
AANSLUITINGEN

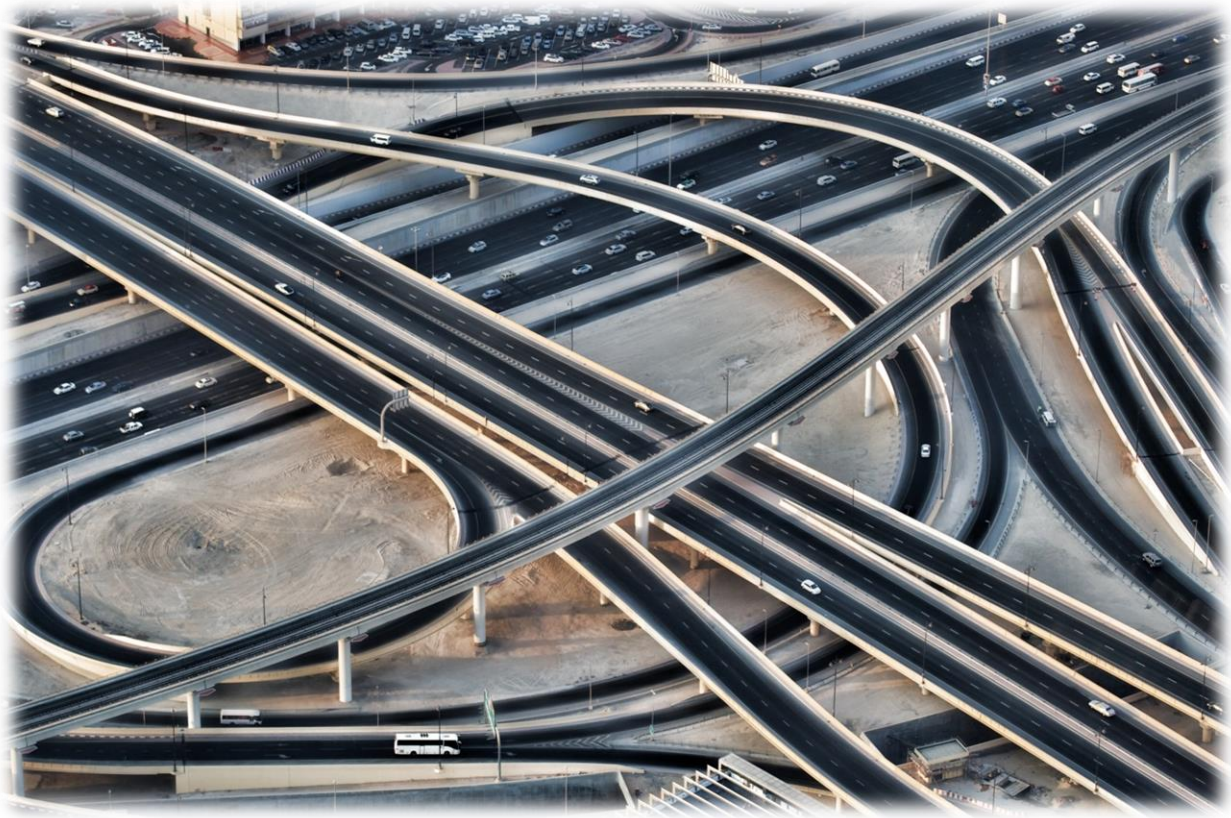
DUBBELDEKS

AUTOSNELWEGEN

EINDRAPPORT

JOOST TEGELBERG

4155726



FIGUUR 1: AANGEPASTE KLAVERTURBINE IN DOWNTOWN DUBAI¹

Begeleiders:

Dr. Oded Cats

Ir. Pieter Schrijnen

Dr. Yufei Yuan

¹ <http://www.nssga.org/buzz-intensifies-highway-funding/>

INHOUDSOPGAVE

Inleiding	3
Achtergrond: Dubbeldekssnelwegen	3
Hoofdvraag	3
Werkwijze	3
Referentieprojecten	4
Sadr Expressway - Teheran	5
Interstate 64 – St. Louis	5
Sheikh Zayed Road - Dubai	6
Eisen	7
Functie	8
Varianten	9
1: Heenweg-Terugweg.....	9
2: Doorgaand-Lokaal Verkeer	10
3: Locatie specifiek	11
Conclusie.....	12
Geometrie.....	13
Overgangsgebieden	14
Uitwisseling.....	16
Op- en afritten	17
Knooppunten.....	18
Conclusie.....	20
Casestudy.....	21
Omgevingsanalyse	22
Probleemanalyse	23
Uitwerkingen	25
Variant 1	25
Variant 2	30
Variant 3	32
Conclusie.....	36
Ontwerphandleiding.....	38
Aanbevelingen ontwerp dubbeldeksautosnelwegen	40
Aanbevelingen voor verder onderzoek	40
Referenties	42
Bijlage 1: Visualisatie op- en afritten	43

INLEIDING

Files vormen een onprettige afwisseling in de alledaagse sleur en zijn nagenoeg niet meer weg te denken uit de huidige verkeersdynamiek. Consistent te vinden op het wegennet, op de radio en in de Tweede kamer, het dagelijks fileprobleem op de hoofdslagaders van Nederland speelt een grote rol in het leven van de doorsnee Nederlander. Gebrek aan ruimte, gecombineerd met de grotere vraag naar asfalt, stellen de beste ingenieurs van Nederland op de proef. Er wordt zeker gezocht naar robuuste oplossingen, maar de aldoor uitdijende stedelijke gebieden veroveren langzaam maar zeker steeds meer van de beschikbare ruimte voor infrastructuur uitbreiding. In dit uitdagende landschap van weggebruikers, wegbeheerders, overheden en omwonenden, staan verkeerskundige ingenieurs voor de taak om aan alle verschillende eisen van de bovengenoemde doelgroepen te voldoen.

ACHTERGROND: DUBBELDEKSSNELWEGEN

Eén van deze oplossingen is het verticaal ontvlechten van het verkeer middels twee boven elkaar geplaatste verkeersdekken. Het smallere ruimtebeslag van dit type autosnelweg maakt het een zeer aantrekkelijke oplossing voor zwaar stedelijk gebied zoals in Nederland te vinden is. Daarnaast kan de capaciteit ook nog verruimd worden door middel van een specifieke functie aan de verschillende verkeersdekken toe te delen, waarbij gedacht kan worden aan het indelen van verkeer op, bijvoorbeeld, bestemming.

HOOFDVRAAG

Waar er bij rechte trajecten vooral op ruimte bespaard kan worden, ligt er gevaar op de loer wanneer een dubbeldeks-snelweg verbonden moet worden met andere wegen. Niet alleen omdat vanwege de plotselinge veranderende verkeersstromen er congestie kan optreden maar ook omdat bij deze aansluitingen het verdelen van het verkeer over de aangeboden afslagen voor een onvoorziene toename in zowel het horizontaal als het verticale ruimtegebruik kan zorgen. Om het verkeer zo vloeiend mogelijk door te laten stromen, is er een noodzaak om aan alle geometrische eisen te voldoen die bij een hogere ontwerpsnelheid horen, hetgeen ten koste kan gaan van de noodzaak om in te spelen op de kleinere beschikbare ruimtes.

In dit project zal onderzoek worden gedaan naar de verschillende manieren om dubbeldeks-autosnelwegen onderling, alsook met het onderliggende verkeersnetwerk te verbinden. Hierbij zal er ook gekeken worden naar de verschillende mogelijkheden om een dubbeldeks-autosnelweg in te delen en wat de gevolgen zijn voor de bovengenoemde aansluitingen.

WERKWIJZE

Om een fatsoenlijk idee te krijgen over de wijze waarop dubbeldeks-snelwegen aan elkaar geknoopt kunnen worden, moet er eerst de nodige informatie vergaard worden. Hiertoe zal er aan het begin van dit rapport een onderzoek gedaan worden naar de noodzakelijke verbindingen waar men tegenaan kan lopen. Er zal achtereenvolgens gekeken worden naar de verschillende functies die de snelwegen moeten vervullen, de eisen die gesteld worden aan het comfort en de veiligheid van de snelwegen en de manieren waarop 'normale' enkeledeks verbonden zijn aan elkaar alsook aan het onderliggende netwerk.

Nadat deze kennis vergaard is zal dit toegepast gaan worden op één van de vele drukke verbindingen waar het Nederlandse snelwegennetwerk dagelijks mee te maken heeft; Knooppunt Prins Clausplein. In deze zogeheten casestudy zal de opgedane kennis gebruikt worden om een robuuste nieuwe verbinding te maken die in ieder geval rekening houdt met een mogelijke verticale verdubbeling van het traject A12 – Utrechtsebaan tot en met in

Transport & Planning

ieder geval Knooppunt Prins Clausplein. Er zullen verschillende varianten worden uitgewerkt en aan elkaar getoetst op het gebied van doorstroming, ruimtegebruik en ook in hoeverre er gebruikt gemaakt wordt van de al aanwezige beschikbare infrastructuur rondom het knooppunt. De verschillende varianten worden bepaald door de manier waarop de verticale indeling is gemaakt van het dubbeldekse traject.

Aan de hand van deze casestudy zal er een beknopte samenvatting worden gemaakt met lessen die te leren zijn uit deze specifieke toepassing van het dubbeldekssnelweg-concept. Onder andere met deze samenvatting zal een korte handleiding gemaakt worden met enkele van de mogelijke varianten voor verticale indelingen van dubbeldeks snelwegen. Ook zullen verschillende configuraties van dubbeldeks-knooppunten en ook verschillende aansluitingen met het onderliggend netwerken aan de orde komen. Dit wordt allemaal samengevoegd in de bovengenoemde 'ontwerphandleiding aansluitingen dubbeldeks-autosnelwegen'.

In dit project zal er aanspraak gemaakt worden op een aantal documenten van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en dan met name van het uitvoerende agentschap van dit ministerie; Rijkswaterstaat. Een van deze documenten die nadrukkelijk een rol gaat spelen tijdens dit onderzoek is het in 2014 verschenen document Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014². Hierin staan alle eisen vermeldt waarin een hedendaagse snelweg moet voldoen om de veiligheid en het comfort van de gebruikers optimaal te kunnen waarborgen.

Aangezien dit project als een aanvulling gezien mag worden bij een eerder afstudeerproject over dubbeldeks-autosnelwegen door dhr. C.V. Kwakernaak [2002]³, zal hier ook met enige regelmaat naar gerefereerd worden.

REFERENTIEPROJECTEN

Alhoewel er in Nederland met enige regelmaat partijprogramma's opduiken waarin dubbeldeks-autosnelwegen als dé oplossing voor het fileprobleem worden aangeprezen wordt dit type autosnelweg nog nergens gebouwd en is er ook geen notie van te vinden in de Meerjarenplan Infrastructuur Ruimte en Transport (MIRT) wat elk jaar door het ministerie van Infrastructuur en Milieu aan de Tweede Kamer wordt aangeboden. De enige uitzondering hierop is de dubbellaagse vertunneling van de A2 langs Maastricht, welke door zijn korte lengte en het ontbreken van directe aansluitingen in mindere mate van betekenis zal zijn voor dit project. Voor referentieprojecten zal er in dit onderzoek dus buiten de landgrenzen moeten worden gezocht en dan met name waar snelwegen met een hoge vraag naar capaciteit stedelijke gebieden moeten doorkruisen.

² <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/autosnelwegen.aspx>

³ <http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:b4b30a52.../AFSTUDEERRAPPORT.pdf>

*Transport & Planning***SADR EXPRESSWAY - TEHERAN**

Een van de interessantste referentieprojecten bevindt zich de hoofdstad van Iran, Teheran. Waar Iran misschien niet bovenaan de lijst staat met dichtbevolkte kapitaalkrachtige landen is het niet verwonderlijk dat een stad met om en nabij 16 miljoen inwoners behoefte heeft aan een goede ontsluiting. De snelweg, Sadr Expressway, ligt aan de noordkant van de stad en is opgedeeld in een bovendeck voor doorgaand verkeer terwijl het onderste niveau voor lokaal verkeer is. Dit zorgt niet alleen voor een goede doorstroming tussen de oost en west kant van de stad maar bespaart ook een grote hoeveelheid ruimte in het dichtbevolkte gebied. Het bovenste dek is maar op een paar plekken aangesloten op andere wegen en deze aansluitingen zullen extra aandacht krijgen.



FIGUUR 2: SADR EXPRESSWAY IN TEHERAN⁴

INTERSTATE 64 – ST. LOUIS

Aangezien er ook gekeken wordt naar de verschillende mogelijkheden wat betreft de verticale indeling en op welke manier deze indeling terugkomt in de aansluitingen, is er ook gezocht naar dubbeldeks-snelwegen met een andere indeling dan de Sadr Expressway. Een voorbeeld hiervan is de Interstate 64 die nabij St Louis, Missouri, die dusdanig weinig ruimte had om horizontaal uitgebreid te worden, dat er gekozen is om de snelweg gedeeltelijk dubbeldeks te maken. Hierbij is ervoor gekozen om het verkeer van west naar oost op het onderste dek te laten rijden en het verkeer van west naar oost op het bovenste dek in te delen. Hierdoor ontstaan er een ander soort aansluitingen dan bij de eerder genoemde Sadr Expressway, omdat er niet alleen opritten naar het onderste niveau maar ook naar het bovenste dek gerealiseerd moet worden. Enkele interessante aspecten van deze vorm van dubbeldekse snelwegen zijn bijvoorbeeld de keuze om afritten links van de rijbaan te maken, zoals te zien is in de onderstaande figuur.

⁴ <http://www.payvand.com/news/13/nov/1247.html>

FIGUUR 3: INTERSTATE 64 - ST LOUIS⁵

SHEIKH ZAYED ROAD - DUBAI

Omdat het concept van een dubbeldekssnelweg nog relatief jong is en bovendien zelden toegepast wordt, valt er ook nog veel te leren van landen die pas sinds kort begonnen zijn met het uitbreiden van het nationale wegennetwerk. Een mooi voorbeeld hiervan zijn de Verenigde Arabische Emiraten die de afgelopen paar decennia een explosieve groei hebben gekend. Door de grote hoeveelheid geld en ruimte is er de mogelijkheid geweest om een zeer verkeerskundig interessant netwerk aan te leggen, hetgeen niet tegen gehouden werd door huidige tracés of bebouwing. De Sheikh Zayed Road die als belangrijkste slagader van de stad Dubai wordt gezien is op veel plekken met kruisende stadssnelwegen verbonden en biedt een interessante kijk op het afwikkelen van stedelijke verkeersstromen. Met name op het kruispunt tussen de Sheikh Zayed Road en de Al Safa/Financial Centre Road is een voor dit project intrigerend knooppunt gerealiseerd. Deze klaverturbine, ook te zien op het voorblad van dit rapport, verbindt de hoofdweg met een dubbellaagse stadssnelweg die langs het echte centrum van Dubai met onder andere de Burj Khalifa loopt. Het knooppunt biedt een goed beeld op wat er komt kijken bij het aansluiten van een dergelijke dubbeldekse snelweg met name op het gebied van ruimtegebruik. In dit geval is er in figuur 4 goed te zien hoe er een 4-armig knooppunt waarvan 1 van de armen dubbeldeks is in een stedelijk gebied gerealiseerd kan worden.

⁵ Bron: Google Maps 2015

FIGUUR 4: GEMODIFICEERDE KLAVERTURBINE DOWNTOWN DUBAI (GEZIEN VANAF BURJ KHALIFA)⁶

EISEN

Snelwegen vormen een vitale schakel in het nationale verkeernetwerk. Dit type weg biedt bereikbaarheid voor zowel nationaal als regionaal verkeer door middel van een grote ontwerpsnelheid, brede rijstroken en consequent conflictvrije kruisingen met andere netwerken. Om congestie te voorkomen worden het aantal rijstroken afgestemd op het verwachte verkeerspatroon, waarbij ook gekeken moet worden naar de functie van het specifieke traject binnen het regionale en nationale netwerk. De capaciteit van zowel een enkele rijstrook als meerdere rijstroken is meermaals onderzocht door, onder andere, Rijkswaterstaat en staat gedocumenteerd in de Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen⁷. Deze zijn te vinden in de tabel hieronder en zijn berekend op optimale omstandigheden bij 15% vrachtverkeer.

aantal rijstroken	Capaciteit
1 (lengte > 1.500 m)	1.900 mvt/h
1 (lengte ≤ 1.500 m)	2.100 mvt/h
2	4.200 mvt/h
3	6.300 mvt/h

Deze bovengenoemde optimale omstandigheden worden ook door Rijkswaterstaat genoemd in paragraaf 4.5.1 en bestaan vooral uit externe omstandigheden zoals weer, wegdek en daglicht maar ook het afwezig zijn van capaciteitsrestricties of andere omstandigheden waardoor het verkeer in mindere maten stroomt.

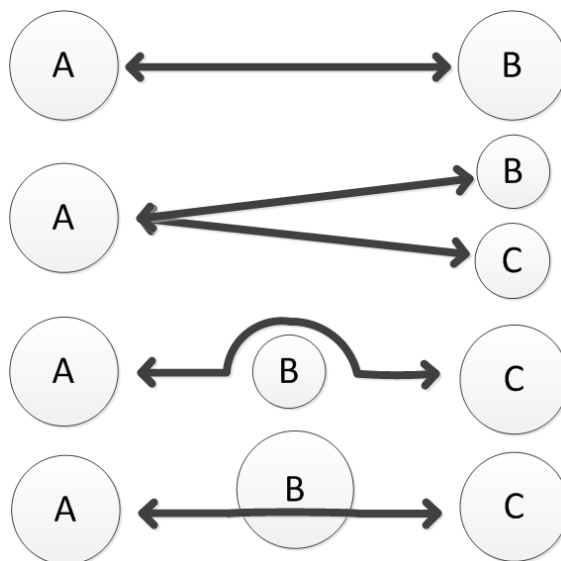
⁶ <http://arnaudlafontaine.weebly.com/dubai-architecture.html>

⁷ Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014, paragrafen 4.5.2 en 4.5.1

Aangezien dit project vooral inspeelt op de verschillende mogelijkheden van het aansluiten van dubbeldeks-autosnelwegen zullen de eisen voor deze aansluitingen prominent aan bod komen. Dit wil zeggen dat er voor zowel de oriënterende fase als later in de casestudy meer aandacht zal worden besteed aan de eisen voor het ontwerp van de aansluitingen dan aan de eisen voor de rechte stukken snelweg. Vooral op het gebied van ruimtebeslag, en dan preciezer het besparen van de gebruikte ruimte, zal een hoop nadruk liggen in dit project. De beweegredenen hiervoor vloeien voort uit de initiële beweegredenen voor de aanleg van een dubbeldekssnelweg. Dit type weg wordt namelijk alleen toegepast op plaatsen waarbij rijbaanverbreding niet meer mogelijk is door de nabijheid van bebouwing of door andere redenen, bijvoorbeeld omdat een weg op een viaduct of in een tunnel gelegen is. Dit gebruik aan ruimte zal zich ook manifesteren in de eisen voor de aansluitingen van de dubbeldeks snelweg. Hierbij gaat er bijvoorbeeld niet gekeken worden naar de specifieke constructieve eisen voor kolommen of liggers die een snelweg moeten ondersteunen, maar wordt er wel gekeken naar in hoeverre deze constructies ruimte rondom de weg innemen. Andere eisen voor aansluitingen zijn te vinden in de ontwerprichtlijnen van Rijkswaterstaat en zijn vooral afhankelijk van de veiligheid en het comfort van de gebruiker van de weg. Belangrijke eisen hierin kunnen bijvoorbeeld geometrische eisen zijn, zowel in de horizontale als in de verticale richting, maar ook zal er verderop in dit hoofdstuk gekeken worden naar verkeersveilige vormen van aansluitingen die de doorstroming van het verkeer zo min mogelijk hinderen.

FUNCTIE

Op netwerkniveau zijn er verschillen te zien die allemaal van invloed zijn op de doorstroming van het verkeer met name door de combinatie van het regionaal en nationaal verkeer op dezelfde weg. Omdat de snelwegen zo aantrekkelijk zijn wat betreft reistijd zullen meer mensen kiezen voor de snelweg in plaats van voor een andere route over regionale wegen die zeker niet onderdoen voor de snelweg op een klein traject afgezien van de reistijd. Een kleine schematisering van de verschillende functies is hiernaast te zien. Wat opvalt, is dat de verhouding regionaal-nationaal verkeer zeer afhangt van de directe omgeving van de snelweg. Aangezien Nederland een dichtbevolkt land is met veel stedelijk bebouwing dicht langs de grote wegen. Niet alleen zorgt dit voor een grote beperking aan beschikbare ruimte, maar ook de extra toevoeging van regionaal verkeer zorgt voor een mindere doorstroming. Hierdoor zou een verdeling van deze twee stromen bijvoorbeeld door middel van een dubbeldekse snelweg configuratie zeker geen slecht idee zijn. In de volgende paragraaf zal dieper ingegaan worden op de verschillende mogelijkheden die een verticale indeling van het verkeer biedt.



