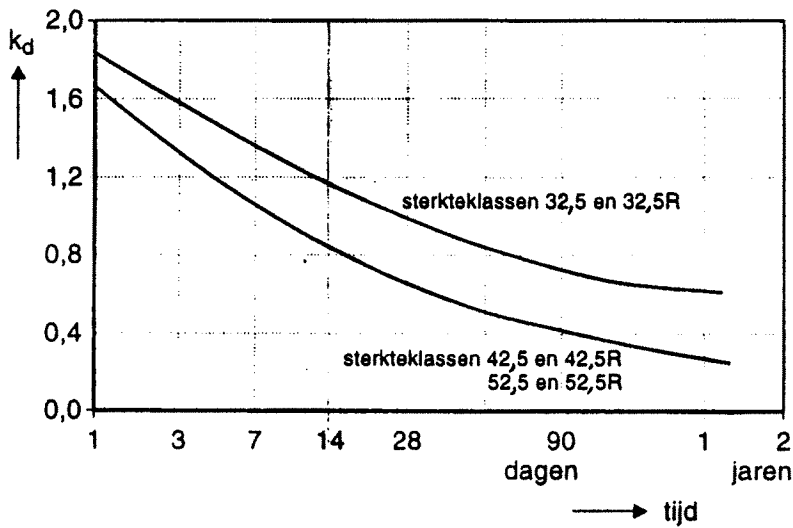
$L_1, L_2$  is de dagmaat, gemeten loodrecht op de overspanningsrichting van de balk en betrekking hebbend op de aangrenzende vloerdelen, behorende bij  $b_1$ , respectievelijk  $b_2$ .



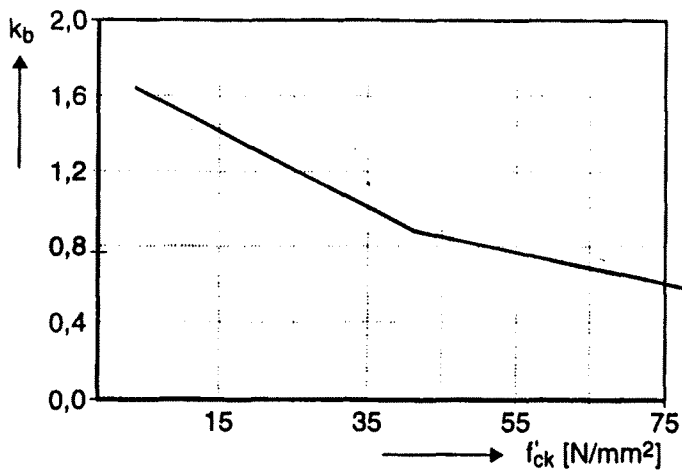
## Bijlage C Figuren ter bepaling kruipcoëfficiënt



figuur C.1 - relatie tussen de relatieve vochtigheid en  $k_c$

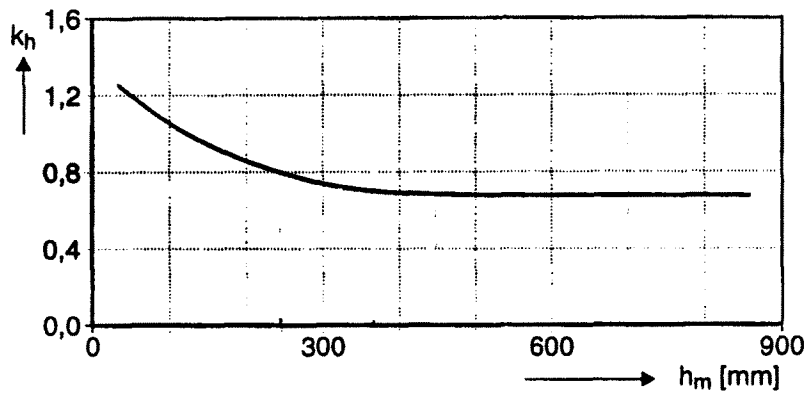


figuur C.2 - invloed van de ouderdom  $t_c$  van het beton op  $k_d$  voor twee typen cement

