

Gemeente Groningen

Quicksan technische haalbaarheid Zuidtunnel Groningen

Witteveen+Bos
Hoogoorddreef 56 F
postbus 12205
1100 AE Amsterdam
telefoon 020 312 55 55
telefax 020 697 47 95

Quickscan technische haalbaarheid Zuidtunnel Groningen

referentie GN120-8/kocs2/001	projectcode GN120-8	status definitief
projectleider J.H. Stroomberg	projectdirecteur ir. J.T. Bresters	datum 6 april 2009

autorisatie goedgekeurd	naam ir. F.J. Kaalberg	paraaf
-----------------------------------	----------------------------------	---------------

Witteveen+Bos
Hoogoorddreef 56 F
postbus 12205
1100 AE Amsterdam
telefoon 020 312 55 55
telefax 020 697 47 95



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
2. OPZET HAALBAARHEIDSSTUDIE	2
2.1. Doel van de quickscan	2
2.2. Focus	2
2.3. Tracé	2
2.3.1. Referentie ontwerp Zuidtunnel provincie Groningen	2
2.3.2. Variant 1: Aansluiting op stad Groningen	3
2.3.3. Variant 2: Aansluiting op de A7	4
3. ALIGNEMENT EN TUNNELONTWERP	6
3.1. Uitgangspunten	6
3.2. Ontwerp dwarsdoorsnede boortunnel	6
3.2.1. Bepaling profiel van vrije ruimte (PVR)	6
3.2.2. Bepaling doorsnede tunnelbuis en tunnelboormachine (TBM)	6
3.3. Horizontaal alignement	7
3.4. Verticaal alignement	7
4. GEOTECHNIEK	8
4.1. Litho-stratigrafische beschrijving projectgebied	8
4.2. Specifieke geologie voor referentie ontwerp provincie Groningen	9
4.3. Specifieke geologie voor variant 2	9
5. BOORTECHNIEK	10
5.1. Geboorde tunnels	10
5.2. De tunnelboormachine	10
5.2.1. Vloeistofschild	10
5.2.2. Gronddrukbalansschild	10
5.3. Obstakels	11
5.4. Keuze tunnelboormachine	11
6. TUNNELVEILIGHEID	12
6.1. Veiligheidsconcept	12
6.2. Vluchtstrook	12
6.3. Veiligheidssystemen	13
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	14
7.1. Conclusies	14
7.2. Aanbevelingen	14
8. BEANTWOORDEN VAN VRAGEN OPDRACHTGEVER	15
8.1. Uitgangspunten en vragen opdrachtgever	15
8.2. Antwoorden op uitgangspunten en vragen	15
laatste bladzijde	18

bijlagen		aantal bladzijden
I	Berekeningen benodigde gronddekking op boortunnel	12
II	Dwarsdoorsnede boortunnel	1
III	Alignement referentie ontwerp Zuidtunnel Groningen	1
IV	Alignement variant 1: aansluiting op Europaplein	1
V	Alignement variant 2: aansluiting op A7	1
VI	Geotechnisch langsgrofiel referentie ontwerp	1
VII	Geotechnisch langsgrofiel variant 2	1

1. INLEIDING

De stad Groningen kampt al geruime tijd met een suboptimale verkeersafwikkeling op de zuidelijke ringweg, tussen het Julianaplein en het Europaplein. Dit wordt veroorzaakt doordat de A7 en de A28 uitkomen op een wegvak dat onvoldoende capaciteit heeft om de verkeersstromen te accommoderen. Inmiddels zijn diverse alternatieven bedacht om dit wegvak om te bouwen naar een situatie waarin het verkeer weer kan doorstromen. Groot nadeel van oplossingen op het bestaande wegvak is dat er geen ruimte is om de ombouw eenvoudig te laten plaatsvinden. Omvangrijke faseringen zijn noodzakelijk. Dit kost veel geld en zal tevens veel verkeershinder opleveren.

Dit alles was voor de provincie Groningen aanleiding om de mogelijkheid te onderzoeken van een geboorde tunnel. Witteveen+Bos is benaderd om deze studie uit te voeren. De belangrijkste aspecten van het boortunnelplan zijn in dit rapport onderzocht op hun haalbaarheid.

2. OPZET HAALBAARHEIDSSSTUDIE

2.1. Doel van de quickscan

Het doel van deze quickscan is het onderzoeken van de haalbaarheid van een geboorde tunnel als alternatieve oplossing voor de verkeersproblematiek op de zuidelijke ringweg van Groningen, tussen het Julianaplein en het Europaplein. De belangrijkste aspecten van het boortunnelplan worden in dit rapport onderzocht op hun haalbaarheid.

2.2. Focus

Witteveen+Bos heeft dit rapport toegespitst op de meest kritische aspecten voor het slagen van een boortunnel. In dit specifieke plangebied zijn dat het tunnelalignement in samenhang met de geologie. Opgemerkt dient te worden dat een verkeerskundige analyse noodzakelijk is om de verkeersintensiteiten te bepalen. Deze intensiteiten zijn maatgevend voor het aantal benodigde rijstroken en de wijze waarop de tunnel in het bestaande wegennet moet worden ingepast (knooppunten en aansluitingen). Witteveen+Bos beschikt niet over deze gegevens.

2.3. Tracé

Door de provincie Groningen is een voorstel voor een alignement aangedragen. In dit voorstel is een boortunnel opgenomen onder het gebied tussen Groningen en Haren en een hoge aansluiting op het bestaande viaduct over het Winschoterdiep richting de A7. Als gevolg van deze hoge aansluiting ontstaat een brug-tunnelcombinatie. Doordat het zijkanaal van het Winschoterdiep, de spoorlijn en diverse percelen gekruist worden door het viaduct is dit een kostbare oplossing, waarbij de huidige omgeving sterk wordt beïnvloed. Witteveen+Bos heeft daarom ook een tweetal varianten ontwikkeld (paragraaf 2.3.2 en 2.3.3). Voor deze varianten is tevens een alignement ontworpen (bijlagen IV en V).

