TU Delft

Haalbaarheid van een gelijkvloerse kruising van een automatisch personenvervoersysteem met bestaande infrastructuur



Haalbaarheid van een gelijkvloerse kruising van een geautomatiseerd personenvervoersysteem met bestaande infrastructuur

Eindrapport

Datum: 10 november 1997
Auteur: Erwin Stoker
Studienummer: 807295
Technische Universiteit Delft
Fac. der Civiele Techniek
Vakgroep Infrastructuur, sectie Verkeerskunde
Afstudeerhoogleraar: Prof.dr.-ing. I.A. Hansen (Fac. CT)
Begeleiders: Ir. Th.J. Schoemaker (Fac. CT)
Mr. W. Wijting (Fac. WTM)
Extern begeleider: Ing. J.O. Pruis (ZWN Groep)

VOORWOORD

Het rapport dat u nu in handen heeft is het resultaat van het afstudeeronderzoek dat door ondergetekende in opdracht van de Technische Universiteit Delft bij Advanced Netherlands Transport, een deelneming van de ZWN Groep, is uitgevoerd.

Dit rapport is een weergave van hetgeen gedurende de stageperiode is onderzocht. Het onderwerp is actueel en vormt een praktische toepassing van de theoretische kennis opgedaan bij de Faculteit der Civiele Techniek, sectie Verkeerskunde. Het enthousiasme en de belangstelling van collega's op ANT en de begeleider op de TU, dhr. Schoemaker, hebben zeker bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport.

Bij deze wil ik een aantal mensen bedanken voor hun bijdrage aan dit rapport. Aan de TU ben ik dank verschuldigd aan mijn dagelijks begeleider Ir. Th.J. Schoemaker voor zijn meesterlijke systematische manier van denken, aan mijn afstudeerhoogleraar Prof.Dr.-Ing. I.A. Hansen en de toegevoegd begeleider voor juridische ondersteuning Mr. W. Wijting.

Tevens gaat mijn dank uit naar mijn begeleider vanuit ZWN, Ing. J.O. Pruis, voor zijn kennisoverdacht en prettige samenwerking en verder de collega's van ANT, drs. N. de Ronde Bresser en ir. R.C. Koppert. Daarnaast dhr. Andersson en dhr. Zwetsloot van de RET, dhr. Sambler van de gemeente Rotterdam, dhr. Riemersma en dhr. Moons van de gemeente Amsterdam en de mensen van ZWN in Boskoop.

Zonder steun van Jocea, vrienden en familie was het een stuk lastiger geweest.

Delft, 10 november 1997,

Erwin Stoker

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD ..... **i**

INHOUDSOPGAVE ..... **iii**

SAMENVATTING **1**

1. INLEIDING **3**

1.1 AANLEIDING ONDERZOEK 3
1.2 PROBLEEM- EN DOELSTELLING 4
1.3 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN 4
1.4 ONDERZOEKSOPZET 4

2. SITUATIEBESCHRIJVING RIVIUM **7**

2.1. BELEIDSKADER 7
2.2. ACHTERGROND 8
2.3. GEOGRAFIE 9
2.4. HUIDIGE ONTSLUITING 10
2.4.1. Ontsluiting per auto *10*
2.4.2. Ontsluiting per openbaar vervoer *12*
2.4.3. Ontsluiting per fiets *17*
2.4.4. Conclusie bereikbaarheid *18*
2.5. GEKOZEN ONTWIKKELING 19

3. PEOPLE MOVER SYSTEMEN **21**

3.1. ACHTERGROND 21
3.2. WAT IS EEN PEOPLE MOVER? 21
3.3. VRAAG NAAR PEOPLE MOVERS 24
3.4. AANBOD VAN PEOPLE MOVERS 28
3.4.1. Functioneel onderscheid *29*
3.4.2. Technisch onderscheid *31*
3.5. GEKOZEN PEOPLE MOVER SYSTEEM 34
3.6. EVALUATIE 40

4. EVALUATIE PARKSHUTTLE **41**

4.1. INLEIDING 41
4.2. VERVOERKUNDIGE HAALBAARHEID 41
4.2.1. Vervoervraag *41*
4.2.2. Capaciteit *48*
4.2.3. Simulatie *53*
4.3. ECONOMISCHE HAALBAARHEID 57

4.4. TECHNISCHE VEILIGHEID 62
4.4.1. Continue systeemverandering *62*
4.4.2. Obstakeldetectie *63*
4.4.3. Baanafscheiding *69*
4.4.4. Remsysteem *72*
4.5. RUIMTELIJKE INPASSING 74
4.6. REIZIGERSACCEPTATIE 74
4.7. JURIDISCHE HAALBAARHEID PARKSHUTTLE 75

5. KRUISING HOV-BAAN MET ANDERE INFRASTRUCTUUR 79
5.1 KRUISING NS 79
5.1.1 Beveiliging voor trein *79*
5.1.2 Beveiliging voor autoverkeer *79*
5.2 KRUISING SNELTRAM AMSTELVEEN 84
5.2.1 Beveiliging voor sneltram *85*
5.2.2 Beveiliging voor autoverkeer *87*
5.2.3 Beveiliging voor langzaam verkeer *87*
5.2.4 Ongevallen *88*
5.3 KRUISING SNELTRAM RET 90
5.3.1 Beveiliging voor sneltram 90
5.3.2 Beveiliging voor kruisend verkeer 91
5.3.3 Ongevallen 91
5.3.4 Maatregelen 92
5.4 KRUISING HOV BAAN 93
5.4.1 HOB baan Delft 93
5.5 CONCLUSIE KRUISING 94
5.6 ONGELIJKVLOERS TEGENOVER GELIJKVLOERS 95
5.6.1 Categorieën infrastructuur *97*
5.7 PROGRAMMA VAN EISEN 101

6. ONTWERP KRUISPUNT PARKSHUTTLE 107
6.1. INLEIDING 108
6.2. PROCEDURE KRUISING PARKSHUTTLE MET ANDERE INFRASTRUCTUUR 108
6.2.1. Stappenplan kruising ParkShuttle *108*
6.2.2. Invloed kruising op capaciteit *109*
6.3. ONTWERP KRUISING PARKSHUTTLE MET ANDERE INFRASTRUCTUUR 113
6.3.1. Autoverkeer *113*
6.3.2. Fiets *114*
6.3.3. Voetganger *115*
6.3.4. Particuliere weg *115*
6.4. SPECIFIEKE OPLOSSING KRUISINGSVORMEN PARKSHUTTLE RIVIUM 117
6.4.1. Uitbreidingen tracé *117*
6.4.2. Ontwerp kruising *122*

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 123

LITERATUUROPGAVE.....125

ADRESSEN..... 129

BIJLAGEN

Bijlage 1: Zonering Rivium
Bijlage 2: Parkeernormen Gemeente Capelle
Bijlage 3: Exploitatiekosten Rivium pendelbus
Bijlage 4: Enquêteresultaten
4.1: Dienstverloop Rivium Pendelbus
4.2: Enquêteformulier
4.3: Globale resultaten enquête
4.4: Enquêteresultaten
Bijlage 5: Berekening componenten gewogen reistijd
Bijlage 6: Vf-curves
Bijlage 7: Tijd-wegdiagram bij gekozen passeerlokaties
Bijlage 8: Exploitatiekosten ParkShuttle
Bijlage 9: Remafstand als functie van snelheid en vertraging
Bijlage 10: Juridische aspecten ParkShuttle
Bijlage 11: Ongevalspreiding Amstelveenlijn
Bijlage 12: Categorie-indeling wegen
Bijlage 13: Kruising ParkShuttle met weg
13.1: Tweestrooks weg, enkele ParkShuttle
13.2: Tweestrooks weg, dubbele ParkShuttle
13.3: Tweestrooks weg met rijstrookscheiding
Bijlage 14: Kruising ParkShuttle met fietspad
Bijlage 15: Kruising ParkShuttle met voetpad
15.1: Voetpad, enkele ParkShuttle
15.2: Voetpad, dubbele ParkShuttle
Bijlage 16: Regelprogramma
Bijlage 17: Ontwerp case
17.1: Huidige situatie
17.2: Ontwerp nieuwe situatie met kruising ParkShuttle

SAMENVATTING

De steeds maar toenemende vraag naar hoogwaardig openbaar vervoer en de wens om het exploitatietekort van het openbaar vervoer te verkleinen betekenen een toenemende aandacht voor automatische systemen voor personenvervoer zogenaamde people movers. Het lijkt alsof dit een nieuwe ontwikkeling is, niets is echter minder waar. De eerste ideeën en concepten voor bestuurderloze vervoersystemen dateren uit eind jaren '60. Wereldwijd zijn nu ongeveer 80 systemen operationeel[1], vooral op luchthavens.

In Capelle a/d IJssel wordt een people mover aangelegd als verbinding tussen metrostation Kralingse Zoom en het business park Rivium. De bestaande openbaar vervoer verbindingen voldoen niet en trekken alleen captives, reizigers zonder alternatief voor het openbaar vervoer. Juist op deze locatie met een geconcentreerde vervoerstroom ligt toepassing van een hoogfrequente people mover voor de hand als natransport vanaf de metro, die in de spits iedere minuut aankomt. De wachttijd op natransport vanaf de metro wordt gereduceerd tot bijna nul, wat een verbetering voor de aantrekkelijkheid van de hele openbaar vervoer keten betekent.

Het gekozen people mover systeem, de ParkShuttle, is volledig nieuw ontwikkeld. De ParkShuttle heeft voertuigen met een capaciteit van ongeveer 10 reizigers die op maaiveldniveau op een asfaltbaan rijdt. Het voertuig vindt zijn weg zonder fysieke geleiding door middel van elektronische bakens in het asfalt, zogenaamde transponders. Bestaande people mover systemen beschikken over fysieke geleiding en volledige afscheiding van de baan, vaak op +1-niveau.

Van de ParkShuttle is eerst een evaluatie van het systeem op grond van vervoerkundige haalbaarheid gegeven. Op grond van de toekomstige vervoervraag is gebleken dat het aantal voertuigen groter dient te worden dan gepland en dat de baan niet enkel maar dubbel uitgevoerd dient te worden. Bij de economische haalbaarheid is de ParkShuttle naast een aantal min of meer vergelijkbare openbaar vervoerwijzen gezet. De exploitatiekosten komen vrijwel overeen, wat te verklaren is uit de relatief kleine systeemomvang en hoge vaste lasten van de operator. De technische veiligheid van de obstakeldetectie kan worden vergroot door een sensor toe te voegen. Ruimtelijke inpassing van het systeem levert weinig problemen op, evenals de reizigersacceptatie. Juridisch zitten er enkele haken en ogen aan de toepassing van de ParkShuttle, die door wijziging van wetten en regels kunnen worden ondervangen.

De vergelijking van ongevalsituaties en vormgevingsaspecten van bestaande openbaar vervoerwijzen als trein, sneltram en bus levert niet de gewenste eenduidige conclusies op. Het voornaamste probleem schuilt in de gebrekkige ongevalregistratie en de relatief kleine aantallen ongevallen. Op grond van gesprekken met exploitanten van genoemde systemen en wegbeheerders is toch een conclusie over de haalbaarheid en een programma van eisen voor de kruising samengesteld. Een gelijkvloerse kruising van de ParkShuttle en een automatisch systeem in het algemeen met weginfrastructuur wordt haalbaar geacht, mits voldaan wordt aan

---

1. Uit: Transit Pulse, juni 1997

het programma van eisen. Bij een vergelijking van ongelijkvloers met gelijkvloers kruisen blijkt dat gelijkvloers kruisen een aantal duidelijke voordelen met zich mee brengt.

De invloed van een kruising van de ParkShuttle met weginfrastructuur is in kaart gebracht voor zowel de invloed van de kruising op maximale intensiteit van de ParkShuttle als de invloed van de ParkShuttle op de maximale intensiteit van het autoverkeer. Aan de hand van het programma van eisen en algemene eisen aan kruisingen van C.R.O.W en RONA is vervolgens een ontwerp gemaakt voor een kruising van de ParkShuttle met respectievelijk een weg voor autoverkeer, een fietspad en een voetpad. Ook de mogelijkheden bij een erftoegangsweg komen aan de orde.

Er is een ontwerp gemaakt voor een mogelijk kruispunt van de ParkShuttle met andere infrastructuur om de gemaakte theoretische ontwerpen toe te kunnen passen op een werkelijke situatie.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding onderzoek

De bereikbaarheid van de Randstad neemt af. Dit wordt in belangrijke mate veroorzaakt door de toenemende congestie op het wegennet. Daarnaast neemt de druk op het milieu toe, mede door de toenemende automobiliteit. De overheid stimuleert initiatieven om hoogwaardig, energiezuinig en milieuvriendelijk vervoer te ontwikkelen. Een voorbeeld hiervan is het interdepartementale onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO). Dit is een bundeling van vijf ministeries (VROM, EZ, V&W, LNV en OCW) gaat er vanuit dat we in 2040 twintig keer zo efficiënt met energie moeten omgaan als nu.

Eén van de mogelijke oplossingen voor de bereikbaarheidsproblematiek van de Randstad is een kwaliteitsverbetering van het openbaar vervoer om de aantrekkelijkheid en daarmee het gebruik te vergroten. Een project dat binnen dit kader past is het ParkShuttle project in Capelle a/d IJssel waar een kantorenpark wordt verbonden met een metrostation door een automatisch bestuurd voertuig. Het project past bovendien binnen het programma DTO, omdat het gebruik maakt van een nieuwe technologie voor automatische besturing van een openbaar vervoer voertuig.

Het kantorenpark Rivium in Capelle a/d IJssel is gesitueerd aan de A16 en in de nabijheid (800 m) van de metrolijn van Rotterdam naar Capelle. In de huidige situatie is het modal-split aandeel van het openbaar vervoer in de woon-werk verplaatsing 5 tot 6 procent[1]. De huidige openbaar vervoer ontsluiting bestaat uit een enkele buslijn die halteert aan de rand van het gebied en een pendelbus die de verbinding tussen metrohalte Capelse Brug en het Rivium onderhoudt.

Om te komen tot een vermindering van het autogebruik en een verbetering van het vestigingsklimaat wordt ter ontsluiting van het kantorenpark een automatisch personen vervoersysteem op eigen baan aangelegd, een zogenaamde people mover. Het gaat hierbij om een pilot project, een initiatief van ZWN Openbaar Vervoer, FROG Navigation Systems, ministeries van Economische Zaken en Verkeer en Waterstaat en de gemeenten Rotterdam en Capelle. Doel van het pilot project is de haalbaarheid aan te tonen van een automatisch personenvervoersysteem op maaiveld. Nieuw aan dit specifieke systeem is dat de infrastructuur op maaiveld wordt aangelegd. In latere fase vinden de kruisingen met andere infrastructuur gelijkvloers plaats. Bestaande automatische systemen zijn tot nu toe ruimtelijk gescheiden van andere infrastructuur.

1 Gemeente Capelle, eigen tellingen

1.2 Probleem- en doelstelling

Probleemstelling

Een automatisch vervoersysteem op maaiveld zonder volledig afgescheiden baan is niet eerder gerealiseerd. De verkeers- en veiligheidstechnische, juridische en ruimtelijke gevolgen van een dergelijk systeem in het algemeen en van een gelijkvloerse kruising met bestaande (weg-)infrastructuur voor de situatie in het Rivium in het bijzonder staan ter discussie.

Doelstelling

Het doel van deze studie is om de haalbaarheid van een automatisch personen vervoer systeem zoals de voorgestelde people mover in Capelle in het algemeen te onderzoeken met de nadruk op de haalbaarheid van een gelijkvloerse kruising van een automatisch personen vervoer systeem met andere weginfrastructuur en een vergelijking met ongelijkvloers kruisen. Bij gebleken haalbaarheid wordt een ontwerp voor een dergelijke gelijkvloerse kruising gemaakt.

1.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Gezien het tijdsbestek en het zwaartepunt van het onderzoek moeten een aantal aannamen worden gedaan. Een aantal belangrijke uitgangspunten zijn:

- Het onderzoek richt zich voornamelijk op het people mover systeem zoals dat in Capelle gerealiseerd gaat worden. Reden hiervoor is dat een algemene uitspraak over people movers op maaiveld moeilijk te doen is omdat het systeem in Capelle het enige is dat gerealiseerd wordt. De verschijningsvorm van soortgelijke systemen is niet te voorspellen.
- Het pilot project hoeft niet volledig kostendekkend aangelegd te worden. Omdat het hier gaat om een pilot zijn de resultaten van de proef belangrijker dan de opbrengsten. Het project is opgestart om de mogelijkheden van een dergelijk systeem te toetsen.
- De systeem karakteristieken worden verondersteld te zijn als voor de testfase beschreven. Eventuele verbeteringen die naar aanleiding van de eerste testfase worden aangebracht kunnen vanwege de beperkte looptijd van het onderzoek niet meegenomen worden.
- Aanname is dat het Rivium zich blijft ontwikkelen zoals dat tot op heden is gebeurd. Dat wil zeggen dat de volledige oppervlakte volgebouwd wordt en dat de verdeling van de activiteiten overeenkomt met de huidige.

1.4 Onderzoeksopzet

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de huidige situatie in het Rivium alsmede een inventarisatie van plannen voor de toekomst. Het omvat een beschrijving van de geografische situatie en de bestaande ontsluitingsstructuur. In hoofdstuk 3 komt een definitie van het begrip people mover aan de orde en de plaatsing van de ParkShuttle in het aanbod van people movers. Ook brengt het de vraag naar people movers in kaart.
In hoofdstuk 4 is een algemene evaluatie van het systeem ParkShuttle gegeven aan de hand van een aantal in het algemeen aan openbaar vervoerwijzen te stellen eisen en criteria. Voorbeelden

zijn de vervoerkundige, veiligheidstechnische, economische, juridische en ruimtelijke criteria. Hieruit volgt een conclusie over de haalbaarheid van het systeem.

Er wordt in hoofdstuk 5 een vergelijking gemaakt met bestaande -al dan niet automatische- openbaar vervoer concepten. De concepten die aan de orde komen zijn de trein, de metro/sneltram en de normale bus. De vergelijking richt zich met name op de veiligheid en inrichting van kruisingen van de vrije baan van genoemde modaliteiten met bestaande infrastructuur. Ook wordt geprobeerd ongevalcijfers te relateren aan specifieke vormgevings- en/of beveiligingsconcepten. Aspecten die aan de orde komen bij de vergelijking zijn techniek, veiligheid, oversteekbaarheid en inpassing. Resultaat van deze vergelijking is een programma van eisen waaraan de gelijkvloerse kruising van een people mover met andere weginfrastrucuur moet voldoen. Hieruit volgt het toepassingsgebied van een gelijkvloerse kruising van een people mover op maaiveld met andere infrastructuur

Vervolgens geeft hoofdstuk 6 bij gebleken haalbaarheid een aantal alternatieven voor een ontwerp van een kruising van de people mover met andere infrastructuur voor een aantal verschillende verkeerssoorten. Er wordt een uitspraak gedaan over ongevalkansen en invloed van de kruising op de verkeersafwikkeling.
De concept ontwerpen voor de kruising worden toegepast op een kruising die nodig zou zijn voor de meest voor de hand liggende uitbreiding van het ParkShuttle traject binnen het Rivium. Voor deze kruising wordt dan een verkeersregeling ontworpen.

Hoofdstuk 7 sluit af met de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek. Na hoofdstuk 7 volgen de literatuurlijst en de bijlagen.

2. Situatiebeschrijving Rivium

2.1. *Beleidskader*

De verwachting is dat het openbaar vervoer in de komende jaren veel zal veranderen. De roep om openbaar vervoer van hogere kwaliteit vanuit de markt wordt steeds groter. In het Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport (1) wordt de doelstelling van het overheidsbeleid op het gebied van openbaar vervoer als volgt weergegeven: 'een selectieve verbetering van het openbaar vervoer als alternatief voor de auto èn een betere kostendekkingsgraad'. De selectieve verbetering richt zich met name op grootstedelijke regio's en daarbinnen dan met name op zogenaamde kansrijke verbindingen, dat wil zeggen als er sprake is van grote gebundelde vervoerstromen waar het openbaar vervoer de concurrentie met de auto aan moet kunnen. Hiernaast zal het vraagafhankelijke vervoer als treintaxi en teletaxi en dergelijke worden gestimuleerd.

Het rijksbeleid is zoals gezegd gericht op het terugdringen van niet noodzakelijk autoverkeer. Naast het Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport is dit vastgelegd in de Vierde Nota ruimtelijke ordening Extra (VINEX)(2) en het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (3). In overeenstemming met het geformuleerde beleid wil de gemeente Capelle aan den IJssel het openbaar vervoer en alternatieve vervoerwijzen een duidelijke plaats geven in het bereikbaarheidsprofiel van het Rivium.

Het onderzoeksbureau BRO heeft in opdracht van de gemeente Capelle de mogelijkheden voor collectief vervoer naar het Rivium onderzocht (4) en kwam tot de conclusie dat toepassing van een geautomatiseerd vervoersysteem een structurele verbetering van de bereikbaarheid van het Rivium per openbaar vervoer betekent. Het gebied waarbinnen mensen met een bepaalde maximum reistijd het Rivium kunnen bereiken wordt groter. Hierbij moet aangetekend worden dat het rapport geen brede onderzoeksbasis kent. Het werkt duidelijk toe naar de toepassing van een specifiek systeem, in dit geval het FROG-systeem, waarover meer in hoofdstuk 3.

De gemeente Capelle heeft de handschoen opgepakt samen met de ZWN Groep en FROG Systems. De ZWN Groep is de streekvervoerder in zuidwest Nederland (bus) en FROG Systems is ontwikkelaar van techniek om voertuigen automatisch geleid te laten rijden. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat participeert in het opgezette proefproject (pilot). Het ministerie van Economische Zaken subsidieert het project vanwege de positieve uitstraling op de Nederlandse economie. Genoemd pilot project zal uitgewerkt worden in paragraaf 2.5 en verder in hoofdstuk 3.

Het pilot project valt binnen het kader van het Fileplan Regio Rotterdam. Het Fileplan Regio Rotterdam is een samenwerkingsverband van de Stadsregio Rotterdam en Rijkswaterstaat directie Zuid-Holland. Het fileplan schenkt naast beperking van de automobiliteit aandacht aan verbetering van het openbaar vervoer. Dit betreft zowel verbetering van het bestaande openbaar vervoer als innovatie. Het pilot project valt binnen het kader van de innovatie in het open-

baar vervoer. De in september 1996 door de regering gepubliceerde nota 'Samen werken aan bereikbaarheid' (5) versterkt dit regionale fileplan.

Bij het opzetten van een innovatief openbaar vervoer systeem is alleen het innovatief zijn geen garantie voor slagen. De afname in verplaatsingsweerstand en reistijd bepalen in belangrijke mate de concurrentiepositie van een nieuw systeem ten opzichte van andere vervoerwijzen. Dit wil zeggen dat een innovatief systeem ook daadwerkelijk sneller en frequenter moet zijn dan bestaande systemen (i.v.m. wachttijd) om een succes te worden. Alleen de aanwezigheid van een beleidskader is dan niet voldoende.

2.2. *Achtergrond*

Het business park Rivium bevindt zich in de gemeente Capelle aan den IJssel. In het begin van de jaren '90 is de gemeente Capelle aan den IJssel (verder te noemen: Capelle) begonnen met de ontwikkeling van het -toen nog Rivium-Brienenoord Business Park geheten- bedrijventerrein. Op de bijgevoegde geplastificeerde kaart is een overzicht van het Rivium gegeven.

Het begrip business park is afkomstig uit de Verenigde Staten en heeft doorgaans betrekking op een kantorenpark aan de rand van een stad in een parkachtige, groene omgeving. De gebouwen en de locatie bepalen in belangrijke mate de identiteit van het bedrijf dat zich vestigt op het business park. In Nederland zijn door het gebrek aan voldoende en qua prijsniveau acceptabele kantoorlocaties soortgelijke terreinen aan de rand van de steden ontstaan. Belangrijke vestigingsplaatsfactoren zijn hierbij:

- bereikbaarheid: de auto wordt, mede door het hoge tempo van zaken doen, het meest als vervoermiddel in het zakelijk verkeer gebruikt. Het gebruik van het openbaar vervoer ligt erg laag. Dit wordt veroorzaakt door een grote beschikbaarheid (lease-auto) en de gewenste flexibiliteit (meerdere afspraken per dag op verschillende plaatsen),
- representativiteit: een vestiging langs een autosnelweg met een karakteristiek kantoorpand biedt de mogelijkheid voor een bedrijf zich te presenteren. Dit draagt bij aan het imago van het bedrijf.

Genoemde factoren leiden tot ontwikkeling van kantorenparken op locaties die aangesloten zijn op het hoofdwegennet.

Om de genoemde representativiteit te kunnen waarborgen wordt bij de inrichting van een business park extra aandacht besteed aan:

- architectuur: nadruk op vormgeving van de gebouwen met voorkeur voor laagbouw,
- landschappelijke middelen: beplantingen, lanen, tuinen enz.,
- bebouwingsdichtheid: in het algemeen een lage bebouwingsdichtheid.

Om verwarring te voorkomen zal er vanaf nu alleen de term business park Rivium worden gebruikt.

2.3. *Geografie*

Het business park Rivium bevindt zich zoals gezegd in de gemeente Capelle in de directe nabijheid van de stedelijke agglomeratie van Rotterdam. De bijgevoegde kaart geeft een duidelijk overzicht van de ligging alsmede de ontsluiting van het Rivium.

Het gebied is circa 90 ha. groot. Het is gelegen ten oosten van de autosnelweg A16 aan de afrit Capelle a/d IJssel - Rotterdam centrum in de directe nabijheid van de Van Brienenoordbrug. Hiermee beschikt het Rivium over een aansluiting op het hoofdwegennet. De A16 is een belangrijke schakel in het nationale en internationale autosnelwegennet en vormt de achterlandverbinding per auto van het zuidelijk deel van de randstad en Rotterdam richting België/Frankrijk en Duitsland. De nabijheid van Rotterdam versterkt het imago van het Rivium in internationaal opzicht. Vanaf de afrit Capelle van de A16 ontsluit de Abram van Rijckevorselweg het Rivium.

Aan de westzijde van de A16 bevindt zich het stedelijk gebied van Rotterdam, met direct aan de snelweg de twee kantorenparken Brainpark I en II. Tussen het Rivium en de Maas ligt aan de zuid-oostzijde een waterzuiveringsinstallatie. Ten oosten van het Rivium strekt de (Rotterdamse) woonwijk Kralingse Veer zich uit. De metrolijn van Rotterdam Marconiplein naar Capelle en de Rotterdamse wijken Ommoord en Zevenkamp vormt de grens aan de noordkant. Het Rivium ligt als het ware als een schiereiland in het grondgebied van de gemeente Rotterdam. Een grondruil tussen beide gemeenten is hiervan de oorzaak. Rotterdam kreeg de grond om de wijk Zevenkamp te ontwikkelen van de gemeente Capelle en Capelle kreeg in ruil daarvoor de grond van het Rivium.

Het Rivium bestaat uit twee gedeelten, Rivium-Noord en Rivium-Zuid, gescheiden door de Abram van Rijckevorselweg. Aanvankelijk waren beide delen bedoeld te worden ontwikkeld als business park. Rivium-Zuid werd als eerste ontwikkeld en begint langzaam maar zeker vol te raken. Ondanks de bestemming als business park worden ook productie-, handels- en distributieactiviteiten toegestaan. In het stedenbouwkundig plan wordt het gebied Rivium Zuid ingedeeld in een viertal zones, afhankelijk van de ligging binnen de structuur. Op de kaart in bijlage 1 staat de verdeling van het Rivium in zones aangegeven.