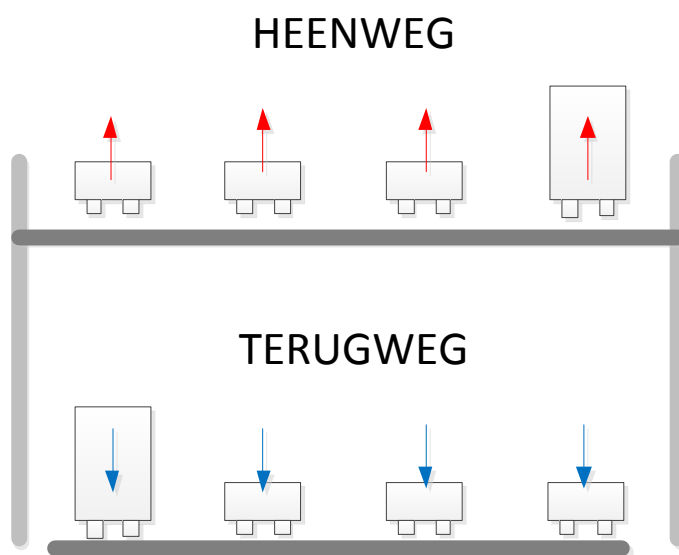
FIGUUR 5: VERSCHILLENDE NETWERKFUNCTIES AUTOSNELWEGEN

VARIANTEN

Voor de verschillende varianten voor het indelen van het verkeer middels een verticale inpassing is in dit project een beroep gedaan op de al bestaande ideeën van dhr. Kwakernaak gepresenteerd in zijn Afstudeerrapport over dubbeldeks ontvlechten in 2002⁸. In zijn rapport noemt dhr. Kwakernaak 4 verschillende doelgroepen van weggebruikers die interessant kunnen zijn voor toetsing van het dubbeldeks ontvlechten. Deze vier doelgroepen zijn als volgt: Doorgaand verkeer, Vrachtverkeer, Betalend verkeer en licht verkeer. Wat opvalt, is dat de doelgroepen vooral zijn ingedeeld op basis van in hoeverre deze de aanleg van een dubbeldeks snelweg rendabel kunnen maken als het financiële plaatje erbij gepakt gaat worden. Dit is niet verwonderlijk aangezien er in het rapport een studie gedaan wordt in de richting van de haalbaarheid van de oplossing voor het capaciteitstekort op het hoofdwegennet door middel van een dubbeldekssnelweg. In dit rapport daarentegen is gekozen om er vanuit te gaan dat dubbeldekssnelwegen rendabel zijn en vervolgens te gaan kijken hoe een doorstroming over een knooppunt of een ander dergelijk soort omgeving waarbij de capaciteit wellicht gebrekkig is, alsnog gerealiseerd kan worden. Hierbij is er in dit rapport gekozen om de verticale indeling een meer verkeerskundig karakter te geven, waarbij verschillende verkeersstromen op een verschillende verticale plaats terecht zullen komen. Dit in tegenstelling tot de doelgroepen van dhr. Kwakernaak waarbij een verticale schifting tussen verschillende weggebruikers een belangrijke rol van betekenis speelt. In de hierop volgende paragrafen zullen de indelingen op basis van verkeersstromen over een knooppunt verder worden toegelicht en zal er een concluderende tabel zijn waarin alle voor- en nadelen vermeld staan.

1: HEENWEG-TERUGWEG

De allereerste variant die besproken gaat worden is de verticale indeling waar het verkeer per richting een ander niveau toebedeeld krijgt. Dit houdt in dat op de heenweg het verkeer bijvoorbeeld op het bovenste dek rijdt en vervolgens op de terugweg op het onderste dek te vinden is. Op deze manier is het voor de weggebruikers overzichtelijk, aangezien er geen keuze gemaakt hoeft – maar ook vooral geen keuze gemaakt kan – worden. Het is de meest overzichtelijke variant van de 3 varianten die in dit project worden voorgesteld. Vanwege de eis om de ondersteuning voor het bovenste dek geen hinder te laten zijn voor het verkeer op het onderste dek worden deze aan weerskanten van de onderste rijbaan geplaatst. Vanwege deze ondersteuning krijgt men op het onderste dek tot op zekere hoogte meer een soort tunnel-effect dan bij andere varianten. Dit houdt in dat er minder daglicht op het onderste dek komt en er ook minder afleiding of overzicht



FIGUUR 6: SCHEMATISERING VARIANT 1

op verkeersstromen op de rijbaan is wat gevolgen kan hebben voor de veiligheid en zodoende op de doorstroming. Daarnaast is het verkeer nog steeds niet verdeeld en zit regionaal verkeer over korte afstanden nog steeds op dezelfde rijbaan als het nationale verkeer met verdere bestemmingen. Dit kan gevolgen hebben bij op- en afritten waar het regionale verkeer de weg verlaat en tussen de vrachtwagens aan de rechterzijde door moet.

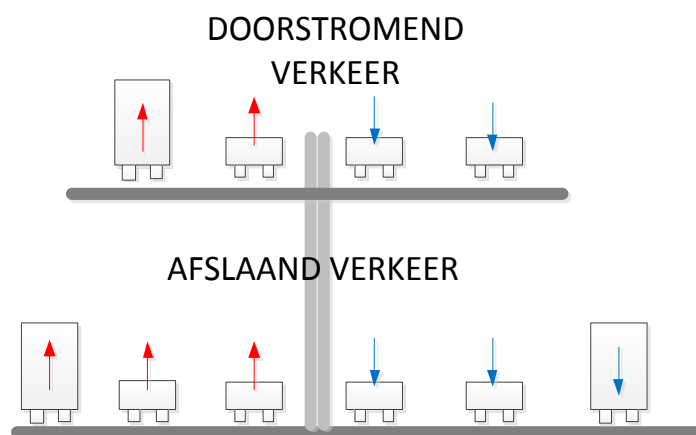
⁸ Kwakernaak, Hoofdstuk 7

Transport & Planning

Het grote voordeel van deze heenweg-terugweg variant is terug te vinden in het ruimte gebruik. Omdat er geen middenberm is wordt er het maximale gehaald uit de geboden ruimte en kan men spreken van een verdubbeling van het aantal rijstroken ten opzichte van een enkeledeks snelweg. Deze maximale capaciteit bij een kleine ruimte is vooral in zeer verstedelijkt gebied een aantrekkelijke oplossing. Voor een lagere ontwerpsnelheid zoals bij een stadautosnelweg van toepassing is zijn de eisen voor verschillende wegvakken minder streng, dat wil zeggen dat de wegvakken minder groot hoeven te zijn om de verkeersbeweging zoals uitvoegen of weven korter kunnen zijn. Een klein nadeel is wel dat er in een later stadium minder mogelijkheden zijn voor een capaciteits uitbreiding in horizontale richting. Dit principe is ook beschreven in hoofdstuk 7 van het afstudeerrapport van dhr. Kwakernaak (zie voetnoot 8).

2: DOORGAAND-LOKAAL VERKEER

De volgende variant is een variant die wellicht wat meer gebruik maakt van de extra geboden capaciteit door het te combineren met een verdeling op basis van individuele functie binnen het netwerk. Dit komt erop neer dat bijvoorbeeld het bovenste niveau gebruikt wordt voor het verkeer wat een doorstromend karakter heeft en zo min mogelijk capaciteits belemmerende situaties tegen wilt komen. Hierbij is van belang dat het bovenste niveau zo min mogelijk onnodige aansluitingen heeft met andere netwerkstructuren zodat er voldoende doorgereden kan worden. Deze aansluitingen zijn wel te vinden op het onderste niveau waar het lokale verkeer zich zal bevinden. Dit verkeer hoeft maar korte trajecten te rijden en zal minder gehinderd worden door aansluitingen. In hoeverre er gekozen kan gaan worden om een aansluiting met het bovenste netwerk te maken zal verderop in dit hoofdstuk besproken worden. Overigens kan er ook een situatie ontstaan waarbij de functies van de verschillende wegniveaus omgedraaid is, doorstromend verkeer onder en afslaand verkeer op het bovenste dek. Deze indeling moet afgestemd worden op de aanwezigheid van andere netwerken waarmee het afslaand verkeer verbonden moet worden. Liggen deze netwerken op de hoogte van het maaiveld, dan is het afslaand verkeer op het onderste niveau een logische keus, maar mochten de netwerken hoger liggen, bijvoorbeeld omdat de dubbeldeks snelweg verdiept ligt, dan is het omdraaien van de functies mogelijk.



FIGUUR 7: SCHEMATISERING VARIANT 2

Doordat de ondersteuning van het bovenste dek in de middenberm gerealiseerd kan worden zijn mogelijkheden voor verdere capaciteitsuitbreiding in horizontale richting mogelijk. Wel is er meer ruimte nodig voor de ondersteuning in de middenberm waardoor deze precieze variant een minder hoge capaciteit kan realiseren voor de beschikbare ruimte dan bij de eerste variant. Een ander nadeel is een stukje onduidelijkheid voor de weggebruikers die bij de overgang van enkeledeks naar dubbeldeks snelweg een keuze moeten maken. Mogelijk eindigen verkeersgebruikers die minder bekend zijn met de omgeving daarom op het verkeerde niveau en rijden mogelijk of een stuk om of door een minder doorstromend stuk dan nodig was.

Transport & Planning

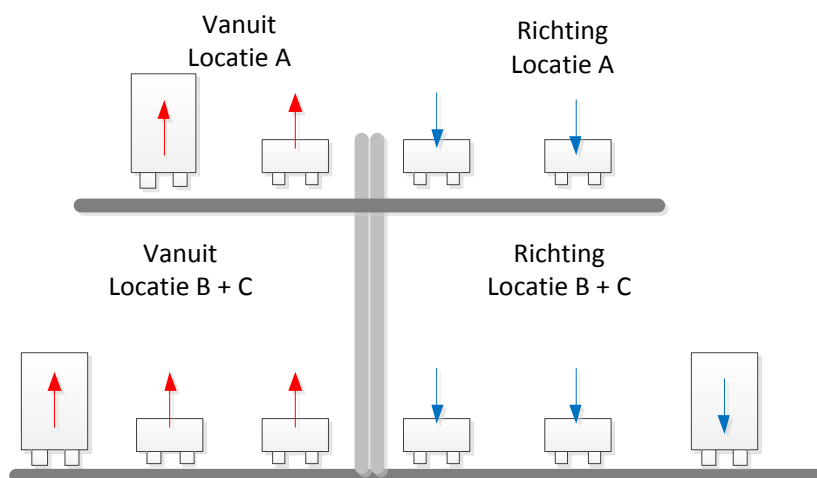
3: LOCATIE SPECIFIEK

Een laatste variant voor een dubbeldeks snelweg zou een variant kunnen zijn waarbij er alleen gekeken wordt naar de precieze bestemming van de verkeersstromen. Dit betekent dat het verkeer met een verschillende bestemming op verschillende snelweg niveaus te vinden is. Deze variant wijkt af van de doorstromend-afslaand variant uit variant 2 omdat het nu over een specifieke locatie gaat in tegenstelling tot een bestemmingsafstand zoals bij 2. Deze variant speelt in op de mogelijkheden die er over een knooppunt bestaan waarbij verkeer keuzes moet maken welke richting het op wilt, om vervolgens met behulp van verbindingswegen of lussen op de gewenste snelweg terecht te komen. Bij deze

variant dient die keuze eerder gemaakt te worden om zo een dubbeldeks snelweg richting een knooppunt te voeren. Omdat deze snelweg dan al ingedeeld is op bestemming zijn er minder verbindingswegen nodig, aangezien niet zowel het boven als benedendek met alle locaties verbonden hoeft te worden. Hierdoor kan er bijvoorbeeld gekozen worden om een dek helemaal niet aan te sluiten meer dan één bestemming waardoor het verkeer veel beter kan doorstromen. In feite speelt deze variant in op het idee dat knooppunten normaliter één directe verbinding hebben, vaak is dit de weg die rechtdoor gaat. Met deze indeling kan er een extra directe verbinding worden aangelegd, die wellicht een minder hoge snelheid heeft omdat er nog steeds een bocht in zit. Deze specifieke variant heeft als gevolg dat er extra conflictvrije capaciteit gerealiseerd kan worden over een aansluiting.

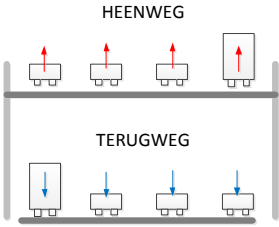
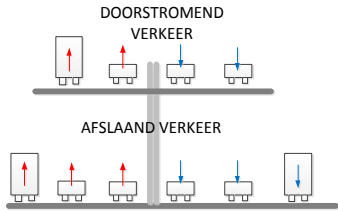
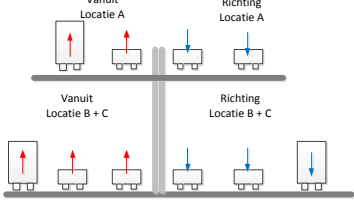
Vanwege de noodzaak om eerder een keuze te maken voor een richting kan het zijn dat het onduidelijk is voor weggebruikers welk wegniveau ze moeten kiezen waardoor deze weggebruikers wellicht op een verkeerde aansluiting terechtkomen. Daarentegen is het wel zo dat er vloeiender door een knooppunt gereden kan worden omdat de keuze voor een richting al gemaakt is waardoor er minder vertraging optreedt. Indien het gebrek aan ruimte over langere afstand rondom een knooppunt speelt, dient de richtingskeuze wellicht eerder gemaakt te worden. Ook de afstand tot het punt waar de dubbeldekssnelweg weer verder kan gaan als een normalere enkeldekssnelweg zal zeer afhangen van de specifieke locatie. Wat verder nog van belang kan zijn is hoe de afslagen gerealiseerd kunnen worden, en dan met name zal de vraag aan welk snelwegniveau deze afslagen vastzitten zal per specifiek stuk snelweg onderzocht moeten worden.

De wens om een directe verbinding aan te leggen met een relatief hoge ontwerpsnelheid resulteert wel in andere geometrische eisen voor knooppunten die van deze variant gebruik maken. Hier zal in het hoofdstuk Geometrische Eisen verder op ingegaan worden.



FIGUUR 8: SCHEMATISERING VARIANT 3

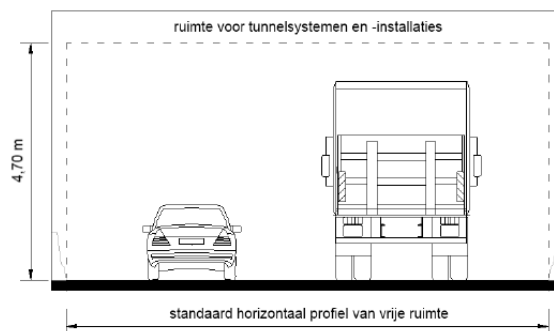
CONCLUSIE

Variant	1: Heenweg-Terugweg	2: Doorstromend-Afslaand	3: Locatie specifiek
Schematisering			
Voordelen	- Weinig ruimtegebruik - Hoge capaciteit - Overzichtelijk voor gebruikers	- Goede doorstroming - Belangrijke meerwaarde - Horizontale uitbreiding mogelijk	- Specifieke capaciteit - Horizontale uitbreiding mogelijk
Nadelen	- Geen verdeling op basis van bestemming - Minder doorstroming - Tunnel-effecten - Groter formaat constructie	- Minder beschikbare ruimte - Groter ruimtegebruik - Verwarrend voor bestuurders	- Minder beschikbare ruimte - Verwarrend voor bestuurders

GEOMETRIE

Ongeacht de specifieke situaties, vraag naar capaciteit of gebrek aan ruimte dient een snelweg ontwerp zich altijd aan een behoorlijke rits aan verschillende fysische eisen te houden. Soms zijn deze eisen evident en weinig verrassend, zo kunnen snelwegen bijvoorbeeld niet vliegen, zwemmen of over de kop gaan. Daarentegen zijn er ook een aantal eisen die wellicht niet direct uit het gezond verstand voortvloeien maar meer slagen om de arm hebben. Zo zijn er eisen die betrekking hebben op veiligheid en eisen die betrekking hebben op comfort en vaak zit er een stuk overlap in waardoor er bij de ene eis automatisch aan de andere voldaan wordt. In de tabel hieronder staan de belangrijkste eisen onder elkaar met erbij waar deze terug te vinden zijn in de Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014 van Rijkswaterstaat.

Ondanks dat er nog veel meer verschillende eisen te vinden zijn in de documenten van Rijkswaterstaat met betrekking tot het ontwerpen van een snelwegtracé, is er in dit project uitdrukkelijk voor gekozen om het geometrisch wegontwerp op een geschematiseerde manier weer te geven. De aandacht in dit project gaat meer uit naar de inpassing van een dubbeldeks snelweg aansluiting in de directe omgeving en minder naar gedetailleerde tracés, scheefstanden of dwarsprofielen. Dit betekent dat er globaal gekeken gaat worden naar de geometrische eisen om zo tot onderbouwde conclusies te komen wat betreft de benodigde ruimte voor verschillende aansluitingen. Zo zullen minimale boogstralen vanwege hun grootte meer nadrukkelijk terug te vinden zijn dan bijvoorbeeld profielen van vrije ruimte en rijstrookbreedtes. Wel is hiernaast een schematisering van een benodigd profiel voor het onderste dek te vinden uit de paragrafen over tunnels van de ROA 2014 waarmee in de rest van dit project gewerkt gaat worden.



FIGUUR 9: PROFIEL VAN VRIJE RUIMTE IN TUNNELS

	120 km/u	90 km/u	Referentie in ROA 2014
Maatgevende zichtlengte anticipatie horizontaal	> 335m	> 230m	Tabel 5.2
Boogstraal met 5% verkanting (hoofddrijbaan)	> 1500m	> 700m	Tabel 5.7
Boogstraal met 5% verkanting (niet-hoofddrijbaan)	> 750m	> 350m	Tabel 5.8
Clotoïde parameter	> 270m	> 175m	Tabel 5.11 + 5.12
Hellingspercentage (kunstwerk)	< 5%	< 5%	Tabel 5.13
Hellingslengte (kunstwerk)	< 500m	< 500m	Tabel 5.13
Zichtlengte verticale boog	> 165m	> 120m	Tabel 5.15
Rijstrookbreedte	> 3.5m	> 3.5m	Tabel 5.23
Vluchtstrook	> 3.7m	> 3.7m	Tabel 5.24
Verticaal profiel van vrije ruimte	> 4.7m	> 4.7m	Tabel 5.21

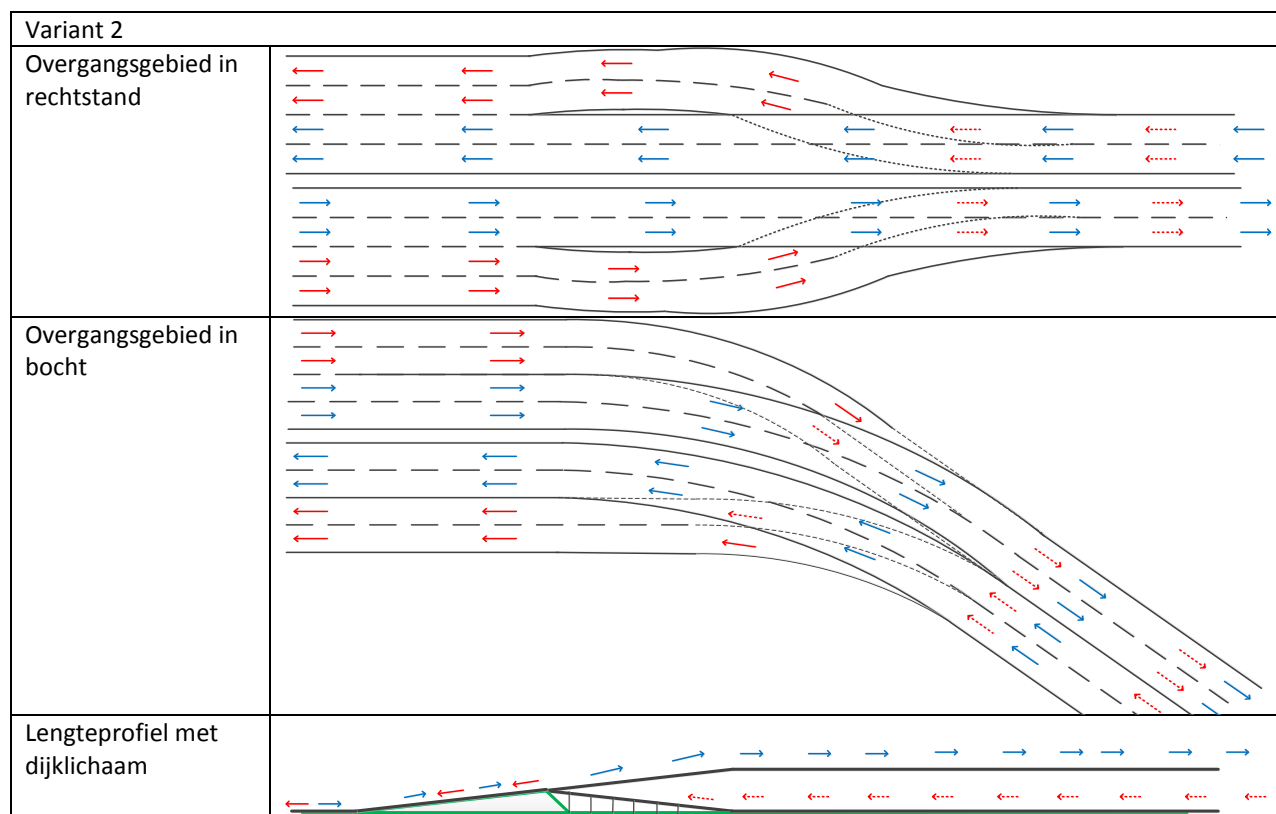
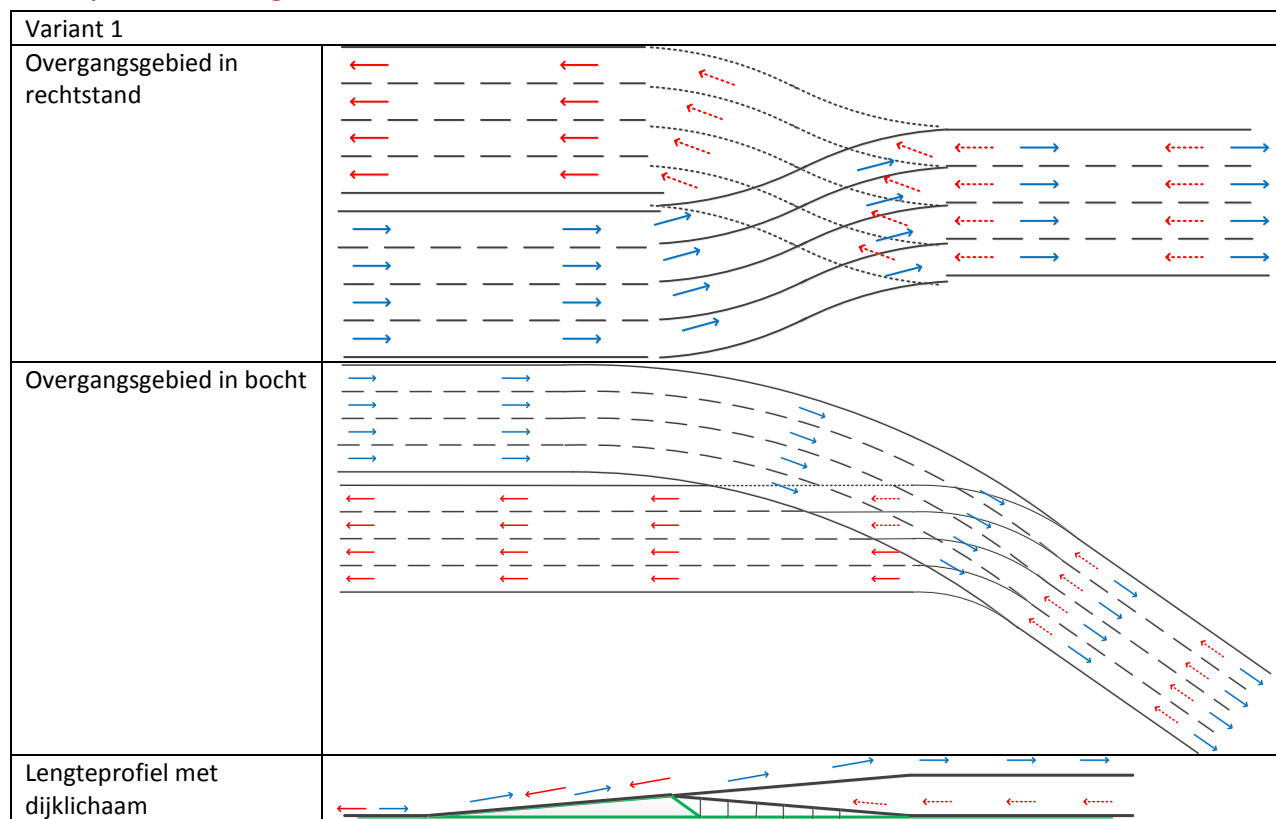
OVERGANGSGEBIEDEN