2.3.1. Referentie ontwerp Zuidtunnel provincie Groningen

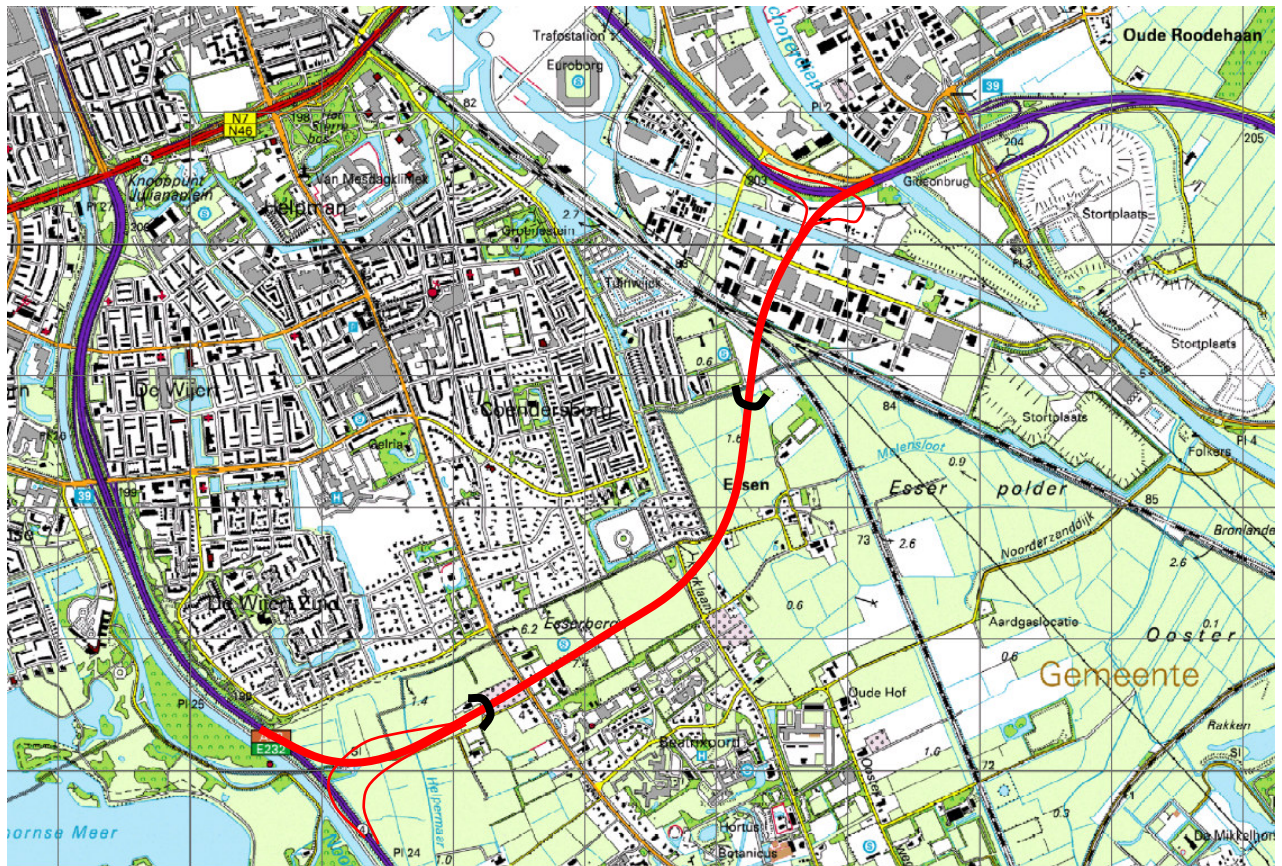
Het referentie ontwerp kent een aansluiting op de A28 richting de stad Groningen in het zuidwesten en een aansluiting op de A7 richting Duitsland in het noordoosten. Door middel van afslagen wordt de tunnel in zuidwesten aan de A28 van en naar Zwolle verbonden. In het noordoosten, bij het Winschoterdiep, zijn afslagen geprojecteerd om verkeer van en naar de stad Groningen van de tunnel gebruik te laten maken.

Kenmerk van het ontwerp is dat er (vanuit het oosten gezien) een zeer lange helling is richting de boortunnel. Na passage van het viaduct over het Winschoterdiep (circa + 9,50 m NAP) duikt de weg omlaag richting de boortunnel, waar men een diepte bereikt van circa - 23 m NAP. In de tegenrichting, vanaf de A28 richting het Europaplein stijgt de weg nog sterker: vanuit de boortunnel (circa - 23 m NAP) naar minimaal circa + 15,50 m NAP, om op de Europaweg te kunnen aansluiten. Tussen de ingang van de boortunnel en de Gideonbrug over het Winschoterdiep kruist de weg een bedrijven-terrein, het zijkanaal van het Winschoterdiep en de spoorlijnen Groningen - Assen en Groningen - Winschoten.

In bijlage III is te zien dat het bedrijven terrein op geringe hoogte doorsneden wordt. De bestaande bebouwing zal derhalve gesloopt moeten worden en de bestaande wegen moeten met een viaduct of een tunnel over of onder de nieuwe weg doorgeleid worden. De spoorlijnen (4 sporen) zullen gekruist worden door een tunnelbak.

De bestaande brug over het Winschoterdiep is een beweegbare brug. Op het moment dat de brug geopend wordt zal dit leiden tot filevorming. Deze file kan 'terugslaan' tot in de tunnel, ook buiten de spitsen. Dit is zeer ongewenst omdat dit kan leiden tot ernstige kop-staartbotsingen in de tunnel. Deze kans wordt nog hoger als ook de nieuwe brug over het zijkanaal beweegbaar wordt uitgevoerd.

afbeelding 2.1. Overzicht referentie ontwerp Zuidtunnel provincie Groningen



2.3.2. Variant 1: Aansluiting op stad Groningen

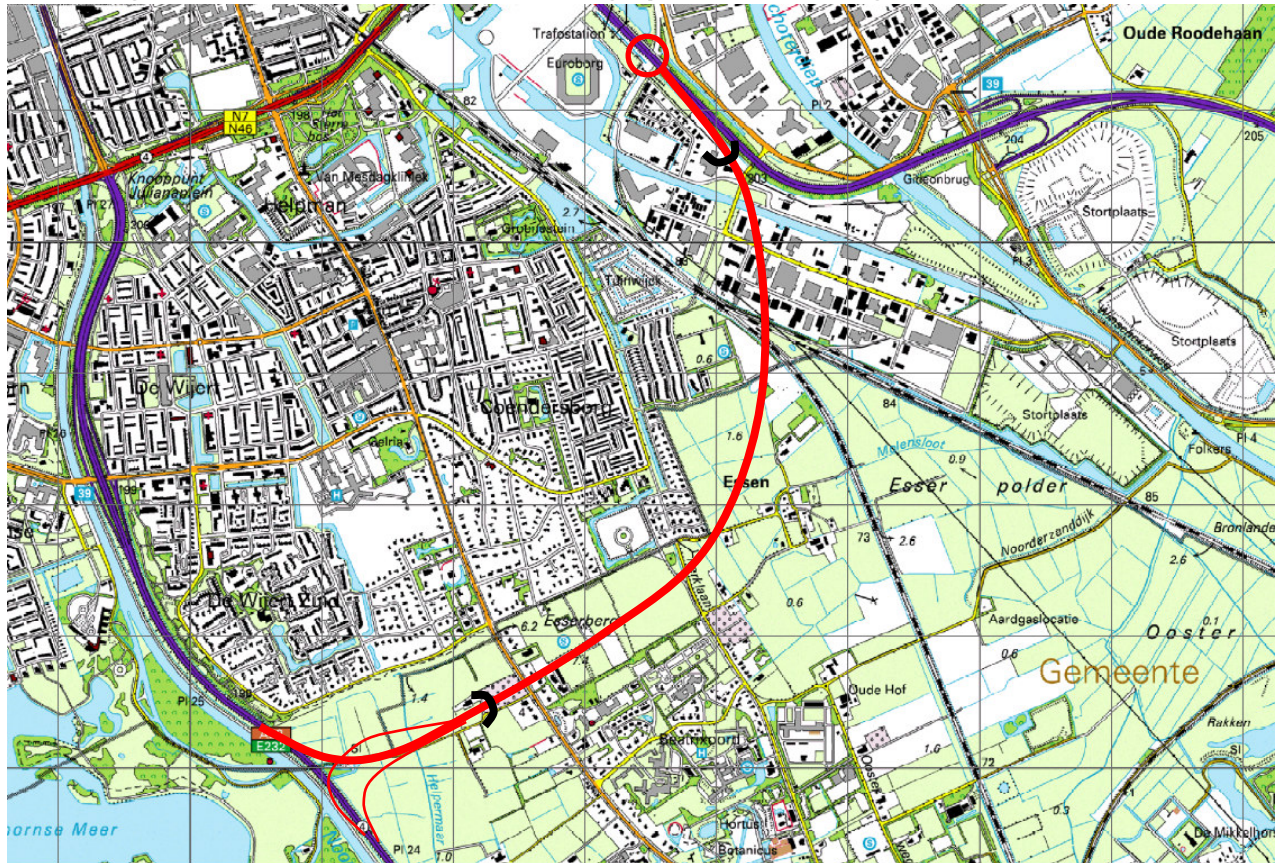
Variant 1 kent net als het referentie ontwerp een aansluiting op de A28 richting de stad Groningen in het zuidwesten. In het noordoosten is echter gekozen voor een directe aansluiting op de invalsweg naar Groningen. Deze variant gaat er van uit dat de verkeersstroom tussen Groningen en de A28 groter is dan tussen de A28 en A7 richting Winschoten. Verkeersanalyses moeten aantonen of dat daadwerkelijk zo is. Zo niet, dan is variant 2 een interessant alternatief.