- A-zone, een parkachtige zone met representatieve kantoorgebouwen. Voor een deel ligt deze zone binnen zichtafstand van de A16. De genoemde representativiteit van het business park is hier gewaarborgd, er zijn hoge kantoren verrezen met karakteristieke vormgeving en architectuur,
- B-zone, een zone met een stedelijk karakter. De ligging langs de ontsluitende Rivium Boulevard maakt deze locatie geschikt voor kantoren en bedrijven met showroom. In de praktijk blijkt deze invulling niet helemaal gehaald,
- C-zone, een zone met een formele parksfeer en strak en eenduidig groen. Deze zone is bedoeld voor bedrijven met kantoren. De gevestigde bedrijven komen hiermee overeen,
- D-zone, een primair utilitaire zone. Dit is een zone met bedrijvigheid met een industrieel karakter. Tot op heden is deze zone nog niet ingevuld.

De business park kenmerken komen eigenlijk alleen tot uitdrukking in de A-zone. De naam bu-

siness park is dan ook niet zo gelukkig gekozen. Op termijn is het de bedoeling dat de toevoeging business park gaat verdwijnen als de naam Rivium genoeg bekendheid heeft verworven.

Rivium-Noord wordt in de meest recente plannen voor het grootste gedeelte (40 ha.) gevuld met (luxe) woningen. Op de meest oostelijk gelegen 5 hectare staan recreatieve voorzieningen gepland. Deze plannen staan echter ter discussie, omdat de gemeente Rotterdam soortgelijke recreatieve voorzieningen wil ontwikkelen op het terrein van de voormalige Piet Smit scheepswerf in Rotterdam. De op die plaats geplande bedrijfshallen kunnen dan in Rivium Noord gebouwd worden. Ook bestaat er in de gemeente Rotterdam een vraag naar sociale huurwoningen, die op Rivium Noord gerealiseerd kunnen worden. De onderhandelingen tussen de gemeenten over de definitieve invulling van Rivium Noord lopen nog. Zeker is dat de regiogedachte een goed idee is, maar dat de sterke positie van Rotterdam in die regio een stempel drukt op de ontwikkelingen.

De gemeente Rotterdam wil op een direct aan de snelweg gelegen strook van 10 hectare van Rivium Noord het derde brainpark ontwikkelen. Deze grond is door de gemeente Capelle verkocht aan de gemeente Rotterdam, mede in het kader van de regiogedachte. De gemeente Rotterdam wil hierop 100.000 m^2 bvo (bedrijfs vloer oppervlak) kantoorruimte laten realiseren, het derde brainpark. Een dergelijke bebouwingsdichtheid betekent dat er hoogbouw toegepast moet worden. Dit komt overeen met de zichtlokatie die de ligging van de kantoren vormt. Rotterdam wil een eenheid maken met de twee bestaande brainparken zodat er één groot brainpark kan ontstaan. Dit zou onder andere verzorgd moeten worden door een éénduidige bewegwijzering tot in de brainparken. Het derde brainpark krijgt dan dezelfde ontsluiting als brainpark I en II. De ontsluiting van brainpark I en II geschiedt in de huidige situatie vanaf het Kralingse Plein door het Rotterdamse. Brainpark III moet dan een ontsluiting krijgen vanaf brainpark I en II onder de A16 door naar Rivium Noord.

2.4. *Huidige Ontsluiting*

2.4.1. Ontsluiting per auto

Het Rivium is via de N210 van Rotterdam centrum naar Capelle (Abram van Rijckevorselweg) direct aangesloten op de A16 (Terbregseplein in Rotterdam naar Dordrecht/Breda). De N210 is een regionale verbindingsweg en bestaat uit 2 maal 2 rijstroken. De A16 levert aansluiting op het (inter-)nationale autosnelwegennet. Het Rivium is hiermee een snelweglocatie.

De bereikbaarheid per auto is goed te noemen. De congestie op het snelwegennet rond Rotterdam is een beperkende factor. Deze congestie treedt vooral in de spitsuren op en dan in het bijzonder bij het Terbregseplein (aansluiting A20 Utrecht), de Van Brienenoordbrug (vanuit de richting Dordrecht) en het Kralingse Plein. In de ochtendspits levert vooral de verbinding vanuit het zuiden (A16) problemen op. Het grote aantal forenzen uit Brabant dat in de ochtendspits naar de Randstad reist is hier in combinatie met het verkeer vanuit België/Frankrijk debet aan. In de avondspits loopt het weer vast op deze verbinding evenals op de A13 richting Den

Haag. De Abram van Rijckevorselweg levert geen problemen op door de relatief grote capaciteit. De locatie van het Rivium en de goede bereikbaarheid per auto maken de auto een zeer geschikt vervoermiddel in het woon-werkverkeer. Het huidige aandeel van de auto in de modal-split bedraagt ongeveer 95 %[1].

Parkeren

In het verleden was het altijd zo dat bij een bedrijf of kantoor volop parkeergelegenheid werd gerealiseerd. Tegenwoordig is er een verandering gaande op dit gebied. Vanuit twee kanten bestaat er een roep om beperking van parkeerplaatsen bij bedrijven.

Aan de ene kant voert de overheid een beleid dat gericht is op het terugdringen van de groei van de automobiliteit. Zonder ingrijpen zal het autogebruik tot 2010 toenemen met 70% uitgedrukt in autokilometers (6). Dit zou negatieve gevolgen hebben op de Nederlandse bedrijvigheid en economie door filevorming op het hoofdwegennet. Het huidige beleid is vooral gericht op het terugdringen van niet-noodzakelijk autogebruik, met name in het woon-werkverkeer. Beperking van parkeermogelijkheden bij bedrijven is een middel om het autogebruik te beperken.

In de tweede plaats voeren bedrijven en instellingen in toenemende mate een steeds actiever vervoermanagement. Dit komt vooral voort uit de wens tot kostenbesparing. Een parkeerplaats voor een werknemer kost op jaarbasis zo'n *f* 400,- per jaar, exclusief aanlegkosten voor een parkeerplaats op maaiveld. Dit bedrag kan oplopen tot *f* 5000,- per jaar voor een parkeergarageplaats (6). Een bedrijf bespaart aanzienlijk op deze kosten door meer werknemers met het openbaar vervoer of per fiets te laten komen.

Het mobiliteitsbeleid van de overheid is vormgegeven door de indeling van bedrijventerreinen en kantorenparken naar bereikbaarheid per vervoerwijze (7). Dit resulteert in een onderscheid in een drietal locaties. Per locatie is een maximum gesteld aan het aantal parkeerplaatsen per werknemer of per bedrijfs vloer oppervlakte.

A-locatie: Deze zijn optimaal door het openbaar vervoer ontsloten en liggen nabij een knooppunt van openbaar vervoerlijnen op agglomeratie- en nationaal niveau.

B-locatie: Ze hebben een goede bereikbaarheid per openbaar vervoer en een redelijke bereikbaarheid per auto. B-locaties liggen op een knooppunt van stedelijk of stadsgewestelijk niveau en in de nabijheid van het autosnelwegennet.

C-locatie: Deze zijn optimaal ontsloten over de weg. Ze liggen in de directe nabijheid van een afslag van een autosnelweg. Er zijn geen eisen met betrekking tot aantal parkeerplaatsen.

Deze indeling in locaties vertaalt zich in een parkeernorm. In onderstaande Tabel 2.1 staan de maximale aantallen parkeerplaatsen per locatie. De C-locaties vallen buiten deze tabel omdat hiervoor geen normen zijn.

1. Schatting Gemeente Capelle

	A-locatie		B-locatie	
	Randstad	elders	Randstad	elders
Aantal parkeerplaatsen per 100 werknemers	10	20	20	40

Tabel 2.1: parkeernormen bij A-, B- en C-locaties (bron: P.M. Schrijnen, dictaat e10, 1995)

In het kader van het mobiliteitsbeleid van de overheid valt Rivium Noord onder de B-locaties. Rivium Zuid valt onder de C-locaties vanwege de mindere openbaar vervoer bereikbaarheid. Het is een echte snelweglocatie. In wezen geldt dit in de huidige situatie ook voor Rivium Noord vanwege de onbereikbaarheid van het gebied vanaf metrohalte Kralingse Zoom. Verderop in dit hoofdstuk wordt de bereikbaarheid per vervoerwijze in kaart gebracht.

De gemeente stelt eisen aan parkeervoorzieningen die minimaal gerealiseerd moeten worden :
- bij kantoorruimte tenminste 1 parkeerplaats per 50 m^2 bvo ,
- bij andere bedrijven tenminste 1 parkeerplaats per 100 m^2 bvo of 1 parkeerplaats per 4 tot 6 werknemers variërend tot 1 parkeerplaats per 10 tot 50 m^2 bvo of 1 parkeerplaats per 2 tot 6 werknemers,

Anderzijds stelt de gemeente parkeernormen (maximale waarden) voor bedrijfsgebonden kantoorruimte en solitaire kantoorruimte op 1 parkeerplaats per 40 m^2 bvo.

De gestelde parkeernormen voldoen in principe aan het geformuleerde overheidsbeleid. Dit komt omdat Rivium Zuid als C-locatie in het bestemmingsplan staat. C-locaties zijn echter vooral bedoeld voor bedrijven waar autobereikbaarheid een noodzaak is. Voor Rivium, met voor een groot gedeelte kantoorbebouwing geldt dit helemaal niet. Met een betere openbaar vervoer ontsluiting wordt het Rivium zonder meer B-locatie. Dan voldoet de gemeente niet aan de parkeernormen van de overheid. De gemeente geeft aan dat het overheidsbeleid op zich een goed streven is, maar dat de gerealiseerde kantoorruimte door dergelijke parkeernormen onverkoopbaar zou worden en dat men daarom wat mildere waarden heeft gehanteerd die bij een C-locatie horen. Voor een overzicht van de parkeernormen wordt verwezen naar bijlage 2.

2.4.2. Ontsluiting per openbaar vervoer

De enige ontsluiting van het Rivium op dit moment is de bus. Aan de Abram van Rijckevorselweg is ter plaatse van het viaduct ter hoogte van de afslag Rivium (het Riviaduct) een bushalte aangelegd. Deze bevindt zich in de middenberm van de Abram van Rijckevorselweg. Vanaf deze halte is het viaduct met een trap en een lift bereikbaar. Enkele jaren geleden heeft de gemeente deze bushalte aangelegd om hiermee de halte Riviaduct een openbaar vervoer knooppunt te laten zijn en het bereikbaarheidsprofiel in een gunstig daglicht te stellen voor geinteresseerden (8). In de huidige situatie is daar geen sprake van omdat er nog slechts één buslijn halteert op Riviaduct.

Directe busverbinding

Buslijn 98 halteert op halte Riviaduct. Deze bus biedt de volgende dienstregeling (Tabel 2.2):

ochtendspits	Rotterdam CS-Rivium	Capelse Brug-Rivium
	elke 15 minuten	elke 10 minuten
middagspits	Rivium-Rotterdam CS	Rivium-Capelse Brug
	elke 10 minuten	elke 15 minuten
buiten de spits	RotterdamCS-Capelse Brug	RotterdamCS-Capelse Brug
	halfuursdienst	halfuursdienst

Tabel 2.2: dienstregeling bus 98 halte Riviaduct (bron: dienstregeling halte Riviaduct)

Voor het gebruik van buslijn 98 geldt dat er slechts weinig mensen uitstappen bij het Rivium. De meeste reizigers zijn doorgaande reizigers. ZWN heeft geen cijfers beschikbaar over de aantallen in- en uitstappers op de halte Riviaduct. Een schatting is dat het hier gaat om 10 tot 15 uitstappers per uur in de ochtendspits.

Voor de verbinding per bus als transport naar het Rivium gelden een aantal nadelen:

- De loopafstand van de bushalte Riviaduct naar de kantoren (nu aanwezig) bedraagt in het gunstigste geval 150 meter, terwijl de grote kantoren langs de snelweg op ongeveer 400 meter afstand vanaf de bushalte liggen. In het ongunstigste geval moet men zelfs 700 meter lopen naar een bedrijf, dit zijn voor natransport verplaatsingen te voet onacceptabele afstanden (4), temeer daar de reiziger vanaf de metro overstapt en slechts 3 minuten in de bus reist,
- In 1993 werd genoemde halte aangedaan door alle lijnen van Rotterdam CS naar Capelle v.v. Het betrof hier zowel lijnen van de RET (stadsvervoer Rotterdam) als van de ZWN (toen: Westnederland). Deze lijnen halteerden allemaal op het metrostation Capelse Brug. Dit leverde een frequentie van 17 bussen per uur per richting in de spits en 9 daarbuiten. In de huidige situatie wordt met 4 bussen per uur per richting in de spits en 2 daarbuiten een beduidend lager serviceniveau geboden.

Een verbetering van de frequentie op de halte Riviaduct vormt een geplande spitslijn Zuidplein-Krimpen aan den IJssel. Deze lijn wordt toegevoegd in het kader van de in paragraaf 2.1 genoemde beleidsnotitie 'Samen werken aan bereikbaarheid'. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat brengt samen met de vervoerbedrijven ontbrekende spitslijnen in het openbaar vervoer lijnennet in kaart. Eén van de kansrijke lijnen voor de regio Rotterdam is de verbinding door middel van een directe buslijn van Krimpen aan den IJssel naar metrostation Rotterdam Zuidplein. De geplande frequentie is in de spits iedere 15 minuten in beide richtingen en daarbuiten ieder half uur.

Genoemde nadelen maken het gebruik van het openbaar vervoer als natransport richting Rivium onaantrekkelijk. Hiermee verslechtert de aantrekkelijkheid van openbaar vervoer gebruik voor de gehele woon-werk verplaatsing.

Indirecte busverbinding

Capelse Brug is eindpunt voor een aantal buslijnen:

- 3 stadslijnen (ZWN in opdracht van de RET):
  lijn 34 als stadslijn in Capelle

lijn 90 naar Stormpolder in Krimpen aan den IJssel
lijn 98 voor de verbinding met Rotterdam CS en Krimpen a/d IJssel

- 3 regionale lijnen (ZWN):
  lijn 194 naar Bergambacht
  lijn 195 naar Utrecht CS
  lijn 196 naar Gouda
- 3 sneldiensten (ZWN):
  lijn 225 naar Krimpen a/d Lek
  lijn 226 naar Lekkerkerk
  lijn 227 naar Ouderkerk a/d IJssel

Bij gebruik van deze buslijnen is een overstap op Capelse brug op ofwel de lijn 98 ofwel de pendelbus noodzakelijk.

Metro

Metrostation Capelse Brug is door een pendelbus verbonden met het Rivium. Dit is dus een indirecte verbinding met een overstap op Capelse brug. Dit metrostation geeft een verbinding richting Rotterdam Marconiplein en (met overstap op Churchillplein/Beurs) Rotterdam CS. In de andere richting zijn de bestemmingen Capelle aan den IJssel en de Rotterdamse wijken Ommoord en Zevenkamp, waarbij de laatste twee lijnen een verbinding met het NS-station Rotterdam Alexander bieden. Tabel 2.3 geeft de dienstregeling weer voor zover van belang voor het bereiken van Capelse Brug in de ochtend en het verlaten in de middag. De richtingen Ommoord en Zevenkamp zijn samengenomen, omdat deze allebei een verbinding bieden met Rotterdam Alexander.

ochtendspits	*Marconiplein-Capelse Brug*	*Capelle-Capelse Brug*	*Ommoord/Zevenkamp-Capelse Brug*
	elke 2.7 minuten	elke 8 minuten	elke 4 minuten
middagspits	*Capelse Brug-Marconiplein*	*Capelse Brug-Capelle*	*Capelse Brug-Ommoord/Zevenkamp*
	elke 2.7 minuten	elke 8 minuten	elke 4 minuten
buiten de spits	*Marconiplein-Capelse Brug v.v.*	*Capelle-Capelse Brug v.v.*	*Ommoord/Zevenkamp-Capelse Brug v.v.*
	elke 3.3 minuten	elke 10 minuten	elke 5 minuten

Tabel 2.3: dienstregeling metro van/naar Capelse Brug (bron: RET dienstregeling 96/97)

In hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan de gewogen en ongewogen reistijdverschillen tussen de diverse vervoerwijzen.

Rivium pendelbus

Om de bereikbaarheid van het Rivium per openbaar vervoer en de aantrekkelijkheid van het openbaar vervoer te verbeteren exploiteert de gemeente Capelle een pendelbus, die de verbin-

ding vanaf het metrostation Capelse Brug met het Rivium onderhoudt. Er is niet gekozen voor Kralingse Zoom hoewel de hemelsbrede afstand van het Rivium naar Kralingse Zoom kleiner is dan naar Capelse Brug. De verbinding Kralingse Zoom-Rivium is echter slechts met een enorme omweg te realiseren vanwege de aanwezigheid van de metrolijn en de A16. Er loopt een bouwstraat van Capelse Brug naar het Rivium over Rivium Noord, zodat deze verbinding eenvoudig gerealiseerd kon worden.

De voornaamste karakteristieken van de Rivium pendelbus zijn:

- de bus rijdt in de ochtend van 6.00u tot 9.00u en in de avond van 16.00u tot 18.00u volgens een vaste route door het Rivium, zie het kaartje voor de route van de bus,
- buiten de spits is de bus van 9.00u tot 16.00u op afroep (telefonisch) beschikbaar,
- bus is gratis voor iedereen,
- gemeente Capelle least de bus, dit staat geheel los van ZWN en/of RET,
- de bus is middelgroot en beschikt over 26 zitplaatsen. De praktische capaciteit bedraagt ongeveer 40 personen,
- in de ochtend- en avondspits is de omlooptijd ongeveer 12-15 minuten,
- de pendelbusgebruikers komen uit de metro die in de spits iedere 3-4 minuten rijdt. Bij een constant in de tijd veronderstelde reizigerstroom levert dit een gemiddelde wachttijd in de vorm van een overstaptijd op voor de pendelbus van de halve intervaltijd (6 tot 7,5 minuten),
- exploitatiekosten bedragen Hfl. 163.000,- per jaar (gegevens 1996, voor specificatie kosten zie bijlage 3),

Om de huidige ontsluiting door de Rivium pendelbus in kaart te brengen en een indruk te krijgen van herkomst van gebruikers en motieven is een onderzoek uitgevoerd naar de bezetting van de bus, zowel in tijd als in plaats en naar de mening van de gebruikers over de bus. Dit is gedaan door gedurende een dinsdag in de ochtendspits en in de middagspits mee te rijden op de bus en de aantallen reizigers te tellen. Dinsdag is gekozen omdat deze dag geldt als een dag waarop het verkeersbeeld een goed daggemiddelde vormt over hele week. Er is ook bijgehouden waar de mensen in de ochtendspits uitstapten en waar ze in de avondspits weer opstapten. Een gedetailleerd overzicht van de uitkomsten van dit onderzoek staat in bijlage 4. Tabel 2.4 geeft de globale uitkomsten.

tijd	aantal reizigers	gemiddelde intervaltijd in minuten	gemiddelde bezetting
6.00 - 7.00	25	10	4
7.00 - 8.00	40	13	8
8.00 - 9.00	116	14	29
16.00 - 17.00	45	12	8
17.00 - 18.00	87	13	13

Tabel 2.4: Globaal overzicht telgegevens Rivium pendelbus in ochtend- en avondspits (bron: eigen tellingen)

Enquête

Voorts is er bij heenreis in de ochtend een enquête uitgedeeld, met het verzoek deze vragen te beantwoorden en deze aan het eind van de middag bij de terugreis weer in te leveren. Er zijn 170 enquêtes uitgedeeld, waarvan er 101 weer zijn ingeleverd. Een gedetailleerde analyse van deze gegevens is ook gegeven in bijlage 4. De voornaamste conclusies uit de enquête zijn:

- De meeste gebruikers van de Rivium pendelbus zijn mensen uit de regio Rotterdam.
- Globaal komt 70% van de reizigers uit zuidelijke richting en 30% uit het noorden,
- 92% van de reizigers komt uit de metro voordat ze in de pendelbus stappen,
- Gemiddelde reistijd herkomst-bestemming is 45 minuten,
- Het gebruik is gelijkmatig gespreid over alle bedrijven in het Rivium,
- 85% van de reizigers zit vrijwel dagelijks in de pendelbus,
- 71% van de reizigers heeft geen alternatief voor het openbaar vervoer (=captive),
- Buslijn 98 en de halte Riviaduct worden door de pendelbus gebruikers vrijwel niet gebruikt,
- De voorkeur van de 50% van de reizigers gaat uit naar metrostation Capelse Brug voor de verbinding met het Rivium. Dit komt niet overeen met de cijfers voor metrogebruik omdat 70% van de reizigers uit het zuiden komt en station Kralingse Zoom moet passeren om bij Capelse Brug te komen. Voor een deel valt dit te verklaren uit het feit dat de andere keuzemogelijkheden Rotterdam CS en Zuidplein waren (ook allebei te gebruiken vanuit het zuiden),

In de waardering voor de Rivium pendelbus springen een aantal zaken eruit:

negatief:

- Er is geen reisinformatie beschikbaar (waardering 4.5),
- De wachttijd op de bus is vooral in de ochtendspits en probleem (waardering 5.9). Door het ontbreken van een vaste dienstregeling kunnen reizigers hun vertrekmoment van huis niet afstemmen op vertrek van de pendelbus. De wachttijd kan oplopen tot 15 minuten, een aanzienlijk aandeel in de gemiddeld 45 minuten reistijd,

positief:

- De loopafstand naar de halte is één van de sterkste punten van de pendelbus (waardering 8.5), naast de klantvriendelijkheid van de chauffeur (waardering 8.1),
- De plannen voor het nieuwe vervoersysteem zijn bij 32% van de reizigers niet bekend. 30% is neutraal over de plannen, vaak door het ontbreken van voldoende informatie. 17% is negatief over de plannen, vaak als gevolg van gebrek aan informatie. 21% van de reizigers is positief, vanwege de verwachte vermindering van de reistijd door korter wachten en snellere verbinding vanaf Kralingse Zoom

Concluderend zijn de positieve punten van de pendelbus de chauffeur en het vervoer tot voor de deur. Negatief is de onzekere en lange wachttijd door ontbreken van een dienstregeling en reisinformatie.

2.4.3. Ontsluiting per fiets

Voor de duidelijkheid is er een onderscheid gemaakt tussen de ontsluiting van het gehele gebied per fiets en de voorzieningen voor fietsers binnen het Rivium. In 2.4.3.1 wordt de gebiedsontsluiting besproken waarna in 2.4.3.2 de fietsvoorzieningen aan de orde komen.

Gebiedsontsluiting

De eisen die de kwaliteit van een fietsverbinding bepalen zijn de volgende (9):

- Veiligheid,
- Directheid,
- Samenhang,
- Comfort,
- Aantrekkelijkheid.

Het Rivium is matig per fiets bereikbaar. De fietsontsluiting loopt vooral over de oude ruimtelijke structuren. Vooral de ontsluiting naar het gebied ten noorden van de metrolijn Marconiplein-Ommoord/Zevenkamp/Capelle ontbreekt. Er zijn slechts drie routes te onderscheiden die zich lenen voor fietsgebruik:

- westen: verbinding met Rotterdam,
- oosten: verbinding met Kralingse Veer,
- noordoosten: verbinding met Capelse Brug.

Probleem: hoofdeisen *directheid* en *samenhang*.

De ontsluiting naar het westen (Rotterdam) loopt vanaf de zuidzijde van het Rivium onder de A16 door naar Rotterdam. De A16 vormt voor fietsers een aanzienlijke barrière. Naar het noorden is het Rivium ontsloten over het Riviaduct met een weg naar metrostation Capelse Brug. De verbinding met het gebied ten noorden van de metrolijn loopt via Capelse Brug. Ontsluiting richting metrostation Kralingse Zoom ontbreekt. Als men van Kralingse Zoom naar het Rivium wil, is men gedwongen om te rijden langs de onderdoorgang van de A16 met een omrijfactor 3.
Probleem: hoofdeis *directheid*

De verbinding met Kralingse Veer en Capelle loopt via de IJsseldijk of via het verlengde van de Rivium Boulevard door Rivium Noord naar metrostation Capelse Brug. De IJsseldijk ontsluit het Rivium aan de zuidzijde. Hier zijn geen vrijliggende fietspaden aanwezig. In het dwarsprofiel van de weg is nauwelijks ruimte voor fietsers waardoor fietsen op deze weg gevaarlijk is.
Probleem: hoofdeisen *veiligheid, aantrekkelijkheid, comfort*

De weg door Rivium Noord naar Capelse Brug is een bouwstraat die in eerste instantie bedoeld is voor bouwverkeer. De weg is op diverse plaatsen stukgereden door zware zandwagens en er ligt vaak een laag zand op de weg die van passerende zandwagens afvalt. De Riviumbus maakt ook gebruik van deze weg. Door het ontbreken van fietsvoorzieningen en het geschetste uiterlijk van de weg is fietsen op deze weg oncomfortabel en onveilig. Er zijn geen cijfers bekend over ongevallen waarbij fietsers betrokken zijn.

Probleem: hoofdeisen *veiligheid, aantrekkelijkheid, comfort*

Gedeputeerde Staten heeft een voorstel gedaan voor een fietsverbinding vanaf Kralingse Zoom naar Rivium. Het tracé loopt vrijwel via een rechte lijn van Kralingse Zoom naar Rivium. De oversteek van de Abram van Rijckevorselweg vindt plaats door middel van een tuibrug. Dit fietspad zou gecombineerd kunnen worden met de aanleg van de baan voor de people mover naar Rivium vanaf Kralingse Zoom. Met dit fietspad wordt een verbinding met het centrum van Rotterdam gecreëerd

Fietsvoorzieningen

In het Rivium zijn beperkt fietsvoorzieningen aangelegd. Vanuit de richting Rotterdam is een vrijliggende fietspad aanwezig langs de 1e Straat. Deze geeft aansluiting op de vrijliggende fietspaden langs de Rivium Boulevard die alleen van de kruising met de 1e Straat tot en met het Riviaduct aanwezig zijn. Vanaf de kruising loopt het fietspad langs de 1e Straat dood tegen een afwateringskanaal tussen het Rivium en de woonwijk Kralingse Veer. Deze verbinding kan in de toekomst met redelijk gemak worden gerealiseerd tegen behoorlijke kosten, vanwege een benodigde brug over het afwateringskanaal.

Bij de meeste bedrijven zijn behoorlijke uitgebreide overdekte en deels afgesloten stallingsmogelijkheden voor fietsen aanwezig. Bij het metrostation Capelse Brug en bij Kralingse Zoom zijn echter geen stallingsmogelijkheden aanwezig of slechts beperkt en onbewaakt. Hierdoor is het niet aantrekkelijk de fiets in het natransport te gebruiken.

2.4.4. Conclusie bereikbaarheid

De bereikbaarheid van het Rivium per auto is goed. Ook de infrastructuur binnen het Rivium is van goede kwaliteit. Nadeel zijn de files op het snelwegennet rond Rotterdam. Door bouwactiviteiten in het Rivium zijn straten soms korte of langere tijd geblokkeerd maar de mogelijkheid is aanwezig om de stremming te ontwijken door een andere route te kiezen. Er zijn voldoende parkeerplaatsen aanwezig om auto's te parkeren bij de werkplek.

De bereikbaarheid per (direct) openbaar vervoer is slecht. Nadelen zijn:

- te grote loopafstand naar halte bij Riviaduct,
- te lage frequentie van openbaar vervoer bij Riviaduct,
- afhankelijkheid van voor- en natransport.

Deze nadelen maken het onmogelijk om het openbaar vervoer een concurrent van de auto te laten zijn, los van reistijdverschillen. Hierbij komt dat er geen flankerend beleid aanwezig is om openbaar vervoer gebruik te stimuleren bijvoorbeeld door middel van parkeernormen.