Het eerste type aansluiting die onder de loop genomen gaat worden in dit project is de transitie van een enkeldeks naar een dubbeldekssnelweg. Deze overgang vormt ook wel de ingang of de entree van het dubbeldekse tracé en gaat gepaard met een toename in verticaal ruimtegebruik. Het onderste dek krijgt vanaf dit punt te maken met een plafond boven het wegdek waaraan verschillende eisen zijn verbonden. Zo moet dit plafond hoog genoeg zijn voor vrachtwagens en dergelijke hoge voertuigen om eronderdoor te rijden terwijl er nog steeds voldoende plaats is voor het bevestigen van verlichting, borden en andere zaken aan het plafond. Voor het bovenste dek betekent deze eis dat er voldoende hoogteverschil overbrugd moet worden zodat het onderste wegdek er veilig onder past. De belangrijkste eisen hiervoor zijn kwantitatief bepaald door Rijkswaterstaat en zijn in de vorige paragraaf terug te vinden. De eisen waar er bij dit project rekening gehouden wordt is een minimale doorrijhoogte van 4,7 meter, een maximale helling van 5% en een maximale lengte van 500 meter voor het kunstwerk om de hoogte te overbruggen. Voor de ligging van het bovenste wegdek moet dus rekening gehouden worden met de minimale doorrijhoogte, ruimte voor borden en installaties en de benodigde ruimte voor het wegdek en ondersteuning. Daarom is er gekozen voor een ligging van het bovenste dek 6 meter boven het onderste dek. De eis voor de maximale lengte is vooral gebaseerd op het financiële plaatje en hier kan, indien noodzakelijk, nog mee geschoven worden. Wel is het zo dat er bij dubbeldekssnelwegen het gebrek aan ruimte een zeer belangrijke rol speelt, dus zal eerder de ruimtelijke inpassing van belang zijn dan de kosten van een dergelijke overgang van enkeldeks naar dubbeldekssnelweg.

Hieronder staan voor de verschillende varianten van de eerder besproken verticale indelingen mogelijke manieren om een dergelijke transitie te realiseren. De onderlinge 'beweging' van de snelwegdekken is te verdelen in twee gedeeltes: De dekken beginnen bij alle varianten naast elkaar op hetzelfde niveau, vervolgens moet het dek dat later het bovenste dek gaat worden voldoende hoogtemeters maken om de veiligheid van het verkeer eronder te waarborgen en tot slot wordt het onderste dek dan weer terug onder het bovenste dek geleid. Omdat deze processen niet zomaar tegelijkertijd uitgevoerd kunnen worden en er maximale hellingen zijn om rekening mee te houden kunnen deze overgangen van enkel naar dubbeldeks snelwegen van significante lengte worden en dient er dus goed gekeken te worden naar de locatie waar ze terechtkomen. Later in dit rapport bij de casestudy zal er een visualisatie van een dergelijke overgang te vinden zijn met de belangrijkste dimensies erbij vermeld.

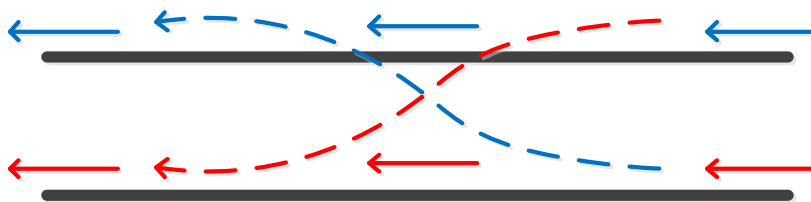
Voor de volledigheid is er gekozen voor een visualisatie van deze overgangsgebieden in zowel een rechtstand als een overgangsgebied in een bocht. In een al bestaande bocht een overgang aanleggen zorgt enerzijds voor een simpelere ondersteuningsconstructie, maar anderzijds zorgt het wel voor een wellicht te krappe boog voor de hogere ontwerpsnelheid van het bovenliggende dek. Wat opvalt is dat er geen verschil is tussen de varianten 2 en 3 (Doorgaand-afslaand en locatie specifiek). Dit komt omdat het bij deze ingang in feite eenzelfde soort splitsing gemaakt wordt. Dat varianten 2 en 3 qua aansluitingen grote gelijkenissen vertonen zal bij de op- en afritten verder besproken worden.

Transport & Planning



UITWISSELING

Om een acceptabele bereikbaarheid te waarborgen kan het soms noodzakelijk zijn om aansluitingen aan te leggen waarbij het verkeer van het onderste naar het bovenste dek kan verplaatsen en vice versa.



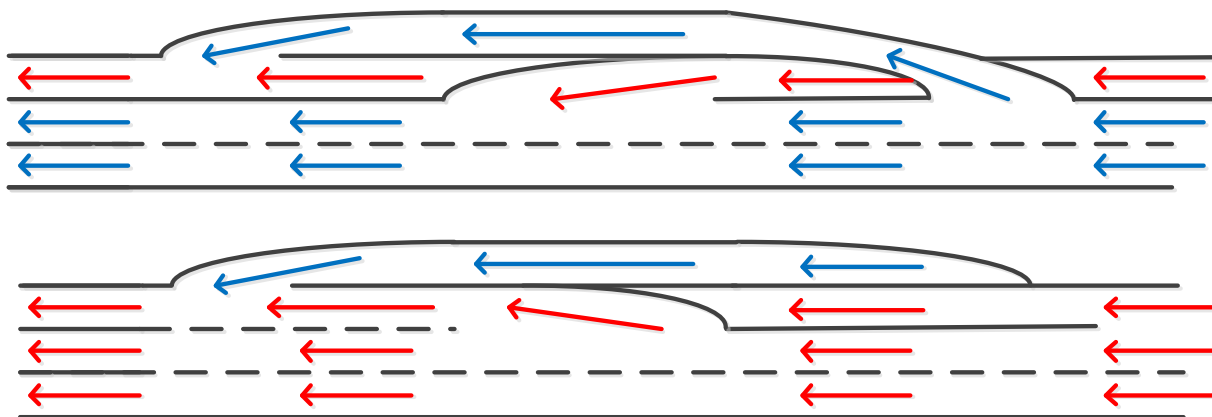
FIGUUR 10: LENGTEPROFIEL UITWISSELING

Aangezien het onder en bovendeck bij

de verticale indeling variant 1 (heenweg-terugweg) geen noodzaak is tot uitwisseling zal deze buiten beschouwing gelaten worden. Voor de indelingsvariant 2 (doorgaand-afslaand) is een uitwisseling van verkeer in sommige gevallen wenselijk. Aangezien de variant er vooral op berust dat er zo min mogelijk aansluitingen, of andere oorzaken voor turbulente verkeersstromen, op het bovendeck terecht komen, dus zal er goed gekozen moeten worden waar er dan wel een uitwisseling mag worden gerealiseerd. In principe is een uitwisseling ongewenst als er op het traject geen grote steden waarvoor meer bereikbaarheid benodigd is. Omdat er in Nederland veel steden van een overeenkomstige grootte langs snelweg trajecten te vinden zijn, zullen uitwisselingen meer voorkomen dan in dunbevolkte gebieden met enkele grote steden op aanzienlijke afstand. Mocht bijvoorbeeld de volledige A4 verdubbeld worden, dan is het logisch om voor en na Den Haag en/of Leiden een uitwisseling aan te leggen, zodat bewoners uit deze regio's ook gebruik kunnen maken van het bovenliggende dek.

Variant 3, die locatie specifiek het verkeer verdeelt over de verschillende dekken, zou, mede door de korte trajecten waar deze variant nuttig voor is, minder te maken moeten hebben met uitwisselingen tussen verkeersstromen. Alleen op het moment dat er dusdanig veel weggebruikers de verkeerde keuze maken of de gevolgen van een verkeerde keuze te groot zijn kan er gekozen worden voor een uitwisseling om wat extra vergevingsgezindheid in te bouwen. Verder is het wel zo dat er nog geen afdoende onderzoeken zijn gedaan naar de veiligheid op verkeersdekken en dat later wellicht blijkt dat er uiteindelijk toch meer bereikbaarheid moet worden gemaakt speciaal voor veiligheidsdiensten.

Een ander aspect waar rekening mee gehouden kan worden is de detaillering van de plaatsing van de op- en afgaande aansluitingen. Op het moment dat deze dicht bij elkaar liggen levert dat minder ruimtegebruik op, maar heeft het wel gevolgen voor de doorstroming omdat er weefvlakken kunnen ontstaan. Worden de verschillende aansluitingen op losse locaties gebouwd, dan kost dat weer meer ruimte. In het voorbeeld hieronder is te zien hoe er een compromis gevonden kan worden door de aansluitingen door elkaar heen te vlechten. Hierdoor is de stroming minder turbulent, maar heeft het geen grote gevolgen voor het ruimte gebruik. Wel zijn er zwaardere constructies nodig omdat de overspanningen iets groter zijn.



FIGUUR 11: BOVENAANZICHT AANSLUITINGEN

OP- EN AFRITTEN

De belangrijkste aansluitingen van een snelweg zijn de op- en afritten. Zonder deze bijzondere aansluitingen zou een snelweg zijn conflictvrije status verliezen, en daarmee ook zijn nut voor zowel het nationale als regionale verkeer. Een goede aansluiting zorgt voor een vloeiende doorstroom tussen het hoofdwegennet en onderliggende netwerkniveaus en geeft het verkeer de tijd en de ruimte om de snelheid aan te passen aan het nieuwe netwerkniveau. Voor opritten betekent dit het verschaffen van voldoende acceleratielengte om het verkeer op de hoofdbaan zo min mogelijk te hinderen en voor afritten voldoende ruimte om terug te remmen naar een lagere snelheid of zelfs helemaal te stoppen. Voor dubbeldeks snelwegen zijn er in feite weinig directe verschillen op te merken wat betreft de op- en afritten, los van het hoogteverschil dat overbrugd moet worden om de bereikbaarheid ook tot bij het bovenste dek te kunnen voeren.

Waar wel rekening mee gehouden dient te worden is de locatie van het onderliggende netwerk omdat dit per specifiek geval kan verschillen. In het meest traditionele geval, namelijk in dichtbevolkt gebied, zal de dubbeldekssnelweg over het onderliggende niveau gebouwd zijn wat betekent dat de op- en afritten van het bovenste wegdek een aanzienlijk stuk hoogte moeten goedmaken om de aansluiting te halen. In de regel worden afslagen aan de linkerkant van de weg zoveel mogelijk vermeden, maar voor stadssnelwegen met een lagere snelheid zijn er wellicht oplossingen die toch voldoende meerwaarde hebben om de problematiek bij de linksafslaande beweging op te heffen. Alhoewel dit type op- en afrit zeker niet oninteressant is en bij een verder onderzoek verder onder de loep kan worden genomen, zal er in dit project alleen gewerkt worden met op- en afritten die aan de rechterzijde van de hoofdbanen gesitueerd zijn.

Op het moment dat er gekeken gaat worden naar de verschillende varianten met betrekking tot de verticale indeling volgen de verschillen zich logischerwijs op uit de verschillende functies. Zo is het wel gewenst om zowel het boven als onderste dek te verbinden met het onderliggende netwerk bij de heenweg-terugweg variant en bij de variant voor het doorstromende verkeer het bovenste dek onafgebroken door te laten rijden zonder aansluitingen. Vooral bij deze laatste variant kan er gekeken worden naar de positionering van de aansluiting met andere netwerkniveaus om zo de constructies overzichtelijk te houden. Waar nodig kan er zelfs gekozen worden om de indeling om te draaien, door het doorstromende over het onderste dek te sturen om zo te afritten vanaf boven beter te laten aansluiten op het lokale verkeer. Op eenzelfde manier kan er bij de heenweg-terugweg variant gekozen worden om het aan te sluiten netwerk tussen de twee wegdekken in te plaatsen waardoor de af te leggen afstand zo klein mogelijk is voor beide wegdekken.

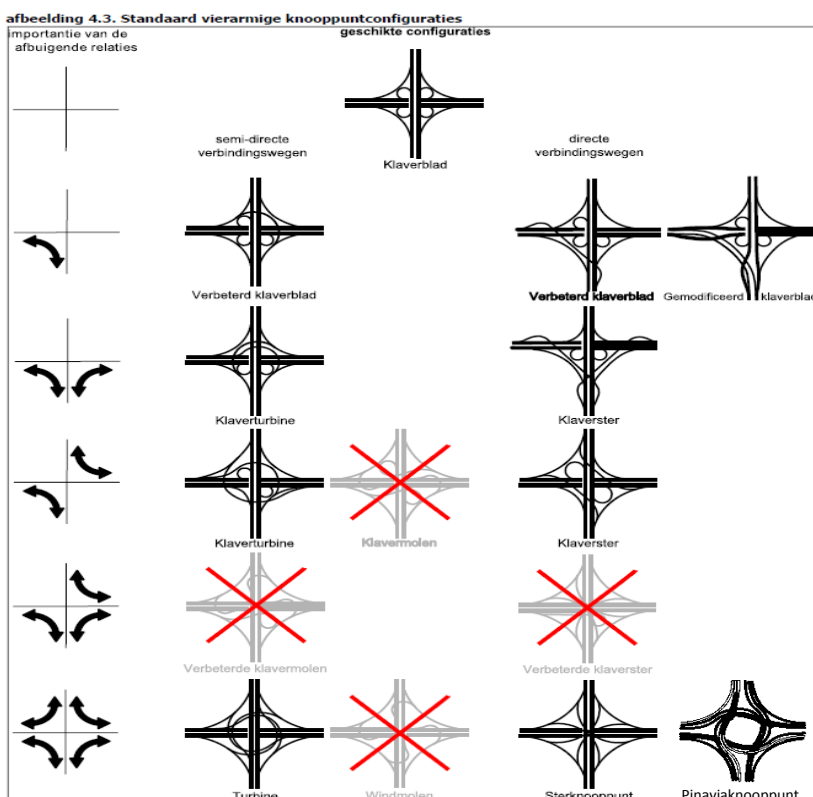
Het laatste waar naar gekeken kan worden bij het ontwerpen van deze aansluitingen is het traditionele type van de aansluiting. Hierin bestaan 2 types; De Haarlemmermeer (of diamant) aansluiting en de Klaverblad-aansluiting. Bij de Haarlemmermeer is de minste breedte van de op- en afritten benodigd maar worden wel alle kwadranten rondom de aansluiting gebruikt. Bij het klaverblad zijn maar liefst 2 van de kwadranten leeg voor andere activiteiten maar gaat dit wel ten koste van een bredere aansluiting. Deze twee types kunnen aangepast en verwisseld worden zodat er voor de specifieke locatie de beste oplossing ontstaat.

In bijlage 1 zijn voor de varianten 1 en 2 zowel het bovenaanzicht als de lengtedoorsneden gegeven per traditionele type aansluiting. Voor variant 3 zal de aansluiting over het algemeen dezelfde zijn als bij 2, tenzij er gekozen wordt om beide dekken te verbinden, dan zal de aansluiting overeenkomen met een over de lengteas gespiegelde variant 1. Voor deze dubbele aansluiting moet wel rekening gehouden worden met een grote toename van het horizontale ruimtegebruik.

KNOOPPUNTEN

Waar de aansluitingen van snelwegen bij op- en afritten nog relatief simpel zijn omdat het twee verschillende netwerkniveaus betreft, komt er bij een aansluiting tussen twee even belangrijke hoofdwegen meer kijken. De harde eis voor autosnelwegen om hun conflictvrije klimaat te waarborgen zorgt voor bijzondere situaties, waarbij combinaties tussen directe, semidirecte en niet directe verbindingen worden samengevoegd tot een knooppunt van hoofdwegen. Deze verbindingen moeten allemaal aan verschillende, af en toe tegenstrijdige, voldoen. Belangrijkste knelpunten hierin zijn de ontwerpeisen voor de snelheid over verbindingstukken tegenover een combinatie tussen ruimtegebruik en constructiekosten. Om een hoge snelheid over een verbindend stuk te realiseren moet er rekening gehouden worden met een set grote boogstralen die niet overal haalbaar zijn vanwege bebouwing dicht langs het tracé. Een andere oplossing is om de boogstralen over elkaar aan te leggen door middel van een uitbreiding in verticale richting, dit zal weer een zwaardere wissel zal trekken op het constructiebudget. Zodoende moet er bij het ontwerpen van knooppunten onderzoek gedaan worden naar de (toekomstige) vraag van de weggebruikers naar een hoogwaardige set verbindingswegen, maar aan de andere kant moet er ook gekeken worden naar de haalbaarheid van sommige knooppuntconfiguraties met betrekking tot de ruimtelijke mogelijkheden in de directe omgeving.

Naast deze ontwerpeisen die allemaal te maken hebben met de mate van de doorstroming over verschillende verbindingswegen kan er ook gekeken worden naar de specifieke vereiste doorstroming in een netwerk. Zo kan het voorkomen dat een knooppunt op een positie in een netwerk ligt waar er verschillende groottes van verkeersstromen over de diverse verbindingen zijn. Hierdoor kan er een keuze gemaakt worden om sommige van de verbindingen met een lagere ontwerpsnelheid te ontwerpen omdat deze nou eenmaal niet zo een hoge doorstroming vereisen als andere verbindingen. Dankzij deze mogelijkheden tot optimalisatie kan er veel bespaard worden op niet alleen de kosten maar ook de uitvoerbaarheid, overlast voor omwonenden en, als er sprake is van een upgrade van een huidig knooppunt, overlast voor huidige weggebruikers. Hiernaast is de tabel van Rijkswaterstaat⁹ te zien met de verschillende knooppunt configuraties gerangschikt op vorm en importantie van de verbindingswegen. Ook is het Pinaviaknooppunt¹⁰ toegevoegd als alternatief voor een hoogwaardige knooppuntconfiguratie.



FIGUUR 12: VIERARMIGE KNOOPPUNTCONFIGURATIES RIJKSWATERSTAAT + PINAVIA

⁹ Afbeelding 4.3 uit Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014

¹⁰ pinavia.com/start.phtml

Op het moment dat er over dubbeldekse snelwegen gesproken gaat worden komen er bij het ontwerpen van knooppunten nog meer keuzes en ontwerpvariabelen kijken die ook allemaal geoptimaliseerd kunnen worden. Naast de bovengenoemde keuzes die te maken hebben met ontwerpsnelheden, ruimtebeslag en belangrijkheid van de verbindingen krijgt het ontwerp nu met meer dilemma's te maken. Eén van deze dilemma's wordt bepaald door de snelwegen die naar het knooppunt toelopen en dan is met name van belang of deze snelwegen wel of niet dubbeldeks zijn. Hierdoor zijn er direct al 5 archetypen te onderscheiden, deze staan hieronder geschematiseerd.