Door middel van bijvoorbeeld een rotonde kan verkeer richting Winschoten de A7 bereiken. Dit betekent weliswaar een omweg voor het verkeer richting A7, maar een optimale aansluiting het wegennet richting Groningen, waarbij tevens het bedrijventerrein, het zijkanaal van het Winschoterdiep en de spoorlijnen ongemoeid worden gelaten tijdens bouw en exploitatie.

Kenmerk van het ontwerp is dat er (vanuit het noorden gezien) een toerit wordt gemaakt naar de boortunnel. De daadwerkelijke boortunnel start nabij de Gideonweg. Waarna de boortunnel achtereenvolgens het zijkanaal van het Winschoterdiep, het bedrijventerrein, en de spoorlijnen kruist.

Volledige aansluiting van de tunnel op alle wegen van het onderliggende wegennet is mogelijk. Echter, de uitwerking hiervan vergt in dit stadium te veel inspanning en is daarom achterwege gelaten. In dit alternatief vervallen de krappe verbindingbogen tussen de tunnel en de Europaweg richting Groningen, alsmede met deels flinke hoogte verschillen uit het referentieontwerp. Hierdoor is de kans op filevorming bij grotere verkeersintensiteiten veel lager en wordt de kans op ongelukken met vrachtwagens aanzienlijk verkleind.

afbeelding 2.2. Overzicht variant 2: aansluiting op de stad Groningen



2.3.3. Variant 2: Aansluiting op de A7

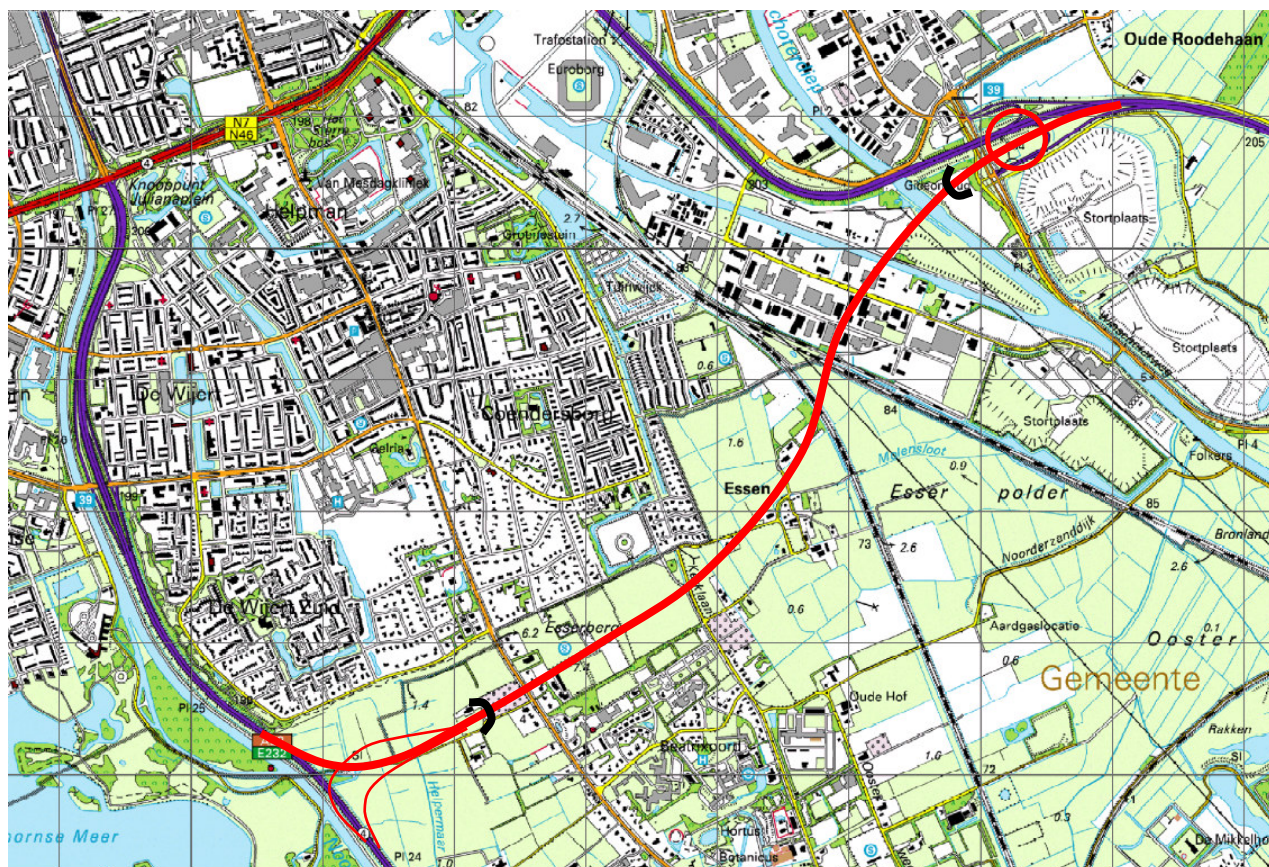
Variant 2 heeft dezelfde aansluitingen als het referentieontwerp. Het grote verschil is echter dat de hoofdrijbaan niet over, maar onder het Winschoterdiep wordt doorgeleid. Ten opzichte van het referentieontwerp ontstaat er zodoende een bescheiden omweg voor het verkeer richting de stad Groningen, maar een optimale op de A7 richting Winschoten. Evenals bij variant 1 blijven het bedrijventerrein, het zijkanaal van het Winschoterdiep en de spoorlijnen onaangetast tijdens bouw en exploitatie. Verkeer richting Groningen kan gebruik maken van nieuw te bouwen fly-overs of afrit 39 die voor dit doel zal moeten worden aangepast. Een volledige aansluiting op alle wegen is mogelijk. De uitwerking hiervan (in een 3 dimensionaal wegenplannings pakket) vergt in dit stadium te veel inspanning en is derhalve achterwege gelaten.

Het ontwerp gaat uit van een toerit naar de boortunnel ter plaatse van afrit 39 van de A7. Deze toerit daalt af richting het Winschoterdiep, waar de boortunnel start. Waarna de boortunnel achtereenvolgens het zijkanaal van het Winschoterdiep, het bedrijventerrein, en de spoorlijnen kruist.

Net als bij variant 1 vervallen de krappe verbindingsbogen tussen de tunnel en de Europaweg en de forse hoogteverschillen uit het referentieontwerp. Hierdoor is de kans op filevorming en ongelukken met vrachtwagens aanzienlijk gereduceerd.