Door de pendelbus vanaf Kralingse Zoom worden de nadelen van het reguliere openbaar vervoer voor een deel weggenomen. Voordeel bij de toepassing van de pendelbus is dat de loopafstanden naar het openbaar vervoer drastisch afnemen met als gevolg een lagere weerstand tegen openbaar vervoer gebruik. Buiten de spits is het op afroep beschikbaar zijn een voordeel ten opzichte van de andere openbaar vervoer ontsluiting. Uit de enquête blijkt dat de gebruikers in het algemeen positief oordelen over de pendelbus. Het grootste nadeel is het ontbreken

van een dienstregeling. Door de onmogelijkheid de rest van de openbaar vervoer verplaatsing af te stemmen op de vertrektijden van de pendelbus kunnen onacceptabel lange wachttijden ontstaan op Capelse Brug.

De bereikbaarheid per fiets is matig. Te veel wordt voor de ontsluiting vastgehouden aan bestaande (auto-)ontsluitingstructuren waar het oncomfortabel en onveilig fietsen is. Bovendien laat de directheid te wensen over. Door het ontbreken van goede fietsvoorzieningen zoals vrijliggende fietspaden is gebruik van de fiets onaantrekkelijk. Uitbreiding van de fietsinfrastructuur is gewenst. Gedacht moet worden aan een pakket van maatregelen zoals:

- de geplande centrumverbinding via Kralingse Zoom,
- het verbeteren van de verbinding met Capelse Brug door het aanleggen van vrijliggende fietspaden,
- het realiseren van de directe verbinding met Kralingse Veer via de 1e Straat,
- het verbeteren van de veiligheid van de IJsseldijk door aanleg van vrijliggende fietspaden.
- het verbeteren van de stallingsvoorzieningen op Capelse Brug en Kralingse Zoom om de fiets ook aantrekkelijk te maken als voor- en natransportmiddel naar het openbaar vervoer.

Indien deze voorzieningen gerealiseerd worden kan de fiets de concurrentie met de auto beter aan. Uit de enquête is gebleken dat veel mensen uit de regio Rotterdam komen. Voor deze mensen kan de fiets bij beschikbaarheid van goede fietsvoorzieningen een alternatief zijn voor de auto.

2.5. *Gekozen ontwikkeling*

Om de aantrekkelijkheid van het Rivium te vergroten en de bereikbaarheid per openbaar vervoer te verbeteren is er behoefte aan een fijnmazig, frequent voor- en natransport naar een openbaar vervoer knooppunt. ZWN Openbaar Vervoer heeft in samenwerking met FROG Systems een aanvraag gedaan voor de aanleg van een people mover tussen Kralingse Zoom en Rivium. De gemeenten Capelle aan den IJssel en Rotterdam participeren in het project evenals de ministeries van Verkeer en Waterstaat en Economische Zaken.

Opvallend aan dit project is dat de aanleg van het systeem voor een deel een antwoord geeft op een bepaalde vervoervraag maar dat het eigenlijk erom gaat de toepassingsmogelijkheid en haalbaarheid van een automatisch geleid personenvervoersysteem te toetsen. Uit kostenoverwegingen is het project onaantrekkelijk omdat het systeem voor het grootste deel nog ontwikkeld moet worden. Keuze voor een vervoersysteem op grond van een gegeven vraag (de 'normale' gang van zaken) is hier dus niet aan de orde. Door de inzet van een aantal partijen kan een innovatief vervoersysteem ontwikkeld worden en ingezet in een bepaald gebied.

In hoofdstuk 3 zal een technische beschrijving van het gekozen vervoersysteem (people mover) worden gegeven alsmede een evaluatie van het systeem. Een verdieping van deze evaluatie staat in hoofdstuk 4. Hier komen onder andere de verplaatsingstijdfactor en de reistijdverschillen tussen de diverse modaliteiten aan de orde. Het is de vraag in hoeverre het systeem kan voldoen aan de eis een reistijdvermindering op te leveren voor de reiziger ten opzichte van de

bestaande openbaar vervoer ontsluiting door lijn 98 en de Rivium pendelbus.

---

1. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport*, 1995
2. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, *Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Extra*, 1993
3. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer*, 1991
4. BRO Adviseurs, *Collectief vervoer Rivium-Brienenoord business park Capelle a/d IJssel*, december 1993
5. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Samen Werken Aan Bereikbaarheid*, 1996
6. C.R.O.W, *Parkeren bij bedrijven,* 1996
7. Schrijnen, ir. P.M., *dictaat e 10, Vraag en vraagbeheersing infrastructuur,* november 1995
8. Gemeente Capelle, *Rivium, een exclusieve vestigingsplaats die bijdraagt tot succesvol ondernemen,* juli 1990
9. C.R.O.W, *Tekenen voor de fiets,* augustus 1993

3. People Mover systemen

3.1. *Achtergrond*

People movers zijn populair. Al in de jaren '70 ontstond belangstelling voor geautomatiseerde vervoersystemen zonder bestuurder, mede ingegeven door de oliecrisis in 1973 en de ook toen al toenemende congestie in binnensteden. De techniek kwam in die tijd al beschikbaar om personenvervoersystemen te automatiseren en men dacht dat de oplossing voor het dichtslibben van binnensteden en het verbeteren van de exploitatieresultaten van het collectief openbaar vervoer lag bij de toepassing van deze systemen. Na een eerste overvloed aan ideeën en concepten bleek slechts realisatie van een beperkt aantal systemen haalbaar.

Niet alle gerealiseerde systemen zijn een succes geworden. Voorbeeld van een succesverhaal is de VAL te Lille die in 1983 in bedrijf kwam. Ondanks de voorbeelden van systemen die geflopt zijn, bestaat er de laatste tijd weer een verhoogde belangstelling voor geautomatiseerde systemen. Over de hele wereld wordt volop naar de mogelijkheden van toepassing van zogenaamde people movers gekeken, vooral op vliegvelden, bij attractieparken (vanouds toepassingsgebieden) maar ook voor openbaar vervoer voor- en natransport.

De ontwikkeling blijft bij veel projecten vaak steken in de planvorming. Daadwerkelijke realisatie van people mover systemen blijft beperkt tot één à twee systemen per jaar wereldwijd. Uit de mislukte projecten kunnen we een aantal lessen leren:

- Het innovatief zijn van een systeem alleen is onvoldoende voor succes.
- De toepassing van een people mover kan niet zonder integratie met en aansluiting op overige vervoerstromen.
- Toepassing van nieuwe technieken is alleen haalbaar als een uitgebreid testprogramma is doorlopen. Betrouwbaarheid tijdens bedrijf is extra belangrijk omdat het aanvullend (natransport) karakter van een people mover geringe wachttijden en een hoge betrouwbaarheid vraagt. Ook veiligheidsoverwegingen (fail-safe) vragen om uitgebreide tests.

Het ontstaan van het pilot-project in Capelle aan den IJssel volgt deze ontwikkeling. Het systeem is voor een belangrijk deel gebaseerd op reeds bewezen technieken, in de aansluiting op andere openbaar vervoerstromen is voorzien en ingebruikname wordt vooraf gegaan door een uitgebreid testprogramma.

3.2. *Wat is een people mover?*

Een eerste stap in een onderzoek waarin een people mover voorkomt, is een definitie geven van het begrip people mover. In de literatuur worden een aantal verschillende definities gegeven, vaak afhankelijk van een systeem dat specifiek wordt beschreven. Iedere fabrikant zet in de definitie van het begrip people mover de karakteristieken van het eigen systeem bovenaan en past de definitie naar eigen inzicht aan.

Definitie *'People Mover'*
Een people mover is (in beginsel) een geautomatiseerd personenvervoersysteem.

Alle bestaande definities definities hebben een aantal gemeenschappelijke elementen:

- het systeem is vergaand of geheel geautomatiseerd,
- het systeem is voornamelijk gericht op verplaatsingen over korte afstand,
- de baan voor het systeem is fysiek van de andere vervoerwijzen afgescheiden,
- de vervoereenheden van het systeem hebben in vergelijking met andere openbaar vervoer-eenheden kleine afmetingen (kleine capaciteit per eenheid),
- de vervoereenheden van het systeem kennen een hoge frequentie (korte volgtijden).

In hoeverre aan elk van deze elementen voldaan wordt bij de ontwikkeling van een systeem hangt af van de specifieke eisen die aan het systeem gesteld worden. In het algemeen zal echter het merendeel van deze elementen terug te vinden moeten zijn, wil een vervoersysteem 'people mover' heten.

Automatisering

Sinds eind zestiger jaren wordt er al nagedacht over de automatisering van vervoersystemen. Automatisering van een vervoersysteem betekent het automatisch laten rijden van een voertuig. In paragraaf 3.1 zijn reeds een aantal redenen genoemd om over te gaan tot automatisering. Andere redenen zijn:

- Hoog veiligheidsniveau met een automatisch systeem,,
- Flexibiliteit in inzet,
- Relatief geringe investeringen door verschuiving van variabele arbeidskosten naar eenmalige investeringen in infrastructuur.

De automatisering van vervoersystemen kan betrekking hebben op de volgende niveaus van beheersing:

- *Voertuig-voertuig*, de communicatie tussen voertuigen onderling om te voorkomen dat voertuigen met elkaar in aanraking komen. Dit is een vorm van individuele voertuigregeling. Deze coördinatie kan zowel in het voertuig als centraal geregeld worden. De operationele beheersing van voertuigen in een net, regelmaat en stiptheid van voertuigen hoort hier niet bij. Een voorbeeld van een dergelijk systeem is ook te vinden bij een vervoersysteem met een bestuurder, namelijk de trein. De ATB, Automatische Trein Beïnvloeding, zorgt ervoor dat een trein stopt bij een rood sein als de machinist toch door zou willen rijden.
- *Voertuig-passagiers*, de beveiliging van het gebied waar voertuigen en passagiers/ andere mensen met elkaar in aanraking kunnen komen. Dit gebied is te onderscheiden in een aantal soorten:
  - *station/halte*. Op plaatsen waar het voertuig halteert en reizigers in- of uitstappen mag geen conflict ontstaan tussen passagiers en voertuig. Dit is op een aantal manieren te realiseren:

  - fysieke afscheiding. Voorbeeld hiervan is de toepassing van deuren tussen perron en voertuig waarbij de deuren slechts open gaan als er een voertuig halteert.
  - elektronische afscheiding. Een infrarood of ander elektronisch meetinstrument meet de aanwezigheid van objecten of mensen en stopt desgewenst het systeem.
- ° *baan*. Dit is de baan tussen de halteplaatsen in. Vaak is de afscheiding gerealiseerd door fysieke of ruimtelijke middelen, zoals een hek of ligging onder of boven maaiveld. De baan is dan niet bereikbaar voor mensen.
- ° *overwegen*. Plaatsen waar andere weggebruikers de baan kunnen oversteken zijn bij automatische systemen niet eerder gelijkvloers uitgevoerd. Deels is dit te verklaren uit de gebruikte baanconstructies, die gelijkvloers oversteken van de baan niet mogelijk maken. Belangrijkste reden is echter de veiligheid. Ontwerpers van systemen denken tot op heden de veiligheid voor overstekers niet te kunnen garanderen bij gelijkvloerse kruisingen.
- *Net-voertuig,* de toepassing van meerdere voertuigen in een lijnennet vraagt om een coördinatie van voertuiginzet (operationele beheersing). De reeds genoemde regelmaats- en stiptheidsbeheersing vallen hieronder.

Totale automatisering wordt nog niet zo veel toegepast, hiermee bedoel ik dan het volledig automatisch en dus bestuurderloos rijden. Hiervoor zijn als redenen te noemen:

- kosten
- angst gebruikers
- verlies van arbeidsplaatsen

De meest voor de hand liggende reden is dat het eenvoudig te duur is om voertuigen automatisch te laten rijden. Voor zover de techniek in het verleden aanwezig was, waren de investeringen simpelweg te hoog. De besparing op arbeidskosten woog niet op tegen de benodigde investeringen. Door de technologische ontwikkelingen, met name in de laatste jaren, wordt dit bezwaar in toenemende mate weggenomen. De techniek wordt steeds goedkoper, terwijl de kosten van arbeid toenemen. Dit heeft tot gevolg dat het eerder rendabel wordt om een automatisch systeem toe te passen. Voorbeelden van systemen die nu al volledig automatisch rijden zijn het VAL systeem te Lille, metrolijn D te Lyon, de H-Bahn in Dortmund en de Vancouver Skytrain. Hierbij wordt nadrukkelijk vermeld dat deze opsomming geen uitputtende is.

Tweede oorzaak is de aanvankelijke angst van reizigers om in een onbemand voertuig te gaan zitten. Dit is een psychologisch effect, onafhankelijk van de kwaliteit van de techniek. Bij verdere gewenning aan onbemande systemen zal de acceptatie toenemen. Dit is heel duidelijk te zien bij de automatisch opererende metro in Lille (VAL). Na ingebruikname in 1983 ontstond een sterke groei in aantallen reizigers. Uit enquêtes blijkt dat iedere reiziger van het systeem gebruik durft te maken en dat het zonder menselijke bestuurder rijden geen bezwaren vanuit de reizigers oplevert. Veiligheid van de reizigers op stations is in dit geval gewaarborgd door een automatisch deursysteem tussen perron en voertuig. De deuren openen alleen als er een voertuig stilstaat langs het perron.

Een derde reden is de angst voor het verlies aan arbeidsplaatsen. Vervoersystemen waar nu nog een bestuurder op zit kunnen voor een deel automatisch worden, waardoor de arbeidsplaats zou verdwijnen. Voorbeeld is de Rotterdamse metro die geschikt was voor bestuurderloze operatie. Tegenwoordig is dat door de nieuwe beveiliging niet meer zo. Optrekken en

afremmen van het metrovoertuig werd automatisch geregeld. Ook de Amsterdamse metrostellen kunnen in principe zonder bestuurder rijden.

Resultaat van deze angst voor verlies aan arbeidsplaatsen is een sterke politieke lobby vanuit de kant van de vakbeweging om de arbeidsplaatsen te behouden, eventueel in de vorm van toezichthouders. Een toezichthouder verkleint ook de angst van de reizigers om met een automatisch vervoersysteem mee te gaan. Op deze manier kan er niet optimaal gebruik worden gemaakt van het voordeel door besparing op arbeidskosten van een automatisch systeem, waardoor toepassing onaantrekkelijker wordt, door de hogere investeringen in materieel en infrastructuur. Vooralsnog is er weinig verandering te verwachten op dit gebied.

3.3. *Vraag naar people movers*

Er is op dit moment een grote belangstelling voor people mover systemen door een aantal oorzaken. Globaal vallen deze onder te verdelen naar vier soorten vragende partijen:

Reizigers

De eerste groep, de reizigers, vragen om hoogwaardig openbaar vervoer. Wat is hoogwaardig openbaar vervoer?

Voor Randstadrail is een inventarisatie gemaakt van de eisen die aan hoogwaardig openbaar vervoer worden gesteld. Genoemd worden:

- snelheid,
- stiptheid,
- bereikbaarheid,
- frequentie,
- comfort,
- imago

Dit is een indeling die voor een deel vanuit de exploitant is opgesteld. Snelheid, stiptheid en frequentie zijn zaken die voor de reiziger maar één ding betekenen: een korte reistijd. Bereikbaarheid speelt een niveau hoger; de hoogwaardigheid van een net in plaats van een enkele verbinding. In een niet-hoogwaardig net kan een specifieke verbinding nog wel hoogwaardig zijn.

Mijns inziens is **hoogwaardig openbaar vervoer** als volgt te karakteriseren:

- korte reistijd,
- betrouwbaarheid,
- comfort,
- imago,

Reistijd

De reistijd wordt in het algemeen gezien als het belangrijkste kwaliteitskenmerk. De reistijd per openbaar vervoer ten opzichte van die van de auto is de belangrijkste factor bij de keuze van

de vervoerwijze. Een zo kort mogelijke reistijd betekent:
- korte rijtijden in het openbaar vervoer, dat wil zeggen korte, gestrekte routes en hoge rijsnelheden,
- zo min mogelijk overstappen en per overstap zo min mogelijk verliestijd,
- korte wachttijden door een hoge frequentie,
- kort voor- en natransport.

Betrouwbaarheid
Betrouwbaarheid is vooral van belang bij overstapverbindingen. De reiziger moet erop kunnen rekenen dat er een aansluitende verbinding aanwezig is. Betrouwbaarheid wordt met name bepaald door de kwaliteit van de infrastructuur voor het openbaar vervoer (bv. vrije banen, prioriteit in verkeersregeling bij geregelde kruispunten). Ook speelt de discipline van het rijdend personeel een rol. Structureel te laat vertrekken van de beginhalte heeft gevolgen voor de stiptheid op de hele rit.

Comfort
Comfort heeft betrekking op twee zaken:
- de rit in het voertuig zelf,
  - beschikbaarheid van een zitplaats,
  - comfortabel meubilair,
  - acceptabele versnellingen en vertragingen.
- het deel van de verplaatsing buiten het voertuig,
  - inrichting van haltes/ wachtgelegenheden en overstappunten,
  - beschikbaarheid van toegankelijke reisinformatie,
  - toegankelijkheid halte,
  - sociale veiligheid.

Imago
De uitstraling en het uiterlijk van het voertuig hebben invloed op de aantrekkelijkheid van een systeem voor de reizigers. Dit beïnvloedt de aantallen reizigers die gebruik maken van het systeem.

Wat is er nu mis?

In de huidige situatie voldoet geen enkel bestaand openbaar vervoersysteem aan de aan hoogwaardig openbaar vervoer gestelde eisen. Kenmerkend voor het huidige openbaar vervoer is een beperkte beschikbaarheid in plaats en tijd. Er wordt via een dienstregeling gereden, er wordt een beperkt aantal halteplaatsen aangedaan die ook nog eens langs een vaste route liggen. Bij overstap verbindingen treedt veel wachttijd op door het niet goed aansluiten van verbindingen en de beperkte frequentie.

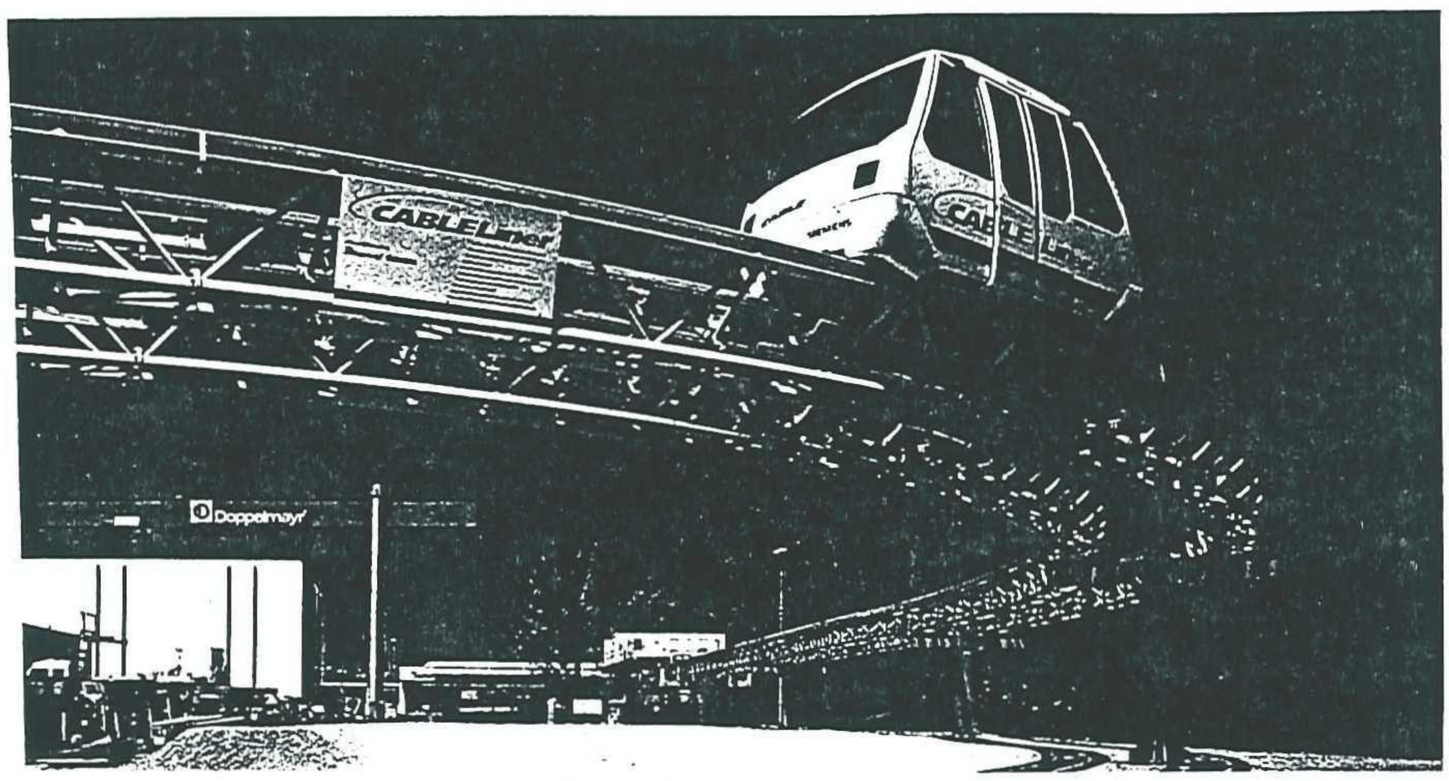
Beschikbaarheid naar plaats wordt beperkt door de vaste route en beschikbaarheid naar tijd door de vaste dienstregeling die met beperkte frequentie gereden wordt. Er bestaat wel zoiets als collectief vraagafhankelijk vervoer (deeltaxi's, buurtbussen), maar deze worden vooral ingezet waar de vraag klein is. De hiërarchische opbouw van het openbaar vervoer zorgt ervoor dat deze vorm van vervoer op de middellange afstand vaak twee tot drie keer zo lang-

techniek komen ook voor bij de people movers. De verschillende technieken hebben betrekking op onderscheid in baan, draagfunctie, geleiding en aandrijving. Deze functies zijn niet los van elkaar te zien, een bepaalde aandrijving vraagt om een bepaalde baan enz.

Baan

Bij het grootste gedeelte van de people mover systemen beschikt ieder voertuig afzonderlijk over een eigen motorisering. Een nieuwe ontwikkeling is de *actieve baan*, waarbij de voertuigen geen motor aan boord hebben, maar waar de aandrijving in de baan zit. Er is onderscheid te maken in een aantal soorten actieve baan:

- Een elektrisch actieve baan. De voornaamste toepassingen zijn:
  - Kort-stator lineaire inductie motor (LIM), een uitgerolde elektromotor waarbij de baan de rotor en het voertuig de stator vormt. Het actieve deel van de motor zit in het voertuig. Het voertuig kan door het ontbreken van tandwielkasten, motoren e.d. licht uitgevoerd worden waardoor de slijtage aan de baan en de wielstellen minder is. Een voorbeeld is de Skytrain in Vancouver, Canada.
  - Lang-stator lineaire inductie motor, hetzelfde principe, alleen zit het actieve deel van de motor nu in de baan. Het gedeelte van de baan waar het voertuig zich bevindt wordt ingeschakeld en zorgt voor voortstuwing en afremming en eventueel ook voor de draagfunctie (magnetische levitatie). Een voorbeeld is de al weer afgebroken M-Bahn in Berlijn en de Magnet-Schnellbahn.
- Een mechanisch actieve baan. Meest bekende toepassing van een mechanisch actieve baan is de kabelaandrijving. Voertuigen haken aan op een kabel en gaan er bij stations tijdelijk vanaf of op een langzamer kabel. Voorbeeld van een kabelaangedreven systeem is de cable-liner van Doppelmayr/Siemens.



Figuur 3.3: Cable-liner (kabelgetrokken), Doppelmayr/Siemens

- Relatief nieuwe ontwikkelingen zijn een baan met voortstuwing door middel van luchtdruk (pneumatisch actief, Aeromovel, ontwikkeld in Brazilië en gebouwd in Jakarta) en een baan met magnetisch riemen voor de voortstuwing van de voertuigen (Japan).

zaam is als de auto.

Eén van de grootste voordelen van het autosysteem is de deur tot deur verplaatsing met één vervoerwijze. Bij het openbaar vervoer bestaat vaak de noodzaak tot overstappen. Het ontsluitend (binnenstedelijk) net sluit aan op het verbindend (regionaal) net en dat vervolgens weer op het (inter-)nationale net. Een verplaatsing over langere afstand wordt op deze manier intermodaal. Een dergelijke verbinding met het collectief vervoer werpt hoge weerstanden op bij de reiziger door wachttijden en overstaptijden die ervoor zorgen dat het openbaar vervoer vaak twee keer zo langzaam is als de auto. Op sommige relaties kan dit verschil oplopen tot een factor vier!

De (potentiële) voordelen van het openbaar vervoer voor de gebruiker die hier tegenover staan zijn:

- reistijd kan nuttig worden besteed,
- geen parkeerproblemen op bestemmingspunten,
- veiliger,
- op lange afstand betrouwbaar (geen files),
- meer ontspannen reis

Zoals uit de modal-split blijkt wegen deze voordelen echter niet op tegen de genoemde nadelen. Het modal-split aandeel van het openbaar vervoer in de verplaatsingen naar het Rivium in de ochtendspits is 5 %[1].

Eén van de mogelijke oplossingen voor dit probleem is het verbeteren van het voor- en natransport door toepassing van een people mover systeem. Door de hoge frequentie zijn de wachttijden kort en door de eigen infrastructuur kan de verplaatsingsnelheid hoog zijn. De aantrekkelijkheid van openbaar vervoer gebruik voor de hele verplaatsing neemt daardoor toe.

Exploitanten

De exploitanten in het openbaar vervoer streven naar een kostendekkingsgraad van 50%. Dat wil zeggen dat de kosten voor exploitatie voor openbaar vervoer verbindingen voor de helft gedekt worden door de opbrengst van kaart- en abonnementverkoop aan de reizigers. In feite streeft men naar een kostendekkingsgraad van 100%, maar dat is in de huidige situatie niet haalbaar. De overheid dekt de tekorten op de exploitatie af.

Om te voorkomen dat de aantrekkelijkheid van het openbaar vervoer vermindert, mogen de prijzen van kaartjes en abonnementen niet omhoog bij gelijkblijvend aanbod. De kosten van de exploitatie moeten dus omlaag of er moeten meer reizigers gebruik gaan maken van het nu aangeboden openbaar vervoer.

Huidige situatie

De kostendekkingsgraad van 50 % wordt in bijna geen enkel geval gehaald. Voor ZWN is de

1. schatting Gemeente Capelle

kostendekkingsgraad over het gehele net 44% en binnen de stadsregio Rotterdam 49%[2]. De grootste kostenpost voor veel openbaar vervoer bedrijven zijn de personeelskosten, die 50 tot 70 % van het totale kostenplaatje kunnen uitmaken. Hierdoor is het voor openbaar vervoer bedrijven onmogelijk om op relatief laagbelaste schakels van een netwerk toch een hoge frequentie te bieden door inzet van meer eenheden met minder capaciteit per eenheid . De personeelskosten per reiziger zijn dan veel te hoog. Een klein busje kent dezelfde personeelskosten als een grote bus.

Als meer mensen van geautomatiseerd hoogwaardig openbaar vervoer gebruik gaan maken kan de kostendekkingsgraad toenemen en wel door een tweetal oorzaken.