FIGUUR 13: 5 ARCHETYPEN VOOR DUBBELDEKSE KNOOPPUNTEN

Naast deze varianten zijn er ook nog varianten te bedenken die te maken hebben met de al eerder besproken varianten voor verticale indelingen, waardoor de hoeveelheid varianten voor één enkel knooppunt nog verder toe neemt. In het achterhoofd dient gehouden te worden dat knooppunten van nature complexe aansluitingen zijn die voor veel turbulentie in het verkeer zorgen en dat er dus specifiek per locatie en per plaats in het grotere hoofdwegennetwerk gezocht moet worden naar optimale ontwerpkeuzes. Voor de verticale varianten betekent dit dat er allereerst gekeken moet worden naar indeling per wegdekkniveau en daarna vervolgens pas afwegingen gemaakt dienen te worden over het type knooppunt. In de casestudy zullen enkele van deze ontwerpen verder terug komen om te laten zien in hoeverre een verticale indeling gevolgen kan hebben voor een knooppunt. Hieronder zijn in een tabel al een aantal wat meer gestandaardiseerde knooppunten gegeven waarbij de verschillen al redelijk duidelijk beginnen te worden. Verderop in dit rapport zal bij de Ontwerphandleiding verder worden ingegaan op de verschillende stappen en de volgorde ervan die genomen dienen te worden bij het ontwerpen van een knooppunt voor dubbeldekssnelwegen.

Variant	Bovendek	Onderdek
1: Heenweg-Terugweg		

	Bovendek	Onderdek
2: Doorgaand-Afslaand		
3: Locatie-specifiek		

CONCLUSIE

Op dit moment zijn de meeste van de benodigde ingrediënten uitgedacht en bekeken. Dit betekent dat er een praktische oplossing onderzocht kan worden om te kijken in hoeverre deze verschillende aansluitingsvormen allemaal op elkaar aansluiten om zo een acceptabele afhandeling van de diverse verkeersstromen te vormen. Waar aansluitingen in theorie allemaal lijken te passen en te kloppen met het vereiste verkeersbeeld, blijkt dat in de praktijk er toch nog meer bij zal komen kijken. Met name op het gebied van ruimtelijke inpassing blijken aansluitingen en knooppunten toch minder vanzelfsprekend te werken op het moment dat het in een specifieke locatie gerealiseerd dient te worden. Zo zullen er voor een bepaald tracé meerdere mogelijke 'beste' oplossingen te ontwerpen zijn, waarbij de besluitvormende groepen vervolgens daar een evenwichtige keuze in moeten maken.

Om te laten zien welke dilemma's zich zoal voordoen bij de fysieke inpassing zal er in dit project een Casestudy gedaan worden, waarbij dus vooral de nadruk zal liggen op de ruimtelijke inpassing in een al bestaand landschap. Naast het inpassen tussen de obstakels zal er ook gekeken worden naar de huidige infrastructuur in het gebied. Hiermee zal worden gekeken naar mogelijkheden om een upgrade van enkeldeks naar dubbeldeks uit te voeren op een zo efficiënt mogelijke manier door de huidige infrastructuur op nieuwe manieren in te zetten. Op deze manier kan er vervolgens ook nog een kleine discussie over de uitvoerbaarheid van sommige varianten volgen.

CASESTUDY

Om de dilemma's die komen kijken bij de ontwikkeling van een dubbeldeks stuk snelweg verder te onderzoeken is er in dit project gekozen om een casestudy uit te voeren voor een specifiek gebied in Nederland. Aan de hand van deze casestudy kunnen de ontworpen aansluitingen worden ingepast en de opgedane kennis kan hiermee getoond worden. De nadruk zal bij deze casestudy met name liggen op manier de verschillende varianten waarop in het gebied wat deze casestudy beslaat past. Er zal ook gekeken worden naar de geometrische eisen die aan sommige van de nieuwe aansluitingen verbonden zijn. Daarentegen zal niet het hele tracé van de verschillende varianten onderzocht worden wat betreft geometrische eisen en zal waar mogelijk het huidige tracé als leidraad gebruikt worden. Naast de ruimtelijke inpassing en de geometrische eisen zal er ook een oplossing gezocht worden die de huidige congestie problematiek in het gebied zoveel mogelijk aanpakt. Er zal vooral gekeken worden naar een uitbreiding van de huidige situatie wat betreft de capaciteit en het verhelpen van een aantal, dat zich nu voordoen. Wat vermeld dient te worden is dat er geen berekeningen aan capaciteit of modelvormingen gedaan zijn, de casestudy is vooral bedoeld als een mogelijkheid om de ruimtelijke inpassingen te onderzoeken en vervolgens in de ontwerphandleiding terug te laten komen.

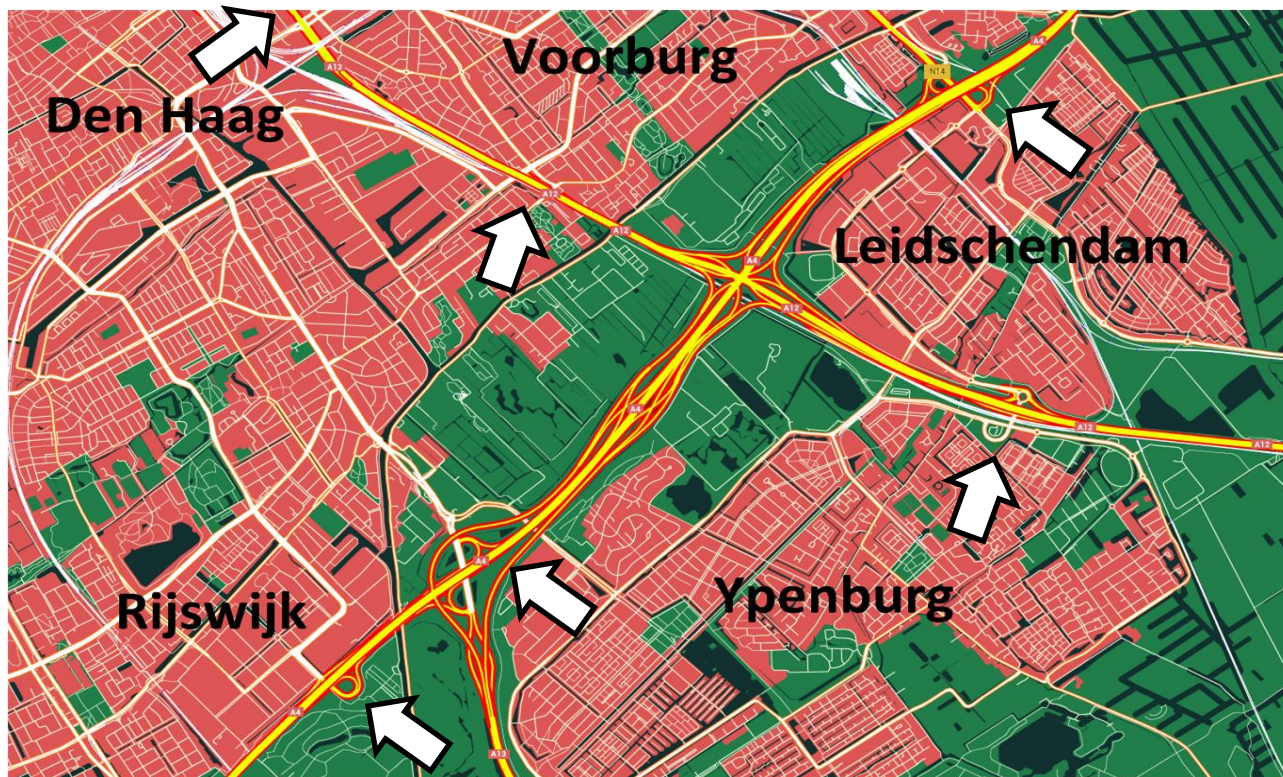


FIGUUR 14: KNOOPPUNT PRINS CLAUSPLEIN

OMGEVINGSANALYSE

De casestudy die in dit project behandeld zal worden bevindt zich direct ten oosten van de stedelijke regio Den Haag. Dit gebied fungeert niet alleen als toegangspoort voor bijna al het verkeer dat naar het centrum van Den Haag moet, maar ook als belangrijke doorgaande weg tussen Rotterdam in het zuiden en Leiden en Amsterdam in het noorden. Hierdoor komen er een hoop verschillende verkeersstromen met verschillende motieven samen hetgeen dit gebied erg interessant maakt. Dat al deze diverse verkeersstromen gevolgen hebben voor de fileproblematiek is geen verrassing, zo lopen reizigers in de regio Den Haag gemiddelde de meeste kans op vertraging van Nederland. Met een vertragingkans van 23% per rit in de regio Den Haag blijft deze regio Groningen (22%) en Amsterdam (20%) net voor.¹¹

Het gebied bevat de hoofdwegen A4, A12 en A13 en de twee knooppunten die deze wegen verbinden; Knooppunt Prins Clausplein (A4-A12) en Knooppunt Ypenburg (A4-A13). De 5 verkeersstromen die op dit traject samengevoegd worden zorgen vaak voor turbulente doorstromingen hetgeen vaak zorgt voor files en overlast. Er zullen verschillende varianten ontworpen worden die deze verkeersstromen op een meer overzichtelijke manier de gewenste richting op te sturen en ook proberen om deze fileproblematiek te verhelpen. Met name zal er gekeken worden naar een verdubbeling van het stuk A12 van Prins Clausplein naar het centrum van Den Haag (de Utrechtsebaan) en de gevolgen die dit zal hebben op het knooppunt Prins Clausplein. Naast de verkeersstromen op deze hoofdwegen zal ook gekeken worden naar de aansluitingen van de snelwegen op het onderliggende netwerkniveau. Deze op- en afritten die in dit gebied zijn opgenomen zijn: Bezuidenhout, Voorburg en Nootdorp op de A12 en Leidschendam, Ypenburg en Plaspoelpolder op de A4. Als laatste zal in deze casestudy ook kort worden gekeken naar de verknopingsstructuur tussen Knooppunt Ypenburg en Knooppunt Prins Clausplein en de spoorlijn van Den Haag naar Utrecht.



FIGUUR 15: OMGEVING CASESTUDY

¹¹ https://www.tomtom.com/nl_nl/trafficindex/

PROBLEEMANALYSE

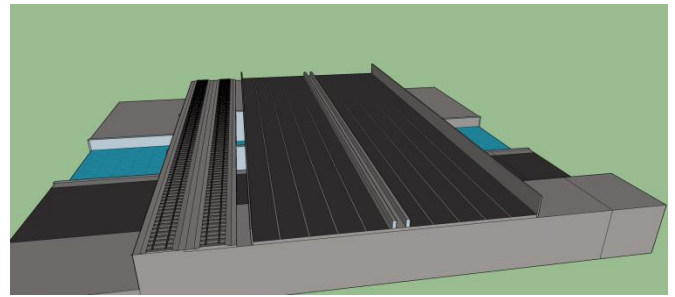
Het probleem rondom knooppunt Prins Clausplein heeft een aantal oorzaken en zal, als gevolg van die verschillen, ook niet eenduidig op te lossen zijn. Allereerst heeft met in dit gebied te maken met twee knooppunten namelijk knooppunt Prins Clausplein, waar de A12 en de A4 aan elkaar verbonden worden, en het knooppunt Ypenburg waar niet alleen de A13 aan de A4 wordt vastgemaakt, maar ook een afslag naar het onderliggende netwerk niveau in is verwerkt. Deze twee knooppunten zorgen op zichzelf al voor een turbulenter verkeersstroming dan gebruikelijk maar daarnaast zijn er ook op korte afstand van deze knooppunten een aantal op- en afritten te vinden die de doorstroming verder verhinderen. Het verkeer wat van een onderliggend netwerkniveau de snelweg op komt, of er juist vanaf gaat, zal niet altijd met de geachte ontwerpsnelheid van de snelweg rijden wat de doorstroming van het overige verkeer belemmert. Als dit gecombineerd wordt met een korte afstand tot een knooppunt loopt de vertraging nog verder uit omdat er naast het accelereren of afremmen ook nog dusdanig geschoven moet worden over het wegvak om de aansluiting richting de plaats van bestemming te halen. Hierdoor heeft men te maken met niet alleen wevend verkeer, maar ook met een verminderde snelheid van dit verkeer. Zodoende zal in de uitgewerkte varianten extra gekeken worden naar de mogelijkheden om deze twee problemen, korte afstand opritten-knooppunten en weefvakken, voor in ieder geval een deel van het verkeer te voorkomen.

Naast de problemen die ontstaan met de voorgenoemde combinaties van aansluitingen, is er ook sprake van een grote verdeeldheid in de verkeersbestemming in dit gebied. De A12 en dan met name de Utrechtsebaan fungeert als de belangrijkste toegangspoort voor de binnenstad van Den Haag met daarnaast nog 3 afritten op korte afstand achter elkaar. Dit betekent dat er op dit stuk van de A12, maar ook op de wegen eromheen die naar dit stuk toe leiden, erg veel bestemmingsverkeer zal rijden. Daarentegen heeft de A4 een veel groter bereik en ook een belangrijke functie in het nationale netwerk, aangezien het de belangrijkste schakel tussen Amsterdam en Rotterdam is. Ook de A12 ten oosten van knooppunt Prins Clausplein heeft een aanzienlijke hoeveelheid verkeer met een bestemming op grote afstand. Door deze verschillen in bestemming over hetzelfde traject te laten rijden komt de doorstroming op deze belangrijke wegen in het geding. Het verkeer met een regionale bestemming deelt de rijbaan met nationaal verkeer met een bestemming op veel grotere afstand. Door deze twee stromen te splitsen, bijvoorbeeld door een hoogwaardige regionale verbinding aan te leggen of een aparte rijbaan voor doorstromend verkeer, kan er veel congestie in dit gebied voorkomen worden.

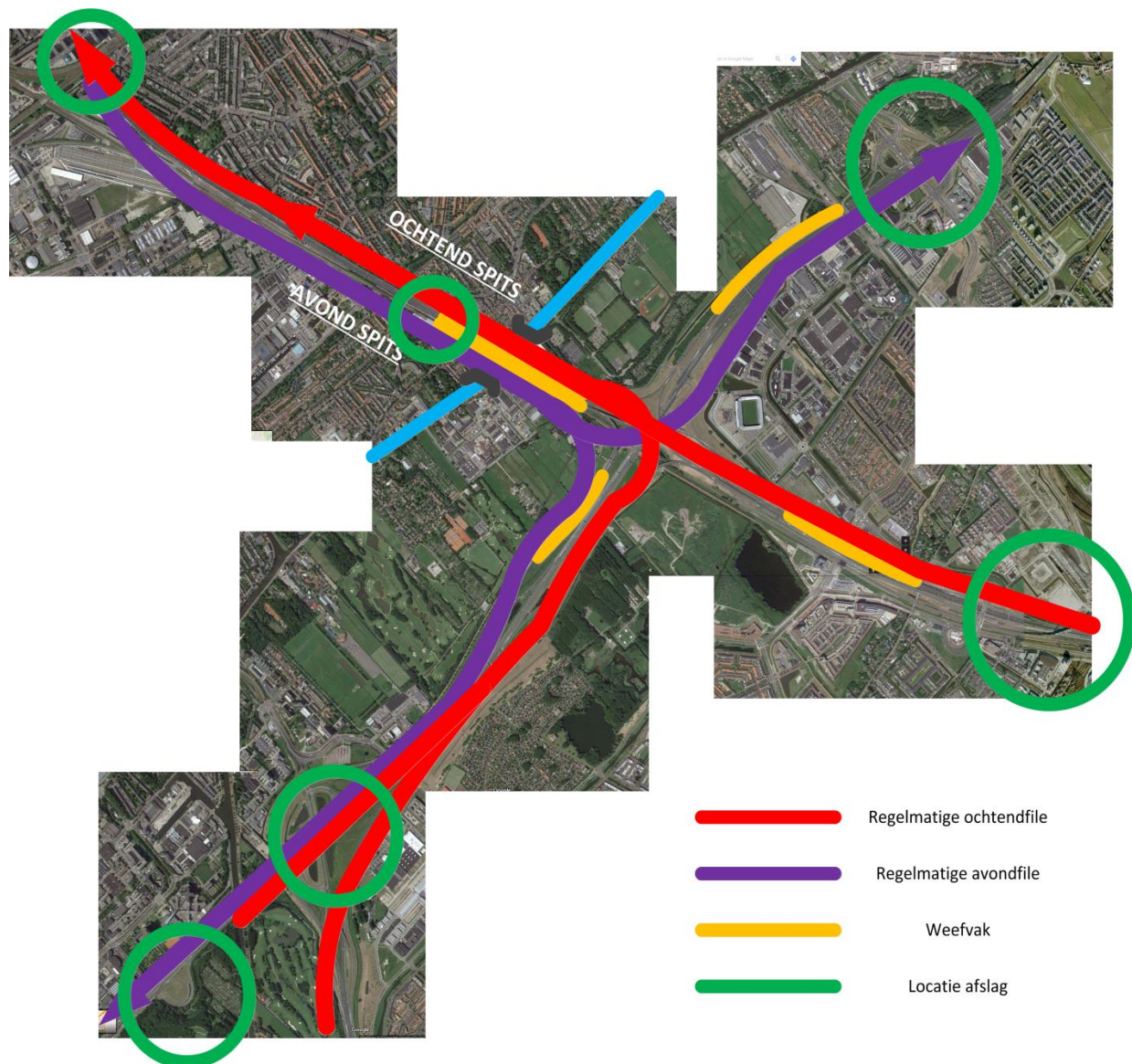
Als laatste is er ook nog sprake van een groot verschil in de vraag naar capaciteit tussen het verkeer wat in de ochtend gebruik maakt van de wegen in dit gebied en het verkeer in de avond. Dit komt omdat er op dit traject veel woon-werk verkeer te vinden is, waarbij er gewerkt wordt in de binnenstad van Den Haag maar veelal in een van de omliggende stedelijke gebieden woont. Hierbij kan gedacht worden aan dichtbijgelegen oorden zoals Ypenburg of Rijswijk, maar ook steden die verder weg liggen zoals Delft of Zoetermeer. Als gevolg hiervan is de vraag naar capaciteit in de ochtend enorm groot voor de wegen die de stad in gaan, en s' avonds voor de wegen die de stad uitgaan. Mede hierdoor staan er op de Utrechtsebaan vaak in de ochtendspits files de stad in, en in de avondspits de andere kant op. In de onderstaande grafiek staan deze files aangegeven voor de ochtend- en de avondspits. Daarnaast staan ook nogmaals de locaties van de afslagen, de weefvakken en de locatie van de Vliet aangegeven. De prognoses van de files zijn op basis van enkele gegevens van de ANWB¹².

¹² <http://www.anwb.nl/verkeer/nederland/verkeersinformatie/dagelijkse-drukke-trajecten>

Een van de knelpunten op het traject van de Utrechtsebaan is op dit moment de Vlietbrug. Hier moet de A12 over de Vliet heen, met aan de zuidkant de spoorbaan van Den Haag naar Utrecht en aan de noordkant bebouwing van Voorburg. Hierdoor kan de capaciteit in dit punt moeilijk vergroot worden en zal het, ook bij aanpassingen aan de wegen elders in het gebied, een bottleneck blijven. Een oplossing die hiervoor bedacht kan worden is het gebruik van dubbeldeks autosnelwegen over dit traject en dat is ook een van de ontwerpeisen van de varianten die hierna besproken zullen worden.