Door middel van dynamische route-informatiepanelen (DRIP's) kan worden aangegeven van welke route automobilisten gebruik kunnen maken. Op deze wijze is het mogelijk om verkeer tussen Europaplein en de A28 gebruik te laten maken van de nieuwe tunnelverbinding, in plaats van het 'oude' tracé.

afbeelding 2.3. Overzicht variant 2: aansluiting op de A7



3. ALIGNEMENT EN TUNNELONTWERP

3.1. Uitgangspunten

De tunnels zijn ontworpen op een snelheid van 100 km/h. Bij het ontwerp van de dwarsdoorsnede, horizontaal en verticaal alignment van de tunnel is de 'Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen' (NOA) gehanteerd.

3.2. Ontwerp dwarsdoorsnede boortunnel

3.2.1. Bepaling profiel van vrije ruimte (PVR)

Conform opgave van de opdrachtgever is de tunnel gedimensioneerd op een snelheid van 100 km/h. Bij het ontwerp van de dwarsdoorsnede, horizontaal en verticaal alignment van de tunnel is de 'Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen' (NOA) gehanteerd.

Uitgangspunten:

- snelheid: 100 km/h;
- wegingdeling: 2 rijstroken per richting met vluchtstrook;
- bebording: boven de weg, vrije ruimte tussen tunneldak en PVR.

De breedte van de rijbaan wordt:

- redresseerstrook: 0,60 m;
- kantstreep: 0,20 m;
- 2 x rijstrook: 7,00 m;
- kantstreep: 0,20 m;
- vluchtstrook: 3,15 m;

Totale breedte rijbaan: 11,15 m.

Aan beide zijden van de rijbaan wordt 35 cm ingepland voor een betonnen geleiderail met een zogenaamd New Jersey-profiel.

De vrije hoogte in de tunnel wordt vastgesteld op 4,60 m.

Het profiel van vrije ruimte wordt vastgesteld op 11,85 m x 4,60 m.

3.2.2. Bepaling doorsnede tunnelbuis en tunnelboormachine (TBM)

De tunnelbuis wordt om het profiel van vrije ruimte (paragraaf 3.2.1) heen ontworpen. De gangbare tolerantie die gehanteerd dient te worden voor het boorproces bedraagt 0,10 m in elke richting.

Uitgangspunten:

- boortolerantie: 0,10 m (op radius)
- tunnelwanddikte: $1/20^{ste}$ à $1/25^{ste}$ van de binnendiameter van de tunnelbuis (vuistregel)
- diameter TBM: 0,20 m rondom de tunnelbuis
- vluchten: conform reguliere tunnels, geen reservering binnen PVR van tunnelbuis

De netto buitendiameter van de tunnelbuis bedraagt:

- profiel van vrije ruimte: 12,70 m
- boortolerantie (2 x 0,10 m): 0,20 m
- tunnelwanddikte (2 x 0,60 m): 1,20 m
- tunneldiameter: 14,10 m

De diameter van de tunnelboormachine bedraagt:

- tunneldiameter: 14,10 m
- dikte staartspleet (2 x 0,20 m): 0,40 m
- boordiameter: 14,50 m

3.3. Horizontaal alignement

De ligging van de tunnel wordt voor een groot deel ingegeven door externe randvoorwaarden: de dwangpunten en de richtlijnen voor het wegontwerp. Conform opgave van de opdrachtgever is de tunnel gedimensioneerd op een snelheid van 100 km/h. Bij het ontwerp van het horizontaal alignement van de tunnel is de 'Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen' (NOA) gehanteerd, met uitzondering van de eisen aan de zichtlijnen in de tunnel.

Het voert te ver om in dit stadium de zichtlijnen door te rekenen. Dit is namelijk een iteratief proces waarbij informatie benodigd is over onder anderen hellingen, ontwerpsnelheid, reactiesnelheid, wrijvingscoëfficiënten, maximaal acceptabele afstand tussen kantstreep en geleiderail en verlichtingsniveau in de tunnel.

Het referentieontwerp van de provincie Groningen kent een minimale boogstraal van 800 m (bijlage III). Variant 1 (richting Europaplein) heeft een continue boogstraal van 1.300 m (bijlage IV). Variant 2 (richting A7) heeft een minimale boogstraal van 1.000 m (bijlage V).

3.4. Verticaal alignement

Het uitgangspunt voor het verticale alignement van elke (boor)tunnel is: zo ondiep mogelijk aanleggen. Een minder diepe boortunnel heeft namelijk minder lange toeritten nodig. Maatgevend bij de het ontwerp van het verticaal alignement zijn de minimaal benodigde dekking boven op de tunnel om opdrijven te voorkomen en de minimaal benodigde dekking op de tunnel om het boorproces mogelijk te kunnen maken. Dit laatste aspect is afhankelijk van het type tunnelboormachine dat wordt ingezet.

De bogen en hellingen in het verticale alignement worden ingegeven door de eisen en wensen die bij de aanleg van een snelweg gesteld worden. De richtlijnen (Nieuwe Ontwerprichtlijnen Autosnelwegen) stelt eisen aan de boogstralen, hellingen zichtlijnen.

Bij boortunnels geldt als vuistregel dat circa 1 maal de diameter van de tunnelbuis als dekking op de tunnel gehanteerd moet worden. De diepteligging bij start en ontvangst is in deze haalbaarheidsstudie in afwijking hierop bepaald op basis van de wet van Archimedes.

De minimale diepteligging wordt bepaald door onder anderen het gewicht van de boven de tunnel gelegen grondlagen en de grondwaterspiegel. Daarom is het groot belang om de geologische opbouw van de grond te kennen. Witteveen+Bos heeft daarom een grondmodel gemaakt op basis van bekende grondboringen (hoofdstuk 4). Om zo ondiep mogelijke toeritten te realiseren is, waar mogelijk, gerekend met (tijdelijke) lokale zandophogingen op het maaiveld. Mogelijk is verder optimalisatie van de diepte ligging nog mogelijk.

Vanwege de specifieke geologie in het projectgebied, waar onder anderen lagen voorkomen met grote zwerfkeien, moeten de alignementen waar mogelijk worden aangepast aan de geologie. Het is uit risico oogpunt aantrekkelijk om ongunstige formaties te mijden als dat met geringe inspanning mogelijk is.

In verband met de afwatering heeft de boortunnel een minimale helling van 0,5 % (in langsrichting). Op het diepste punt zal een pompput moeten worden geïnstalleerd.

4. GEOTECHNIEK

4.1. Litho-stratigrafische beschrijving projectgebied

Het geologisch langsgedeelte is gebaseerd op 80 boringen en sonderingen met lithologische (grondsoort) beschrijvingen. De lithologische beschrijving is geïnterpreteerd en geclassificeerd naar een litho-stratigrafische opeenvolging: een onderverdeling naar geologische formaties. De onderverdeling naar stratigrafie is vervolgens in een 3D GIS geïnterpoleerd naar een 3D lagen model. Dit 3D model is vervolgens doorsneden met het geplande tracé om het geologisch langsgedeelte te genereren. Hieronder volgt een korte beschrijving van de betreffende geologische formaties van jong naar oud:

1. holocene laagpakket: formatie van Naaldwijk;
2. laat - pleistocene laagpakket: formatie van Bortel;
3. pleistocene laagpakket: formatie van Drenthe;
4. pleistocene laagpakket: formatie van Peelo;
5. pleistocene laagpakket: formatie van Appelscha.

1. holocene: Formatie van Naaldwijk en Nieuwkoop.

De Holocene afzettingen in het gebied zijn veelal zeekleien en -zanden die tot de Formatie van Naaldwijk worden gerekend, veelal bovenop veenafzettingen die tot de Formatie van Nieuwkoop kunnen worden gerekend.