- Meer reizigers levert meer inkomsten uit kaartverkoop (als de ritprijs dezelfde blijft).
- Exploitatiekosten gaan omlaag. De personeelskosten worden in behoorlijke mate gereduceerd. De chauffeurs op iedere bus worden vervangen door een beperkt aantal supervisors in de controlekamer. De personeelskosten voor deze supervisors zijn frequentie-onafhankelijk (binnen grenzen). Dit levert de voornaamste besparing op van een automatisch systeem ten opzichte van regulier openbaar vervoer.

Fabrikanten

De fabrikanten van openbaar vervoermiddelen handelen voor een deel vraagvolgend. Ze maken de systemen waar de potentiële kopers om vragen. Voor een deel genereren ze ook nieuwe vraag door de ontwikkeling van nieuwe technieken. Ze ontwikkelen deze nieuwe systemen om een voorsprong op de concurrentie te houden en het marktaandeel te vergroten.

Door het beschikbaar komen van steeds weer nieuwe technieken met betrekking tot collectief vervoer vanuit de kant van de leveranciers van dergelijke systemen, en dan vooral people-mover-achtige toepassingen, wordt een eigen markt gecreëerd. Particuliere afnemers, zoals projectontwikkelaars, raken geïnteresseerd door de uitstraling en het imago van een geavanceerd vervoersysteem en de aantrekkingskracht die een dergelijke ontsluiting op potentiële huurders/kopers uitoefent.

Overheid

De collectieve vraag is de vraag vanuit de overheid in haar wens een leefbaarder samenleving te maken en de bereikbaarheid van economische centra te verbeteren. Geavanceerde vervoersystemen die een gat in de vervoersmarkt kunnen vullen passen prima in dat kader. Er wordt vanuit gegaan dat meer mensen uit de auto in het openbaar vervoer stappen minder congestie, minder milieuvervuiling en meer opbrengsten in het openbaar vervoer oplevert.

Het geformuleerde overheidsbeleid richt zich op:

- het verminderen van de congestie op het hoofdwegennet
- het verminderen van de emissies door het autoverkeer

2. ZWN, Onno Pruis, mondeling

Bereikbaarheid
Het voornaamste doel van het overheidsbeleid is het verminderen van de congestie op het hoofdwegennet. Dit betekent dat de economische centra goed bereikbaar zijn. Onder bereikbaarheid wordt het volgende verstaan:

Definitie 'Bereikbaarheid'
Bereikbaarheid is de mate waarin bestemmingen/activiteiten toegankelijk zijn die voor de voor het goed functioneren van die bestemming benodigde personen, goederen en informatie wenselijk is (1).

Verminderen emissies
Een ander beleidsdoel is het verminderen van de emissies. De autokilometers kunnen vervangen worden (waar mogelijk) door emissie- en energieëfficiëntere collectief vervoer kilometers. Bovendien kunnen door de bundeling van reizigerstromen de investeringen in nieuwe, minder milieuonvriendelijke technieken eerder van de grond komen.

In het verleden nam de overheid het bestaande verkeer- en vervoersysteem als basis. Door optimalisatie van de bouwstenen van dit systeem was de manier om de doelstellingen te halen. De beleidsdoelstellingen werden echter niet gehaald.

De overheid denkt door het geven van een 'technology push' de technieken voor een nieuw, meer collectief vervoersysteem te ontwikkelen. Die technology push bestaat uit het investeren in de ontwikkeling van nieuwe technieken en systemen door subsidieverstrekking aan fabrikanten en vervoerbedrijven. Het spreekt vanzelf dat niet het hele verkeer- en vervoersysteem in één keer omgegooid kan worden, maar investeringen in nieuwe systemen als een people mover vormen een aanzet. In de volgende paragraaf wordt het aanbod aan people movers in kaart gebracht.

3.4. *Aanbod van people movers*

De people mover systemen zijn op diverse manieren onder te verdelen en een heleboel verschillende instanties en personen doen dat ook daadwerkelijk. Geen van deze onderverdelingen is sluitend. Functioneel wordt vaak onderscheid gemaakt naar systemen gericht op groepsvervoer en systemen gericht op individueel vervoer. Ook een onderscheid op basis van vervoercapaciteit, draagfunctie en voortbeweging komt veel voor.

In Nederland is een verkennend onderzoek uitgevoerd (2) naar de huidige vraag naar en potentie van people movers in Nederland. Dit onderzoek maakt een onderverdeling in systemen op grond van:

- Techniek (baan, voertuig, ophanging, aandrijving, geleiding),
- Financiële gegevens (investerings- en exploitatiekosten),
- Vervoerprestaties (snelheid, minimale opvolgingstijd, voertuigcapaciteit e.d.)
- Inpasbaarheid in de omgeving (ruimtebeslag, minimale boogstraal, maximale helling),

- Comfort en veiligheid (zitplaatsen, toegepaste versnellingen, trilling, geluid, e.d.),
- Milieubelasting.

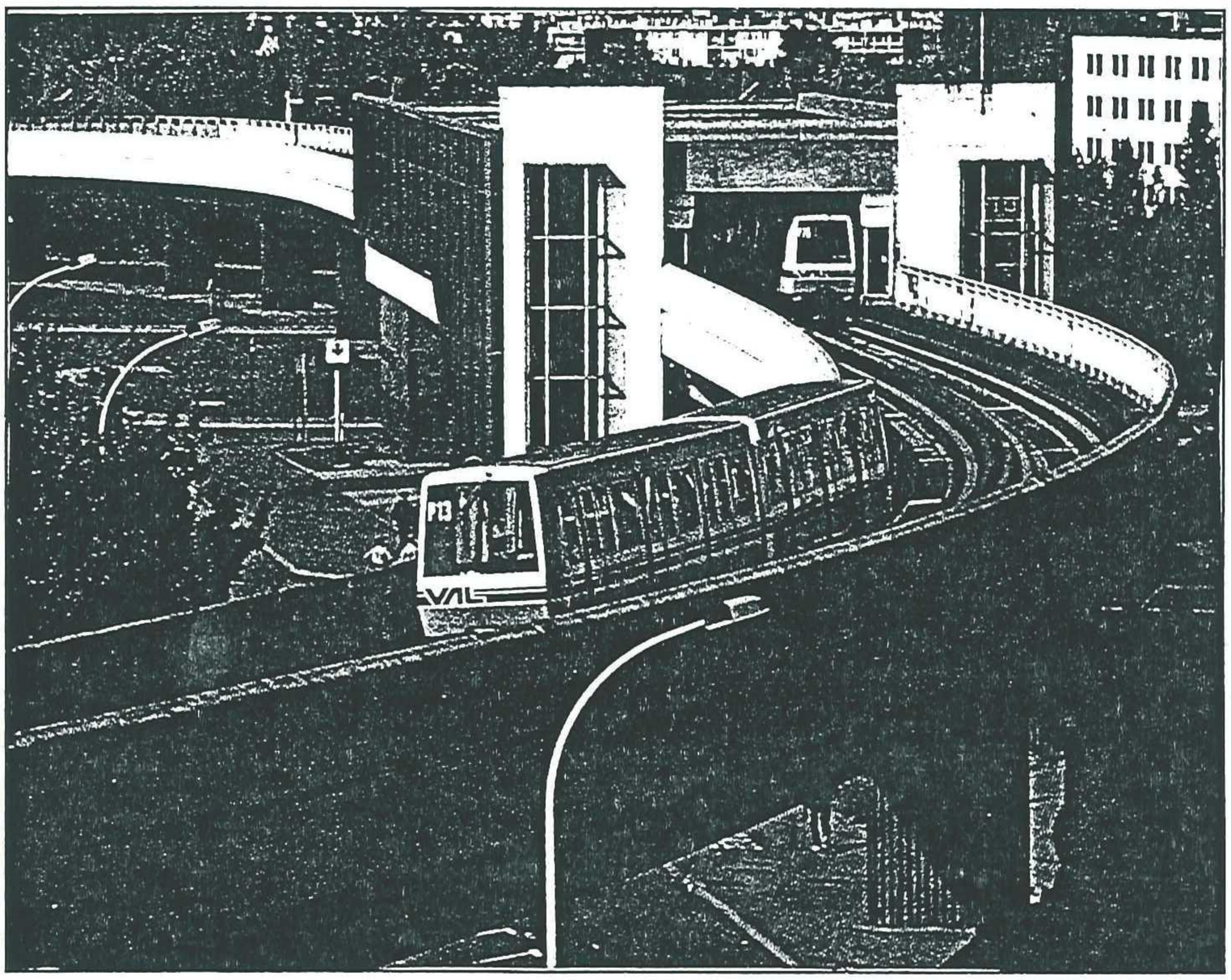
Over de precieze onderverdeling van systemen valt genoeg te zeggen om er een apart afstudeeronderzoek aan te wijden. Na een functionele onderverdeling in Group Rapid Transit (GRT) en Personal Rapid Transit (PRT) systemen wordt daarom kort een inventarisatie van technische kenmerken gegeven. De functionele onderverdeling in systemen voor groepsvervoer (Group Rapid Transit) en individueel vervoer (Personal Rapid Transit) staat in de volgende paragraaf.

3.4.1. Functioneel onderscheid

Group Rapid Transit

Group Rapid Transit systemen zijn systemen die te vergelijken zijn met geautomatiseerde conventionele openbaar vervoer systemen. Voor de gedachtebepaling kan men denken aan een metroachtig systeem dat zonder bestuurder rijdt. De American Society of Civil Engineers maakt vervolgens een onderverdeling naar:

- *lijndiensten*, vergelijkbaar met traditionele vormen van openbaar vervoer als bus, tram metro en trein,
- *pendel- en circulatie-diensten*, systemen die vooral binnen een beperkt gebied werken, zoals een vliegveld, kantorenpark, thema- en/of attractiepark, dierentuin of winkelcentrum.



Figuur 3.1: VAL te Lille - typisch voorbeeld GRT

Mijn indeling naar systemen in dit onderzoek komt hiermee redelijk overeen. Deze indeling is als volgt:

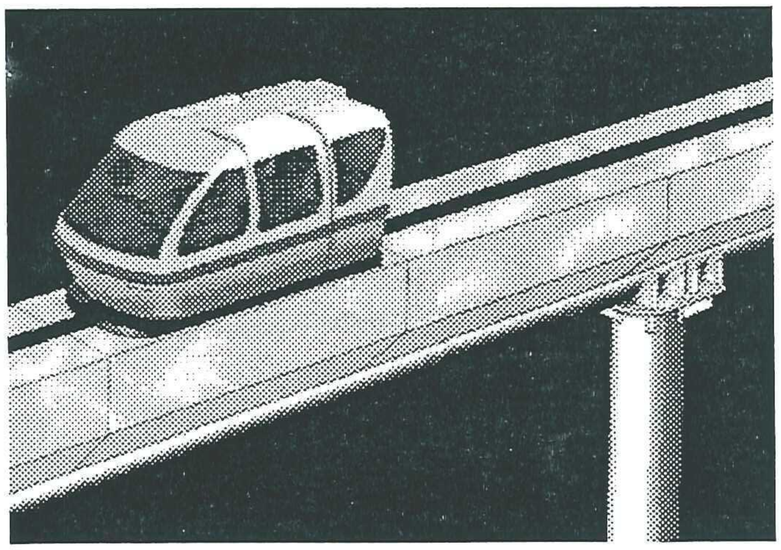
- *lijndiensten*, gekenmerkt door een lijn met daaraan een aantal haltes. Ook een lijn binnen een attractiepark of winkelcentrum zou hier dus onder kunnen vallen. Een lijn kan rond lopen en daarmee éénrichtingsbedrijf mogelijk maken of over twee eindhaltes beschikken met daartussen een aantal haltes,

- *pendeldiensten*, die kunnen worden gezien als een verbijzondering van de lijndiensten. Deze vorm beschikt slechts over twee stations. Er hoeft bij een halte geen keermogelijkheid te bestaan; eventueel keert de rijrichting van het voertuig gewoon om. Dit is uiteraard alleen mogelijk als slechts één voertuig pendelt tussen de twee stations, of de infrastructuur ter plekke van het station moet uitgebreid worden.

Binnen deze indeling is de onderverdeling naar systeemtechniek nog steeds mogelijk.

Personal Rapid Transit

Personal Rapid Transit systemen zijn systemen met een uitgebreid en fijnmazig net waar kleine eenheden (tot circa 4 personen) op oproepbasis functioneren en de individuele reiziger langs de snelste weg van herkomst naar bestemming brengen. Dit levert deur-tot-deur transport of in ieder geval iets wat dat benadert. Reizigers zitten in principe alleen in het voertuig, tenzij ze zelf aangeven ook andere mensen mee te willen nemen. Op die manier is de privacy gewaarborgd èn wordt één van de belangrijkste voordelen van de auto als vervoermiddel geëvenaard.



Figuur 3.2: PRT systeem

Een PRT systeem beschikt over veel op geringe afstand van elkaar gelegen stations waartussen individuele reizigers zich verplaatsen over gemeenschappelijke infrastructuur. Er is onderscheid

te maken in gemeenschappelijke hoofdinfrastructuur en meer individuele ontsluitende infrastructuur. Om de capaciteit van de hoofdinfrastructuur niet nadelig te beïnvloeden door bij haltes stilstaande voertuigen kunnen de haltevoorzieningen off-line aangebracht worden.
Een systeem dat in de belangstelling staat is het PRT 2000 systeem van de Amerikaanse firma Raytheon. Hier rijden eenheden met een capaciteit van 4 personen op een verhoogd aangelegde baan. Het systeem wordt sinds augustus 1996 getest op een testbaan van 540 meter. Aanleg van het systeem is voorzien in Chicago.

Ondanks alle aandacht die aan PRT systemen is en wordt geschonken in symposia en artikelen en ondanks de vaste plaats die de systemen innemen in de indeling van people mover systemen, is er tot op heden geen enkel systeem met genoemde karakteristieken operationeel. Mijns inziens is dit te verklaren door een aantal oorzaken.

Vaak is de voor de baan benodigde infrastructuur erg kostbaar omdat deze de geleiding van de voertuigen moet verzorgen. Bovendien is door de ontsluitende functie van een PRT systeem ook dure infrastructuur nodig op de laagbelaste staarten van het net. Op de staarten kan wel met minder voertuigen gereden worden (het systeem is vraagafhankelijk) maar de infrastructuur is wel nodig. Deze investering is bijna niet rendabel te maken.

Op het hoofdnet waar verschillende voertuigen samenkomen is een zeer hoge frequentie nodig om met de kleine eenheden toch een hoge capaciteit te halen. Raytheon gaat uit van een haalbare systeemcapaciteit bij een klein systeem van meer dan 10.000 passagiers per uur per richting. Uitgaande van het maximum van vier passagiers per eenheid (niet haalbaar vanwege principe van individueel non-stop herkomst-bestemmings verkeer) zijn er 2500 voertuigen per uur per richting nodig. Dit komt uit op een opvolgingstijd van 1.3 seconde. Dit is uit het oogpunt van veiligheid niet haalbaar. Bij calamiteiten kan een voertuig niet tijdig tot stilstand komen. Ook praktisch is een opvolgingstijd van 1.3 seconde op een traject, waar voertuigen van richting moeten kunnen wisselen niet haalbaar.

In feite komt het er op neer dat eenzelfde soort systeem, waarbij de infrastructuurkosten verhoudingsgewijs zo hoog zijn, voor zowel ontsluitende als verbindende vervoerrelaties niet haalbaar is. De hiërarchische opbouw van huidige openbaar vervoer netwerken maakt het juist mogelijk de zwaarte van het systeem aan te passen aan de vraag op een specifieke relatie.

De zogenaamde tapis roulants/rolbanen, een soort horizontale roltrap, worden vaak als aparte vorm van people movers gezien. Voordeel van dit systeem, de continue verbinding, is gelijk het nadeel. Omdat er geen haltes zijn, is men gedwongen op een continu bewegend systeem te stappen. Dit maakt hoge snelheden onmogelijk en daarmee verliest het systeem aan aantrekkelijkheid op afstanden boven de 200 meter. Vanwege het zeer beperkte toepassingsgebied van een dergelijk systeem wordt het hier buiten de people movers gehouden.

3.4.2. Technisch onderscheid

De technische karakteristieken zijn in tegenstelling tot de genoemde functionele kenmerken niet bepalend voor de vraag of een systeem people mover is of niet. Alle mogelijke vormen van

Bij een passieve baan bewegen de voertuigen zichzelf voort. Drie typen baan zijn te onderscheiden:

- De standaard 'vlakke' baan. Voertuig beweegt op de baan, onderscheid zit in aandrijving, draagfunctie en geleiding.
- Monorail. Voertuig omklemt de rail. Groot nadeel hierbij is de gecompliceerde wisseltechniek. Ook de constructie om de standzekerheid van een voertuig op de baan te waarborgen vraagt ruimte in het voertuig.
- Hangbaan. Het voertuig hangt aan de baan. Het loopwerk van een voertuig bevindt zich in een holle koker. Het tracé heeft op maaiveld weinig consequenties qua inpassing.

Draagfunctie en geleiding

Draagfunctie en geleiding zijn niet geheel los te zien van elkaar. De dragende elementen kunnen tegelijkertijd zorg dragen voor de geleiding van een voertuig. Verschillende vormen zijn:

- Stalen wiel op stalen rail. Het klassieke railsysteem zoals we dit al lange tijd aantreffen bij de spoorwegen. De conische wielen zorgen met de wielflenzen voor de geleiding naast de draagfunctie. Voordeel is de geringe rolweerstand en de gecombineerde draag- en geleidingsfunctie.
- Luchtband op betonnen of stalen baan. Deze combinatie levert minder geluidsproductie en meer adhesie op, echter wel tegen een groter energieverbruik. Voor de geleiding worden horizontale zijwielen of een extra rail met flenzen toegepast. De wisseltechniek is ook vaak op deze extra rail gebaseerd. Een voorbeeld is de Météor in Parijs.
- Magnetische levitatie. Het principe is al aan de orde gekomen bij de bespreking van de baansytemen. Voordeel is het ontbreken van rolweerstand en een lage geluidsproductie. Nadeel is de dure benodigde baan met bijbehorende regeling.
- Luchtkussens. Er zijn proeven uitgevoerd met luchtkussens als dragende element maar het energieverbruik en de geluidsproductie bleken beperkende factoren.

Aandrijving

Voor de aandrijving van people mover systemen worden een drietal technieken gebruikt:

- elektrische aandrijving, met als varianten:
    - ° De 'normale' draaistroom elektromotor. Dit is een aandrijving die geschikt is voor het normale wiel-baan contact.
    - ° De lineaire motoren, zoals aan de orde gekomen bij de baan.
- Kabelaandrijving. Hier zorgt de centrale motor voor de aandrijving van de kabel waarop de voertuigen aanhaken.
- Druklucht. Bij proeven bleek toepassing gecompliceerd te zijn. Er zijn nog geen systemen met deze techniek operationeel.

3.5. *Gekozen people mover systeem*

Voor het pilot project in Capelle is een nieuw systeem ontwikkeld. Een onderzoek van het adviesbureau BRO (3) heeft aangetoond dat een automatisch geleid personenvervoersysteem potentie heeft voor de openbaar vervoer ontsluiting van het Rivium. Er is bewust geen keuze gemaakt uit de diverse systemen die al op de markt zijn. Het hele idee achter het pilot project is het scheppen van een mogelijkheid om te experimenteren met een systeem dat in tegenstelling tot bestaande automatische people mover systemen over een slechts beperkt afgescheiden baan beschikt. BRO stelt ook voor om de mogelijkheid aan te grijpen het project als pilot project uit te voeren. De infrastructuur is eenvoudig en bevindt zich op maaiveld. Hierdoor kunnen de kosten voor de infrastructuur laag blijven.

Het in Capelle toegepaste systeem zal in deze paragraaf verder toegelicht worden. Een evaluatie van dit systeem staat in hoofdstuk 4. Hier komt aan de orde in hoeverre het gekozen systeem geschikt is voor de gegeven situatie in Capelle of dat een ander, bestaand systeem beter toepasbaar zou zijn. Ook komt aan de orde wanneer het systeem in het algemeen toegepast kan worden, gegeven de karakteristieken en de implicaties die deze karakteristieken met zich mee brengen.

Tracé

Het tracé voor de people mover loopt vanaf metrostation Kralingse Zoom naar het Rivium. De lengte van het tracé is in eerste fase 1240 meter. Vanaf halte Kralingse Zoom loopt het tracé onder de A16 door langs de bestaande metrolijn. Deze onderdoorgang wordt wel het muizengaatje genoemd wordt vanwege de beperkte omvang (breedte) en de vele ruimtelijke claims die er vanuit diverse gemeentelijke diensten en de RET op liggen. Voorbeelden hiervan zijn een claim van de RET voor een mogelijke TramPlus lijn naar een nieuw te bouwen remise op Rivium Noord en een claim in het fietspadenplan voor een regionale fietsverbinding van Kralingse Zoom naar Capelle als onderdeel van het Regionale Verkeers- en Vervoersplan van de Stadsregio Rotterdam. Dergelijke claims worden vaak neergelegd om in ieder geval voet aan de grond te hebben als er iets ontwikkeld wordt. Of de claim daadwerkelijk invulling vindt is nog maar de vraag.

De verbinding van de metro met het Rivium geschiedt niet meer vanaf Capelse Brug waarvandaan de pendelbus nu rijdt. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te geven.

- De afstand van het hart van het Rivium naar Kralingse Zoom is kleiner dan naar Capelse Brug. De infrastructuur voor de people mover moet nieuw aangelegd worden en dan ligt het voor de hand om de kortste route te kiezen. Rivium Noord is op dit moment nog geheel braakliggend, zodat inpassing in bestaande bebouwing niet aan de orde is. Het tracé loopt precies over de gemeentegrens tussen Rotterdam en Capelle na de recente verkoop van 10 hectare Rivium Noord aan de gemeente Rotterdam.

- Ten tweede wordt metrostation Kralingse Zoom door de vervoerbedrijven gezien als een belangrijker OV knooppunt dan Capelse Brug. Dit blijkt ook uit de aantallen halterende lijnen. Er halteren negen lijnen op metrostation Capelse Brug; op Kralingse Zoom twaalf.

Bovendien bestaan er plannen voor de realisatie van een transferium bij Kralingse Zoom. Daarnaast is uit de enquête onder gebruikers van de Riviumbus gebleken dat de meerderheid van de reizigers uit de richting Rotterdam komt. Station Kralingse Zoom biedt dan een snellere verbinding dan station Capelse Brug. Ook is Kralingse Zoom bereikbaar vanuit de zuid-zuidoostelijke richting

Fysieke infrastructuur

De infrastructuur voor de people mover dient separaat van de andere infrastructuur aangelegd te worden. De infrastructuur bestaat uit een eenvoudige asfaltstrook op maaiveld, te vergelijken met een fietspad, waarin de herkenningspunten (transponders) voor het automatisch navigatiesysteem zijn aangebracht. In de paragraaf over besturing staat aangegeven hoe dit navigatiesysteem werkt.

Het programma van eisen t.a.v de afmetingen van de infrastructuur is:

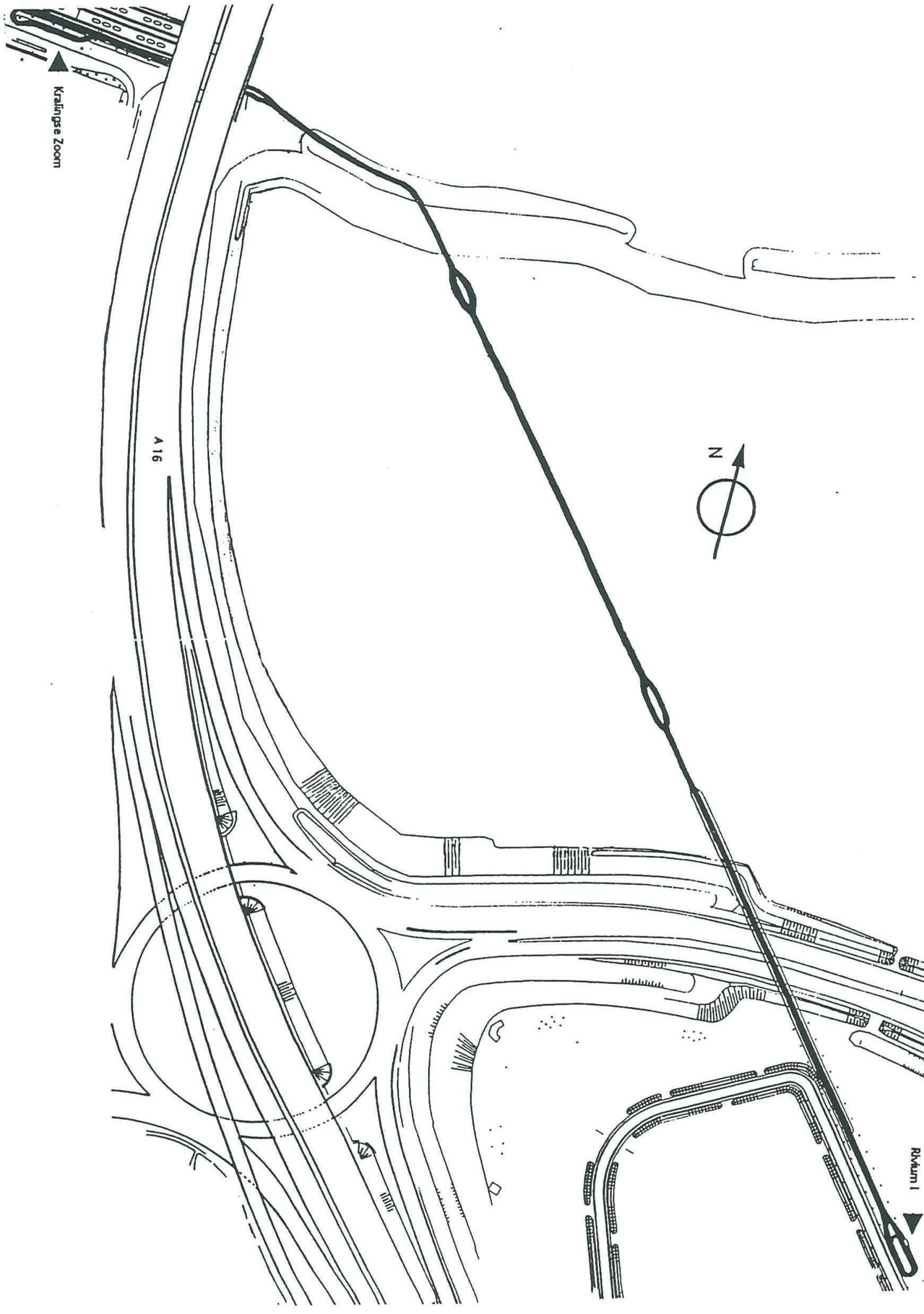
- Op rechte stukken ten minste 50 cm aan weerszijden van het voertuig vrij, langs een muur of wand 100 cm, behalve bij halteplaatsen,
- In bochten ten minste 120 cm. vrije ruimte aan weerszijden van het voertuig,
- Voor het positioneren bij halteplaatsen dient het voertuig minstens10 meter rechtuit te kunnen rijden,
- Minimale draaicirkel = 11 meter,
- De rijbaan mag een helling hebben van 5%,
- De rijbaan dient zoveel mogelijk ontoegankelijk gemaakt te worden voor overig verkeer,
- Rubberen banden dienen bij een decelleratie van 2 m/s^2 niet door te slippen op nat wegdek,
- toelaatbare zijdelingse versnelling = 1,2 m/s^2,

In paragraaf 4.4 staat een voorbeeld gegeven van hoe een dwarsprofiel van de baan eruit zou kunnen zien.