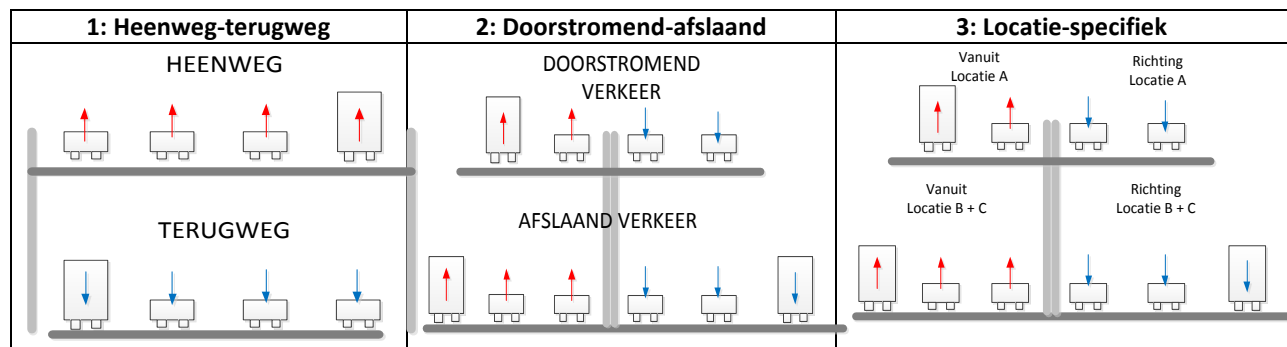
FIGUUR 17: HUIDIGE SITUATIE VLIETBRUG



FIGUUR 16: VERKEERPROBLEMATIEK RONDOM KNOOPPUNT PRINS CLAUSPLEIN

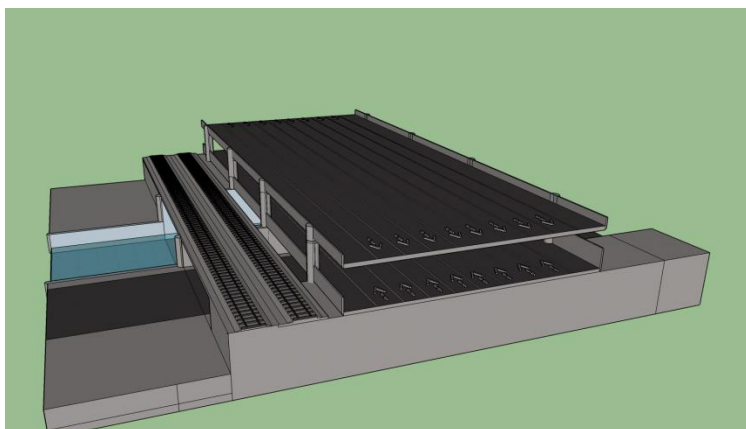
UITWERKINGEN

Als belangrijkste verschillen tussen de varianten is gekozen voor de eerder aangegeven verticale indelingen. Deze drie varianten zullen gebruikt worden om een nieuwe verkeerssituatie te ontwerpen waarbij gebruik gemaakt zal worden van dubbeldekse snelwegen. Daarbij wordt er in ieder geval bij alle varianten ingespeeld op de vraag naar capaciteit op het stuk waar de A12 de Vliet overbrugt door dit stuk in ieder geval dubbeldeks te maken. De drie varianten voor de verticale indeling zijn voor het gemak nogmaals te vinden in de tabel hieronder. Andere eisen die aan de ontwerpen gesteld worden zijn het rechts invoegen van op- en afritten en zoveel mogelijk gebruik maken van bestaande infrastructuur.



VARIANT 1

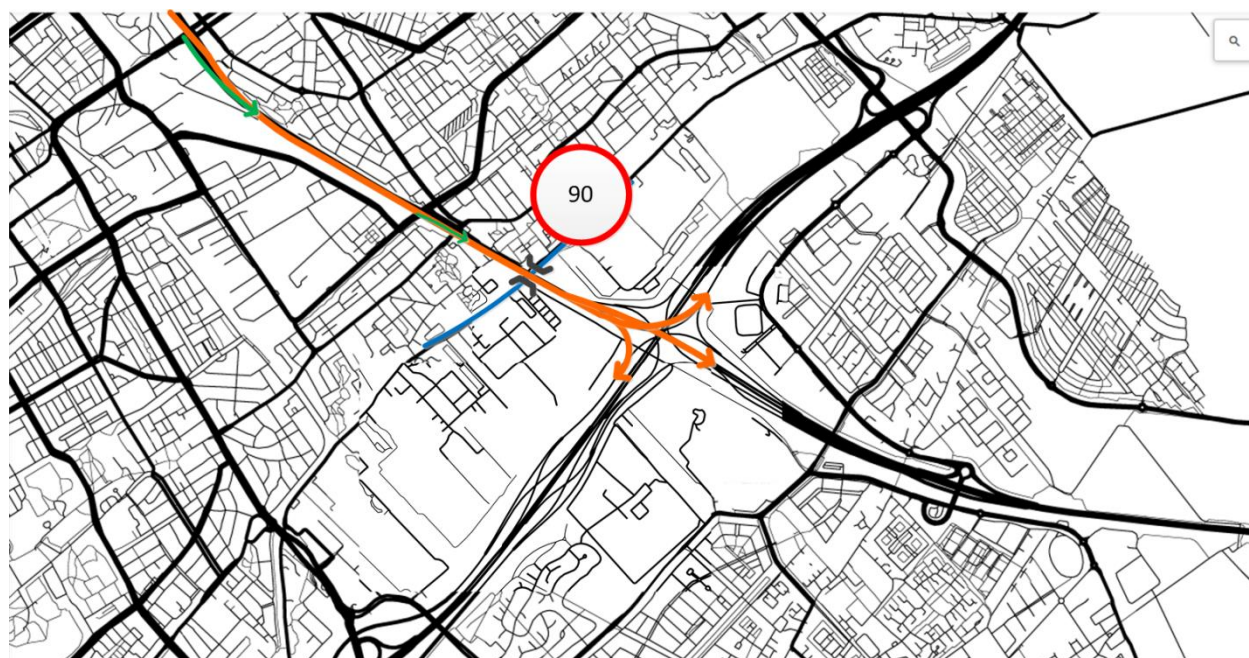
De eerste variant die ontworpen is voor het capaciteitstekort is een traditioneel ogende verticale indeling waarbij het verkeer richtingsgewijs over de twee niveaus verdeeld is. Deze verdubbeling zorgt er voor dat het verkeer wat (met name s' ochtends) Den Haag binnen wil gaan over het bovenste dek geleid wordt en stuurt het verkeer dat Den Haag verlaat over het onderste dek. Het traject wat aangepast zal moeten worden bij deze variant is te zien in de figuren 20 en 21. Hierdoor kan er een grotere capaciteit over de Vlietbrug gerealiseerd worden omdat de uitbreiding in de hoogte en niet in de breedte is. Dit betekent voor de aansluitingen met het onderliggende netwerk dat de afritten vanaf het bovenste dek naar het onderliggende niveau zullen gaan. Hierdoor zal er bij afslag Voorburg eerder (100m) aan de afslaande beweging begonnen moeten worden om het hoogteverschil goed te maken. Het belangrijke knelpunt over de Vlietbrug is in figuur 19 weergegeven zoals het er in variant 1 uit zou kunnen komen te zien. Hierin is duidelijk de verdubbeling van het aantal rijstroken te zien zonder dat dit ten koste gaat van het horizontale ruimtegebruik.



FIGUUR 18: VISUALISATIE VLIETBRUG VARIANT 1



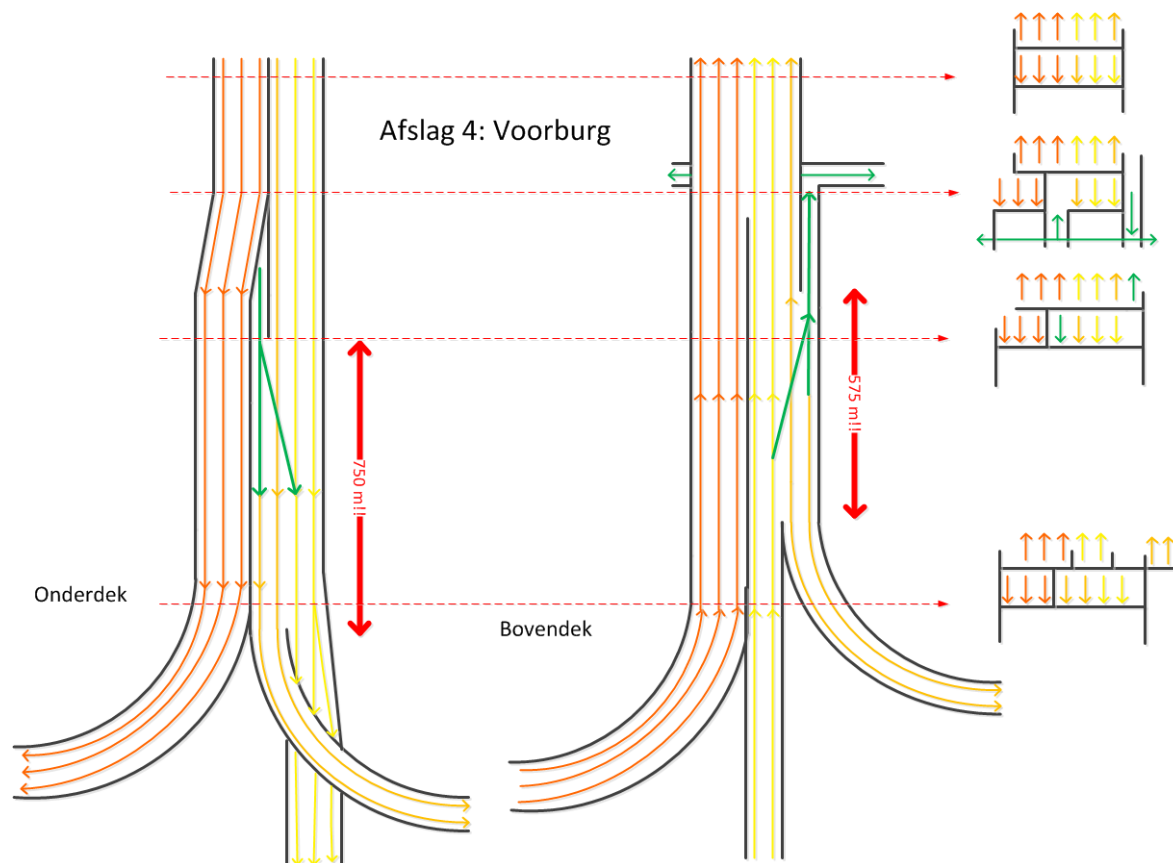
FIGUUR 19: TRAJECT BOVENDEK VARIANT 1



FIGUUR 20: TRAJECT ONDERDEK VARIANT 1

Transport & Planning

Ook is er voor deze afslag zowel boven als onder sprake van een weefvak, vandaar dat er een minimale afstand vereist is om deze verkeersstromen de kans te geven elkaar te passeren. Het capaciteitsprobleem doet zich hoofdzakelijk voor bij de Vlietbrug, vandaar dat er gekozen is om de dubbeldekse verdeling niet over het knooppunt heen te voeren. Wel is er gekozen om de verbindingswegen van en naar de Utrechtsebaan extra rijstroken te geven om een betere doorstroming te realiseren. In figuur 22 is een schematisering te zien van het onderdek en bovendeck van afslag Voorburg zoals het eruit kan zien. Wat opvalt, is dat er gekozen is om het verkeer vanaf de A4-zuid pas na de afslag in te voegen. Dit is zo gekozen om de druk op het weefvak af te laten nemen en de doorstroming vlotter te laten verlopen. Aan de andere kant betekent dit wel dat het verkeer richting Voorburg een kort stukje om moet rijden via afslag Bezuidenhout, of eerder van de snelweg af zal moeten slaan via afslag Ypenburg. De afstanden voor de weefvakken zijn gebaseerd op de weefvakeisen die te vinden zijn in de ROA 2014¹³



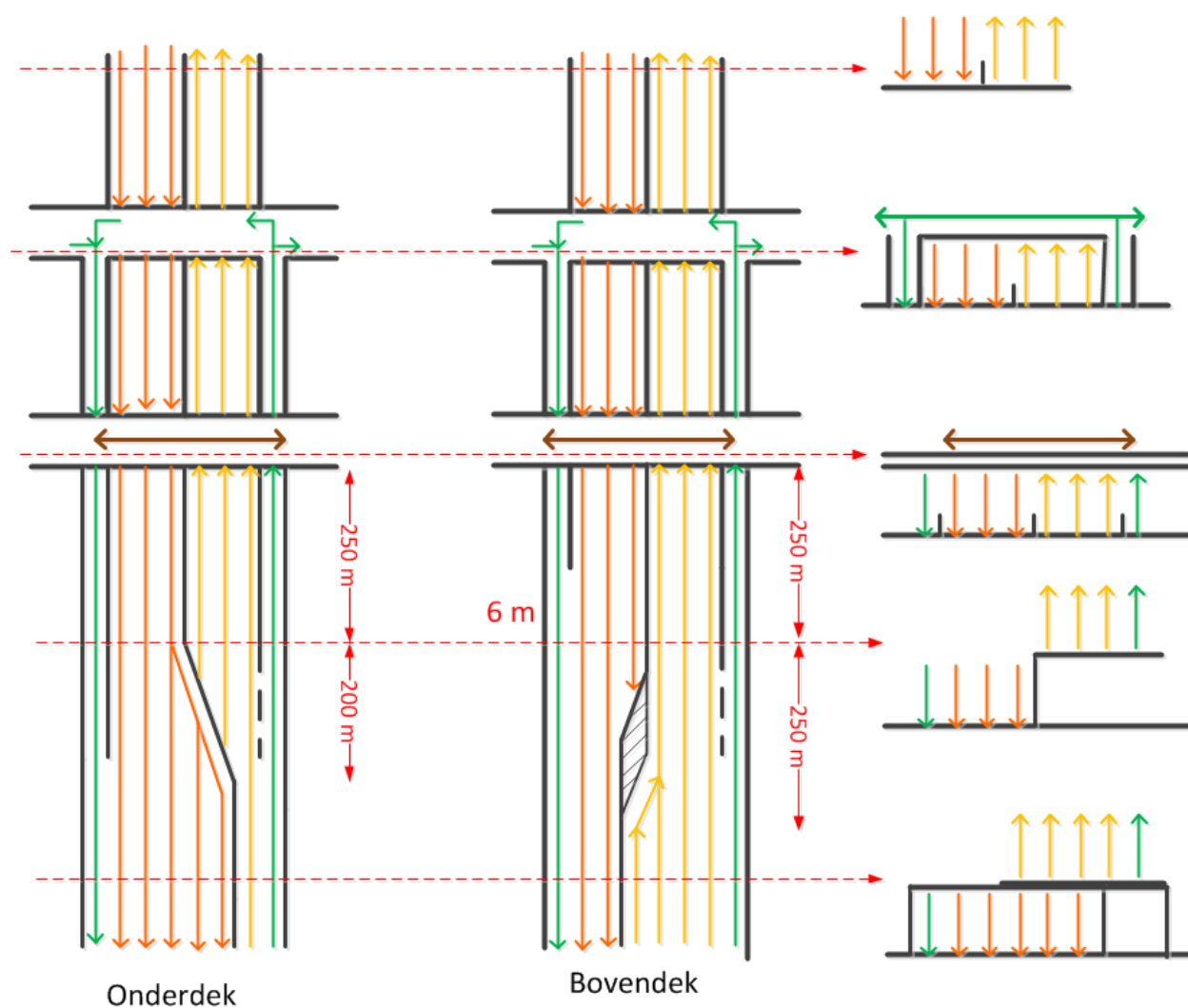
FIGUUR 21: BOVENAANZICHT + DWARSPROFIELEN AFSLAG VOORBURG VARIANT 1

¹³ Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014

Transport & Planning

Ter hoogte van afslag Bezuidenhout krijgt de Utrechtsebaan te maken met een solide spoorbrug waarover de treinen tussen Holland Spoor en Laan van NOI rijden. Dit zal een einde van het dubbeldekse traject betekenen. Naast deze terugknoping van dubbeldeks naar enkeldeks zal er ook een afrit naar Bezuidenhout gerealiseerd worden. Dit zorgt voor een interessant stuk snelweg waar het verticale alignement een zekere rol van betekenis speelt. In figuur 23 is duidelijk te zien hoe de verkeerstromen eerst weer naast elkaar worden geplaatst en vervolgens verbonden worden aan de afritten. Wederom komen de eisen voor de verschillende rijstroken die erbij komen en eraf gaan uit de ROA2014. Een korte berekening voor het verticale alignement is te vinden in figuur 24.

Afslag 3: Bezuidenhout



FIGUUR 22: BOVENAANZICHT + DWARSPROFIELEN AFSLAG BEZUIDENHOUT VARIANT 1

Transport & Planning

$$P = 100 * \sqrt{((2 * \Delta H) / (R_h + R_b))}$$

$$P = 5 \%$$

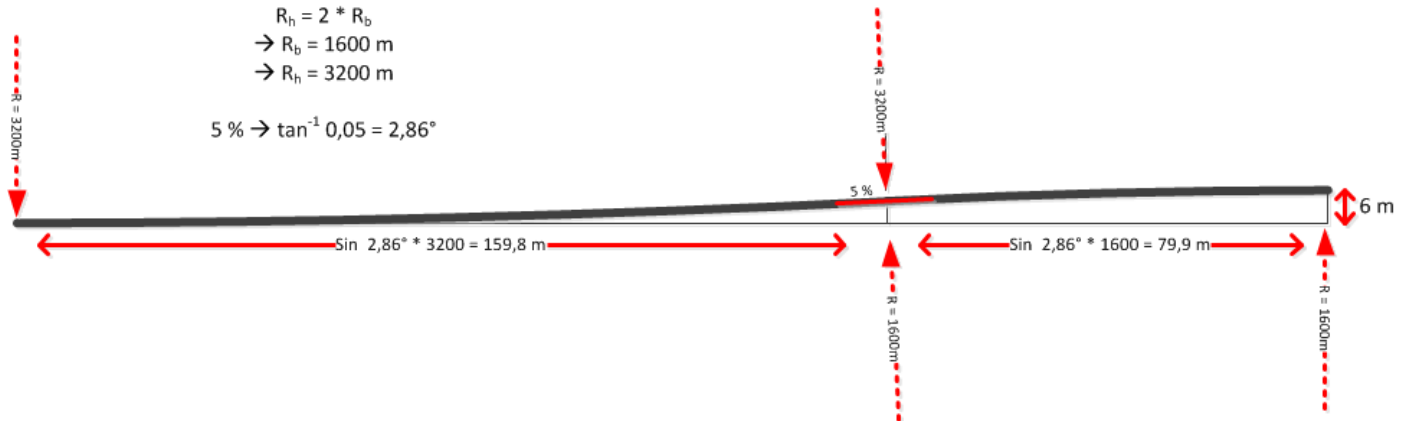
$$\Delta H = 6 \text{ m}$$

$$R_h = 2 * R_b$$

$$\rightarrow R_b = 1600 \text{ m}$$

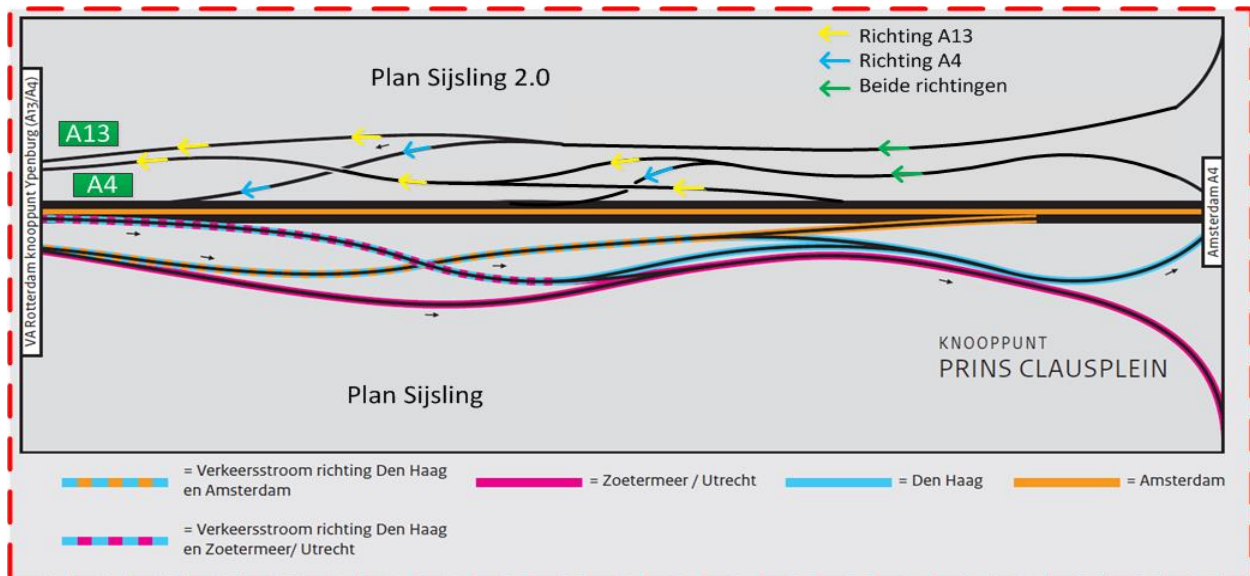
$$\rightarrow R_h = 3200 \text{ m}$$

$$5 \% \rightarrow \tan^{-1} 0,05 = 2,86^\circ$$



FIGUUR 23: VERTICAAL ALIGNEMENT (6M)

In het verleden was er net onder Knooppunt Prins Clausplein sprake van 2 weefvakken die voor extra congestie zorgden. In figuur 25 is te zien hoe er voor één van beide door Rijkswaterstaat al een oplossing is gevonden.¹⁴ Om het maximale uit de capaciteitsvergroting van de Utrechtsebaan te halen is er gekozen om ook voor het andere weefvak (aan de Den Haag-zijde) een robuuste oplossing te vinden. Er wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de huidige infrastructuur om een conflictvrije doorgang te krijgen waar bij het verkeer van 3 takken (A12-oost, Utrechtsebaan en A4-noord) over de 2 bestemmingen (A4 en A13) te verdelen. Hierbij is een bypass van de A12 – oost aan de binnenkant nodig en een extra viaduct waar het verkeer van de A4 naar de A13 over deze bypass heen kan.