2. laat-pleistoceen/vroeg holocene - Formatie van Bortel.

De Formatie van Bortel zijn dekzanden (windafzettingen) die in tijdens het einde van de laatste ijstijd een groot deel van Nederland hebben bedekt. De Formatie van Bortel wordt gekenmerkt door de fijne korrelgrootte. Grotere klasten dan matig grof zand komen weinig voor. Meestal is de sortering goed. Behalve zand bevat de formatie ook silt en leem. De klastische lagen worden soms onderbroken door veen- of humusrijke lagen.

- 3 pleistoceen - Formatie van Drenthe.

De Formatie van Drenthe bestaat uit glaciale afzettingen tijdens het Saaliën (238.000 - 128.000 jaar geleden). Binnen de Formatie van Drenthe worden de volgende laagpakketten onderscheiden: het laagpakket van Gieten en het laagpakket van Schaarsbergen.

- 3a. laagpakket van Schaarsbergen. Code: DRSC

Het laagpakket van Schaarsbergen bestaat uit zand, matig fijn tot uiterst grof, zwak tot sterk grindhoudend, grijs, geelbruin tot lichtgrijsgroen, grindhoudend, kalkloos tot kalkhoudend. In het grind kan vuursteen of graniet voorkomen. Het laagpakket van Schaarsbergen bestaat voornamelijk uit glaciale rivierafzettingen uit het Saaliën die voor en naast het ijs zijn afgezet.

- 3b. laagpakket van Gieten. Code: DRGI

Het laagpakket van Gieten (keileem, grondmorene): klei en leem, sterk zandig tot uiterst siltig, zwak tot sterk grindhoudend, grijsblauw tot grijs met stenen, keien en blokken. De afzettingen van het laagpakket van Gieten zijn voor het overgrote deel gevormd door grondmorene. Grondmorene is heterogeen materiaal dat is afgezet zowel is meegevoerd als afgezet door een gletsjer. De ondergrens is in het algemeen scherp, en wordt gevormd door de Formatie van Peelo.

4 pleistoceen - Formatie van Peelo

De Formatie van Peelo omschrijft gletsjerafzettingen tijdens het Elsteriën (een ijstijd die plaatsvond 465.000 - 418.000 jaar geleden) te Peelo. De afzettingen van de formatie van Peelo komen veelal voor in diep in de ondergrond ingesneden stroomgeulen

4a. Formatie van Peelo (laagpakket van Nieuwolda). Code: PENI.

Binnen de formatie van Peelo wordt het laagpakket van Nieuwolda onderscheiden: klei, zwak tot matig siltig of zandig, stevig tot (zeer) hard, veelal kalkrijk, licht tot donkergrijs, soms zwart of rood. Deze klei is zeer compact, overgeconsolideerd en staat ook wel bekend als potklei.

4b. Formatie van Peelo (onderzijde). Code: PE

De onderzijde van de formatie van Peelo wordt gekenmerkt door een grovere textuur dan de kenmerkende klei (fijn tot grof zand). De Formatie van Peelo is sterk wisselend qua opbouw en dikte. De ondergrens is meestal scherp en wordt gevormd door de Formatie van Appelscha.

5 Formatie van Appelscha (laagpakket van Weerdinge). Code: APWE

De Formatie van Appelscha bestaat uit matig fijn tot grove zanden en grinden die zijn afgezet tijdens het Baveliën en het eerste deel van het Cromeriën (1.000.000 - 750.000 jaar geleden). De formatie van Appelscha onderscheidt de Laag van Weerdinge. Het Laagpakket van Weerdinge bestaat uit rivierafzettingen met zware mineralen die zijn aangevoerd uit het oosten (Duitsland, Baltische Staten).

4.2. Specifieke geologie voor referentie ontwerp provincie Groningen

Witteveen+Bos heeft voor de Zuidtunnel uit het referentieontwerp van de Provincie Groningen een verticaal alignement ontworpen dat vrijwel geheel in de Potklei ligt (Formatie van Peelo, laagpakket van Nieuwolda). De toeritten zijn gelegen in diverse lagen, waaronder de formatie van Drente, welke bekendstaat om het voorkomen van zwerfkeien. Een geologische doorsnede is opgenomen in bijlage VI. Bij dit geologische profiel wordt aangetekend dat deze slechts een indicatie geeft van de geologie rond de boortunnel. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk omdat slechts een beperkt aantal bruikbare boringen en sonderingen in het plangebied ter beschikking stonden.

4.3. Specifieke geologie voor variant 2

Voor variant 2 is door Witteveen+Bos eveneens een geologisch profiel gemaakt. Vanwege de gelijkenis tussen variant 1 en variant 2, is in dit stadium alleen voor variant 2 een geologische doorsnede gemaakt. Deze is opgenomen in bijlage VII.

Variant 2 ligt net als het referentieontwerp vrijwel geheel in de Potklei (Formatie van Peelo, laagpakket van Nieuwolda). De toeritten zijn gelegen in diverse lagen, waaronder de formatie van Drente. Ook bij dit profiel moet worden opgemerkt dat deze slechts een indicatie geeft van de geologie rond de boortunnel. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk om een beter beeld te krijgen van de exacte geologie ter plaatse van de tunnels en de toeritten.

5. BOORTECHNIEK

5.1. Geboorde tunnels

Geboorde tunnels zijn in Nederland inmiddels een bekende verschijning. Een boortunnel in zachte grond kenmerkt zich door de inzet van een tunnelboormachine die tijdens het graven van de tunnel meteen een tunnellinging aanbrengt bestaande uit geprefabriceerde elementen. Elementen zijn schaal-delen van beton (of staal) die samengesteld een ring vormen. De tunnelboormachine (TBM) zet zich af tegen de reeds geplaatste elementen.

De elementen worden binnen het stalen schild van de worden ingebouwd. Terwijl de machine verder boort, verlaten de ringen de machine langs een waterdichte afdichting. De ruimte die overblijft tussen gesteente en de tunnelbuis wordt opgevuld met grout.

5.2. De tunnelboormachine

Voor dit project komen twee typen tunnelboormachines in aanmerking: een gronddrukbalans- of een vloeistofschild (ook wel hydro- of slurryschild genaamd). Beide werken met een geheel gesloten, waterdicht boorschild.

Zowel het gronddrukbalansschild (ook wel EPB genaamd); Earth Pressure Balance) als het vloeistofschild zijn gebaseerd op het ondersteunen van het graaffront. Deze technieken worden dan ook meestal toegepast in niet-standvastige gronden, zoals deze in vrijwel geheel Nederland voorkomen. In Groningen is een vorm van graaffrontondersteuning noodzakelijk. Deze ondersteuning kan plaatsvinden met bentoniet of grondbrij. Een vloeistofschild maakt gebruik van bentoniet, een EPB machine maakt gebruik van een grondbrij.

Omdat de tunnel (grotendeels) in klei komt te liggen zijn in beginsel zowel een EPB- als een vloeistofschild toepasbaar.