In de eerste fase zijn er nog geen kruisingen met andere infrastructuur omdat Rivium Noord braak ligt en in Rivium Zuid ligt de halte voor kruising met andere infrastructuur. Uitzondering hierop vormt de kruising met de N210, de Abram van Rijckevorselweg, die door middel van een viaduct wordt overgestoken. De intensiteiten op deze weg zijn te hoog voor een gelijkvloerse kruising. Bovendien ligt de weg ten opzichte van het Rivium zo laag dat gelijkvloers kruisen lastig is. Er is hier gekozen voor een in staal uitgevoerde tuibrug met middenpiloon in de middenberm om de weg te overbruggen.

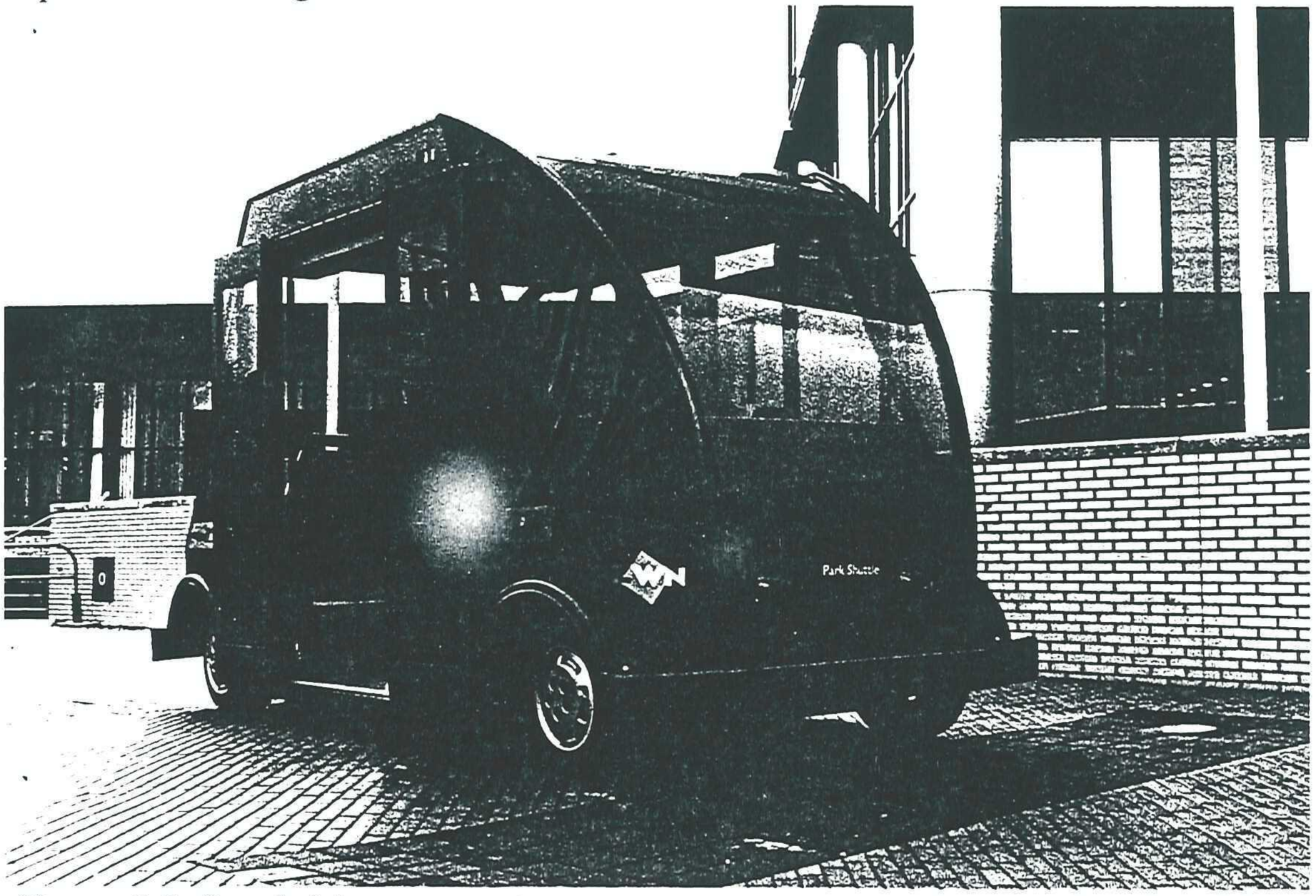
De baan wordt fysiek afgescheiden door middel van een hekwerk van beperkte hoogte (± 1 meter) en een groenstrook. De baan is enkelstrooks ter breedte van een voertuig met aan beide zijden een veiligheidsruimte. De grootte hiervan komt aan de orde in hoofdstuk 4. Op drie plaatsen bevindt zich een passeerplaats om de voertuigen elkaar te kunnen laten passeren.

Figuur 3.4: Tracé ParkShuttle



Voertuig

Het traject wordt bereden met drie voertuigen. De voertuigen beschikken over vier wielen met rubberbanden waarvan de voorwielen gestuurd zijn. De aandrijving alsmede besturing van de wielen geschiedt met behulp van elektromotoren. De elektromotoren worden door middel van oplaadbare accu's gevoed.



Figuur 3.5: People Mover voertuig

Ieder van de voertuigen biedt plaats aan acht passagiers, waarvan zes zitplaatsen en 2 staanplaatsen. Eventueel kan een rolstoel op deze twee staanplaatsen geplaatst worden. Het voertuig heeft een lage vloer die een gelijkvloerse instap mogelijk maakt vanaf een licht verhoogd halteperron. Aan één zijde van het voertuig bevindt zich een automatische deur. Deze deur is tijdens de rit vergrendeld en opent alleen tijdens haltering of in geval van nood onderweg bij stilstand.

Het gebruik van het voertuig valt te vergelijken met een horizontale lift. Een gebruiker roept een voertuig op middels een druk op een knop op de oproepconsole. De bestemming wordt dan ingegeven door een druk op een knop in het voertuig. Bij het bereiken van elke gekozen bestemming wordt de haltenaam aan de reizigers duidelijk gemaakt op een display en worden de deuren automatisch geopend. Bij onregelmatigheden kunnen de reizigers contact opnemen door een intercom met de beheercentrale. In noodsituaties kan het voertuig worden gestopt door ingrijpen van de operator of de passagiers.

Een operator in de beheercentrale houdt toezicht op de gang van zaken. Naast een intercom waardoor communicatie in twee richtingen mogelijk is, beschikt het voertuig over een camera.

TU Delft

Hiermee kan zowel het interieur van het voertuig als een deel van de baan voor het voertuig overzien worden door de operator.

Karakteristieken

Afmetingen:

- Voertuigafmetingen: 5,5x2,3x2,7 (lxbxh) m
- Belading : 6 tot 10 personen (6 zitplaatsen plus 24 staanplaatsen)
- Maximaal laadgewicht: 900 kg (bewaakt door sensor)
- Maximaal voertuiggewicht: 2500 kg (leeg)
- Maximale wieldruk: 850 kg

Snelheid

- Maximale rijsnelheid: 7,5 m/s
- Minimale rijsnelheid: 0,1 m/s
- Kruissnelheid: 7,0 m/s
- Positioneringsnelheid: 0,1 m/s
- Acceleratie: tussen 0,7 en 1,2 m/s^2
- Decelleratie: tussen 0,7 en 1,2 m/s^2
- Noodremvertraging: 5 m/s^2
- Noodstop op volle snelheid: < 15 m

Diversen

- Batterij laden: < 8 uur
- Type batterij: lood-zwavelzuur accu
- Actieradius: 70-100 km
- Responstijd noodstopcircuit: < 10 ms
- Responstijd bumper: < 10 ms
- Openen voertuigdeuren: < 4 s
- Sluiten perrondeuren: < 4 s

Besturing

Er is gekozen voor een automatisch elektrisch aangedreven vervoersysteem onder supervisie van het FROG systeem. Dit systeem wordt onder andere toegepast bij de Delta containerterminal van Euro Combined Terminals (ECT) in de Rotterdamse haven voor automatische besturing van 50 containerwagens (AGV's, automated guided vehicles). Verder wordt het systeem (overdekt) gebruikt bij de besturing van automatische voertuigen (bv. voorraadkarren) in diverse bedrijven over de hele wereld. De toepassing bij ECT in Rotterdam is de enige toepassing in de buitenlucht. Het systeem heeft zichzelf intussen bewezen. De centrale besturingscomputer (SuperFROG) stuurt de individuele voertuigen aan afhankelijk van de transportvraag.

FROG staat voor 'Free Ranging On Grid', wat betekent dat het systeem zich richt op herken-

ningspunten die in het wegdek zijn aangebracht, zogeheten transponders. De transponders vormen een elektronische plattegrond van het tracé. Een computer aan boord van het voertuig kan een route plannen op deze kaart van A naar B als de uitgangspositie van het voertuig bekend is. Als het voertuig gaat rijden meet het de afgelegde weg door middel van encoders die het aantal wielomwentelingen tellen. Bij bochten in de route kan via de wiel-uitslag de baan van het voertuig berekend worden. Dit systeem is niet volledig nauwkeurig. Door variaties in wielomtrek, belading van het voertuig of oneffenheden in de baan krijgt het voertuig een afwijking in positie ten opzichte van de berekening.

Door de onnauwkeurigheden in positieberekening is het nodig om een aantal ijkpunten te hebben (transponders) waar het voertuig de berekende positie corrigeert met de gemeten positie, eventueel door bij te sturen. De transponders worden met behulp van een antenne aan de onderzijde van het voertuig gemeten. Als de transponders op een onderlinge afstand van 4 meter op de rechte stukken en 2 meter in de bochten liggen heeft het voertuig een maximale uitwijking van 2 à 3 cm. Zo kan het voertuig bij een halte ook strak langs het perron halteren. Ieder voertuig kan dus zelfstandig zijn route vinden.

Ieder voertuig moet de volgende (besturings-) functies kunnen vervullen:

- automatisch naar opgegeven bestemming rijden,
- deuren van voertuig en perron bedienen,
- interieur uitrusting verzorgen (licht, luchtverversing en verwarming),
- voertuig status bij veranderingen en op vaste intervallen doorgeven aan SuperFROG,
- passagiersbedieningspaneel opdrachten afhandelen (deur open/dicht, bestemmingsknoppen, noodstopknoppen),
- obstakels detecteren, zodat veilig gestopt kan worden met het voertuig,

Het voertuig beschikt over een aantal systemen om te meten of de baan voor het voertuig vrij is. Ten eerste zit er een obstakeldetectiesysteem op ieder voertuig dat de baan voor het voertuig aftast op obstakels. Daarnaast zitten er op beide hoeken aan de voorzijde van het voertuig ultrasoon sensoren om een gedeelte aan de zijkant van de te rijden baan te bewaken. Als een obstakel gemeten wordt, stopt het voertuig. De maximale vertraging waarmee het voertuig stopt hangt af van de afstand tot het obstakel. Dit komt aan de orde bij de bespreking van de veiligheid van het systeem. Als laatste is het bumpersysteem aan voor- en achterzijde zo uitgevoerd dat het voertuig onmiddellijk stopt bij indrukking van de bumpers.

De rij-opdrachten voor de voertuigen worden door een overkoepelend computersysteem (SuperFROG) beheerd. Deze centrale besturing heeft de volgende functies:

- positie en status van voertuigen op plattegrond registreren,
- aanvragen van de oproepconsoles verwerken en rijopdracht en te volgen route aan voertuigen toekennen.

Samenvattend verzorgt het besturingssysteem in het voertuig het werkelijke rijden op de transponders en de positiebepaling. Eén van de grootste voordelen van het FROG systeem is de beperkte communicatie die nodig is voor het automatisch laten rijden. De centrale computer zorgt alleen voor de coördinatie van voertuiginzet in het lijnennet. Dit is de enige functie waarvoor nog communicatie nodig is met de centrale computer. De besturing van de AGV's bij ECT geschiedt centraal en vergt meer communicatie.

ParkShuttle

In het vervolg zal aan het gekozen people mover systeem gerefereerd worden als de ParkShuttle. Deze naam is gekozen omdat de people mover vanwege een omvangrijke publiciteitscampagne een eenduidige, korte naam nodig had. In de naam komt zowel de verbinding (SHUTTLE-dienst in eerste fase) en de bestemming naar voren (business PARK).

3.6. *Evaluatie*

In het hierna volgende hoofdstuk 4 is een evaluatie van het gekozen people mover systeem gegeven. Aandachtspunt zijn de vervoerkundige, veiligheidstechnische, economische en juridische haalbaarheid.

---

1. Schrijnen, ir. P.M., *Vraag en vraagbeheersing infrastructuur*, oktober 1995
2. Rigo Research en Advies B.V., *Verkenning naar de automated people movers*, mei 1995
3. BRO adviseurs, *Collectief vervoer Rivium-Brienenoord business park Capelle a/d IJssel*, december 1993

4. Evaluatie Parkshuttle

4.1. *Inleiding*

Bijzonder aan dit onderzoek is dat de voor een bepaalde (openbaar) vervoer relatie reeds een exploitatievorm is gekozen zonder vooraf een gedetailleerde vervoervraag analyse te maken. De reden hiervoor is al aan de orde gekomen, maar de vraag hoe groot de huidige en de toekomstige vervoervraag is of gaat worden is onbeantwoord. Paragraaf 4.2 besteedt aandacht aan de vervoerkundige haalbaarheid op de relatie van Kralingse Zoom naar het Rivium. In paragraaf 4.3 wordt aandacht besteed aan de kosten van exploitatie vergeleken met gangbare vormen van openbaar vervoer.

Naast de evaluatie van het systeem is een kritische beschouwing van de systeemkarakteristieken van de ParkShuttle van belang. De technische veiligheid komt in 4.4 aan de orde, welke voorzieningen kunnen voor zowel de reiziger als voor de omgeving de risico's beperken. De ruimtelijke implicaties die de inpassing van een systeem als de ParkShuttle met zich mee brengt staan beschreven in paragraaf 4.5. De reizigersacceptatie wordt kort belicht in 4.6 waarna 4.7 een overzicht geeft van de juridische haalbaarheid. De afsluiting van dit hoofdstuk wordt gevormd door een conclusie over het systeem ParkShuttle, zonder in te gaan op de gelijkvloerse kruising.

4.2. *Vervoerkundige haalbaarheid*

Twee belangrijke vragen die spelen bij de vervoerkundige haalbaarheid zijn:

1. Wat is de invloed van het systeem op het aandeel van het openbaar vervoer in de woon-werkverplaatsing, m.a.w. hoe groot is de vervoervraag?
2. Kan het systeem voldoen aan de huidige en toekomstige vervoervraag, m.a.w. hoe groot is de capaciteit van het systeem?

4.2.1. Vervoervraag

De maatgevende vervoervraag voor de ParkShuttle is vooral afhankelijk van een combinatie van twee factoren:

1. totaal aantal werkenden in het Rivium
2. reistijdverhouding auto/ openbaar vervoer/ fiets, lopen

De invloed van het aantal werkenden in het Rivium is duidelijk; zonder werkenden geen vervoervraag. Het huidige of te verwachten aandeel openbaar vervoer vermenigvuldigd met het huidige of te verwachten aantal werkenden geeft het huidig en toekomstig aantal OV reizigers.

Ook buiten de spits zijn er reizigers te verwachten, met name in de lunchpauze. Verder zullen gedurende de hele dag zakelijke reizigers gebruik maken van het systeem. Deze specifieke

vervoervraag wordt echter buiten beschouwing gelaten omdat deze geen invloed heeft op de maatgevende vervoervraag per drukste uur of zelfs per drukste kwartier.

Het aandeel openbaar vervoer in de modal-split wordt in belangrijke mate bepaald door de verschillen in verplaatsingsweerstanden tussen verschillende modaliteiten. In feite wordt het aandeel in de modal-split ook bepaald door wijze van bepaling van modal-split (aandeel in aantal verplaatsingen of aandeel in aantal verplaatsingskilometers), maar omdat het hier over dezelfde woon-werkverplaatsing gaat, wordt dit buiten beschouwing gelaten. Een verplaatsingsweerstand is een offer in tijd en geld (en ongemak) voor het maken van een bepaalde verplaatsing. Zoveel te kleiner de verplaatsingsweerstand op een bepaalde relatie, zoveel te groter de kwaliteit van de verbinding op die relatie en zoveel te groter het aandeel van desbetreffende vervoerwijze in de modal-split.

Aantal werkenden

In juli 1996 bedroeg het aantal werkenden in het Rivium 3898 personen(1). Uit gesprekken met de gemeente Capelle blijkt dat het aantal sinds die tijd slechts beperkt is toegenomen. De grote kantoorgebouwen die er nu staan waren toen ook al gerealiseerd en in gebruik genomen. In dit getal zitten een aantal werkenden die wel bij een bedrijf in het Rivium geregistreerd staan, maar die bijna nooit in het Rivium aanwezig zijn. Het gaat hierbij om medewerkers in buitendienst. Uit een inventarisatie naar de aard van de bedrijven en de aantallen werkenden per bedrijfsvloeroppervlak komen twee bedrijven naar voren met veel medewerkers in de buitendienst, te weten Hago (een schoonmaakbedrijf) en Van Rietschoten en Houwens (een installatiebedrijf). Totaal gaat het om ongeveer 1000 mensen.

Het huidige totaal aantal werkenden (per februari 1997) komt hiermee uit op ongeveer 3000 personen, welke waarde als aanname wordt genomen.

Het toekomstig aantal werkende personen kan slechts worden geschat, omdat dit aantal afhangt van de invulling van de nu nog lege plekken in het Rivium. In het hele gedeelte Rivium Zuid is ongeveer 55% van de totale oppervlakte uit te geven grond nog leeg. De verdeling van de lege plekken over het gebied is ongeveer gelijkmatig. Aangenomen wordt dat de toekomstige bebouwing ongeveer hetzelfde karakter zal hebben als de bestaande, met dezelfde dichtheden.

De aannames maken dat het Rivium in de eindsituatie ongeveer zal beschikken over:

$$\left(3000/45\right)*100\% = 6700 \text{ arbeidsplaatsen}$$

Openbaar vervoer aandeel in modal-split

De reistijdverhouding tussen openbaar vervoer en auto varieert met de herkomst. De OV reiziger doet gemiddeld 45 minuten over de verplaatsing naar het Rivium. Wat is nu de verbetering als gevolg van de aanleg van de ParkShuttle?

Voor de berekening van de verplaatsingsweerstand wordt de verplaatsingstijd per openbaar vervoer (reistijd) omgerekend in de gewogen reistijd. Deze gewogen reistijd geeft een vergelijking van het verplaatsingsoffer voor de verschillende openbaar vervoerwijzen. Uit de zuivere verbetering van de reistijd door toepassing van de people mover volgt het nieuwe aandeel openbaar vervoer. Dit nieuwe aandeel openbaar vervoer geeft in combinatie met het toekomstig aantal werkenden een toekomstige vervoervraag.

Gewogen reistijd

Het Randstadmodel[1] gebruikt voor de bepaling van de gewogen reistijd onderstaande formule.

$$Grt = T_r + 2(T_v + T_n) + 3T_w + 2T_{oa}$$

Waarin:
- Grt = gewogen reistijd
- T_r = rijtijd
- T_v = voortransporttijd
- T_n = natransporttijd
- T_w = wachttijd
- T_{oa} = looptijd bij overstappen

In dit model wordt de wachttijd drie keer zo zwaar gerekend als de reistijd. De voor- en natransporttijden en de looptijd bij overstappen gelden als twee keer zo zwaar als de pure reistijd. De genoemde formule is gebaseerd op verzamelde gegevens van een veelheid aan relaties en OV modaliteiten. Het nadeel van een dergelijke algemene formule is dat de uitkomsten slechts een globale indruk geven van een verplaatsingsweerstand voor een bepaalde modaliteit zoals een specifieke reiziger die ervaart voor een specifieke relatie.

Zoals in hoofdstuk 2 beschreven is, bestaat het laatste deel van de openbaar vervoer verplaatsing naar het Rivium uit een rit met de pendelbus ofwel met bus 98. Beide vervoermiddelen rijden ongeveer even frequent en hebben bij benadering dezelfde rijtijd. Groot verschil is echter dat de pendelbus de reiziger voor de deur van het bedrijf aflevert terwijl de reiziger bij gebruik van lijn 98 de afstand van de halte Riviaduct naar het bedrijf moet lopen. Het is daarom de vraag of een factor 2 voor de extra looptijd bij gebruik van lijn 98 wel voldoende is om het ongemak van de verplaatsing te voet te representeren.

Voor de berekening van de gewogen reistijd treedt een probleem op, namelijk dat de pendelbus en lijn 98 vanaf Capelse Brug rijden en de ParkShuttle vanaf Kralingse Zoom. Dit wordt verdisconteerd door de gemeten spreiding in de herkomsten van de reizigers. Gebleken is dat 70 % van de reizigers uit de zuidelijke richting komt (= vanaf Churchillplein/Marconiplein) en 30% vanuit de noordelijke richting2. Die 70% zou dus eerder uit de metro stappen als de ParkShuttle gaat rijden.

1. DHV Milieu- en Infrastructuur
2. postcodegegevens uit enquete (H2)

De busverbinding vanaf Rotterdam CS naar het Rivium wordt buiten beschouwing gelaten omdat hier slechts zeer weinig mensen gebruik van maken. In de toekomstige situatie zal hier weinig aan veranderen, te meer omdat lijn 98 niet halteert op Kralingse Zoom.

In onderstaande Tabel 4.2 staan de uitkomsten voor de berekening van de verplaatsingsweerstand voor de verplaatsing naar Rivium. Voor de precieze berekening van deze waarden wordt verwezen naar bijlage 5. De reistijd is zowel ongewogen als gewogen uitgerekend. De gewogen reistijd is op twee manieren uitgerekend: op de reeds beschreven manier zoals in het Randstadmodel en met de factoren zoals die bepaald zijn in een onderzoek van de TU Delft naar de weging van tijdelementen in openbaar vervoer verplaatsingen door reizigers (2). Uit dit onderzoek komt de volgende gewichtenset naar voren voor wat betreft de waardering van een reiselement ten opzichte van één minuut reistijd:

voortransport:	2.2
wachttijd op instaphalte:	1.5
natransport:	1.1
looptijd bij overstap:	2.3
wachttijd bij overstap:	1.3
per overstap:	5.7

Tabel 4.1: wegingsfactoren tijdelementen in openbaar vervoer (bron: J. van der Waard, Onderzoek weging tijdelementen, 1988)

Onderstaand zijn drie tabellen weergegeven voor drie vervoerwijzen, in Tabel 4.2 de pendelbus, in Tabel 4.3 lijn 98 en in Tabel 4.4 de ParkShuttle.

Vervoerwijze	Pendelbus			Pendelbus			Pendelbus gemiddeld		
Reistijdcomponenten (min)	Capelse Brug - Rivium			Kralingse Zoom - Rivium			0.3*(CB-Riv) +0.7*(KZ-Riv)		
rijtijd T_r	6	6	6	6+2	8	8			
natransporttijd T_n	0.5	1	0.6	0.5	2	0.6			
wachttijd T_w	6.5	19.5	8.5	6.5+1	22.5	9.8			
looptijd overstap T_{oa}	1	2	2.3	2	4	4.6			
overstap			5.7			5.7			
ongewogen reistijd	14			18			**16.8**		
GRt (1-2-3)		28.5			36.5			**34.1**	
GRt (v/d Waard)			23.1			28.7			**27.0**

Tabel 4.2: Gewogen reistijd pendelbus (berekend)

Vervoerwijze	Lijn 98			Lijn 98			Lijn 98 gemiddeld		
Reistijdcomponenten (min)	Capelse Brug - Rivium			Kralingse Zoom - Rivium			0.3*(CB-Riv) +0.7*(KZ-Riv)		
rijtijd T_r	3	3	3	3+2	5	5			
natransporttijd T_n	4.5	9	5.0	4.5	9	5.0			
wachttijd T_w	7.5	22.5	9.8	7.5+1	25.5	11.1			
looptijd overstap T_{oa}	1	2	2.3	2	4	4.6			
overstap			5.7			5.7			
ongewogen reistijd	16			20			**18.8**		
GRt (1-2-3)		36.5			43.5			**41.4**	
GRt (v/d Waard)			26.8			31.4			**30.0**

Tabel 4.3: Gewogen reistijd lijn 98 (berekend)

Vervoerwijze	ParkShuttle			ParkShuttle			Parkshuttle gemiddeld		
Reistijdcomponenten (min)	Capelse Brug - Rivium			Kralingse Zoom - Rivium			0.3*(CB-Riv) +0.7*(KZ-Riv)		
rijtijd T_r	3+2	5	5	3	3	3			
natransporttijd T_n	2	4	2.2	2	4	2.2			
wachttijd T_w	1.5+1	7.5	4.3	1.5	4.5	4.3			
looptijd overstap T_{oa}	1+1	4	4.6	1	2	1.3			
overstap			5.7			5.7			
ongewogen reistijd	11.5			7.5			**8.7**		
GRt (1-2-3)		20.5			13.5			**15.6**	
GRt (v/d Waard)			21.8			16.5			**18.1**

Tabel 4.4: Gewogen reistijd ParkShuttle (berekend)

Uit deze berekende waarden voor de gewogen reistijden volgt dat de toepassing van de Park-Shuttle een behoorlijke verbetering van de ervaren natransporttijd oplevert. Dit zal in principe een positief effect hebben op het aandeel van het openbaar vervoer in de verplaatsingen van en naar het Rivium. Om een oordeel te kunnen vellen over de mate waarin dit positieve effect leidt tot een overstap van andere vervoerwijzen naar het openbaar vervoer, is het noodzakelijk dit verschil af te zetten tegen de totale duur van de woon-werk verplaatsing.

In de huidige situatie doen de openbaar vervoer gebruikers 45 minuten over de woon-werk verplaatsing. Deze waarde van 45 minuten is aan de hoge kant, omdat de gemiddelde reistijd per openbaar vervoer hoger wordt door enkele geënquêteerden die met de trein vanuit Brabant en Utrecht komen. Zij hebben een relatief grote invloed op het gemiddelde. Het merendeel van de reizigers komt echter uit de regio Rotterdam. Als de uitschieters worden weggelaten gaat de gemiddelde reistijd terug naar 42 minuten. Op deze manier komt de verbetering van Vf-factor van bijna de hele groep representatief naar voren.

In de waarde van 42 minuten is opgenomen een verplaatsing met de Rivium pendelbus van 6 minuten, een wachttijd op de pendelbus van 7.5 minuten, een looptijd naar kantoor van 0.5 minuten en een looptijd bij overstappen van 1 minuut (gemiddelde waarden). Samen is dit 15 minuten. Voor de rest van de verplaatsing blijft nog 27 minuten over.

Deze 27 minuten wordt verondersteld als volgt te zijn opgebouwd:
3 minuten voortransport,
4 minuten wachttijd,
2 minuten overstaptijd en
18 minuten reistijd.
Ter illustratie levert dit een gewogen reistijd van $(3+2)*2 + 4*3 + 18 = 40$ minuten.

Verplaatsingstijdfactor

De verplaatsingstijdfactor (Vf-factor) geeft de verhouding weer tussen de reistijd met het openbaar vervoer en de reistijd met de auto op een bepaalde relatie. In formulevorm:

$$Vf = \frac{\text{Reistijd (OV)}}{\text{Reistijd (auto)}}$$

Het aandeel van het openbaar vervoer varieert met de grootte van deze Vf-factor. Als de factor groot is, zal bijna niemand met het openbaar vervoer gaan; als de factor ongeveer één of zelfs kleiner dan één is gaat het aandeel openbaar vervoer omhoog. Dit verband wordt uitgezet in de Vf-curve, waarin het aandeel openbaar vervoer als functie van de Vf-factor staat. Een voorbeeld van een Vf-curve is gegeven in bijlage 6. Voor de Vf-factor geldt hetzelfde als voor de gewogen reistijd formule, namelijk dat slechts een globale indruk gegeven wordt over de overstap van auto naar openbaar vervoer bij verbetering van de openbaar vervoer reistijd. Een Vf curve is geen absolute waarheid. Aangenomen wordt dat de Vf curve in ieder geval een indicatie geeft van de grootte van de toekomstige vervoervraag, zeker gezien het grote verschil in gewogen reistijd.