FIGUUR 24: PLAN SIJSLING EN PLAN SIJSLING 2.0 (DEN HAAG-ZIJDE)

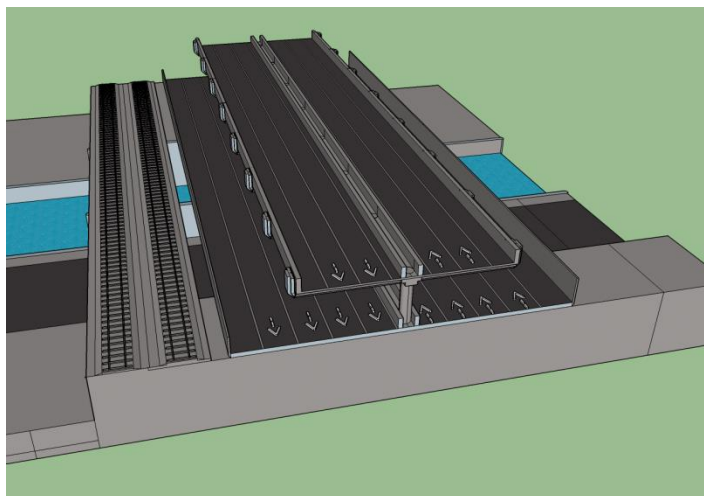
¹⁴ <http://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/projectenoverzicht/a4-aanpassen-weefvak-prins-clausplein/index.aspx>

Transport & Planning

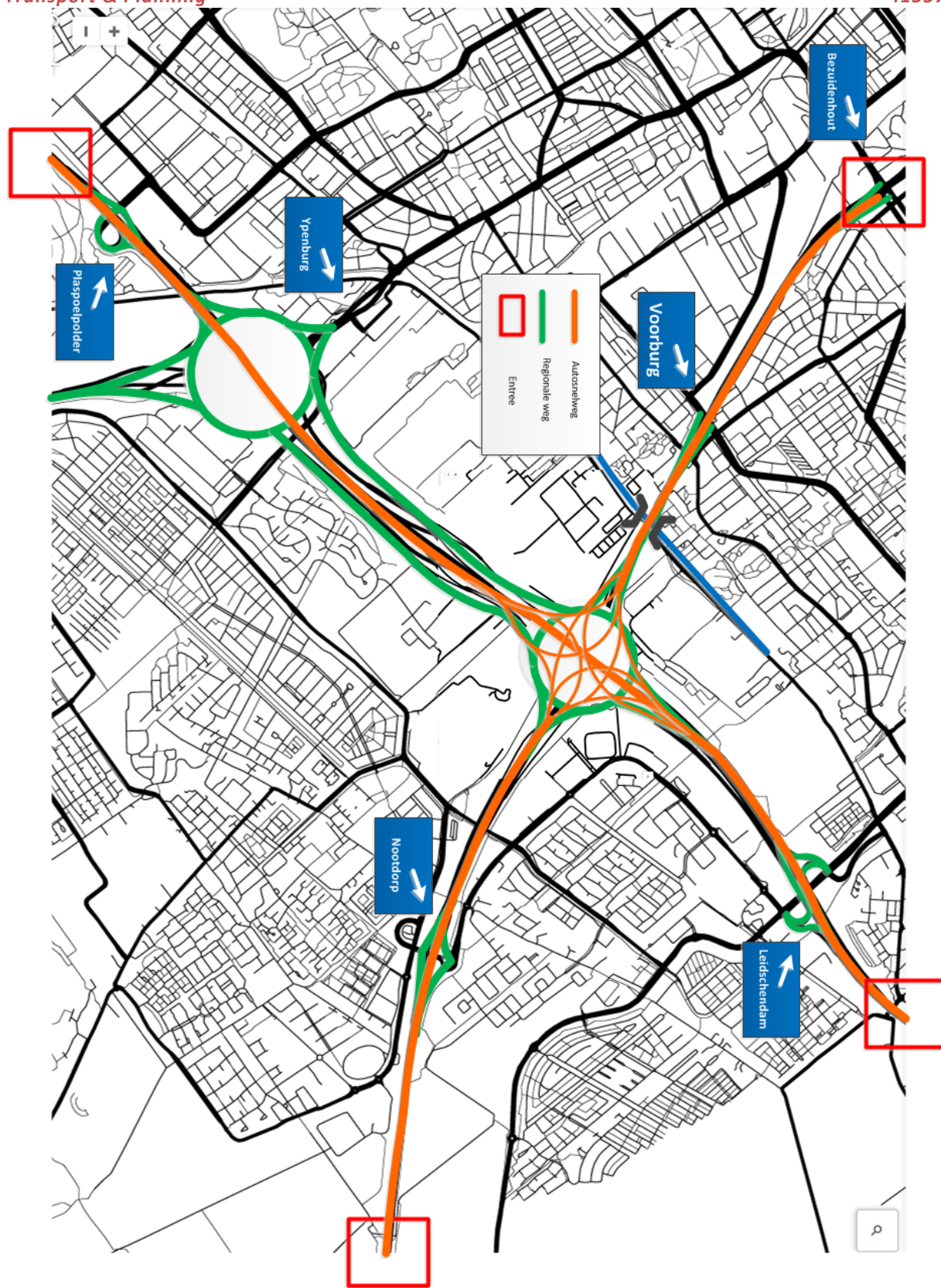
VARIANT 2

Voor variant 2 is er uitgegaan van een verticale verdubbeling van niet alleen de Utrechtsebaan, maar ook van het overgebleven gedeelte van de A12 en het volledige traject van de A4 in het gebied van de casestudy. Hierdoor ontstaat er een hele nieuwe dimensie in dit gebied waarbij dit extra niveau vooral ingezet zal worden om de verschillen in verkeerssoort in goede banen te leiden. Er is gekozen om al het verkeer met een nationale bestemming, dit zal vooral op de A4 en de A12-oost rijden, over het bovenste dek te sturen om zo alle conflicten tussen dit verkeer en het regionale afslaande verkeer weg te nemen. Het onderste dek is gereserveerd voor regionaal verkeer en alle afslagen in dit gebied zullen dan ook hieraan verbonden worden. Dit nationale verkeer zal bij het betreden van het gebied omhoog geleid worden zodat het geen last heeft van afslagen en in- en uitvoegend verkeer en op het moment dat de verkeerstromen minder turbulent worden zal het weer terug gekoppeld worden tot een enkeldeks snelweg. De 4 punten waar deze overgangen zitten zijn ten noorden van afslag Leidschendam, ten oosten van afslag Nootdorp, net ten zuiden van afslag Plaspoelpolder (direct na de spoorbrug) en als laatste een overgang bij afslag Bezuidenhout. De Ter hoogte van knooppunt Prins Clausplein zal de huidige infrastructuur gebruikt worden om het doorstromende nationale verkeer de mogelijkheid te geven om van richting te veranderen. Vanwege het ontbreken van afslagen en de verknopingsstructuur tussen Prins Clausplein en Ypenburg zal het sterknooppunt volledig tot zijn recht komen en zijn functie als hoogwaardig knooppunt waar maken. Wel is er een kleine aanpassing noodzakelijk aan het doorgaande verkeer op de A12, dit vanwege de ruimtelijke inpassing van het verkeersplein voor het regionale verkeer eronder. Dit zal betekenen dan het doorgaande verkeer ook over een verbindingsweg zal gaan en terug zal moeten gaan van 120 naar 90 kilometer per uur. In figuur 26 is te zien hoe het nieuwe viaduct Vlietbrug eruit zou komen te zien bij deze aanpassing. Overigens is deze aanpassing hetzelfde voor variant 3.

Op het onderste dek zal zich al het verkeer met een regionale bestemming bevinden. Dit zorgt ervoor dat verkeer met een bestemming van één van de 6 afslagen of de A13 dus bij de overgang van enkel naar dubbeldeks al voor het onderste dek dient te kiezen. De snelheid op het onderste dek zal vergelijkbaar zijn met dat van andere regionale wegen, er mag dus uit worden gegaan van 80 km/u. Alle afslagen zullen alleen aan het onderste dek verbonden zijn en niet erboven. Ook de A13 zal niet aan het bovenste dek aansluiten, waardoor er minder doorgaand verkeer (naar Rotterdam) van de A13 gebruik zal maken. Deze variant speelt dus in op het toekomstbeeld waarin de A4 een groot deel van het verkeer dat nu op de A13 rijdt voor zijn rekening zal nemen. De A13 zal dan nog meer het karakter van een stadsautosnelweg krijgen. Om het verkeer in goede banen te leiden worden de twee bestaande knooppunten, Ypenburg en Prins Clausplein, aangepast. Knooppunt Ypenburg zal omgebouwd worden tot een groot verkeersplein waarbij de A13 verbonden wordt aan het onderdek van de A4 en zal er plaats zijn voor de afslag naar Ypenburg. Tussen deze twee knooppunten zal de uitwisselings structuur die er nu ligt verdwijnen en plaats maken voor een meer overzichtelijke route met de A4 in het midden en 2 regionale parallelbanen aan weerskanten. Bij knooppunt Prins Clausplein zal een verhoogd verkeersplein aangelegd moeten worden vanwege de nabijheid van de spoorweg. De verkeerspleinen kunnen nader onderzocht en ontworpen worden met verwachte verkeersstromen, maar als referentie kunnen bijvoorbeeld knooppunt Rottebolderplein of knooppunt Velperbroek aangehouden worden. Het volledige traject met alle afslagen op het onderste dek is te zien in figuur 27.



FIGUUR 25: VISUALISATIE VLIETBRUG VARIANT 2 + 3

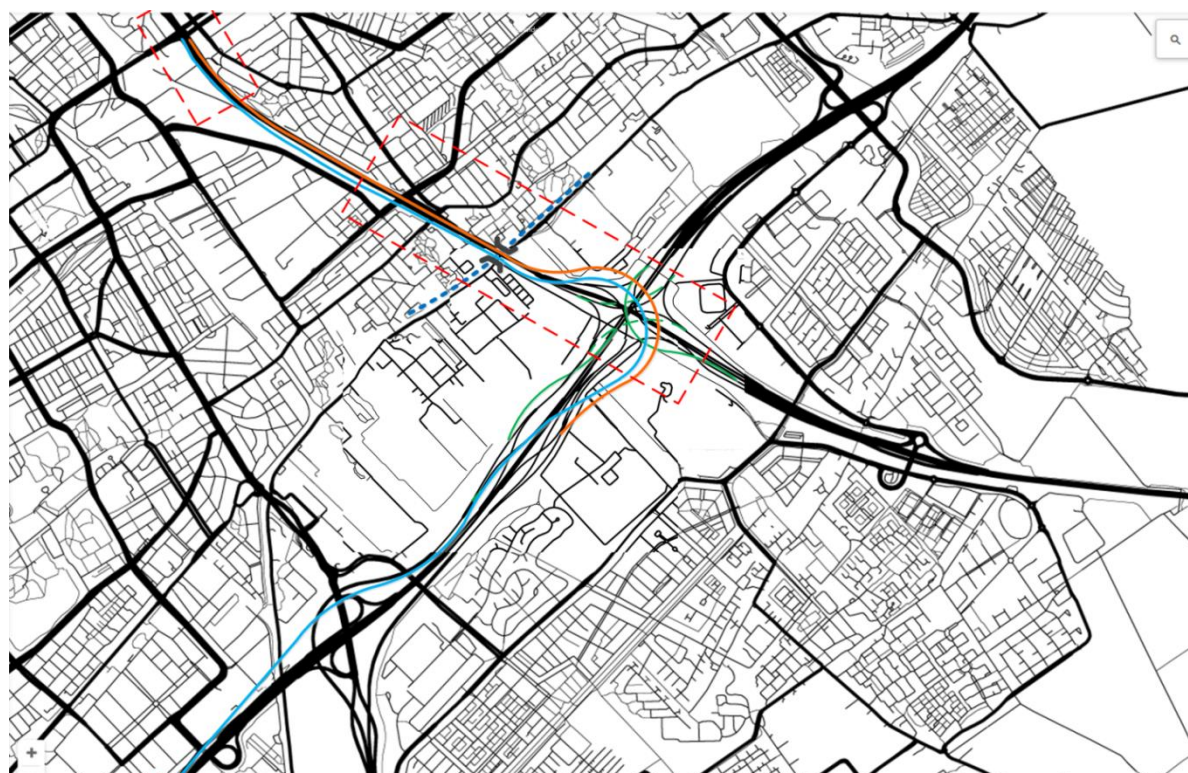


FIGUUR 26: TRAJECT VARIANT 2

Transport & Planning

VARIANT 3

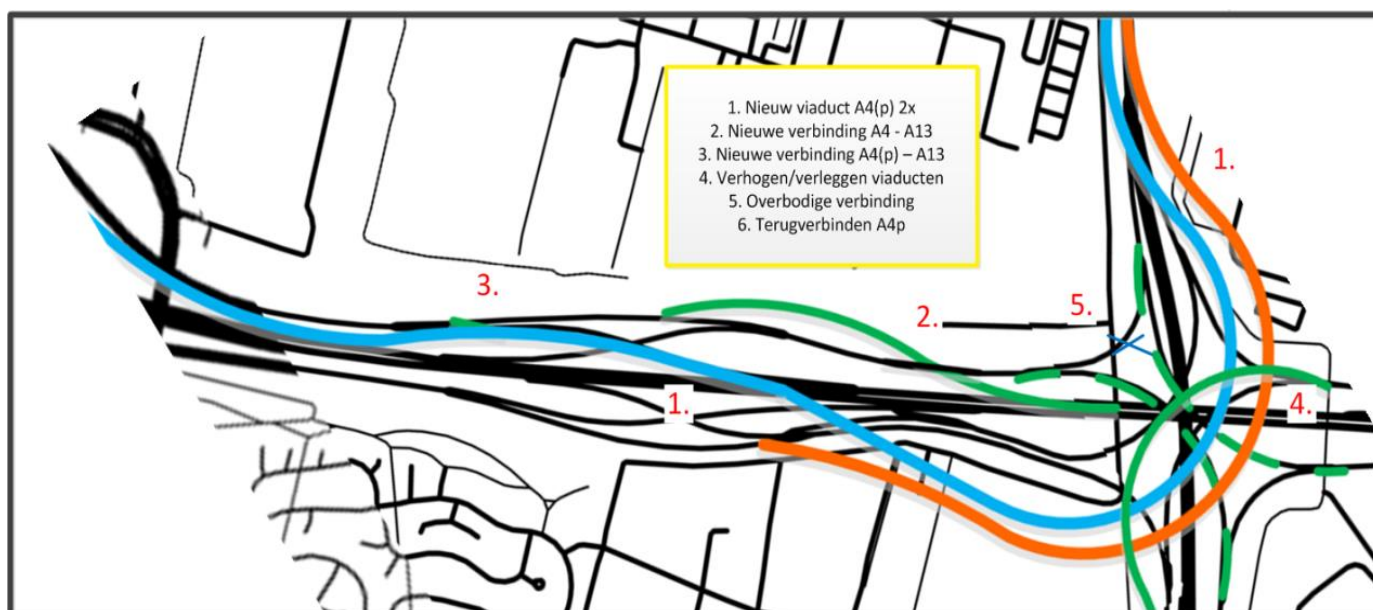
Waar variant 1 het capaciteits probleem over de Vlietbrug probeert op te lossen en variant 2 een poging doet om het nationale en regionale verkeer beter te scheiden, is er bij variant 3 gekozen voor een tussenoplossing. De oplossing is wellicht iets ingewikkelder dan variant 1, maar is wel een stuk minder bewerkelijk, met name met betrekking tot de aanpassingen aan de huidige infrastructuur, dan variant 2. Deze variant probeert niet alleen iets te betekenen voor het probleem met de gebrekkige capaciteit over de Utrechtsebaan, maar ook het fileprobleem over de aansluitingen van de A4-Zuid naar de Utrechtsebaan wordt getracht te genezen. Er is gekozen om op het bovenste dek alleen al het verkeer die deze verbinding (A4-Z $\leftrightarrow$ A12-Utrechtsebaan) volgt toe te laten en bovendien deze dubbeldekse ontknoping al ten zuiden van knooppunt Prins Clausplein te laten beginnen. Hierdoor ontstaat er een extra capaciteit over dit specifieke gedeelte en wordt de doorstroming op de andere verbindingen ook hoger. Aangezien verkeer over deze route veelal alleen de binnenstad van Den Haag als bestemming of vertrekpunt heeft, is er gekozen om de op- en afritten Voorburg en Bezuidenhout niet aan te sluiten aan het bovenste dek. Ook is er voor het verkeer van de Utrechtsebaan naar de A4 Zuid een parallelbaan ontworpen die parallel aan de A4 over knooppunt Ypenburg gaat en pas voorbij afslag Plaspoelpolder verbonden wordt met de A4. Hierdoor heeft dit verkeer minder last van de wevende bewegingen en andere turbulente situaties en profiteert het verkeer op de hoofdbaan van de A4 ook van minder drukte. Het traject van deze variant is te zien in figuur 28, waar de route Den Haag uit met blauw is aangegeven en de route naar Den Haag is getoond met oranje.



FIGUUR 27: TRAJECT VARIANT 3

Transport & Planning

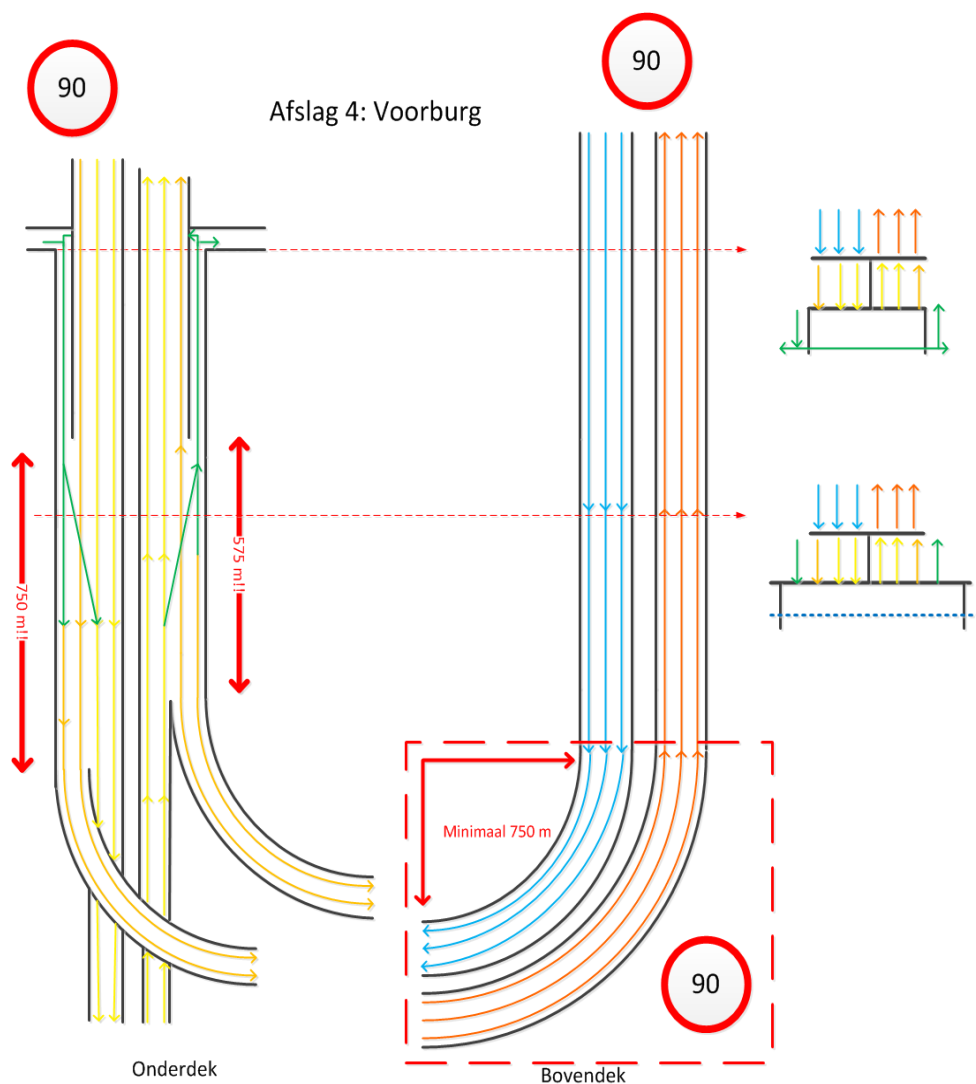
Voor knooppunt Prins Clausplein is het wel noodzakelijk om een gedeeltelijk verbouwing te organiseren. Zoals te zien is in figuur 29 hieronder is er omwille van de doorstroming gekozen voor een extra grote boogstraal om de ontwerpsnelheid zo min mogelijk in te hoeven perken en de 3 geplande rijstroken voldoende veiligheid te garanderen. Het nieuwe dubbele viaduct die de verbinding moet leggen zal op het niveau van de oude verbindingsweg (A4 -> Utrechtsebaan) komen en daarmee precies onder de bovenste verbindingswegen doorpassen. Wel is het hierdoor noodzakelijk om de andere verbinding op dit niveau eronderdoor te steken wat betekent dat het verbouwd dient te worden. Een andere oplossing is om het voorlangs over het knooppunt aan te leggen waarbij de verbindingsweg dicht langs het Kyocera stadion zal passeren. De parallelverbinding zuidwaarts zal met een viaduct over de A4 geleid moeten worden, maar kan daarna wel gebruikmaken van een al bestaand viaduct. Hierdoor is er wel een nieuwe verbinding tussen de A4-Noord en de A13 noodzakelijk. Ook moet de parallelbaan een korte verbinding met de verbindingsweg richting de A13 krijgen. Een bijkomend voordeel is wel dat bij deze configuratie er geen sprake meer zal zijn van een weefvak aan de Den Haag-zijde van de A4.