5.2.1. Vloeistofschild

Een vloeistofschild heeft een graafkamer die geheel gevuld wordt met een slurry. De slurry bestaat uit een bentonietspoeling met daarin de reeds afgegraven grond. Materiaaltransport vindt dus hydraulisch plaats, via een leidingstelsel. De boerspoeling wordt continue aangevoerd via een leiding en tegelijkertijd weggepompt via een tweede leiding. De vloeistof wordt in een scheidingsinstallatie op het maaiveld ontdaan van de ontgraven grond. De overgebleven slurry wordt opnieuw geconditioneerd en teruggepompt richting TBM. Controle over de steundruk wordt verkregen door het beheersen van de in- en uitgaande slurrydebieten in de graafkamer (Japans systeem; slurryschild) of via een tweede kamer achter de graafkamer met daarin een luchtbel (Duits systeem; hydroschild). De luchtbel in het Duitse systeem werkt als een veer op de boerspoeling, zodat drukvariaties opgevangen kunnen worden.

Voor de stabiliteit van het graaffront is de door de slurry opgelegde druk van groot belang. Een te hoge druk zorgt voor opbarsten van de grond (blow-out), een te lage druk voor een blow-in. In de Groningse klei zijn deze effecten alleen te verwachten bij extreme variaties in de berekende steundruk. Vloeistofschilden worden over het algemeen in zandige bodem ingezet.

5.2.2. Gronddrukbalansschild

Een gronddrukbalansschild gebruikt de ontgraven grond als steunmedium voor het graaffront. Doordat de grond door het graafwiel (eventueel met behulp van schuim, water of bentoniet) vermengd wordt, ontstaat een plastische massa. Deze massa zorgt voor de primaire boorfront ondersteuning. Het transport van de ontgraven grond vindt plaats met een schroeftransporteur. De druk op het graaffront wordt gecontroleerd door de voortstuwingsnelheid van de vijzels van de TBM in balans te houden.

De drukregeling van de grondbrij aan het graaffront is door variaties in de bodem en de meeton nauwkeurigheid van de afgevoerde hoeveelheid grond minder nauwkeurig te beheersen als bij een vloeistof-

schild. In cohesieve gronden, zoals potklei hoeft dit geen probleem te zijn. EPB-machines zijn wereldwijd het meest toegepaste type boormachine in kleigronden. In zand zijn deze machines slechts met kunstgrepen in te zetten.

Een voordeel van een gronddrukbalansschild is dat er geen scheidingsinstallatie nodig is op het maai-veld en dat de tunnel meestal iets minder diep kan worden aangelegd door dat er geen risico is op blow-outs.

5.3. Obstakels

Zwerfkeien zijn een bekend verschijnsel in het gebied rond Groningen. De grootte van de zwerfkeien kan sterk uiteenlopen. Afhankelijk van de formatie die doorboord wordt, kan de kans op grote keien zeer groot zijn. Bij diverse andere boorprojecten in het buitenland heeft men te maken gehad met zwerfkeien. Hier is gebleken dat formaties met zwerfkeien succesvol doorboord konden worden. Voor het boren door dergelijke geologie is echter wel speciale aandacht voor het ontwerp van de tunnelboormachine noodzakelijk, omdat de risico's groot zijn. Stilstand ten gevolge van verkleving, overmatige slijtage of problemen met zwerfkeien is kostbaar en tijdrovend. Over het algemeen zijn rolbeitels en additionele bescherming tegen slijtage aan de boorkop noodzakelijk.

Aanvullend geotechnisch onderzoek is noodzakelijk om de tunnelboormachine te kunnen aanpassen aan de omstandigheden en om de eventuele risico's beter in kaart te kunnen brengen.

5.4. Keuze tunnelboormachine

Uit dit hoofdstuk is gebleken dat zowel een EPB als een vloeistofschild kunnen worden toegepast. Op basis van de nu bekende gegevens heeft een gronddrukbalansschild een lichte voorkeur, omdat het tunnelalignement iets hoger kan komen te liggen dan bij een tunnel die geboord wordt door een vloeistofschild. Hierdoor wordt de tunnel korter en daarmee goedkoper. De uiteindelijke keuze voor het schildtype zal moeten worden gemaakt op basis van een kosten- en risicoanalyse. Vaak wordt de keuze overgelaten aan de aannemer.

afbeelding 5.1. Vloeistofschild voor de Hubertustunnel



6. TUNNELVEILIGHEID

6.1. Veiligheidsconcept

De Zuidtunnel is ontworpen als autosnelwegtunnel met een ontwerpsnelheid van 100 km/h, conform de uitvraag. De tunnel dient te voldoen aan de eisen. Dit houdt onder meer in dat de tunnel dient te beschikken over wanden die de rijrichtingen van elkaar scheiden. Deze wand dient brandwerend te zijn en bestand tegen botsingen. De wand dient zodanig ontworpen te zijn dat deze verhindert dat in geval van een calamiteit rook en gassen van de getroffen sectie naar andere (veilige) ruimten kunnen ontsnappen.

Voor de gebruikers van de tunnel moet er altijd een veilige vluchtweg beschikbaar zijn. Op de route naar een veilige ruimte mogen geen objecten aanwezig zijn die een snelle ontruiming vertragen. Trappen en obstakels zoals op- en afstapjes, mogen enkel in veilige ruimten aanwezig zijn.

Doorgangen tot een veilige ruimte zijn in Nederland bij conventioneel gebouwde tunnels (afgezonken of in situ) meestal om de 100 m aanwezig. Deze doorgangen leiden naar de naastgelegen rijbaan of naar een vluchttunnel, die tussen de rijbuizen ingeklemd ligt. Bij boortunnels worden de vluchtwegen, als gevolg van de bouwmethode, meestal uitgevoerd als verbindingsbuizen tussen twee boortunnels. Dit is echter een dure methode en dus wordt er een compromis tussen kosten en verwachte aantal personen in de tunnel gezocht. Zodoende beschikken veel goederenspoortunnels (Betuweroute) over doorgangen om de 600 m (het absolute minimum) en beschikken autotunnels als de Westerscheldetunnel en de Hubertustunnel over dwarsverbindingen om de 250 m.

Een redelijk uitgangspunt voor de boortunnel in Groningen zijn dwarsverbindingen met een interval van 250 m tussen twee vluchtgangen.

Doordat de Zuidtunnel een zogenaamde landtunnel is, kunnen op relatief eenvoudige wijze vluchtschachten gebouwd worden tussen de tunnelbuizen en het maaiveld. Witteveen+Bos stelt derhalve voor om op enkele strategische locaties een vluchtschacht te bouwen, als aanvulling op de dwarsverbindingen¹. Bij het ontwerp van de dwarsdoorsnede van de tunnelbuizen (bijlage II) is een ruimte reservering aangehouden tussen de buizen om vluchtschachten te kunnen bouwen.

6.2. Vluchtstrook

Een belangrijk verkeerstechnisch uitgangspunt is dat er altijd een uitwijk mogelijkheid voor voertuigen met pech dient te bestaan. Dit kan in de vorm van een vluchtstrook of als 'dynamische' vluchtstrook met matrixborden. In het laatst genoemde geval kan men door middel van matrixborden boven de weg één rijstrook vrijmaken van verkeer en zodoende een tijdelijke vluchtstrook creëren. De opdrachtgever heeft aangegeven te kiezen voor een vaste, separate vluchtstrook.

Een vluchtstrook wordt in Nederlandse tunnels over het algemeen niet toegepast², met uitzondering van de Wijkertunnel. De kosten voor een vluchtstrook zijn zeer hoog, zodat over het algemeen besloten wordt om dynamische vluchtstroken toe te passen.

Eventueel kan de vluchtstrook die is toegepast in het ontwerp in de toekomst worden gebruikt om de tunnel om te bouwen naar 2 x 3 rijstroken. Indien men deze optie wil open laten, moet nu het profiel van vrije ruimte ruimer gekozen worden. Hierdoor wordt ook diameter van de tunnelbuis groter.