Voor de situatie in het Rivium is de reistijd met de auto onbekend. Wel bekend is:
- De reistijd met het openbaar vervoer,
- Het aandeel van het openbaar vervoer in de verplaatsingen.

De gemeente Capelle schat het openbaar vervoer aandeel op 5 %. Dit is een waarde die ongeveer overeenkomt met de tellingen: Op een totaal van 3000 werkenden in het Rivium maken er ongeveer 150 mensen gebruik van de pendelbus. Dit levert een OV aandeel op van 180/3000 = 6 %. Dit wordt verder aangehouden als modal-split aandeel omdat de schatting van de gemeente gebaseerd is op een schatting van aantallen reizigers en werkenden. De waarde van 6 % heeft een nauwkeuriger berekening als achtergrond.

De reistijd met de auto volgt nu uit de Vf-factor (Vf-curves zijn opgenomen in bijlage 6).

De Vf-factor voor de huidige situatie is 2,8 (OV aandeel samen met OV reistijd).

<=> reistijd met de auto= $^{42\ min}/_{2,8}$ = 15 minuten

toekomstige reistijd met het openbaar vervoer 42 - 7.5 = 34.5 minuten

<=> Vf-factor wordt nu = $^{34,5}/_{15}$ = 2,3

Uit de Vf-curves in bijlage 6 volgt nu dat het aandeel van het openbaar vervoer door deze reistijdverbetering waardoor de Vf-factor afneemt tot 2,3 kan toenemen tot 10 %.

Deze waarde is waarschijnlijk nog aan de lage kant omdat een aantal invloedsfactoren niet zijn meegenomen:

- De reductie in wachttijd door de hogere frequentie wordt niet zwaarder meegenomen dan de reductie in zuivere reistijd. Bij de gewogen reistijd telt wachttijd en overstaptijd zwaarder dan zuivere reistijd. De berekende toename van het OV-aandeel tot 10 % is alleen gebaseerd op de absolute (ongewogen) tijdswinst.
- Het nieuwe en innovatieve aan het people mover systeem zal in de eerste fase extra reizigers aantrekken.
- De people mover biedt meer comfort dan de pendelbus.
- De verbinding vanaf Kralingse Zoom is voor veel (potentiële) reizigers gunstiger dan vanaf Capelse Brug. De winst in reistijd is berekend als verschil in natransporttijd vanaf het metrostation. Het verschil in reistijd doordat de meerderheid van de reizigers eerder uit de metro kan stappen is niet meegenomen.

Conclusie vervoervraag

De gegevens zijn nu beschikbaar om de vervoervraag bij het geplande tracé te berekenen. Een toename van 6 naar 10 % van het aandeel openbaar vervoer betekent 300 in plaats van 180 passagiers per dag. Aangenomen wordt dat de verdeling van de reizigers over de dag gelijk zal blijven. Het drukste spitsuur is in de ochtend van 8.00 tot 9.00 uur3 . Het gaat hier om 120 mensen per uur per richting. Dit worden er bij een toename van het OV-aandeel tot 10 % een aantal van 200 per uur per richting. Het ParkShuttle systeem moet dus in ieder geval berekend zijn op deze vervoervraag. De volgende paragraaf gaat in op de capaciteit van het systeem.

In de eindsituatie als alle kantoorbebouwing gerealiseerd is, komt het dagelijks aantal reizigers met de ParkShuttle op 700. Voorwaarde voor dit aantal reizigers is wel dat dezelfde kwaliteit geleverd wordt als in de situatie met 300 reizigers. Dit betekent meer voertuigen om de reizigers te kunnen afvoeren en dezelfde frequentie te kunnen bieden.

3. Gemeten tijdens de enquete

	aantal reizigers	drukste spitsuur
Huidige situatie (pendelbus)	180	120
Toekomstige situatie (alleen ParkShuttle)	300	200
Toekomstige situatie (ParkShuttle en toename aantal werkenden)	670	420

Tabel 4.5: aantallen reizigers nu, na aanleg ParkShuttle en in de eindsituatie (berekend)

4.2.2. Capaciteit

Het geplande systeem moet de huidige en toekomstige vervoervraag aankunnen. Er zijn een aantal factoren die de capaciteit in reizigers per uur per richting van het systeem bepalen:

- aantal voertuigen per uur (frequentie),
- capaciteit per voertuig.

De capaciteit per voertuig staat vast. Er is plaats voor zes zittende reizigers en twee staande. Eventueel kunnen er ook drie of vier reizigers per rit staan. De capaciteit van het voertuig is daarmee 10 passagiers. Deze 10 passagiers zijn wel het maximum, vooral met het oog op comfort.

Invloedsfactoren

Het aantal voertuigen per uur per richting hangt af van de omlooptijd van een voertuig en van het aantal voertuigen dat ingezet wordt. Het aantal voertuigen dat in eerste fase ingezet wordt is drie. De omlooptijd van een voertuig hangt af van:

rijsnelheid tussen haltes. De maximum snelheid bedraagt 7,5 $^{m}/_{s}$, maar vanwege bochten en hellingen in het tracé wordt 6 $^{m}/_{s}$, aangenomen,
optrek- en afremkarakteristieken. Als standaard voor optrekken geldt 1,0 m/s^2 . De decellera-tie is eveneens 1,0 m/s^2,
aantal haltes. Dit zijn er in de beginfase twee, Rivium en Kralingse Zoom,
halteertijd. De halteertijd is afhankelijk van:
- het aantal passagiers dat instapt,
- de instapsnelheid,
- de tijd die het kost om de automatische deuren open en dicht te doen.

De standaardwaarde voor het openen en sluiten van de deuren zou beneden de 4 seconden moeten liggen. Aangenomen wordt 5 seconden. De totale halteertijd is gesteld op 30 seconden. Deze waarde is zo hoog (gemiddelde halteertijd tram is ongeveer 20 seconden) omdat beide haltes eindhaltes zijn waar de voertuigen moeten keren. Bij toekomstige tussenliggende haltes kan de halteertijd kleiner zijn, met een minimum van ongeveer 10 seconden,
totale trajectlengte. Deze bedraagt in eerste fase 1240 meter.

wachttijd onderweg. Door de beperkte aanwezigheid van passeerlocaties tussen de twee haltes bestaat de kans dat een voertuig moet wachten op een ander voertuig voordat het een bepaald baandeel mag oprijden.

Voor de afremkarakteristieken geldt de aanname van een constante remvertraging. Voor de versnelling is dezelfde aanname gedaan van een constante, snelheidsonafhankelijke versnelling. Dit is normaal gesproken niet juist; de versnelling neemt af naarmate de snelheid hoger wordt. De snelheden bij de ParkShuttle zijn echter relatief laag, zodat de aanname van een constante waarde voor de versnelling gerechtvaardigd is.

Het traject is volledig enkelbaans uitgevoerd met op drie plaatsen een passeerplaats. Dit is in eerste instantie vooral uit kostenoverwegingen gedaan. Daarnaast is er door het projectmanagement vanuit gegaan dat in eerste fase de aanleg van een enkelstrooks baan volstaat om de drie voertuigen te laten rijden zonder al te grote inbreuk op de capaciteit. In de volgende paragraaf wordt de capaciteit van het systeem bij een volledig dubbele infrastructuur uitgerekend, waarna een simulatie van de enkele baan met passeerplaatsen een indruk geeft van het verlies aan capaciteit door gedwongen wachten onderweg alsmede de meest ideale passeerlocaties. Voorafgaand aan de simulatie worden de invloedsfactoren op de omlooptijd en de mogelijkheden om die te beïnvloeden op een rij gezet.

Theoretische maximum capaciteit bij volledig dubbele baan

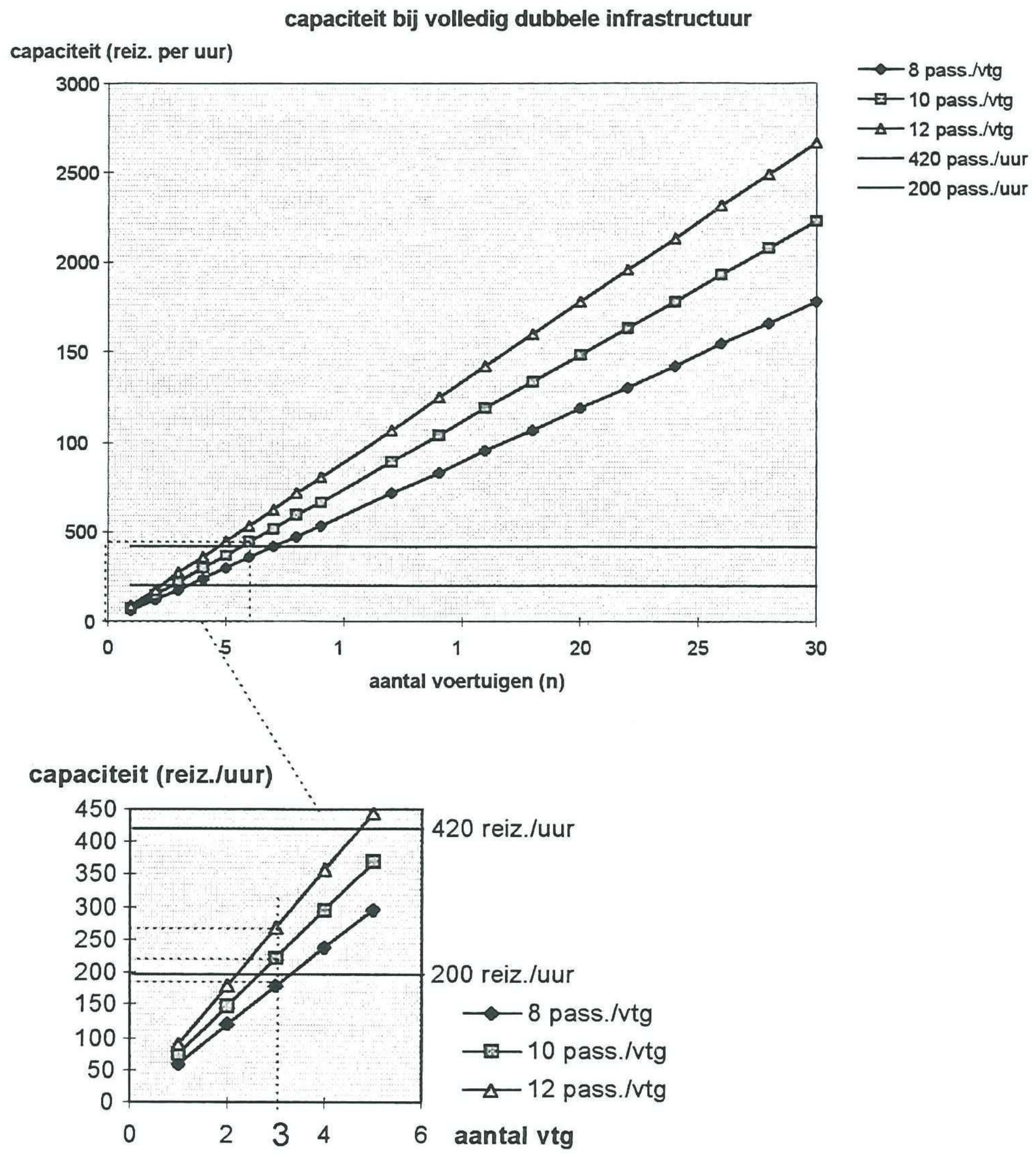
Bij volledige dubbele baan ondervinden de voertuigen geen hinder van elkaar. Dit geldt alleen als er voldoende ruimte is om te halteren, zodat voertuigen onafhankelijk van elkaar kunnen halteren. De omlooptijd wordt alleen bepaald door de rijtijd en de halteertijd.

Halteertijd	30 seconden * 2	60 seconden
tijd voor optrekken/afremmen	6 seconden * 4	24 seconden
afstand afgelegd tijdens optrekken/afremmen	18 meter * 4	72 meter
afstand af te leggen met 6 m/s	(1240 * 2- 72)	2408 meter
tijd daarvoor nodig	2408/6	401,33 seconden
totale omlooptijd	485 seconden	8 minuten en 5 seconden

De maximum capaciteit voor deze baan voor n voertuigen met een omlooptijd T_{omloop} wordt nu voor een voertuig met capaciteit $cap_{voertuig}$:

$$Capaciteit\ systeem = \left(3600/Tomloop\right) \times n \times cap_{voertuig}$$

Dit verband is uitgezet in Figuur 4.1 voor verschillende waarden van de capaciteit van het voertuig. Het is denkbaar dat de capaciteit gevarieerd kan worden door een andere inrichting van het voertuig. Daarom is gekozen voor de waarden 8, 10 en 12 reizigers per voertuig.



Figuur 4.1: Capaciteit als functie van het aantal voertuigen

Conclusie capaciteit dubbele baan

In bovenstaande Figuur 4.1 is af te lezen dat de maximale capaciteit bij inzet van drie voertuigen 220 reizigers per uur is, bij een capaciteit van 10 reizigers per voertuig. Dit geldt echter alleen voor de situatie met een volledig dubbele baan. De verwachting is dan ook dat de aanleg van dubbele infrastructuur volstrekt onontkoombaar is bij opening van het systeem, waar zonder uitbreiding van de kantoren reeds 200 reizigers in het drukste spitsuur gebruik van zullen maken.

Bij dubbele baan is de capaciteit bij inzet van drie voertuigen voldoende om de maximale spitsuurintensiteit op te vangen. Er bestaat wel een kans dat de wachttijden langer worden doordat een piek binnen het drukste spitsuur kan optreden.

Kruissnelheid

De belangrijkste factor in de omlooptijd van een voertuig is de constante (kruis)snelheid op het gedeelte tussen de haltes. Tabel 4.6 geeft een overzicht van de omlooptijd van een voertuig voor verschillende waarden voor acceleratie, decelleratie, kruissnelheid en halteertijd. Als de kruissnelheid opgevoerd zou kunnen worden levert dit een aanzienlijke besparing in omlooptijd op en dus een toename van de capaciteit van het systeem.

acceleratie (m/s^2)	1	1	1	2	0,8
decelleratie (m/s^2)	1	1	1	2	0,8
snelheid (m/s)	6	7,5	6	7,5	5
halteertijd (s)	30	30	60	20	40
acceleratietijd (s)	6	7,5	6	3,75	6,25
deceleratietijd (s)	6	7,5	6	3,75	6,25
acceleratie afstand (m)	18	28,125	18	14,0625	15,625
deceleratie afstand (m)	18	28,125	18	14,0625	15,625
afstand v = constant (m)	1204,00	1183,75	1204,00	1211,88	1208,75
rijtijd v = constant (m)	200,67	157,83	200,67	161,58	241,75
omlooptijd (s)	485,33	405,67	545,33	378,17	588,50
omlooptijd (min)	8,09	6,76	9,09	6,30	9,81

Tabel 4.6: bepaling omlooptijd voertuigen bij aanname van geen wachttijd onderweg

De snelheid wordt echter niet opgevoerd en wel om de volgende (technische) redenen:

1. de aandrijving van het voertuig geschiedt met behulp van elektromotoren. Als de snelheid opgevoerd wordt, betekent dit een afname van de actieradius van het voertuig. Dit is uit exploitatieve overwegingen niet wenselijk,
2. de vereiste positioneer-nauwkeurigheid legt een beperking op aan de maximale snelheid,
3. de obstakeldetectie sensor dekt slechts een beperkt gebied af. Met het toenemen van de snelheid moet het gedekte gebied toenemen. Dit kan alleen als er concessies aan de nauwkeurigheid gedaan worden. Dit is niet gewenst.

Conclusie kruissnelheid

Het verdient aanbeveling om de kruissnelheid niet verder op te voeren om twee redenen:

1. bovengenoemde redenen die voortkomen uit de systeemtechniek,
2. de positieve invloed van de korte wachttijd is groter dan de negatieve invloed van de iets langere ritduur.

Acceleratie en deceleratie

Het vergroten van de maximaal toelaatbare acceleratie- en deceleratie waarden heeft slechts een beperkte invloed op de omlooptijd van een voertuig. De invloed wordt groter naarmate het voertuig vaker optrekt en remt.

De waarden onder normaal bedrijf mogen een bepaald maximum niet overschrijden uit overwegingen van reizigerscomfort. De maximale waarden voor acceleratie en deceleratie van bestaande openbaar vervoerwijzen variëren tussen 1,0 en 1,3 m/s^2 (3). In noodgevallen bedraagt de vertraging vaak 2,0 tot 3,0 m/s^2. Voor de ParkShuttle geldt een noodremvertraging van 5,0 m/s^2 en voor een zogeheten snelle stop 2,0 m/s^2. Uit comfortoverwegingen en gezien de beperkte invloed van een grotere acceleratie en deceleratie wordt de waarde van 1,0 m/s^2 aangehouden.

Halteertijd

De toename van de halteertijd is recht evenredig met de toename van de totale omlooptijd. Als de halteertijd met 10 seconden toeneemt, neemt de omlooptijd met 20 seconden toe. De genoemde halteertijd van 30 seconden is het minimum bij een volledige bezetting van de ParkShuttle en bevat ook de keertijd van een voertuig bij de eindhalte[4].

Bij systemen met korte lijnen en dus een korte rijtijd tussen haltes is de invloed van de halteertijd groot. Des te langer de baan des te kleiner de invloed van de halteertijd. Bij een kleinere bezetting van het voertuig is een kortere halteertijd mogelijk omdat er dan minder mensen hoeven uit te stappen, maar bij het berekenen van de capaciteit telt de maximale bezetting van het voertuig.

Bij een uitbreiding van het lijnennet in de toekomst en de toevoeging van tussenhaltes dient de halteertijd zo klein mogelijk gemaakt te worden omdat de omlooptijd van de ParkShuttle anders te groot wordt. Dit heeft een negatief effect op de capaciteit van het systeem.

Wachttijd en passeerlocaties

De locatie van en het aantal passeerlocaties zijn van wezenlijk belang voor de capaciteit van het systeem. Voertuigen moeten in principe altijd door kunnen rijden, ondanks de enkele baan.

Passeerlocaties

In de beginfase van het project verzorgen drie voertuigen de dienst tussen Kralingse Zoom en het Rivium. Uitbreiding van het wagenpark met een vierde voertuig is reeds voorzien (4).
Voor de bepaling van de optimale locatie en aantal van passeerplaatsen is alleen de situatie waar het systeem op zijn capaciteit wordt belast van belang. Vanwege het vraag-afhankelijk karakter van het vervoer zullen de voertuigen zich buiten de spits zonder enige regelmaat over de baan bewegen. Eventuele wachttijden op passeerlocaties zijn geen bezwaar omdat er dan toch genoeg capaciteit geboden kan worden.

Bij het bepalen van de optimale passeerlocaties voor de belasting op capaciteit zijn een aantal zaken van belang:

- Voertuigen moeten zoveel mogelijk door kunnen rijden. Dit betekent dat twee voertuigen uit tegenovergestelde richting bij benadering tegelijk bij een passeerplaats moeten aankomen. Passeerplaatsen en stations dienen op tijdsgelijke afstanden te liggen.
- In de toekomst moeten uitbreidingen van het aantal voertuigen mogelijk zijn

---

4. de Ronde Bresser, ANT

- In de toekomst moeten uitbreidingen van de infrastructuur mogelijk zijn.
- Uit kostenoverwegingen dient het aantal passeerplaatsen beperkt te blijven.

De conclusie die uit deze punten getrokken kan worden is dat een optimalisatie van passeerplaatsloaties niet zinvol is zolang de definitieve systeemomvang niet bekend is. Een optimalisatie bij een bepaalde configuratie van de infrastructuur en een bepaald aantal voertuigen verliest zijn waarde bij uitbreiding van infrastructuur of aantal voertuigen.

Met nadruk wordt vermeld dat de optimalisatie van passeerlocaties niet tot een situatie zal leiden die de volledig dubbelbaans situatie benadert. De aanbeveling om de baan volledig dubbelbaans uit te voeren blijft gehandhaafd. De optimalisatie wordt alleen uitgevoerd omdat dit vanuit de opdrachtgever (ZWN) gevraagd werd.

4.2.3. Simulatie

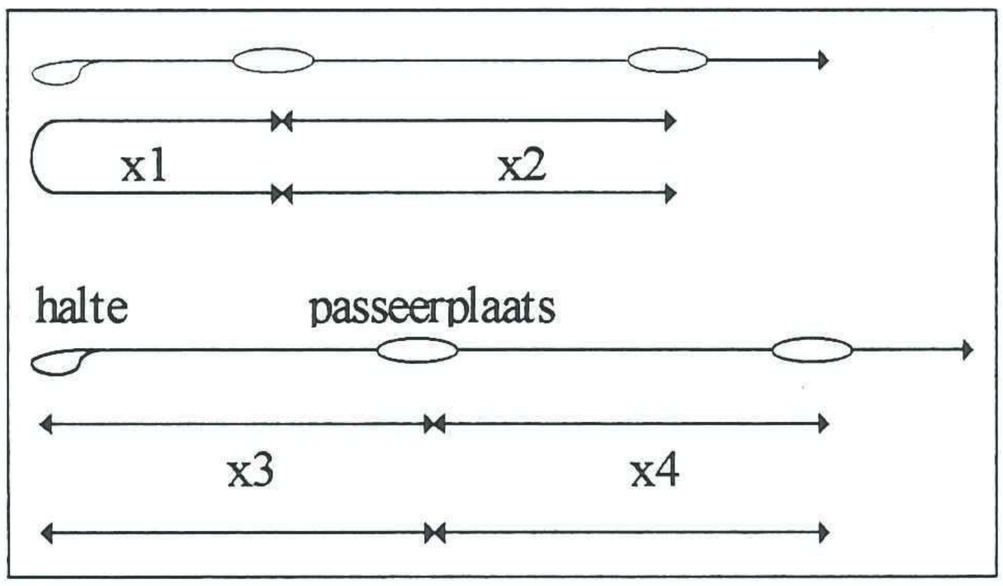
De handmatige berekening heeft betrekking op de 1240 meter baan van Kralingse Zoom naar het Rivium met een exploitatie met drie voertuigen. Er wordt gezocht naar een configuratie die zo min mogelijk wachttijd op passeerplaatsen en de kortste gemiddelde omlooptijd per voertuig.

De baan moet opgedeeld worden in tijdsgelijke delen omdat voertuigen tegelijk op een passeerplaats/halte moeten aankomen. In onderstaande Figuur 4.2 staan twee mogelijke varianten voor de opdeling van het traject in tijdsgelijke delen.

- De eerste mogelijkheid is om de tijd tussen twee passeerplaatsen even groot te maken als de tijd om van een passeerplaats naar de halte te rijden, te halteren en weer terug te rijden naar de passeerplaats.
  $t(x1) = t(x2)$ (strategie I)
- De tweede mogelijkheid valt uiteen in twee delen:
  $t(x3) = t(x4) = t(halteren)$ (strategie II)
  $t(x3) + \frac{1}{2} * t(halteren) = t(x4)$ (strategie III)

Waarbij geldt:
x1 = afstand passeerplaats-halte
x2 = afstand passeerplaats-passeerplaats
x3 = afstand passeerplaats-halte
x4 = afstand passeerplaats-passeerplaats

*t(x1) = tijd voor 2 * x1 + halteren*
t(x2) = tijd voor x2
t(x3) = tijd voor x3
t(x4) = tijd voor x4
t(halteren) = tijd om te halteren



Figuur 4.2: varianten voor opdelen traject in tijdsgelijke delen

Kort samengevat:

Strategie I De tijd die het kost om van passeerplaats naar passeerplaats te rijden is even groot als de tijd die het kost om van de passeerplaats naar een halte te rijden, te halteren en terug te rijden naar de passeerplaats.

Strategie II De tijd die het kost om van passeerplaats naar passeerplaats te rijden is even groot als de tijd die het kost om van de passeerplaats naar een halte te rijden en even groot als de tijd die het kost om te halteren.

Strategie III De tijd die het kost om van passeerplaats naar passeerplaats te rijden is even lang als de tijd die het kost om van de passeerplaats naar een halte te rijden plus de halve halteertijd.

Voor de drie verschillende mogelijke wijzen van opdeling van het traject is de maximaal haalbare frequentie berekend. Dit is gedaan door het verloop van de voertuigen in de tijd uit te zetten. Uit de trajecttijden tussen passeer- en halteplaatsen is dan de passeerplaatslocatie te berekenen. Uit kostenoverwegingen is ervoor gekozen het maximum aantal passeerlocaties te beperken tot drie.

Stappenplan handmatige simulatie:

1. traject opdelen in tijdsgelijke delen met x passeerplaatsen,
2. locatie van passeerplaatsen bepalen aan de hand van strategie y,
3. verloop van voertuigen in de tijd vaststellen (handmatig) door doorsnede in de tijd te maken met tijdstappen ter grootte van de tijd die het een voertuig kost om van passeerplaats naar passeerplaats te rijden,
4. uit dit verloop omlooptijd van een voertuig bepalen.

Dit is uitgevoerd voor x = 0, 1, 2, 3 en y = I, II of III, oftewel voor 0, 1, 2 en 3 passeerplaatsen en strategie I, II en III.

Tabel 4.7 geeft een overzicht van de maximale frequentie bij een bepaald aantal en configuratie van de passeerplaatsen en de bijbehorende capaciteit in personen per uur per richting.

aantal, strategie	omloop (s)	halteer (s)	frequentie	capaciteit	locatie 1	locatie 2	locatie 3
0-I	1236	606	6,87	87			
1-II	957	106	5,32	113	620		
1-I, 1-III	728	30	4,04	149	620		
2-I	728	30	4,04	149	257	985	
2-II	638	140	3,54	169	407	832	
2-III	485	30	2,69	223	377	862	
3-I	485	30	2,69	223	125	620	1115
3-II	638	53	3,54	169	301	620	939
3-III	485	30	2,69	223	256	620	984

Tabel 4.7: Maximale frequentie afhankelijk van aantal en locatie passeerplaats (berekend)

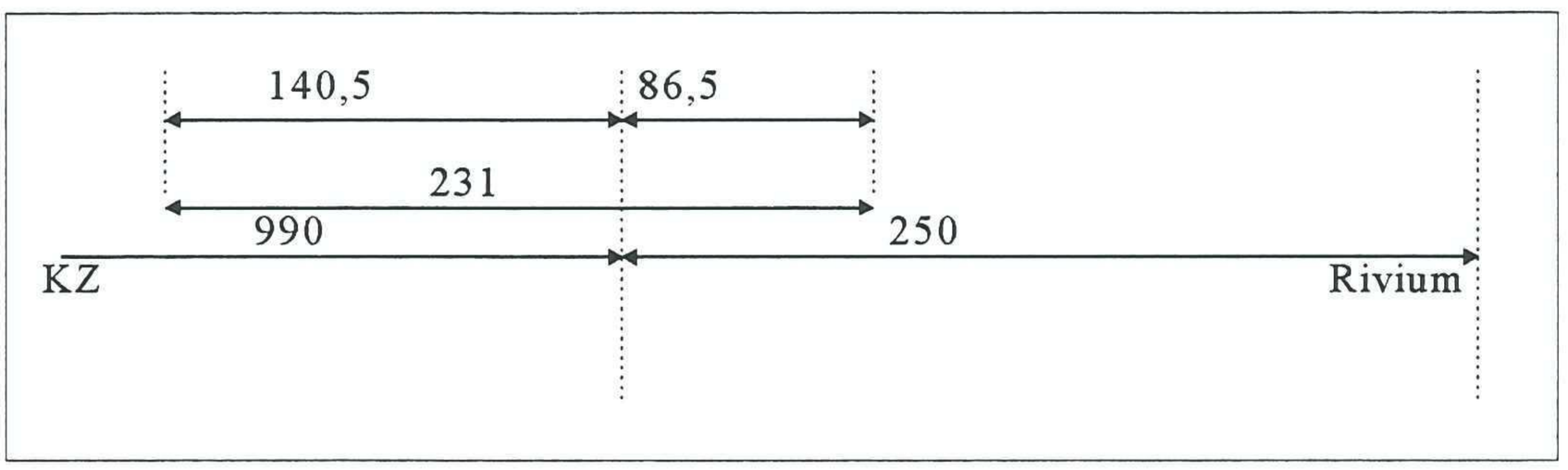
Conclusie passeerlocaties

Uit capaciteitsoverwegingen komen drie configuraties als beste naar voren:

- De situatie met twee passeerplaatsen en strategie III,
- De situatie met drie passeerplaatsen en strategie I,
- De situatie met drie passeerplaatsen en strategie III.