FIGUUR 28: TRAJECT VARIANT 3 OVER KNOOPPUNT PRINS CLAUSPLEIN

Transport & Planning

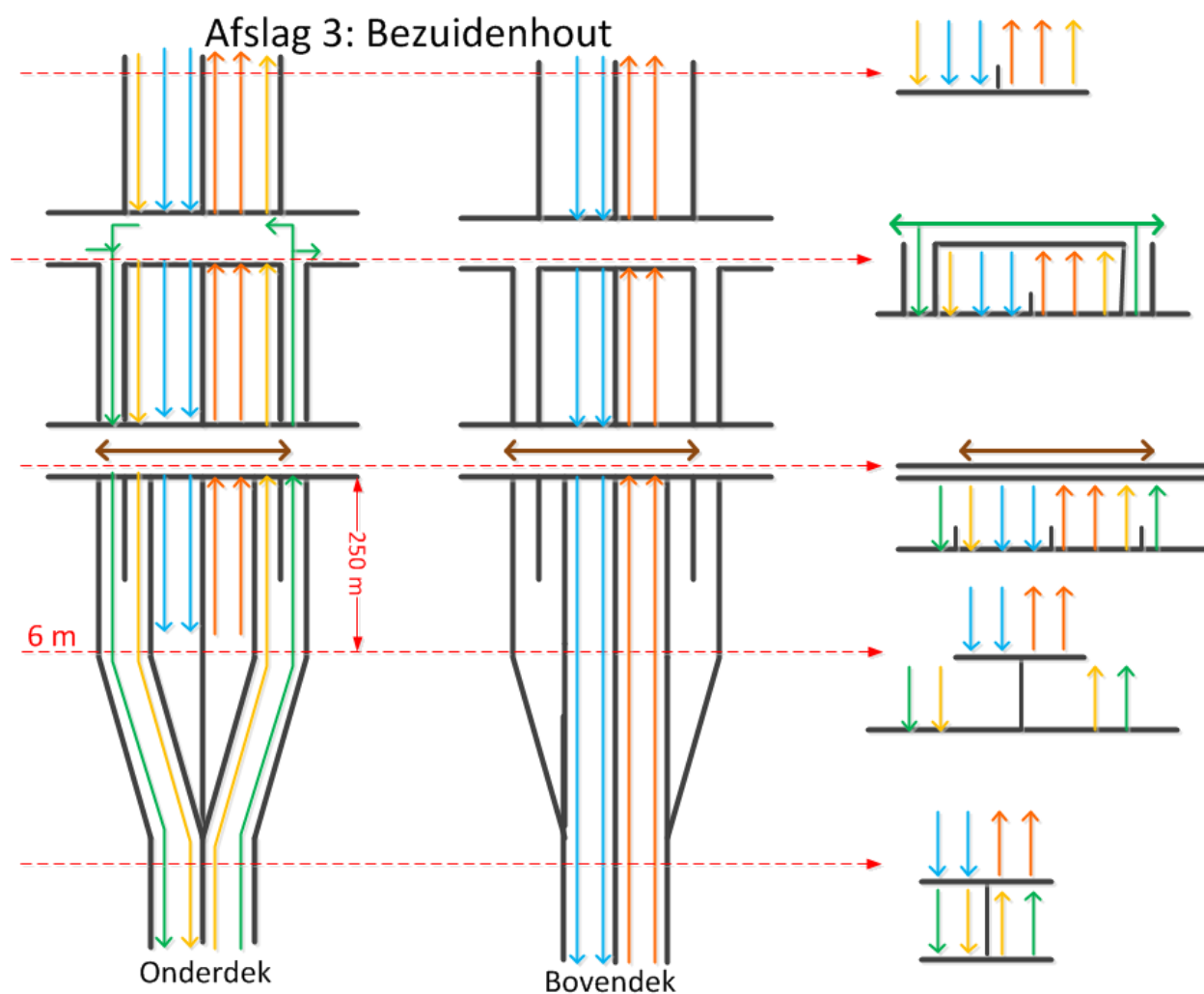
Afslag 4 richting Voorburg zal meer ademruimte krijgen in deze variant en er zal minder druk staan op de weefvakken net ervoor. Het volledig verhelpen van het weefvak zou in de toekomst ook nog kunnen door middel van een bypass die het verkeer vanaf Zoetermeer naar Voorburg al eerder van de A12 afhaalt. Dit zal niet gemakkelijk zijn vanwege de dichte bebouwing naast afslag Voorburg en zal wellicht zelfs betekenen dat er een extra afslag moet gebouwd worden die ten oosten van de Vliet op het onderliggende netwerk niveau aansluit. Vanwege deze redenen en omdat de verwachting is dat met het weghalen van het verkeer uit het zuiden de drukte al minder is, is er gekozen om de weefvakken vooralsnog te laten, op voorwaarde dat de minimale afstand conform de ROA 2014 is. In principe verandert er weinig aan de huidige indeling van het wegdek rond afslag Voorburg, alleen zal er een 2x 3strooks laag overheen aangelegd worden. Deze bovenste route zal in ieder geval voor de boogstraat aan het begin een ontwerpsnelheid van 90 km/u nodig hebben, verderop kan het, indien nodig, verhoogd worden. Het bovenaanzicht en de dwarsprofielen zijn te zien in figuur 29.



FIGUUR 29: BOVENAANZICHT + DWARSPROFIELEN AFSLAG VOORBURG VARIANT 3

Transport & Planning

Ook afslag Bezuidenhout zal bij deze variant een verbouwing moeten ondergaan. Net als bij variant 1 speelt de locatie van de spoorbrug weer parten. Het bovenste dek zal, nadat er eerst een rijstrook afgerist is, terug op maaiveld gebracht moeten worden om vervolgens weer verbonden te worden met het verkeer uit overige richtingen. Het onderdek wordt uit elkaar geplaatst om het bovendeck er tussen te laten passen, hierbij zullen de buitenste rijstroken verbonden worden aan de afslag Bezuidenhout. Voor de verticale overgang van het bovendeck is ook hier weer 250 meter uitgetrokken, gebaseerd op de berekening bij variant 1. De bovenaanzichten en dwarsprofielen zijn te zien in figuur 30.



FIGUUR 30: BOVENAANZICHT + DWARSPROFIELEN AFSLAG BEZUIDENHOUT VARIANT 3

CONCLUSIE

Eens te meer blijkt het dat er veel komt kijken bij het ontwerpen van dubbeldeks autosnelwegen. Door de toevoeging van een extra dimensie ontstaat er een dusdanig groot scala aan varianten en beslissingen dat een gebrek aan eenduidige oplossingen op de loer ligt. Voor elk gegeven probleem zijn er met behulp van een verticale verdubbeling een aantal varianten die vanwege de bereikbaarheid afvallen maar nog meer die wel een meerwaarde voor het netwerk hebben. Zodra er gekozen wordt voor een dubbeldekse variant is dat ook de keuze gemaakt voor een dure oplossing en lijkt er al snel veel mogelijk qua verticale verdeling over een knooppunt. Vandaar dat onderzoek naar de daadwerkelijke precieze eisen van verkeersstromen in een netwerk zeer wordt aangeraden. Hierdoor kan er bepaald worden niet zozeer wat er haalbaar is qua budget, maar eerder wat er noodzakelijk is om een goede doorstroming te waarborgen en zo min mogelijk overlast voor de omgeving te veroorzaken.

In de casestudy is er expliciet voor gekozen om in een verkennende fase te blijven om zo een goed beeld te krijgen van wat er mogelijk is. Hierbij zijn geen getalswaarden voor de capaciteit gebruikt maar is er wel gekeken naar de ruimtelijke inpassing van reële capaciteitsvergroten oplossingen. Zo blijkt dat voor variant 1 de noodzaak tot verbouwen van overige infrastructuur naast de Utrechtsebaan zeer gering is. Als nadeel is dan wel aan te merken dat deze variant alleen de capaciteitsproblemen aan de kaak stelt en de vraag naar het splitsen van diverse verkeersstromen om een minder turbulent verkeersbeeld te creëren grotendeels overslaat. Deze variant is daarom extra geschikt voor een relatief goedkope uitbreiding van de capaciteit over traject waar ruimtegebrek een belangrijke rol speelt. Daarbij kan gedacht worden aan zwaar stedelijk gebied, maar ook aan tunnels of bruggen. Variant 1 is ook aan te raden op het moment dat er een upgrade gemaakt wordt van een huidig snelweg traject vanwege de geringe aanpassingen aan de infrastructuur. Voor knooppunten wordt nog steeds aangeraden om waar mogelijk nog steeds eerst de snelwegen weer naast elkaar te positioneren om vervolgens de verschillende richtingen met elkaar te verbinden. De afslagen zullen wel meer aandacht vereisen dan bij andere varianten omdat het bovenste dek ook bereikbaar moet zijn, al kan dit ook een voordeel zijn aangezien de bereikbaarheid van al deze afslagen daardoor wel gewaarborgd blijft.

Variant 2 komt weer op andere facetten goed uit de bus. Vanwege de volledige splitsing van lokaal en regionaal verkeer is de meerwaarde voor beide verkeersstromen groot, naast het feit dat er meer capaciteit gegenereerd wordt. Met name voor weggebruikers die niet uit de regio Den Haag komen, maar de regio het liefst zo snel mogelijk willen passeren is dit een goede variant. De bereikbaarheid van de afslagen is goed genoeg, mits bestuurders zich op tijd realiseren dat deze alleen op het onderste dek aansluiten. Dit houdt ook in dat de constructiekosten en daarbij het ruimtegebruik van de afslagen minder is omdat deze niet met het bovenste dek verbonden hoeven te worden. Veiligheid is nog niet erg in de aandacht geweest in dit project, omdat deze grotendeels gewaarborgd is door de ontwerpisen die Rijkswaterstaat aan alle autosnelwegen stelt. Bij variant 2, daarentegen, moet wel vermeldt worden dat de bereikbaarheid bij noodsituaties minder groot is dan bij andere varianten omdat hulpdiensten niet halverwege het traject de doorsteek naar boven kunnen maken. Ook de bewerkelijke nieuwe verbindingen en aanpassing van de huidige infrastructuur trekken een zware wissel op de uitvoerbaarheid van deze variant. Mede hierdoor heeft deze variant de meeste voordelen als er nog geen huidige infrastructuur ligt. Het ruimtegebruik is bij variant 2 ook aan de grote kant. In dit specifieke geval nemen de regionale verknopingen, hier uitgevoerd als verkeerspleinen, veel ruimte in beslag. Vanwege de nabijheid van de spoorlijn tussen Den Haag en Utrecht moet het verkeersplein ook al verhoogd liggen met alle gevolgen voor de verbindingswegen erboven. Verder speelt deze variant nog in op de mogelijke veranderingen aan de functies van zowel de A13, die teruggebracht kan worden naar een regionaal niveau, en de A4 die de dragende taak als hoofdslagader tussen Rotterdam en Amsterdam kan gaan vervullen.

Transport & Planning

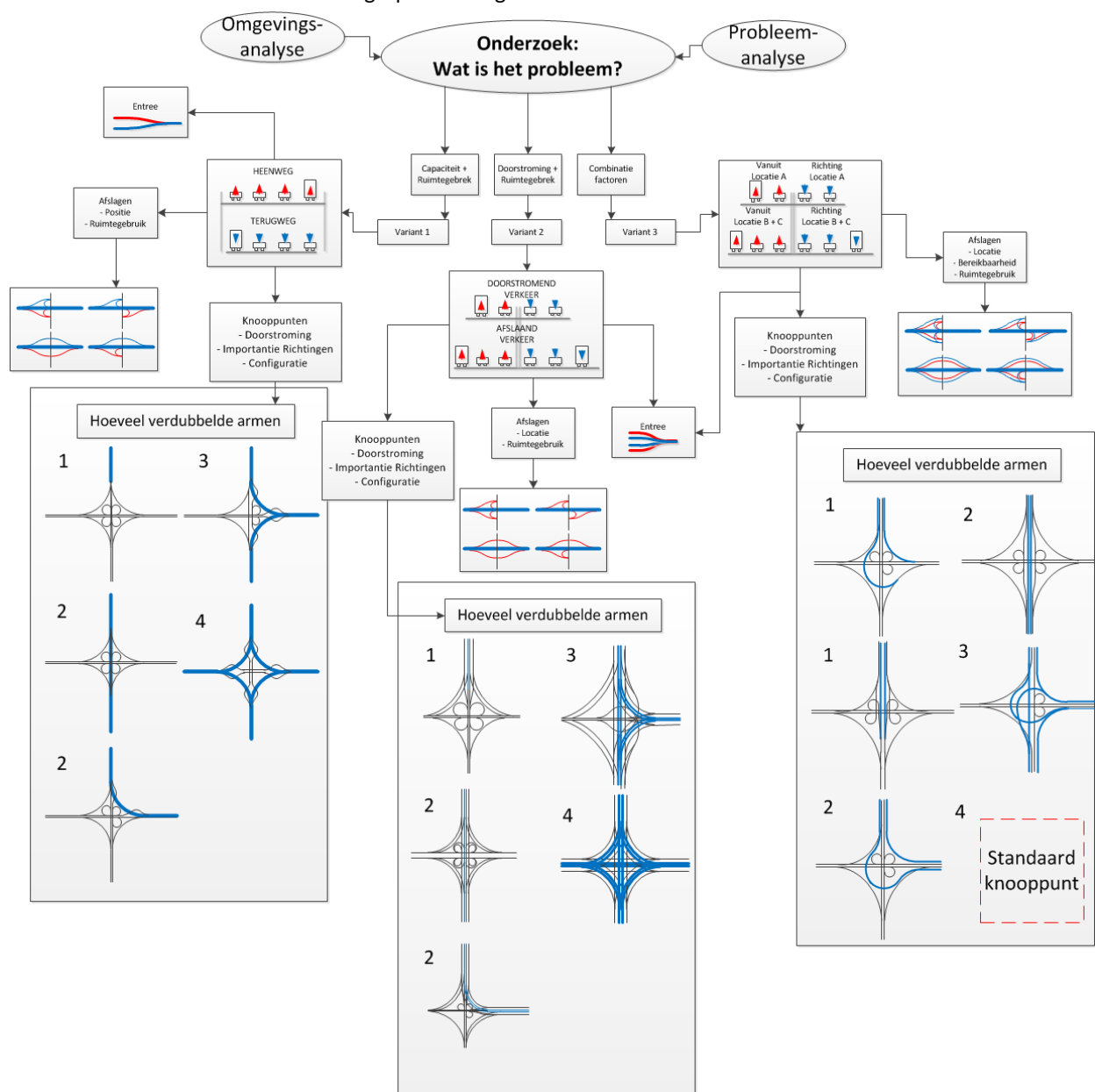
De derde variant probeert op een behoedzame manier toch zoveel mogelijk problemen in dit gebied op te pakken zonder te onbezonnen te zijn. Hierdoor is deze variant een goed voorbeeld van de filosofie die ontwerpers in oog moeten houden bij het aanpassen van huidige autosnelwegnetwerken door middel van dubbeldeks snelwegen. Er wordt in variant 3 geprobeerd om naast de capaciteit op de Utrechtsebaan te vergroten ook over een specifieke richting waar vaak files staan de doorstroming te verbeteren. Dit alles gaat in mindere mate ten kosten van de omliggende ruimte of de bestaande infrastructuur in vergelijking met bijvoorbeeld variant 2. Hierdoor kan er ook meer draagvlak worden gecreëerd bij niet alleen de bewoners van het gebied, maar ook bij de instanties die uiteindelijk voor de financiën moeten gaan zorgen. De uitvoerbaarheid dient wel in het oog gehouden te worden, zo bestaat de kans dat bij variant 3 de beoogde nieuwe viaducten door knooppunt Prins Clausplein simpelweg niet passen. Uiteraard is het noodzakelijk om dit soort zaken eerst voldoende uit te zoeken voordat er verder gedacht wordt over de andere trajecten die verbouwd moeten worden. Qua bereikbaarheid van afslagen is er expres gekozen om wederom het bovenste dek niet te verbinden. Dit zorgt er wel voor dat verkeer uit het zuiden of eerder de snelweg moet verlaten of verder door moet rijden. Hierbij is van belang dat het onderliggende wegennetwerk deze verkeersstromen kan verdragen. Al met al lijkt variant 3 een mogelijke oplossing met de meeste meerwaarde ten opzichte van de bijkomende nadelen omdat er zorgvuldig omgegaan wordt met de mogelijkheden en vooral vereisten die de problemen in dit gebied met zich meebrengen. Door de ontwerpfilosofie die vooral inspeelt op zo veel mogelijk bereiken met zo min mogelijk aanpassingen kan met een elegante oplossing realiseren waar zowel de weggebruikers als de omwonenden maar ook de overheidsinstanties, die zulk een variant moeten uitwerken, zich in kunnen vinden.

	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Doorstroming	-	++	+
Capaciteit	++	+	+
Uitvoerbaarheid	++	--	+/-
Ruimtegebruik	++	-	+/-
Afslagen	-	+	+
Bereikbaarheid	+	-	-
Omvang	--	-	-

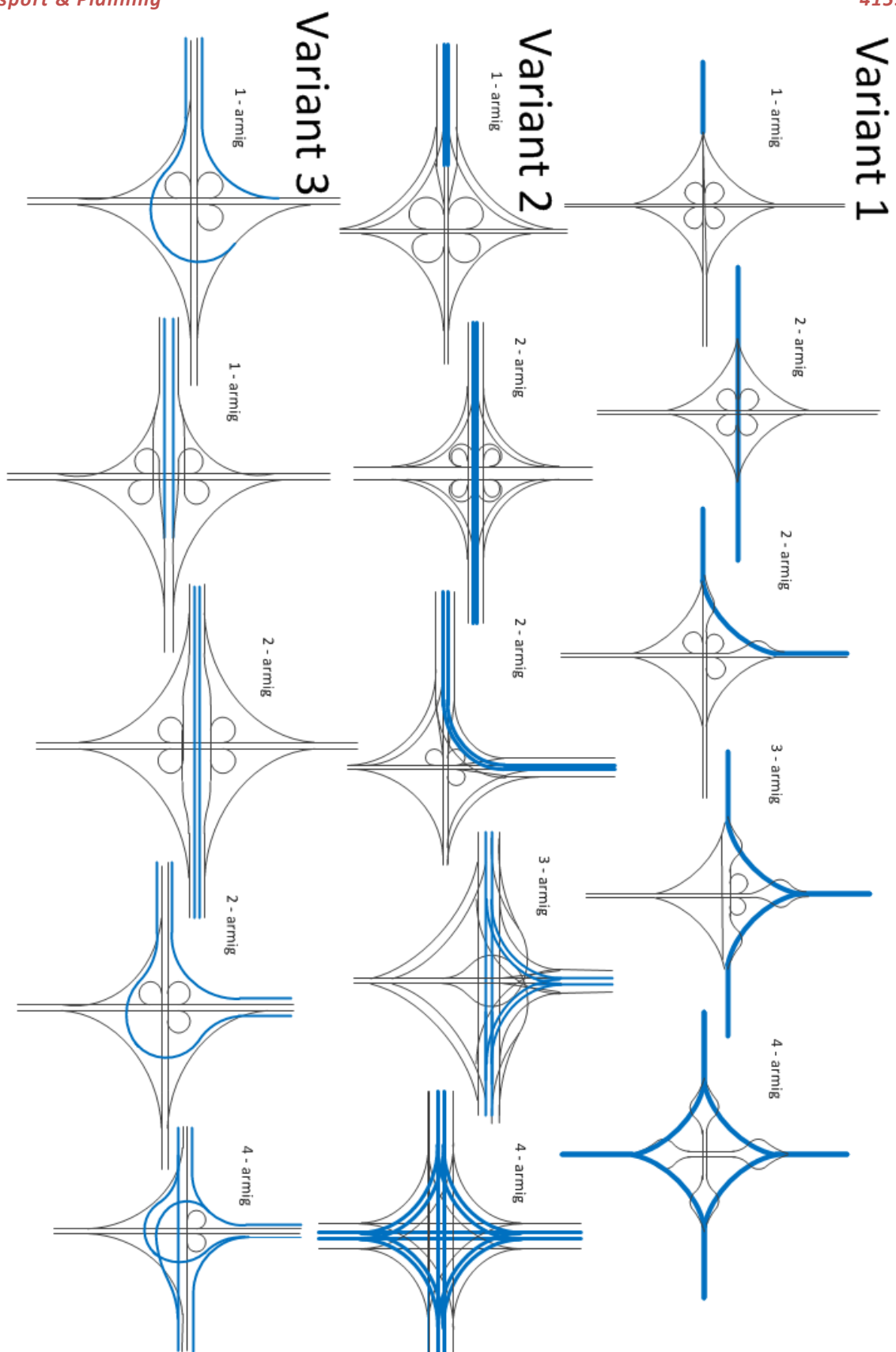
FIGUUR 31: OVERZICHTSTABEL VOOR- EN NADELEN

ONTWERPHANDLEIDING

Zoals al eerder aangekondigd is er met de ervaringen opgedaan in de casestudy een ontwerphandleiding geconstrueerd. Hierbij is gekozen om een stappenplan te maken om ontwerpers voor dubbeldeks snelwegen een leidraad te geven in de mogelijke gevolgen van keuzes die in het begin gemaakt worden. Daarnaast zijn er van de diverse aansluitingen verschillende voorbeelden gegeven van mogelijke uitvoeringen. Dit diagram blijft een gestandaardiseerde weergave voor een specifieke oplossing, dus zal er rekening gehouden moeten worden met de kans dat een oplossing niet, of op een manier die verschilt, als zodanig terug te vinden is. Voor het overzicht zijn de verschillende varianten voor de dubbeldekse knooppunt configuraties op de volgende pagina groter terug te vinden. Deze configuraties kunnen naast de eerder besproken configuraties van Rijkswaterstaat¹⁵ gebruikt worden en beschouwd worden als uitbreiding op de huidige keuzes.