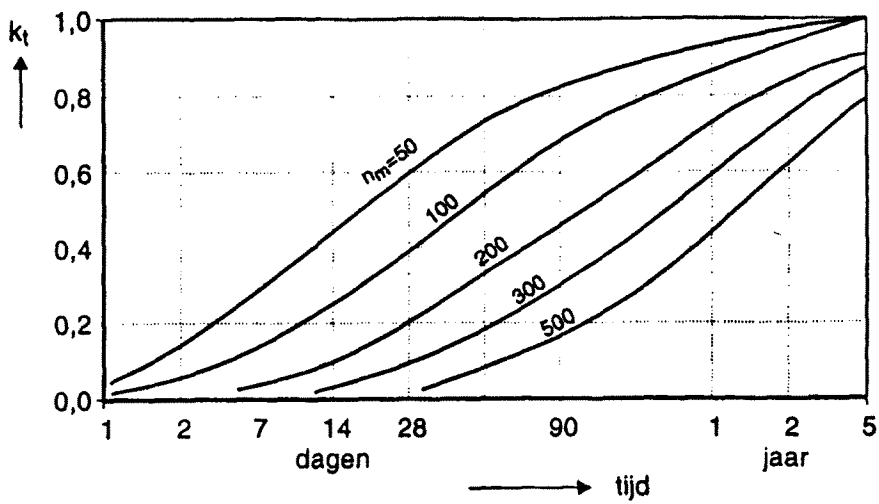


figuur C.3 - invloed van de sterkteklasse op  $k_b$



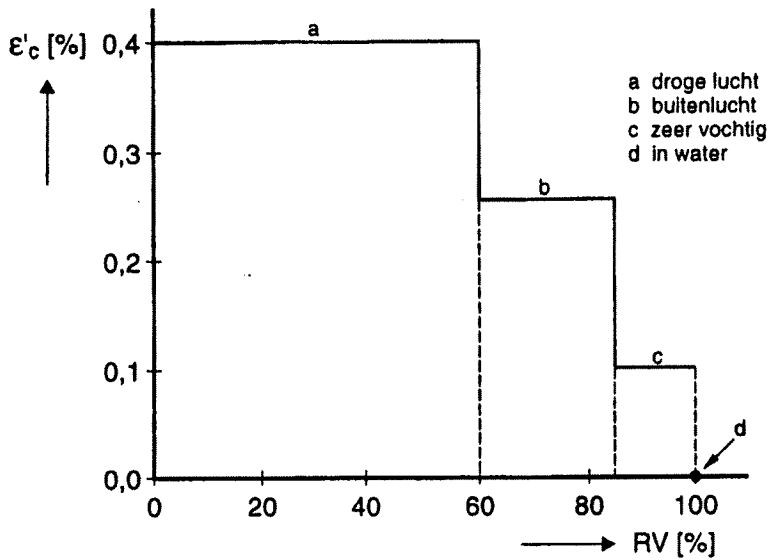


figuur C.4 - invloed van de fictieve dikte  $h_m$  op de  $k_h$

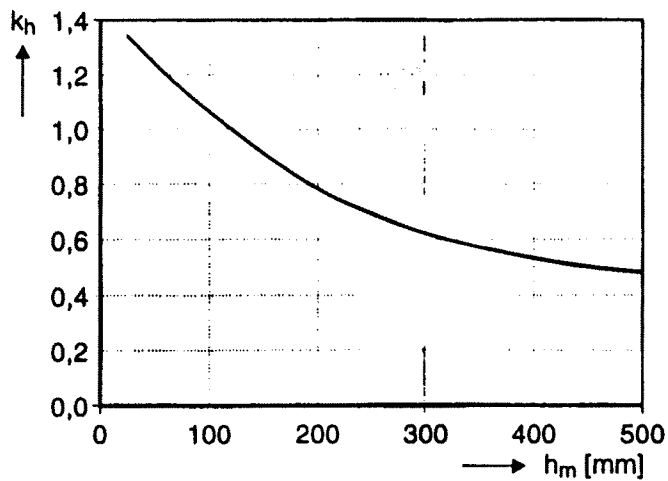


figuur C.5 - invloed van de belastingtijd op  $k_t$

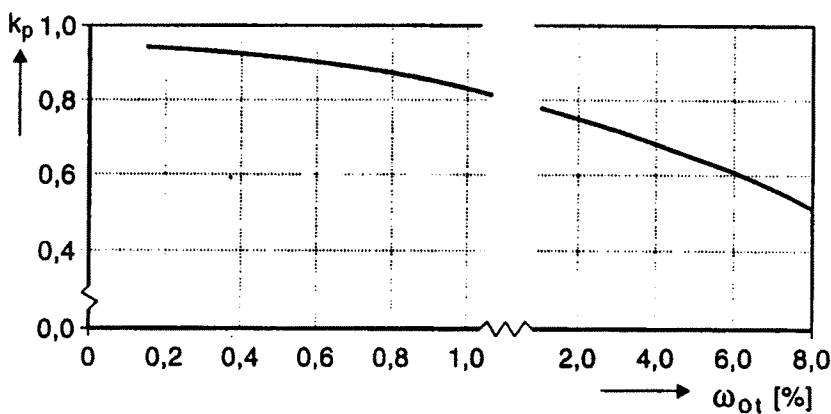
## Bijlage D Figuren ter bepaling krimpcoëfficiënt



figuur D.1 - relatie tussen de relatieve vochtigheid en  $\epsilon'_c$



figuur D.2 - invloed van de fictieve dikte  $h_m$  op  $k_h$



figuur D.3 - invloed van het wapeningspercentage  $\omega_{ot}$  op  $k_p$

**Bijlage E**      **Tabel ter bepaling van de relaxatie**

aanvangsspanning als percentage van $f_{prep}$	$\Delta\sigma_{prel}$ als percentage van de aanvangsspanning	
	draden en strengen	staven
$\leq 30$	0	0
60	1,5	1,5
70	2,5	4,0
80	4,5	7,0

*tabel E.1 - Relaxatie voorspanstaal*