¹ Nooduitgangen naar het maaiveld zijn niet verplicht, maar in het kader van het 'ALARA-beginsel', moet gestreefd worden naar een zo hoog mogelijk veiligheidsniveau. Nooduitgangen zijn een relatief goedkope wijze om de veiligheid en de toegankelijkheid voor hulpdiensten te vergroten.

² Europese wetgeving schrijft een vluchtstrook in beginsel wel voor, tenzij de kosten hiervan excessief zijn.

6.3. Veiligheidssystemen

Autotunnels dienen te worden voorzien van diverse systemen op het gebied van branddetectie en brandbestrijding. De tunnel biedt voldoende plaats voor deze systemen. Het ontwikkelen van een veiligheidsconcept met bijbehorende systemen kan in een vervolgstudie plaatsvinden.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1. Conclusies

De haalbaarheidsstudie toont aan dat een geboorde tunnel als verbinding tussen de A28 en de A7 zeer wel mogelijk is.

Het referentieontwerp van de provincie Groningen is uit verkeerstechnisch mogelijk. Witteveen+Bos heeft een verticaal profiel ontworpen bij het voorgeschreven alignement. Daarnaast heeft Witteveen+Bos nog twee varianten ontworpen, die aan een aantal nadelen van het referentieontwerp tegemoet komen. Deze varianten kenmerken zich door veel geringere hoogte verschillen, ruimere boogstralen en het vermijden van sloop. Bovendien heeft de bouw van de varianten geen invloed op de spoorlijnen en het bedrijventerrein.

De geologie is, zeker wanneer de formaties met zwerfkeien vermeden kunnen worden, gunstig voor een geboorde tunnel.

7.2. Aanbevelingen

Indien de opdrachtgever besluit een vervolgstudie te willen starten voor een geboorde tunnel, dan zijn er een aantal vervolgstappen die gevolgd dienen te worden om tot een voorontwerp te kunnen komen. Deze stappen zijn:

- verkeerskundig onderzoek:
 - verkeerskundige analyses moeten inzicht verschaffen in de te verwachten verkeersaantallen. Deze aantallen bepalen onder andere het aantal rijstroken, met name bij de aansluitingen. Daarnaast kunnen de cijfers antwoord gegeven op de vraag welke route dominant wordt bij aanleg van een tunnel.
- onderzoek naar dwangpunten en obstakels:
 - in een vervolgstudie moet worden nagegaan of er obstakels of andere dwangpunten aanwezig zijn ter plaatse van het alignement. Hierbij kan gedacht worden aan damwanden, heipalen of gevoelige objecten.
- geologie:
 - het geologisch profiel in deze haalbaarheidsstudie is gebaseerd op circa 80 bekende boringen in het omringende projectgebied. Dit is echter onvoldoende voor een betrouwbare inschatting van de geologie op het alignement. De ondergrond is in dit gebied immers zeer wisselvallig. Daarnaast zijn geotechnische gegevens zoals soortelijk gewicht, grondwaterstanden, schuifhoeken en dergelijke nodig voor verder ontwerp en berekeningen.
- optimalisatie alignement:
 - op basis van de drie bovenvermelde onderzoeken kan het alignement geoptimaliseerd worden. Mogelijk kan de tunnel nog ondieper komen te liggen bij de toeritten. Dit spaart geld en is gunstig uit verkeerskundig perspectief.
- voorontwerp tunnel
 - als het alignement en de belastingen op de tunnel bekend zijn, kan de tunnel ontworpen worden. Uit deze berekeningen blijkt onder andere de wanddikte van de tunnelbuizen.

8. BEANTWOORDEN VAN VRAGEN OPDRACHTGEVER

Door de opdrachtgever zijn een aantal uitgangspunten geformuleerd. Tevens zijn een aantal technische vragen gesteld. De uitgangspunten zijn nader beschouwd

8.1. Uitgangspunten en vragen opdrachtgever

Uitgangspunten:

- 1 boortunnel 2 x 2 rijstroken met vluchtstrook;
- 2 snelheid in tunnel 100 km/h;
- 3 zandige ondergrond.

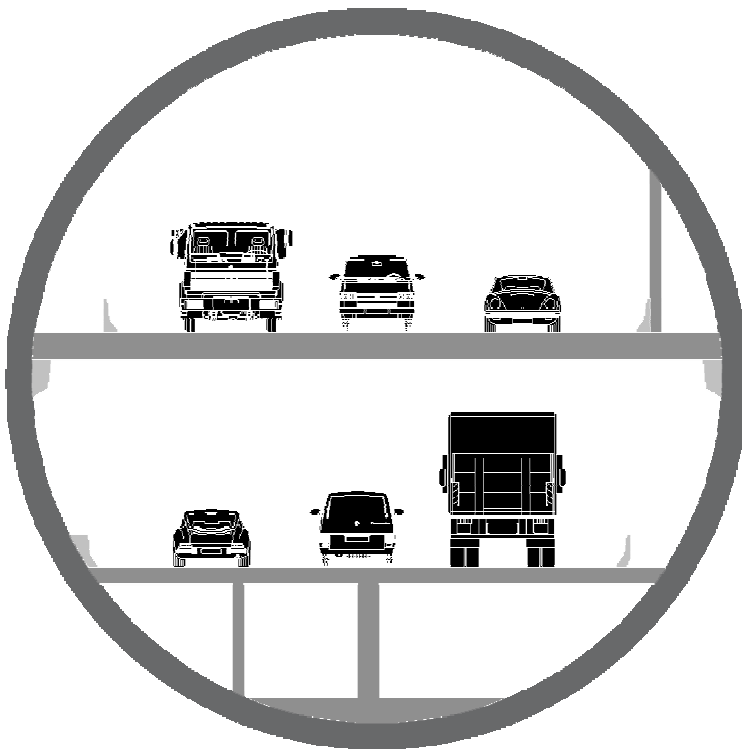
Vragen:

- 4 diameter tunnel, 2 tunnelbuizen?
- 5 vluchttunnel noodzakelijk;
6. diepte ligging tunnel;
7. toegestane hellingen en bogen in tunneltrace;
8. kan er onder huizen door worden geboord?
9. invloed van tunnel in relatie met onder andere bij bomen;
10. ontluuchtingsinstallaties nodig op maaiveld;
11. omvang bouwput ten behoeve van de boorinstallatie;
12. invoegen in tunnel toegestaan;
13. omvang veiligheidsinstallaties in tunnel.