¹⁵ Afbeelding 4.3 uit Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014



FIGUUR 32: ADDITIONELE KNOOPPUNT CONFIGURATIES PER VARIANT

AANBEVELINGEN ONTWERP DUBBELDEKSAUTOSNELWEGEN

In dit rapport zijn een paar van de vele uitwerkingen die gemaakt kunnen worden voor een traject met dubbeldeks autosnelwegen laten zien. De toevoeging van de verdubbelde snelweg als onderdeel van een hoofdwegennet biedt zowel op nationaal netwerk niveau, als bij kleinschalige ruimtelijke inpassingen, enorm veel vrijheden. Hierdoor is het voor een ontwerper, of ontwerpteam, een uitdagende opdracht om een eenduidige oplossing te vinden. Hierdoor zullen er vaak meerdere mogelijkheden zijn met stuk voor stuk belangrijke voordelen en nadelen. Vanwege dit gebrek aan eenduidigheid is het de moeite waard om niet alleen te kijken naar tabellen die per situatie één oplossing geven, zoals te vinden zijn in de ROA 2014, maar ook de filosofie achter het ontwerpen goed in het oog te houden.

Belangrijk is hierbij om een goede voorbereiding af te werken voordat er aan het ontwerpen begonnen wordt. Een goed onderzoek naar de locatie is hierbij van belang. Tot in detail weten wat er speelt in een gebied, waar de belangen liggen en waar de ruimte geboden wordt voor een potentiële uitbreiding van het wegennet, komen bij een dergelijk onderzoek aan het licht. Ook kan hierdoor goed een beeld gegeven worden van welke lokale infrastructuur er al aanwezig is op een locatie en in hoeverre deze lokale infrastructuur wellicht een nieuwe functie kan krijgen bij een uitbreiding. Daarnaast is een grootschalig onderzoek naar de verkeersstromen in de regio waar de verdubbeling zou moeten komen essentieel. Hierbij is het cruciaal om erachter te komen wat er precies nodig is. Vaak het aanleggen van extra asfalt niet direct de beste oplossing, en is het eerder van belang om alleen daar waar het echt nodig is nieuwe wegen te realiseren.

Al met al is het voor zowel ontwerper als opdrachtgever, en later in het bouwproces misschien ook weggebruikers en omwonenden, een vereiste om flexibel te blijven. De oplossing die de meeste mensen tevreden stemt volgt vaak pas na het maken van overwogen keuzes en het stellen van kritische vragen over een ontwerp. De ontwerper die de moed bij elkaar kan brengen om in een laat stadium nog terug te komen op een van zijn eerdere beslissingen toont zeker geen zwakte, maar eerder een flexibele geest die onmisbaar is in de huidige dynamische samenleving.

AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Om een project bondig te houden is het vaak niet te voorkomen om verschillende interessante aspecten alsnog te moeten uitsluiten. Zo zijn er ook facetten van het ontwerpen van dubbeldeks autosnelwegen niet aan bod gekomen in dit rapport die wellicht later nog verder onderzocht kunnen worden. Hieronder zijn enkele van deze facetten opgesomd en elk kort toegelicht aangaande de manier waarop deze betrekking hebben op dit project.

Knooppunt configuraties: Zoals eerder vermeld is, is het een complex proces om een eenduidige handleiding te geven voor het ontwerpen van knooppunten en het kiezen van configuraties op het moment dat er verdubbeling van snelwegen aanwezig zijn. Een specifieke afbeelding zoals te vinden is in de ROA 2014, is dan ook moeilijk na te bootsen voor dit type snelweg. Hier zou later nog naar gekeken kunnen worden of er een gestandaardiseerd stappenplan gemaakt kan worden die rekening houdt met niet alleen de mate van doorstroming en de importantie van de verschillende richtingen, maar ook met de verschillende varianten voor verticale indeling en het aantal armen van het knooppunt die een verdubbeling van het wegdek hebben.

Transport & Planning

Pinavia knooppunt: Eerder in dit rapport is dit type knooppunt al kort ter sprake gekomen, maar is het verder niet terug gekomen. Het type berust op een Litouws idee¹⁶ waar een goede doorstromende variant bedacht moest worden waarmee de ontsluitingswegen van de hoofdstad Vilnius aan elkaar gekoppeld konden worden. Helaas was er in de case study geen mogelijkheid om dit type toe te passen, mede dankzij de grote vraag naar nieuwe infrastructuur. Desalniettemin is dit type zeer interessant voor zowel enkel- als dubbeldeks snelwegen, zij het dat de ontwerpsnelheid aan de lage kant is voor het doorgaande verkeer. Voor stadsautosnelwegen en grotere regionale zou dit type Pinavia knooppunt een zeer geschikt alternatief kunnen zijn voor de grote verkeerspleinen en turbotondes die nu vaak gebouwd worden. Dankzij de conflictvrije bewegingen kan een continue doorstroming gerealiseerd worden en ook in landelijke omgeving is dit geschikt vanwege de geringe hoogte. Dit type kan in een toekomstig onderzoek nog verder onderzocht worden. In figuur 33 is een voorbeeld van zulk een Pinavia-knooppunt te zien waarbij de verschillende richtingen met kleur staan aangegeven.



FIGUUR 33: PINAVIA KNOOPPUNT

Links afslaan: In de hoofdstukken over aansluitingen met het onderliggende netwerkniveau kwam een onorthodoxe links afslaan beweging ook nog aan het licht, met name bij situaties waar de ruimte echt zeer gebrekkig is. In de regel is linksaf de snelweg verlaten en betreden zeer af te raden, maar bij sommige situaties zou dit een oplossing kunnen zijn. Zo zijn er manieren te bedenken die een hogere snelheid waarborgen of het invoegen voorkomen door de toevoeging van een volledige extra linker rijstrook vanaf de oprit. Onderzocht zou kunnen worden in hoeverre er situaties bestaan waarbij een aansluiting aan de linkerkant daadwerkelijk nuttig kan zijn zonder een al te grote hinder voor het doorstromende verkeer te zijn.

Veiligheid: Het is niet zoveel aan de orde gekomen in dit rapport, terwijl het uiteraard van zeer groot belang is bij het ontwerp van autowegen, vandaar dat de veiligheid op dubbeldeks-autosnelwegen ook nader onderzocht dient te worden. Zo kan er gekeken worden naar de inrichting van de viaducten waarover deze snelwegen gaan en wat voor een effect bijvoorbeeld de locatie van de ondersteuning heeft op het overige verkeer. Uitwijkmogelijkheden zijn gering en de gevolgen zijn groot op dit soort viaducten. Ook de bereikbaarheid van het bovenste dek bij noodsituaties moet gewaarborgd worden. Hiervoor zijn wellicht calamiteitendoorsteken (CADO) nodig die het bovenste dek bereikbaar maken voor calamiteitendiensten. Ook kunnen deze ingezet worden bij werkzaamheden of versperringen. Hierbij zou onderzocht kunnen worden hoe groot de afstand tussen verschillende opritten maximaal mag zijn om het bovenste dek veilig te houden en wanneer er dan een CADO noodzakelijk is. Een ander aspect van de veiligheid zou de ontruiming te voet van een bovendek kunnen zijn door middel van trappen. Deze veiligheidsaspecten zouden gekoppeld kunnen worden aan een onderzoek over het vervoer van gevaarlijke stoffen over dit soort trajecten met veel viaducten en slechte bereikbaarheid.

¹⁶ <http://pinavia.com/start.phtml>

REFERENTIES

American Association of State Highway and Transportation Officials (2001), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, AASHTO, Washington

Buteliauskas, S. (2010), Pinavia Interchange: <http://pinavia.com/start.phtml>

Faculteit Civiele Techniek (2011), *Dictaat Geometrisch Wegontwerp van Wegen en Spoorwegen CT3711*, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, TU Delft

Harbers, B.H.J. (2003), *Interchange: Architecture of lost space*, Faculty of Architecture, TU Delft

Heikoop, H (2015), *Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen*, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2014), *Mobiliteitsbeeld 2014*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Kwakernaak, C. V. (2002), *Dubbeldeks ontvlechten op het hoofdwegennet*, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, TU Delft

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016), *Meerjarenplan Infrastructuur Ruimte en Transport (MIRT) 2016*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, mede namens het Ministerie van Economische Zaken, het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Palen, J.H.M. van der (2010), *Alternatieve aansluitingsvormen*, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, TU Delft

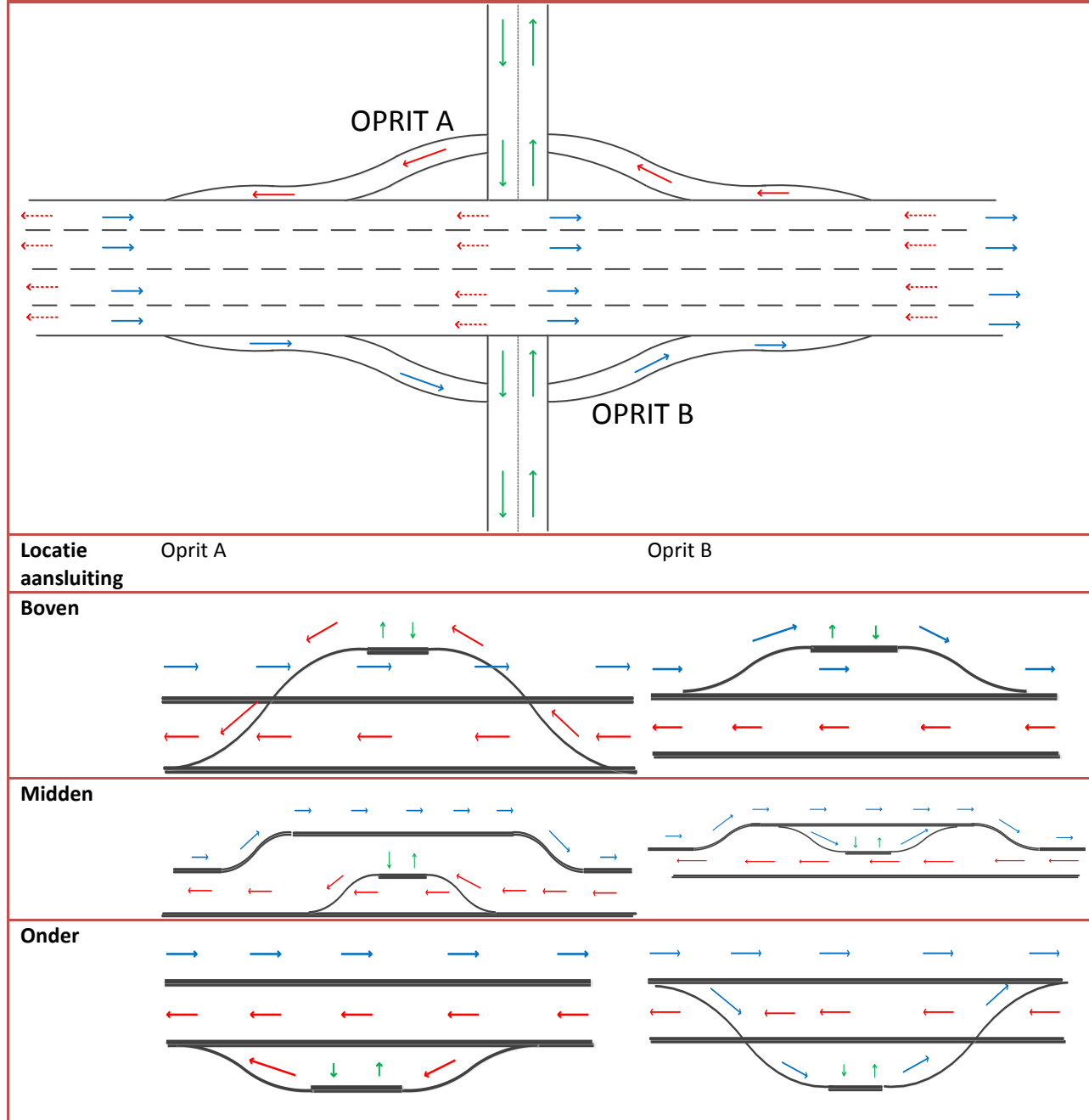
Projectbureau MIRT Verkenning Haaglanden (2012), *Ontwerpverantwoording A4 Passage en Poorten & Inprikkers*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat (2014), *Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen 2014*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

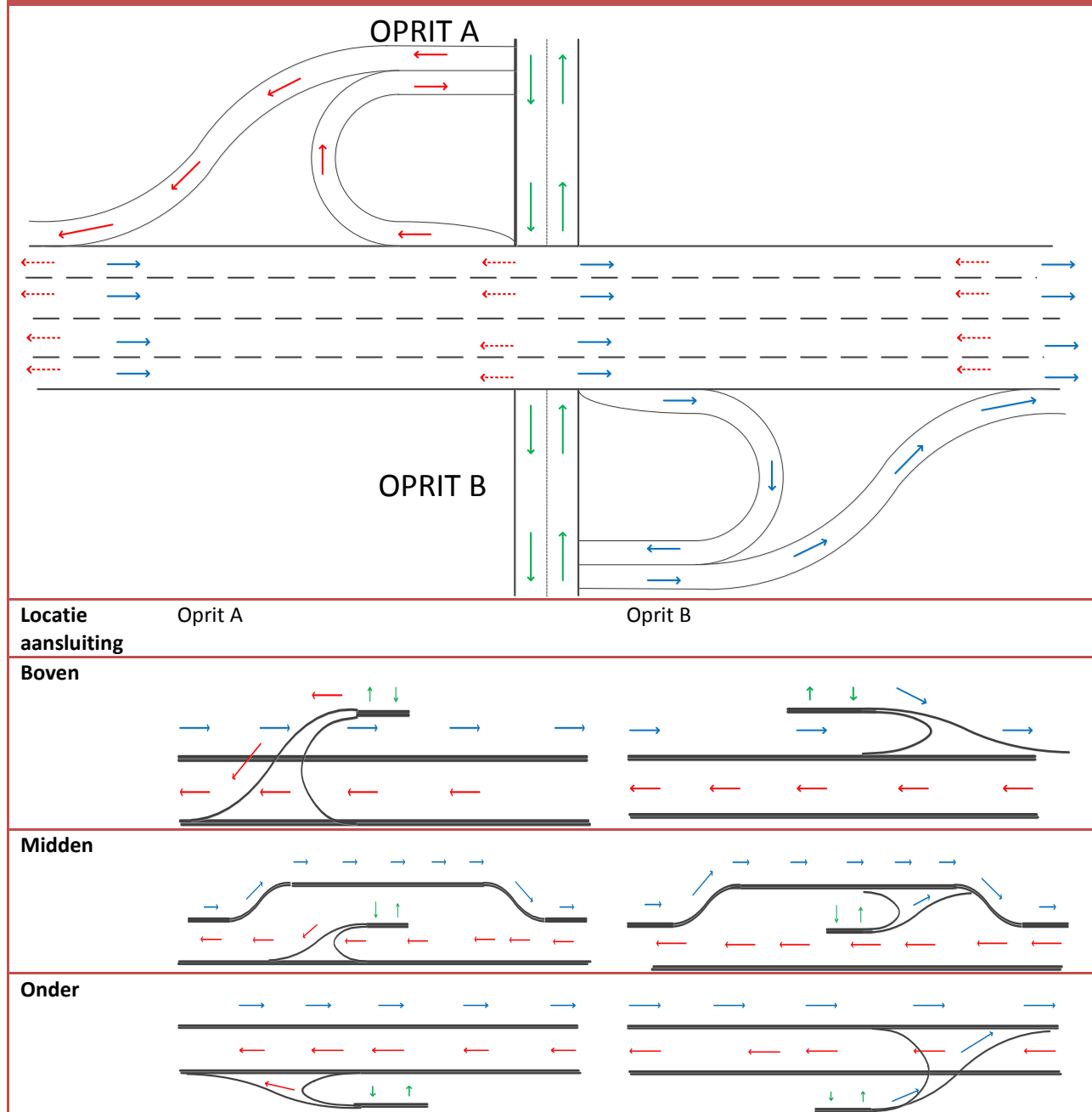
Rijkswaterstaat (2014), *Kaart knooppunt Prins Clausplein: Huidige en gewenste situatie in kaart gebracht*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

BIJLAGE 1: VISUALISATIE OP- EN AFRITTEN

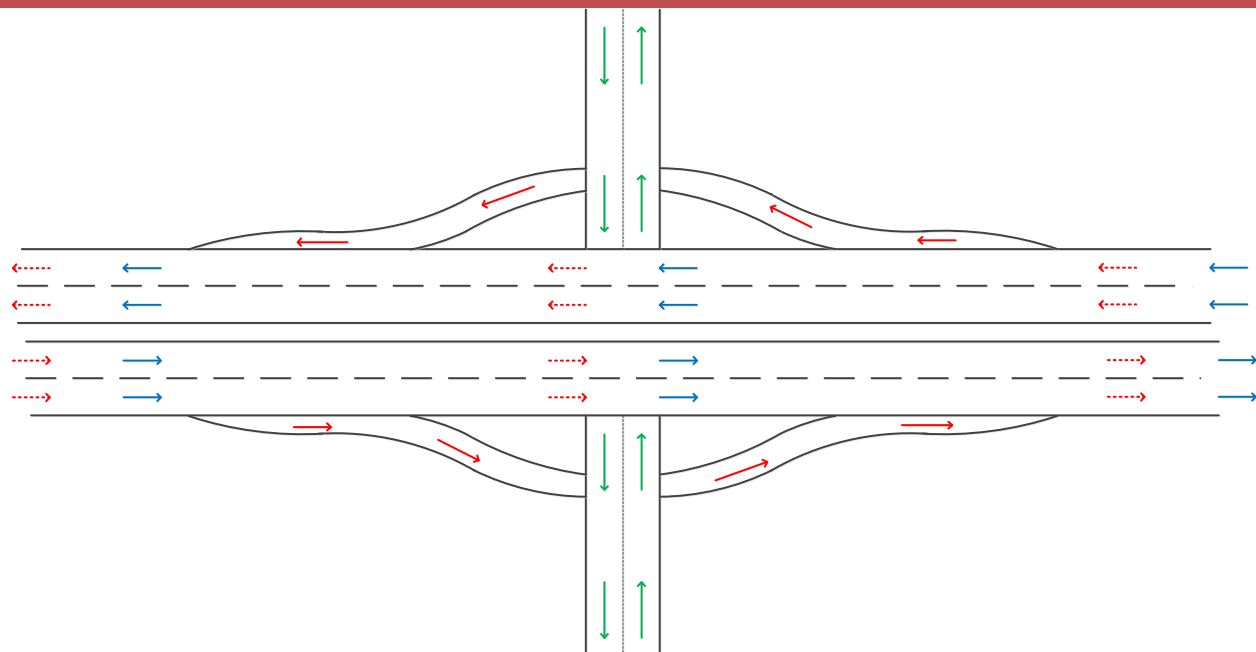
Variant 1: Haarlemmermeeraansluiting



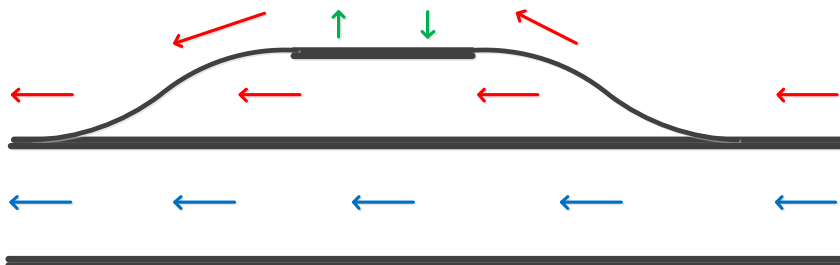
Variant 1: Klaverbladaansluiting



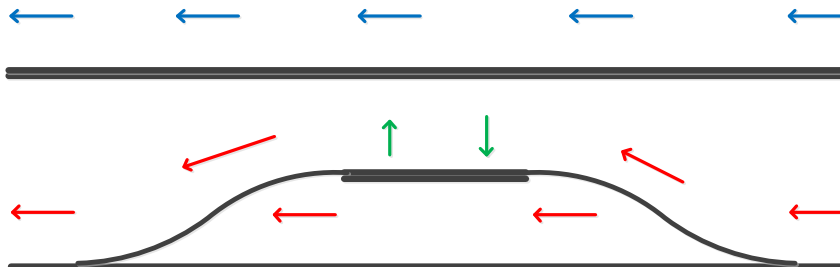
Variant 2: Haarlemmermeeraansluiting



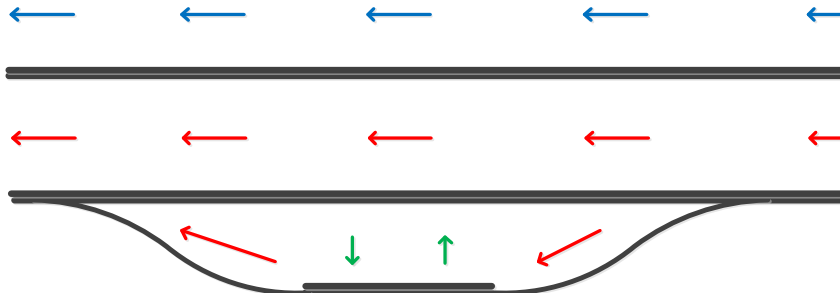
Boven



Midden



Onder



Variant 2: Klaverbladaansluiting