De keuze valt op de situatie met drie passeerplaatsen en strategie I en wel om de onderstaande redenen. Een tijd-weg diagram is op genomen in bijlage 7:

1. In de situatie met drie passeerplaatsen en strategie I is zonder enige moeite een extra voertuig in te passen met behoud van de korte omlooptijd per voertuig. Mede met het oog op een mogelijke toekomstige uitbreiding van het aantal voertuigen is dit een pluspunt.
2. De locatie van de passeerplaatsen komt voor een deel overeen met de optimale locaties van andere aantallen passeerplaatsen en locaties. Dit betekent dat het systeem bij een verstoring eenvoudig terug kan vallen op een ander stabiel systeem met een grotere omlooptijd (desbetreffende locaties staan cursief aangegeven).
3. Des te meer passeerlocaties, des te meer uitwijkmogelijkheden bij verstoringen.
4. De bestaande toekomstige ruimtelijke situatie levert een beperking op voor de passeerlocaties. Ter plaatse van de brug kan geen passeerplaats gerealiseerd worden. Vanaf Kralingse Zoom beslaat de brug het gedeelte van 749,5 meter tot 1076,5 meter. De brug inclusief aanbruggen heeft een lengte van 231 meter. Vanaf Rivium is er 163,5 meter beschikbaar om een passeerplaats in te realiseren en vervolgens 231 meter brug (5). In Figuur 4.3 staat de situering van de brug in het tracé weergegeven. De locatie van de passeerplaatsen conflicteert hier niet mee.



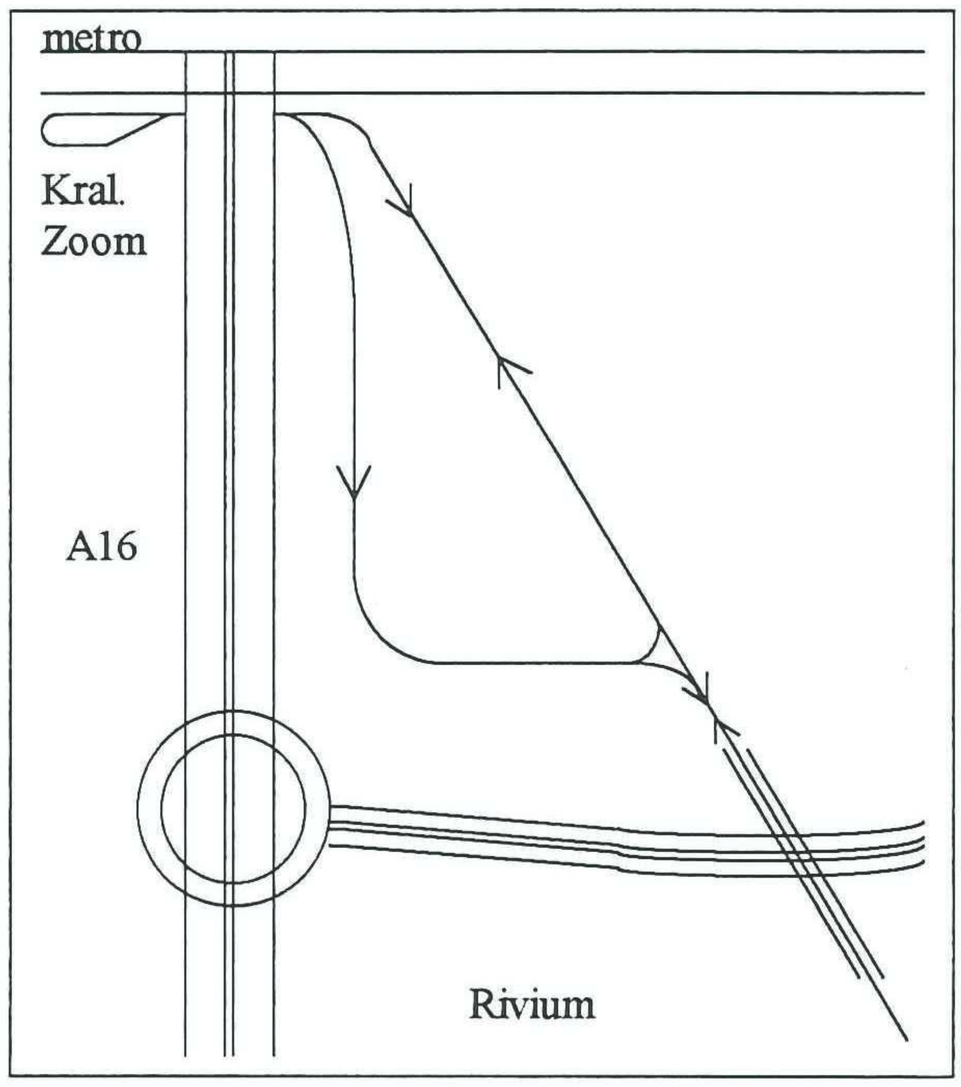
Figuur 4.3: Situering brug in tracé (berekend)

Hoe de passeerlocatie vormgegevn moet worden om een zo vlot mogelijke doorstroming te verkrijgen, komt aan de orde bij de bespreking van de obstakeldetectie in 4.4.

5 iv-consult, brug Rivium

Uitbreiding
In bovenstaande bepaling van passeerlocaties is geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat het net in de toekomst wordt uitgebreid. Uitbreiding van het net kan op meerdere manieren worden vormgegeven:

- Uitbreiding van het aantal halteplaatsen op het nu geplande tracé. Als de grond op Rivium Noord bebouwd gaat worden met kantoren bestaat bij de gemeente Rotterdam de wens om een halte van de ParkShuttle te realiseren aan het geplande tracé. Doordat een voertuig langer halteert bij een stop onderweg zijn de afstanden tussen passeerpunten en haltes niet meer tijdsgelijk.
- Uitbreiding van de infrastructuur en haltes in het Rivium. Bij een uitbreiding van het aantal haltes in het Rivium is het onmogelijk om de haltes op onderling tijdsgelijke afstanden te leggen. Reden hiervoor is het on-demand karakter van het vervoer; voertuigen halteren alleen bij haltes waar een aanvraag voor is gedaan. De halteertijd en optrek- en afremtijden zorgen voor verstoring van het regelmatige patroon.
- Het gedeelte Rivium Noord dat aan de gemeente Rotterdam is verkocht wordt in gebruik genomen als kantoorwijk (Brainpark III). Om voor een goede openbaar vervoerontsluiting van deze kantorenwijk te zorgen denkt de gemeente Rotterdam na over een ParkShuttle-lus. Deze zou er zoals in onderstaande Figuur 4.4 afgebeeld uit kunnen zien. Het is duidelijk dat de geoptimaliseerde passeerplaatslocatie bij realisatie van deze uitbreiding zijn nut verliest omdat er dan op een deel van het net eenrichtingsverkeer kan worden ingesteld.

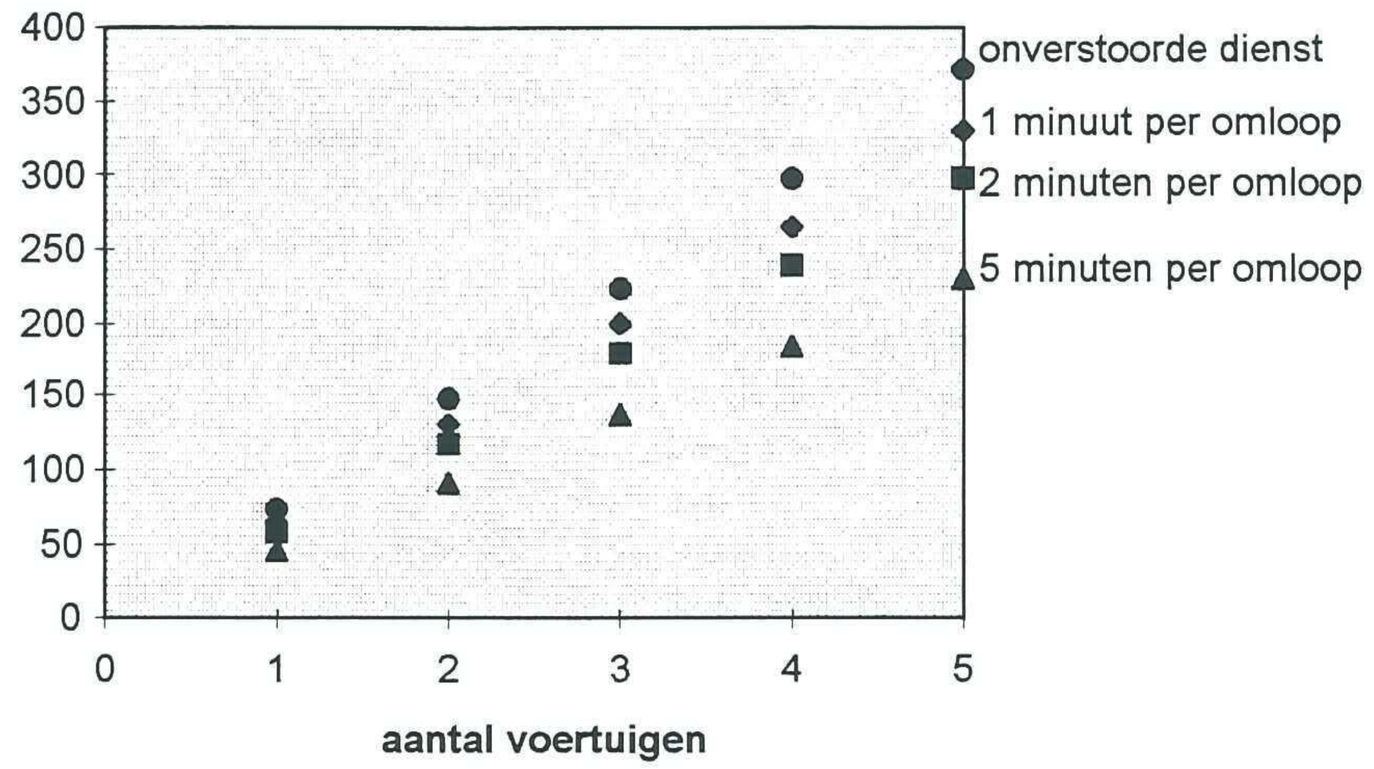


Figuur 4.4: uitbreiding Rivium Noord

Capaciteit drie voertuigen en enkele baan
De capaciteit in personen per uur per richting hangt af van de capaciteit per voertuig en het aantal voertuigen per uur per richting. Met drie voertuigen zijn er maximaal 3*3600/485 = 22,3 ritten te maken per uur per richting.

De totale capaciteit wordt hiermee 10 * 22,3 = 223 personen per uur per richting. Hierbij geldt dat er geen verstoringen mogen optreden, waarbij voertuigen op elkaar moeten wachten.

Capaciteit vier voertuigen en enkele baan
Bij vier voertuigen kan dezelfde omlooptijd gehaald worden als bij drie voertuigen, wederom met als randvoorwaarde dat er geen verstoringen optreden.



Figuur 4.5: Invloed vertraging per omloop op capaciteit

De totale capaciteit is nu 29.7 ritten per uur per richting. Dit komt overeen met 297 personen per uur per richting. Er is nu echter geen uitwijkmogelijkheid meer ingeval van verstoringen. Dit betekent dat een vertraging, opgelopen door één voertuig, direct doorwerkt op de andere voertuigen.

In bovenstaande Figuur 4.5 is de invloed van een vertraging op de capaciteit van het systeem weergegeven. De genoemde vertraging is aangebracht door alle voertuigen een toeslag op de omlooptijd te geven.

Een verstoring van 5 minuten per omloop van één voertuig, die vervolgens doorwerkt op alle andere voertuigen betekent dat slechts één op de drie voertuigen een vertraging hoeft op te lopen om alle voertuigen 5 minuten vertraagd te laten zijn. Aan de andere kant is het zo dat de vertragingen van afzonderlijke voertuigen niet optellen; de totale vertraging die alle voertuigen dan oplopen is gelijk aan het maximum van de vertragingen die afzonderlijke voertuigen oplopen.

4.3. *Economische haalbaarheid*

De economische haalbaarheid is vanwege het pilot-karakter van de ParkShuttle niet van belang. Toch is het interessant om een vergelijking van operationele kosten te maken om een uitspraak over de economische haalbaarheid en de eventuele economische voordelen van een geautomatiseerd systeem te kunnen doen. Als de (hoge) ontwikkelingskosten van de ParkShuttle in de toekomst wegvallen doordat het systeem meer toegepast wordt (schaalvoordelen) en de productie van het systeem gestandaardiseerd is (massaproductie, lagere kosten) kan het

toepassen van de ParkShuttle ook bedrijfseconomische voordelen opleveren voor de exploitant.

De exploitatiekosten van het ParkShuttle systeem worden vergeleken met de exploitatiekosten van een bussysteem met een vergelijkbaar serviceniveau, met een systeem van ingehuurde taxibusjes en met de pendelbus. Deze systemen kunnen niet hetzelfde serviceniveau bieden als de ParkShuttle, de frequentie van de ParkShuttle kan alleen worden benaderd, vrijwel niet geëvenaard.
Er is gekozen voor een vergelijkbaar OV tarief voor de verschillende systemen, maar een verschillende vervoervraag. Het tarief waar vanuit wordt gegaan is één strip per reiziger per verplaatsing. Dit betekent een opbrengst van ongeveer *f*0,50 per reiziger per verplaatsing voor de exploitant. Voor het gemak is er uitgegaan van 50 weken met 5 werkdagen per jaar waarin het systeem draait.

De verschillen in vervoervraag zijn gebaseerd op de gemeten verschillen tussen de huidige situatie en de berekende toekomstige situatie (zie 4.2.1) bij de aanleg van de Park Shuttle. De vervoervraag in de huidige situatie bedraagt 180 reizigers per dag, oftewel 360 verplaatsingen per dag. Een groot deel van de reizigers captive, ze hebben geen alternatief voor het openbaar vervoer.

Vergelijkbaar bussysteem

Standaard bussen
Een volkomen vergelijkbaar bussysteem bestaat niet, vanwege het on-demand vervoer met de ParkShuttle. Om een enigszins vergelijkbaar vervoersysteem qua serviceniveau voor de reiziger te realiseren wordt uitgegaan van het volgende bussysteem:

- frequentie van 15 minuten vanaf Kralingse Zoom naar Rivium,
- dienst van 6.00 uur tot 18.00 uur,
- haltes op het Rivium, vergelijkbaar met de huidige pendelbus,
- vervoervraag van 180 reizigers per dag, gebaseerd op de reizigersaantallen van de pendelbus in de huidige situatie vanwege het vergelijkbare serviceniveau,

Voor de kosten van een exploitatie van een bus geldt [6]:

vaste kosten (afschrijving)	*f* 45.000,-
kosten per km:	
beladen	*f* 0,80
onbeladen	*f* 0,75
kosten chauffeur:	
beladen	*f* 0,80
onbeladen	*f* 0,75

Tabel 4.8: kosten busexploitatie (bron: René Koppert, ZWN)

6. Gegevens ZWN, René Koppert

De opbrengsten per verplaatsing zijn *f* 0,50
De kosten en opbrengsten voor dit systeem zijn opgenomen in onderstaande Tabel 4.9 .

Minibussen
Een systeem van ingehuurde minibussen (taxibusjes) kan een serviceniveau vergelijkbaar met de ParkShuttle leveren. Meest interessant is de vergelijking van een systeem met taxibusjes als de taxibusjes ook gebruik kunnen maken van de ParkShuttle baan. De taxibusjes hebben dan ook het voordeel van de ParkShuttle van een hoge frequentie, korte wachttijd en een korte reistijd. De hiermee behaalde vervoervraag wordt even groot verondersteld als die bij de Park-Shuttle (300). In de spits is inzet van het maximaal benodigd aantal busjes mogelijk, buiten de spits minder busjes en dus minder kosten.

Voor de kosten van inzet van taxibusjes (inclusief chauffeur) geldt:
f 50,- per uur
f 0,65 per km
In de periode van 6.00 uur in de ochtend tot 18.00 uur is alleen tijdens de spits een inzet van drie busjes nodig. Dit is totaal 4 uur. De rest van de tijd volstaan 2 busjes, niet uit het oogpunt van capaciteit (dan is 1 busje genoeg) maar van frequentie.

ParkShuttle
Voor de exploitatiekosten van de ParkShuttle wordt verwezen naar bijlage 8. Er is een calculatie op voorhand gemaakt, afgaande op de te verwachten kosten. Voor de opbrengst is gerekend met de genoemde waarde van *f* 0,50 per verplaatsing.

De vervoervraag bedraagt 300 reizigers per dag.

Pendelbus
Voor de pendelbus zijn de exploitatiekosten bekend over 1996. Deze zijn in hoofdstuk 2 aan de orde geweest. Een vergelijking van de ParkShuttle met dit systeem is niet helemaal van toepassing. De pendelbus is geen vorm van openbaar vervoer. De gemeente Capelle exploiteert de bus en kan dit tegen relatief lage kosten doen. De chauffeurs die op de bus zitten vallen niet onder de CAO van de buschauffeurs en kennen een laag tarief.

De vervoervraag bedraagt, gelijk aan de huidige situatie, 180 reizigers per dag.

Vergelijking exploitatiekosten
Bij de vergelijking van de verschillende openbaar vervoerwijzen komen bovengenoemde systemen aan de orde naast de ParkShuttle. Uitgangspunt is dat bussen die niet nodig zijn buiten de spits op andere wijze ingezet kunnen worden.

Tabel 4.9 geeft een overzicht van de exploitatiekosten voor verschillende systemen, tabel 4.10 vat dit samen en geeft de resultaten weer met de kostendekkingsgraad.

Systeem	aantal vtg per uur		exploitatiekosten per jaar (*f*)	Opbrengst per jaar (*f*)	
	huidig	toekomst	huidig (toekomst)	huidig	toekomst
Grote bus	2	2 (4 spits)	276.000 (505.500)	45.000,-	100.000,-
Minibusjes (Taxibusjes)	2 (3 spits)	2 (6 spits)	423.000 (731.000)	75.000,-	166.000,-
ParkShuttle (zonder afschrijving)	3 voertuigen	6 voertuigen	323.000 (375.000)	75.000,-	166.000,-
Pendelbus (lease)	1 pendelbus	3 pendelbus	163.000 (489.000)	45.000,-	100.000,-

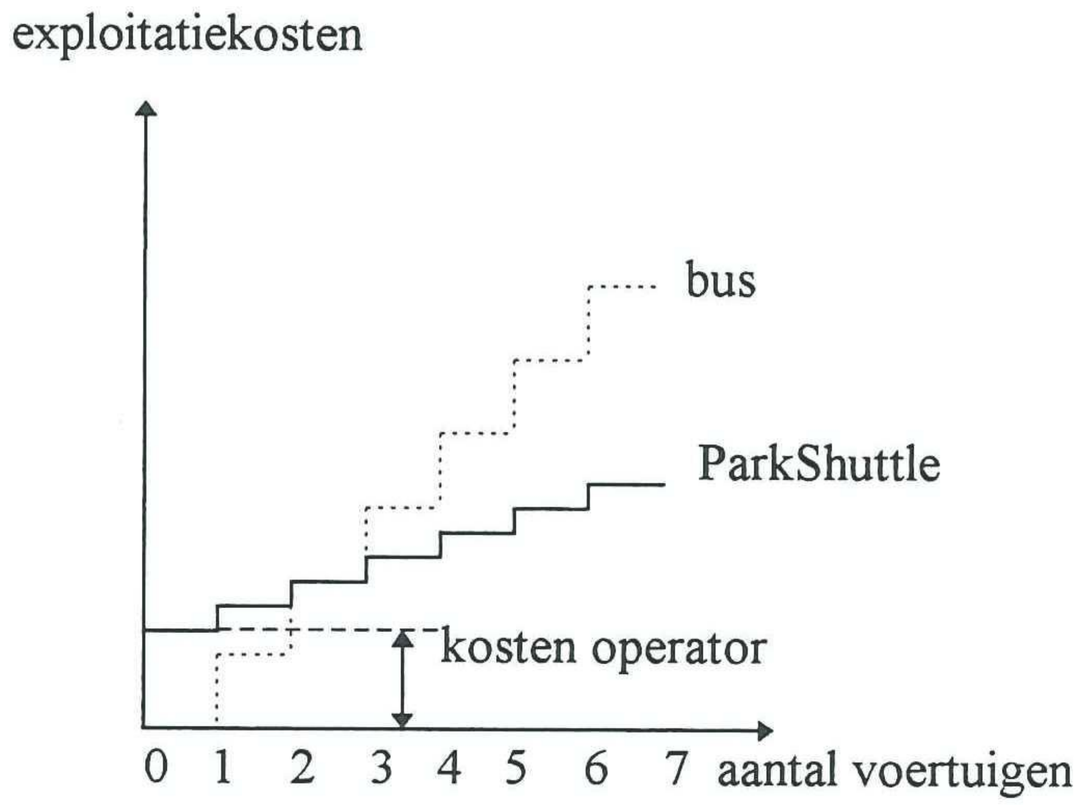
Tabel 4.9: Vergelijking exploitatiekosten vervoersystemen (berekend)

Vervoerwijze	Exploitatieresultaat (kostendekkingsgraad in %)	
	huidige vervoervraag	toekomstige vervoervraag
Standaard bussen	ˉ/. 231.000 (16)	ˉ/. 405.500 (20)
Minibussen	ˉ/. 348.000 (18)	ˉ/. 565.000 (23)
ParkShuttle	ˉ/. 248.000 (23)	ˉ/. 209.000 (45)
Pendelbus	ˉ/. 118.000 (28)	ˉ/. 389.000 (20)

Tabel 4.10: Resultaat en kostendekkingsgraad verschillende systemen

Het is merkwaardig dat juist bij een geautomatiseerd systeem de personeelskosten zo hoog liggen. Een verklaring moet hier gezocht worden in de volgende factoren:

- Hoge personeelskosten door hoog opgeleid personeel. Uiteindelijk zullen de personeelskosten omlaag kunnen omdat er niet altijd toezicht nodig is als mensen aan het systeem gewend zijn.



Figuur 4.6: Exploitatiekosten verloop bij toenemend aantal voertuigen

- De reden dat de huidige pendelbus relatief lage kosten heeft is dat de chauffeurs niet onder de arbeidsvoorwaarden voor buschauffeurs vallen. Zij kunnen daarom goedkoper worden ingezet dan chauffeurs van reguliere vervoersbedrijven. Hetzelfde geldt voor de gehuurde taxibusjes.
- Een people mover systeem gaat pas een kostenvoordeel opleveren bij inzet van veel voertuigen. Met dezelfde personeels-inzet kan het aantal voertuigen vergroot worden. Dit is duidelijk te zien bij de toename in kostendekkingsgraad bij toename van het aantal reizigers in de toekomstige situatie.

Conclusie

Bij toenemende vervoervraag nemen de exploitatiekosten bij het bussysteem, het minibussensysteem en het pendelbussysteem evenredig toe, terwijl dit bij de ParkShuttle veel minder dan evenredig is. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 4.6. De invloed van de grotere vervoervraag op de opbrengst van de ParkShuttle (en van de minibusjes) is slechts beperkt.

Het is duidelijk dat de ParkShuttle bij de toekomstige vervoervraag grotere voordelen van het automatisch rijden kent door een groter aantal voertuigen bij gelijkblijvende personeelsbezetting. De kostendekkingsgraad van de ParkShuttle is groter dan van de andere vervoerwijzen.

Het verdient aanbeveling om de ParkShuttle op te nemen in de tariefstructuur voor openbaar vervoer gebaseerd op strippenkaart. Dit bevordert de integratie van de ParkShuttle in het bestaande openbaar vervoer systeem.

Er zijn twee manieren om de kosten van een ParkShuttle systeem te beperken:

1. Grotere vervoerstromen met grotere aantallen voertuigen met het voordeel van lage variabele exploitatiekosten per voertuig,
2. Afname van toezichtsvraag door toenemende ervaring met het systeem waardoor op loonkostenvoor dure supervisors kan worden bespaard. Ook valt te denken aan integratie van supervisortaken in andere functies, bijvoorbeeld door deze onder te brengen bij (bijgeschoold) beveiligingspersoneel. Een part-time inzet van personeel of personeel op oproepbasis is ook denkbaar.

Samenvattend kan worden gezegd dat een algemene economische vergelijking van de ParkShuttle met bestaand openbaar vervoer of particulier vervoer weinig zinvol is. Op heel specifieke relaties zoals die naar Rivium, is de ParkShuttle echter een goed alternatief. Om de ParkShuttle kostendekkend te exploiteren, of in ieder geval een kostendekkingsgraad van 50% te halen, is het een vereiste dat het om vervoerstromen gaat die de inzet van meer dan drie voertuigen vraagt. Dit om de vaste kosten van de operator te compenseren. Een ParkShuttle systeem kent relatief hoge vaste kosten door de hooggeschoolde en dus dure operator(s). De variabele kosten voor extra voertuiginzet zijn daarentegen laag vergeleken met een bussysteem. Een ParkShuttle systeem is met name toepasbaar op relaties waar de vervoervraag de inzet van een groot aantal voertuigen vraagt.

4.4. *Technische veiligheid*

De techniek om voertuigen zonder fysieke geleiding automatisch te laten rijden is al langer beschikbaar en heeft zichzelf bij de huidige toepassingen voldoende bewezen. Een toepassing zoals de ParkShuttle is echter nog niet eerder gerealiseerd.

- Automatische systemen met een baan zonder fysieke geleiding zijn tot op heden slechts toegepast in een *'geconditioneerde' omgeving*. Dit wil zeggen dat de omgeving ofwel normaal gesproken in het geheel niet toegankelijk is voor mensen, ofwel alleen toegankelijk is voor bevoegde mensen. Een voorbeeld van de eerste soort geconditioneerde omgeving is de ECT terminal in Rotterdam waar het terrein waar de automatische containercarriers rijden niet toegankelijk is voor mensen, behoudens goed geïnstrueerd onderhoudspersoneel. Het tweede soort komt voor bij de Apple vestiging in Singapore, waar automatische voorraadkarren rondrijden in een productiehal. Hier lopen medewerkers wel vrij rond, maar ze zijn ook goed geïnstrueerd hoe om te gaan met de automatische karren.
- Automatische systemen voor personenvervoer kennen allemaal *een afgescheiden baan met fysieke geleiding* voor de voertuigen. Deze vinden wereldwijd toepassing. De baan ligt meestal niet op maaiveld. Dit vormt meteen de afscheiding van de buitenwereld tussen haltes/stations. De afscheiding van de buitenwereld vindt op stations plaats door middel van schuifdeuren tussen reizigers en voertuig (fysiek) of door een elektronisch meetsysteem. Doel is hetzelfde: het voorkomen van conflicten tussen reizigers en de vervoermiddelen. Voorbeelden zijn de VAL te Lille, de H-Bahn in Dortmund, de Météor in Parijs, de Vancouver Skytrain enz.