8.2. Antwoorden op uitgangspunten en vragen

1. Boortunnel 2 x 2 rijstroken met vluchtstrook:
 - in de haalbaarheidsstudie is dit uitgangspunt over genomen. Tijdens een eventuele verder optimalisatie kan onderzocht worden of het zodanig uitvoeren van de vluchtstrook dat een ombouw naar 2 x 3 rijstroken mogelijk is aantrekkelijk is. Er kan ook worden gedacht over het laten vervallen van de vluchtstrook, indien dit uit oogpunt van kosten wenselijk is. Dit levert een forse kosten besparing op. Dergelijke keuzes zijn onder andere afhankelijk van de te verwachten verkeersintensiteiten.
2. Snelheid in tunnel 100 km/h:
 - de tunnel is gedimensioneerd op 100 km/h. Afhankelijk van de status die de tunnel uiteindelijk krijgt (snelweg of invalsweg richting de stad Groningen) kan gedacht worden aan een tunnel die geschikt is voor 70 km/h, als dit vanuit verkeerskundig oogpunt wenselijk is. Dit levert een kostenbesparing op.
3. Zandige ondergrond:
 - de geotechnische quickscan heeft aangetoond dat de ondergrond niet zanderig is, maar hoofdzakelijk uit klei bestaat. Voor een solide geotechnische modellering is aanvullend grondonderzoek noodzakelijk.
4. Diameter tunnel, 2 tunnelbuizen?
 - in theorie is het mogelijk om 2 x rijstroken, inclusief vluchtstrook in één tunnelbuis onder te brengen door het stapelen van de rijbanen. Dit kan financieel aantrekkelijk zijn. Eerdere studies van Witteveen+Bos voor de A2 tunnel in Maastricht en de A6/A9 tunnel bij Amsterdam hebben aangetoond dat er aanzienlijke besparingen mogelijk zijn als randvoorwaarden dit mogelijk maken. Het realiseren van de aansluitingen op het bestaande wegennet wordt echter gecompliceerder. Indien gewenst kan dit concept verder worden uitgewerkt.

afbeelding 8.1. Concept gestapelde boortunnel voor A2 tunnel Maastricht



- 5 Vluchttunnel noodzakelijk:
 - een separate vluchttunnel is niet noodzakelijk en relatief kostbaar. Dit concept wordt, met uitzondering van extreem lange tunnels, dan ook zelden of nooit toegepast. Witteveen+Bos stelt voor om voor de situatie in Groningen dwarsverbindingen tussen de tunnelbuizen aan te brengen, eventueel in combinatie met enkele vluchtschachten naar het maaiveld op strategische locaties.
- 6 Diepte ligging tunnel:
 - Witteveen+Bos heeft in deze haalbaarheidsstudie de diepteligging van de tunnel vastgesteld op basis van geschatte bodemparameters. Er is nog geen rekening gehouden met boorspecifieke eisen, zoals steundrukken die gehandhaafd moeten kunnen worden. Dergelijke berekeningen kunnen alleen worden uitgevoerd als er meer geotechnische gegevens bekend zijn. Bovendien is een en ander afhankelijk van het type tunnelboormachine dat wordt ingezet. Het alignement en de parameters zijn echter zodanig gekozen dat er een reële kans is dat er juist nog geoptimaliseerd kan worden.
- 7 Toegestane hellingen en bogen in tunneltrace:
 - voor de toegestane hellingen en bogen is de NOA (Nieuwe Ontwerprichtlijnen Autosnelwegen) toegepast. Voor wat betreft de horizontale bogen moet in een eventuele vervolgstudie aandacht worden besteed aan de zichtlijnen in de tunnels. Het voert te ver om dit stadium een uitspraak te doen over de zichtlijnen. Op basis van deze haalbaarheidsstudie kan wel worden vastgesteld dat het alignement zoals dat door de provincie Groningen is ontworpen niet voldoet aan de minimale eisen voor stopzicht, met de tunneldoorsnede zoals deze is aangehouden voor de haalbaarheidsstudie. Er zijn diverse oplossingsrichtingen denkbaar om tegemoet te komen aan deze bezwaren. Witteveen+Bos heeft er vertrouwen in dat in een eventuele vervolgstudie een oplossing gevonden kan worden.

5. Kan er onder huizen door worden geboord?
 - het is zonder meer mogelijk om onder panden door te boren. Dit is ook in Nederland al met succes gedaan. De geotechnische gegevens die op dit moment beschikbaar zijn geven aanleiding om te veronderstellen dat zonder veel problemen (lees zettingen en schade) onder huizen geboord kan worden in Groningen. Op de plaatsen waar percelen gekruist worden die niet in eigendom zijn van Gemeente of Provincie, moet er een juridisch oplossing worden gezocht (bijvoorbeeld vestigen van een zakelijk recht of in het meest extreme geval uitkoop).
6. Invloed van tunnel in relatie met onder andere bij bomen:
 - doordat boortunnels relatief diep worden aangelegd, heeft dit geen effect op de flora en fauna. In specifieke gevallen kan een boortunnel water transport in grondwatervoerende lagen verstoren. Dit lijkt aspect lijkt bij dit project niet aan de orde te zijn, doordat de tunnels grotendeels in een kleipakket gelegen zijn.
7. Ontluchttingsinstallaties nodig op maaiveld?
 - in Nederland wordt vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van langsventilatie. Dit houdt in dat de lucht ververst wordt door de rijwind van de voertuigen, in combinatie met ventilatoren. De alternatieve alignementen die door Witteveen+Bos zijn aangedragen kenmerken zich door langere boortunnels van circa 2.500 m. Uit literatuur blijkt dat langsventilatie vrijwel zeker ook bij deze lengte mogelijk is, afhankelijk van de verkeersintensiteit. Er zijn dan geen bijzonder bouwwerken voor ventilatie vereist, tenzij de opdrachtgever kiest voor luchtzuivering. Ofschoon luchtzuivering reeds wordt toegepast bij enkele tunnels in Scandinavië, bevindt de techniek zich nog in een experimenteel stadium.
8. Omvang bouwput ten behoeve van de boorinstallatie
 - bij boortunnels is sprake van een start- en een ontvangtschacht. In de startschacht wordt de tunnelboormachine (grotendeels) gemonteerd en zal de logistiek voor de bouw van de tunnel worden afgewikkeld. In de eindschacht vindt alleen de demontage van de tunnelboormachine plaats. De startschacht is onderdeel van de toerit naar de tunnelbuizen. De start- en ontvangtschacht zijn iets dieper en breder dan de tunnelbakken voor toeritten. De eisen aan de start- en ontvangtschacht zijn in dit stadium niet relevant.
9. Invoegen in tunnel toegestaan?
 - in beginsel is invoegen in een tunnel verboden³. In Nederland is dit ook nog nooit toegepast bij autosnelwegen. Alleen wanneer er vanuit geografisch oogpunt geen andere mogelijk is, kan onder bepaalde voorwaarden een uitzondering gemaakt worden. Vanuit technisch oogpunt kan worden opgemerkt dat de diameter van de tunnelbuis groter wordt als er een additionele rijstrook in de boortunnel moet worden ingepast, ook al is dit over een beperkte lengte. Invoegen in de toeritten lijkt geen bezwaar te zijn.
10. Omvang veiligheidsinstallaties in tunnel
 - de fysieke omvang van de veiligheidsinstallaties in de tunnel is in dit stadium niet relevant. Een boortunnel heeft door zijn ronde vorm relatief veel ruimte onder en boven het profiel van vrije ruimte die benut wordt voor deze installaties (ventilatoren, verlichting, matrixborden, detectie

³ Europese wetgeving geeft aan dat in-/uitvoegen in tunnels of op korte afstand voor het tunnelportaal in principe niet is toegestaan. Alleen wanneer er geografische randvoorwaarden zijn die het onmogelijk maken om hieraan tegemoet te komen zijn uitzonderingen mogelijk.

systemen, bekabeling etc.). Bij de start- of eindschacht zal een bedieningsgebouw worden geïntegreerd in de tunnelbak van de toerit.

BIJLAGE I Berekeningen benodigde gronddekking op boortunnels

BIJLAGE II Dwarsdoorsede boortunnels

BIJLAGE III Alignement referentie ontwerp Zuidtunnel Groningen

BIJLAGE IV Alignement variant 1: aansluiting op Europaplein

BIJLAGE V Alignement variant 2: aansluiting op A7

BIJLAGE VI Geotechnisch langsgrofiel referentie ontwerp

BIJLAGE VII Geotechnisch langsgrofiel variant 2