Bij onbemande systemen is de veiligheid een gevoelig punt. Toch is de besturingssoftware tegenwoordig fail-safe te maken, een eventuele storing in het besturingssysteem wordt direct ondervangen. Bij een fail-safe systeem mag alleen een volgende stap gerealiseerd worden als alle relevante metingen 'OK' geven. Als een meting een foute waarde aangeeft of als een waarde niet gemeten wordt, stopt het systeem.

Belangrijke elementen van de (systeem-)technische veiligheid van de ParkShuttle zijn:

- obstakeldetectie,
- baanafscheiding,
- remsysteem,

Deze elementen worden nu stuk voor stuk behandeld.

4.4.1. Continue systeemverandering

De drie elementen van de technische veiligheid die hier genoemd zijn, zijn de obstakeldetectie, de baanafscheiding en het remsysteem. De aanbevelingen die gedaan zijn berusten op een vergelijking met het systeem zoals dat in de systeemspecificatie staat beschreven (4).

Het systeem is echter nog niet volledig uitontwikkeld en sinds de systeemspecificatie zijn bij het daadwerkelijk bouwen van de voertuigen wijzigingen doorgevoerd. Voor zover bekend zijn die wijzigingen meegenomen en beschreven.

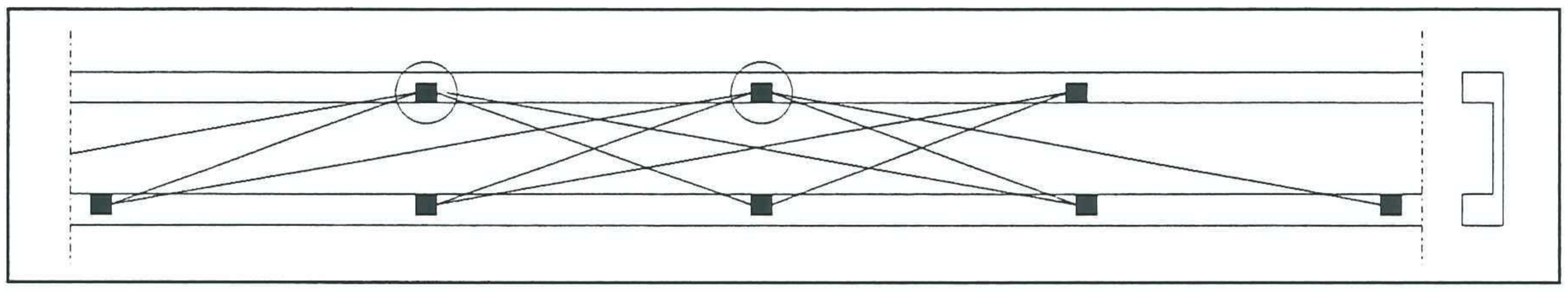
Daarnaast worden op dit moment tests met het voertuig uitgevoerd, waarbij ook continu verbeteringen doorgevoerd worden. Het voertuig waarvan hier de systeemtechnische veiligheid behandeld wordt, is het voertuig zoals dat in februari 1997 geconfigureerd was. Wijzigingen naar aanleiding van het testprogramma kunnen helaas niet worden meegenomen. Het testprogramma loopt van mei 1997 t/m juni 1998. In april en juni zijn tests met geselecteerde proefpersonen. In juni 1998 wordt met exploitatie begonnen.

4.4.2. Obstakeldetectie

Een bestuurderloos systeem moet kunnen detecteren dat er een obstakel aanwezig is wanneer niet te garanderen is dat onbevoegden de baan niet betreden. Hoe dit systeem wordt vormgegeven hangt van de toepassing van het systeem af en de eisen die worden gesteld aan de nauwkeurigheid van het systeem.

CombiRoad

CombiRoad is een systeem in ontwikkeling voor containertransport met automatisch bestuurde voertuigen met als baan een U-vormige bak waarbij de opstaande randen zorgen voor de fysieke geleiding. De baan van CombiRoad kent een obstakeldetectie die in de baan aanwezig is, met 20 meter tussenruimte bevindt zich aan beide zijden van de baan een baken dat een infra-



Figuur 4.7: Werking obstakeldetectie CombiRoad

rood signaal zendt naar de twee eerstvolgende bakens aan de andere zijde van de baan (tegen de rijrichting in) en zelf de signalen ontvangt van twee bakens. In bovenstaande Figuur 4.7 is de werking van het obstakeldetectiesysteem van CombiRoad weergegeven voor de omcirkelde bakens. Als twee stralen onderbroken worden is een obstakel gedetecteerd en zal een aankomend voertuig gestopt worden door de centrale besturing. De communicatie met het voertuig geschiedt ook via de bakens aan de zijkant van de baan.

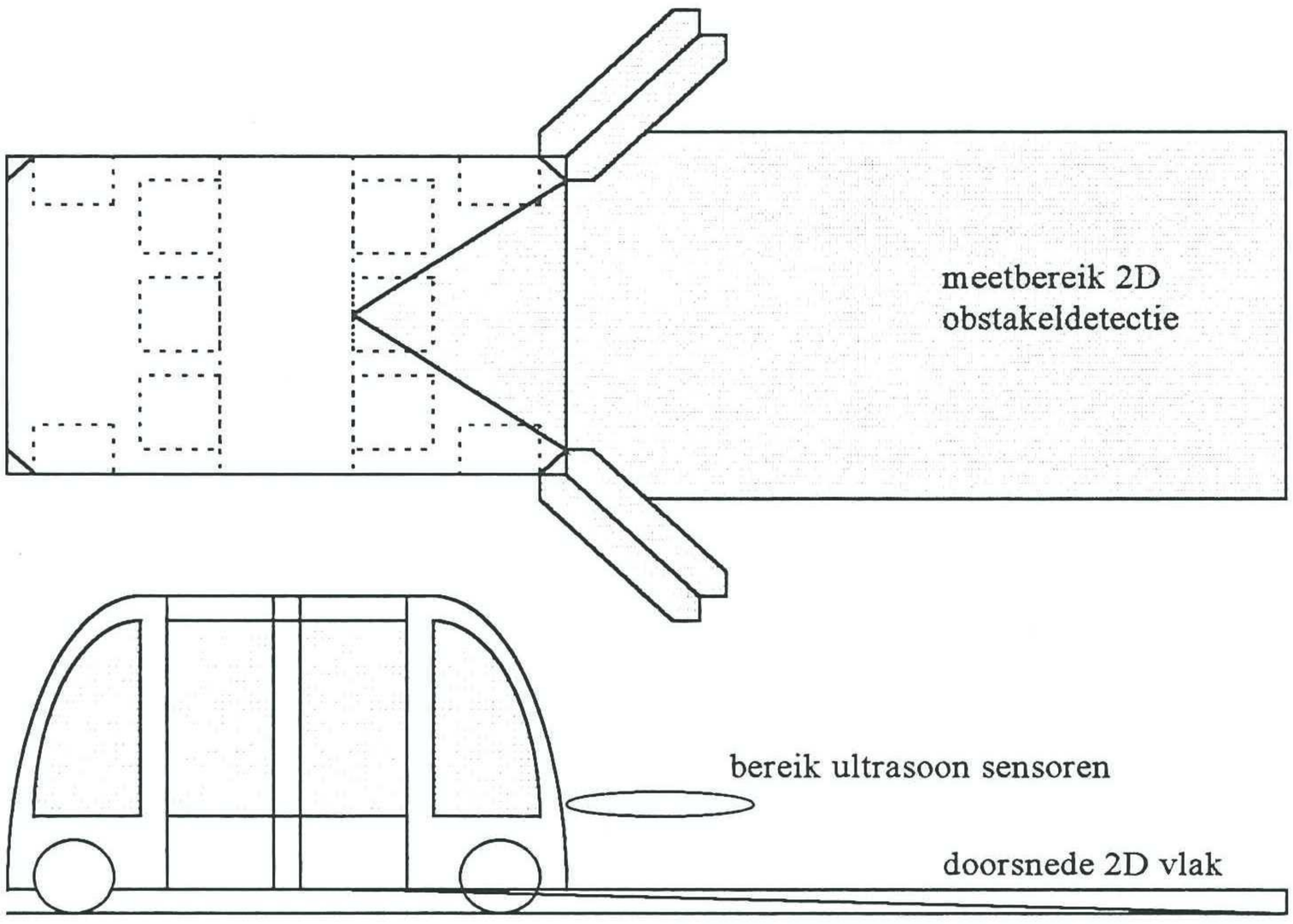
Het gebruikte obstakeldetectiesysteem voldoet niet voor een systeem dat zijn voornaamste toepassing in stedelijke omgeving zal krijgen. De obstakeldetectie van CombiRoad kan namelijk niet alle obstakels detecteren. Alleen obstakels van CombiRoad-eigen afmetingen (trailer, containeroplegger) worden gedetecteerd. Dit is een keuze die bij het ontwerp is gemaakt. De baan voor CombiRoad zal veelal door havengebied en parallel aan autosnelwegen aangelegd worden zodat het gevaar voor baanbetreding door onbevoegden klein is.

In stedelijke omgeving is het gevaar voor baanbetreding door onbevoegden echter wel aanwezig, zodat genoemd systeem niet voldoet. Er moet worden voorzien in een systeem dat volledig dekkend is.

Obstakeldetectie ParkShuttle

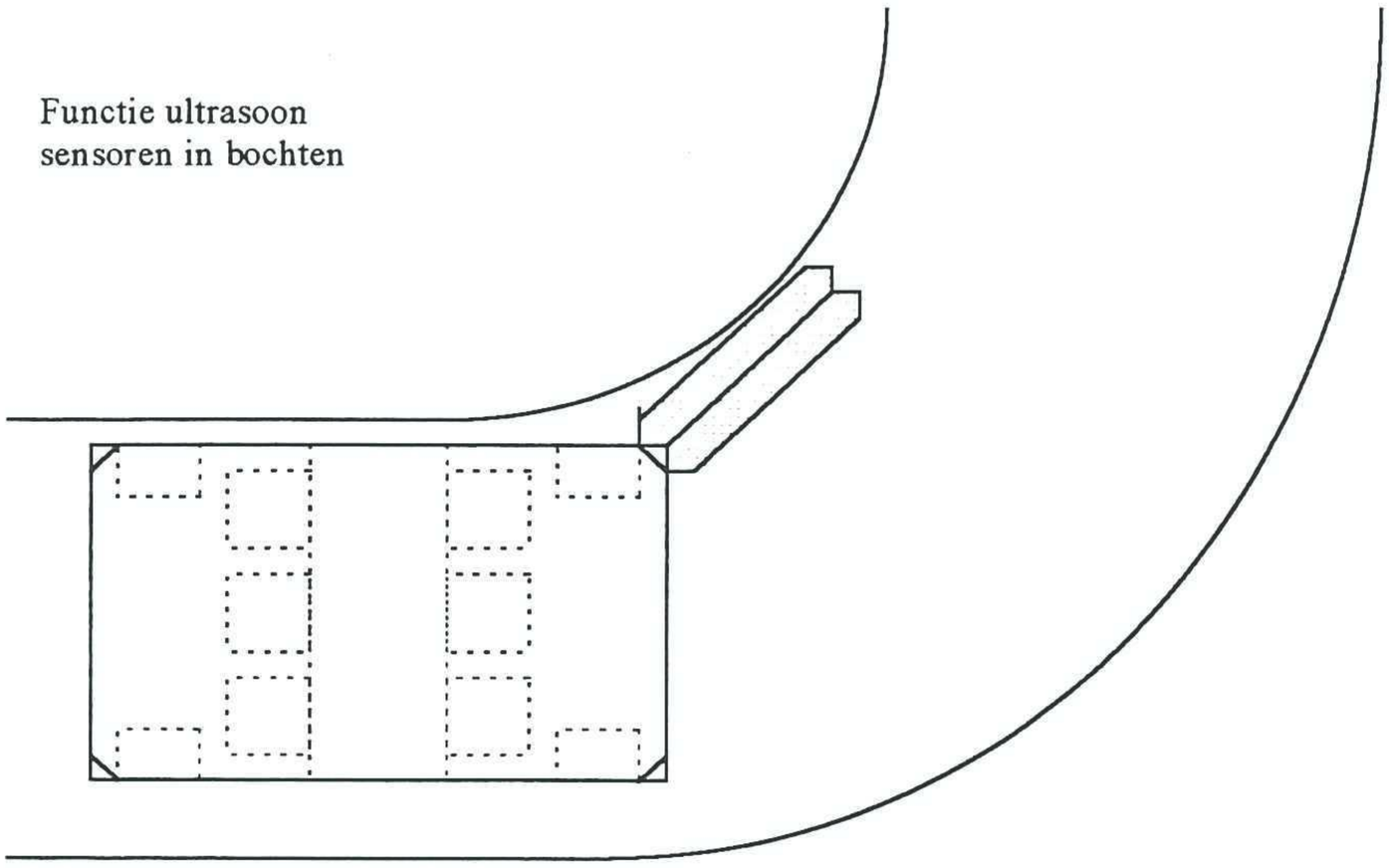
Het voertuig detecteert obstakels op de rijbaan door middel van een obstakeldetectie systeem, dat ingeval van obstakels opdracht geeft aan het besturingssysteem het voertuig af te remmen danwel te stoppen. Dit systeem bestaat uit drie componenten:

1. Er is een infrarood obstakeldetectie systeem aanwezig dat obstakels op de baan voor het voertuig over een nader te bepalen afstand detecteert. Het systeem is in eerste instantie tweedimensionaal ontworpen. Dit wil zeggen dat het systeem de aanwezigheid van obstakels in een vlak meet. Het systeem bevindt zich onder het voertuig op een hoogte van 18 cm boven de grond. Ook in verticale zin waaiert de bundel iets uit, ongeveer over een bereik van één graad. Hoe dit vlak eruit ziet staat gevisualiseerd in Figuur 4.7. Het bereik van het obstakeldetectiesysteem hangt af van de snelheid waarmee het voertuig rijdt. Het systeem meet in ieder geval de minimale afstand die nodig is om met de normale remvertraging tot stilstand te komen als er een obstakel gedetecteerd wordt. Als er een obstakel vanaf de zijkant van de baan het meetbereik binnenkomt (bijvoorbeeld een persoon die net voor het voertuig oversteekt), berekent het voertuig de nieuwe remafstand om tijdig tot stilstand te komen. De remvertraging wordt daaraan aangepast.
2. Een ultrasoon detectie systeem meet vanaf de voorste hoeken van het voertuig zijwaarts onder een hoek van 45 graden. Dit systeem staat in principe op de rechte stukken uitgeschakeld, maar wordt ingeschakeld bij rijden in bogen. In bogen voldoet alleen de infrarood detectie niet, omdat deze alleen recht vooruit meet. Het voertuig rijdt in krappe bogen langzamer zodat het bereik van de ultrasoon detectoren voldoende is,



Figuur 4.8: meetbereik obstakeldetectie

3. Een bumpersysteem aan voor- en achterzijde van het voertuig is zo uitgevoerd dat het voertuig bij een indrukking van de bumper van 2 mm automatisch stopt.



Figuur 4.9: Ultrasoon sensoren in bochten

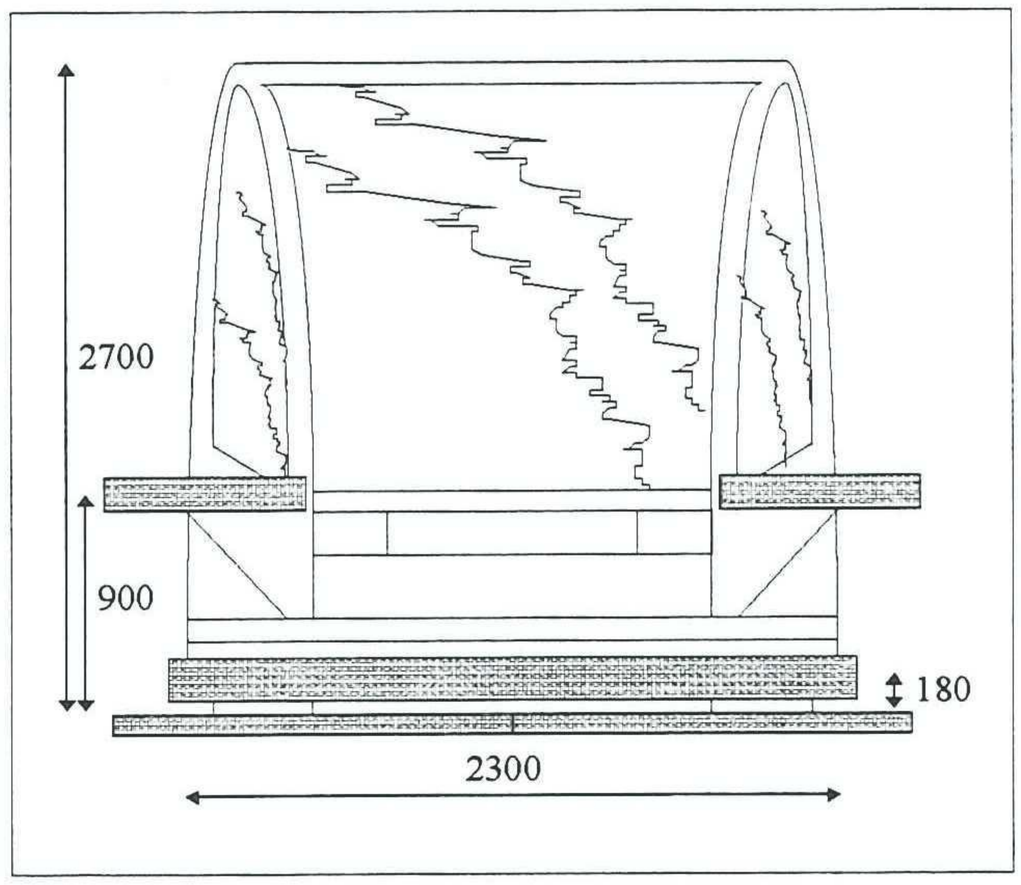
Naast genoemde obstakeldetectie systemen beschikt het voertuig aan de binnen- en buitenzijde over noodstopknoppen. Aan de binnenzijde is de noodstopknop in het bedieningspaneel geplaatst zodat de passagiers moeten staan om de noodstop te kunnen bedienen. In het uiterste geval is een baanschuiver beschikbaar, zodat een obstakel in ieder geval niet onder de wielen kan raken.

Toets obstakeldetectie

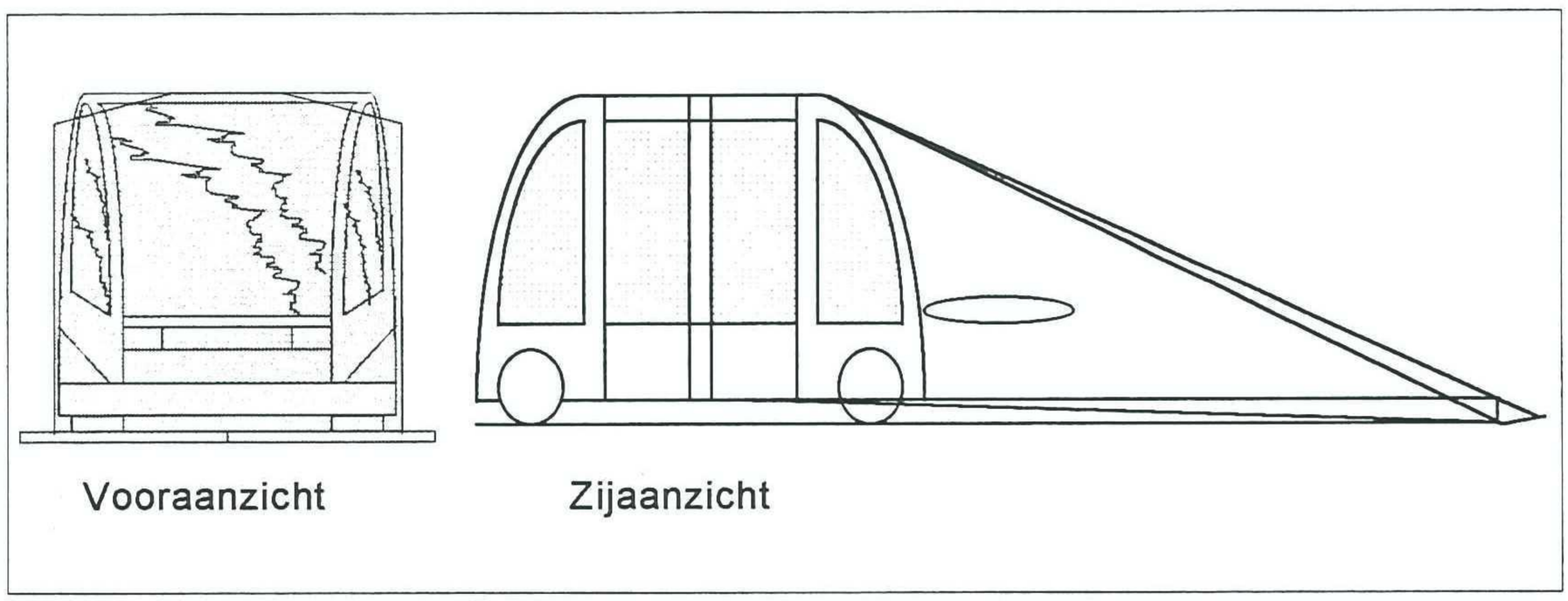
Het obstakeldetectiesysteem is dekkend voor de gebieden die worden gemeten. Van de gehele doorsnede van het voertuig wordt echter een klein deel gemeten. In Figuur 4.10 zijn de gebieden die gedekt worden door de obstakeldetectie grijs weergegeven.

Obstakels die zich in hun geheel buiten deze grijze vlakken bevinden worden niet gedetecteerd met als gevolg een potentieel conflict.

Voor de meeste obstakels (in ieder geval mensen) geldt dat contact met de baan aanwezig is en dat ze door de 2Ddetectie gedetecteerd worden. Om ieder gevaar voor een conflict met over de baan hangende obstakels te voorkomen is het aan te bevelen een extra systeem toe te voegen dat vanaf de bovenzijde van het voertuig schuin naar beneden detecteert. Hoe dit eruit ziet is weergegeven in Figuur 4.11.



Figuur 4.10: Dekking obstakeldetectie



Figuur 4.11: Extra obstakeldetectie

Passeerplaats

Bij een passeerplaats kunnen problemen ontstaan met de obstakeldetectie. Voertuigen passeren elkaar op geringe afstand; het mag niet zo zijn dat een voertuig vanwege detectie van een ander voertuig ongewenst tot stilstand komt.

De eisen aan een passeerplaats zijn als volgt:

- Twee voertuigen moeten elkaar kunnen passeren,
  voldoende breed voor ten minste twee voertuigen (>6 meter),
  voldoende manouvreer ruimte zonder elkaar te detecteren (instelbaar in software),
  voldoende afstand tussen voertuigen (> 1 meter),
- Passage zonder tijdsverlies,
  boogstralen zodanig dat voertuigen snelheid kunnen behouden,

De tweede eis is bij twee voertuigen en dus daadwerkelijke passage alleen te realiseren als twee voertuigen precies gelijktijdig bij de passeerplaats aankomen. Dit is in de huidige systeemconfiguratie niet te regelen (vanwege decentrale besturing voertuigen).
Als een voertuig een passeerplaats passeert zonder een ander voertuig te passeren moet het voertuig de snelheid kunnen behouden. Meest optimaal zou zijn als het voertuig rechtdoor kan rijden.

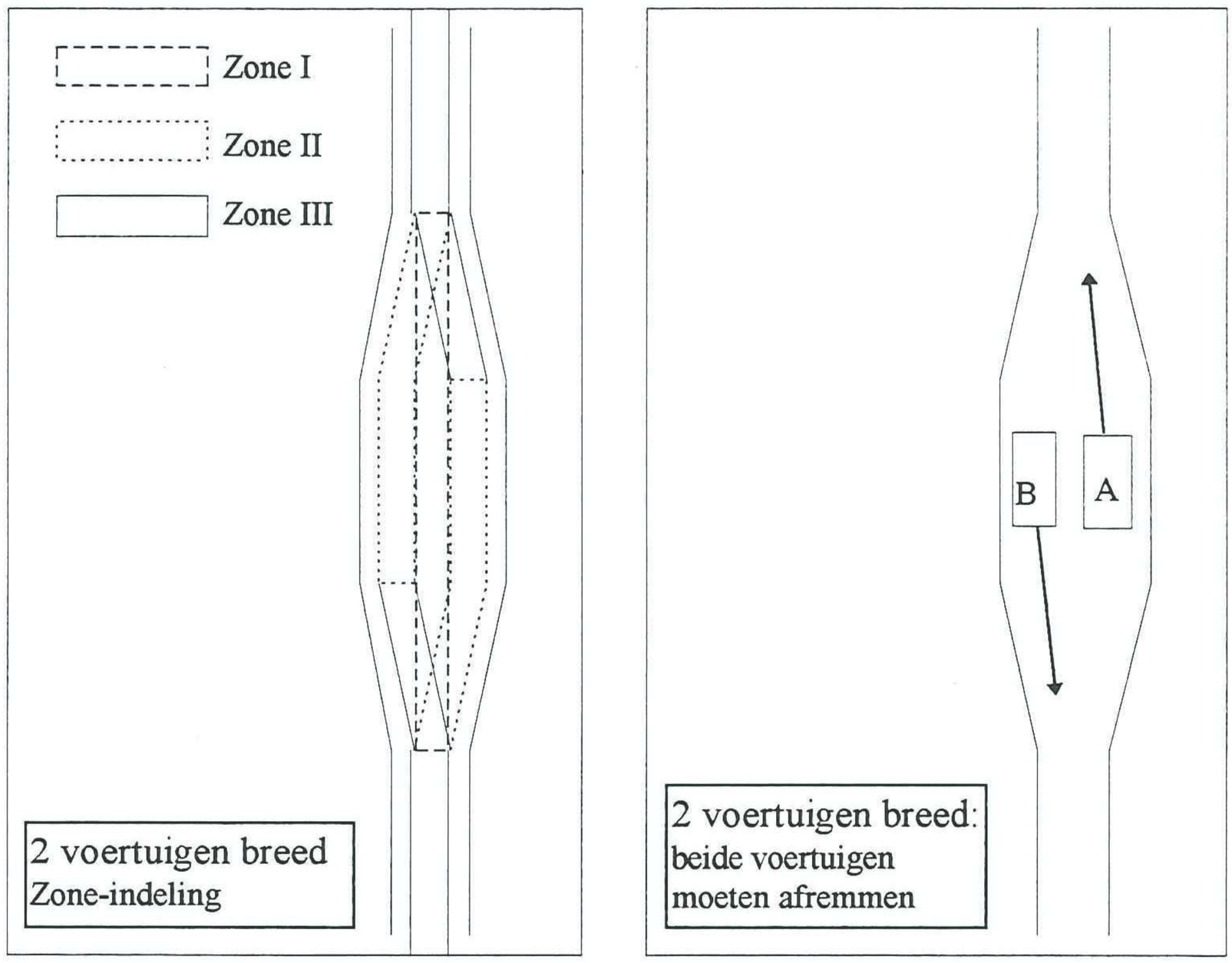
De eerste eis heeft met name betrekking op maatvoering van een passeerplaats. Omdat deze maatvoering deels afhankelijk is van het bereik van de instelbare obstakeldetectie is ervoor gekozen de passeerplaats alleen conceptueel te ontwerpen en niet met een precieze maatvoering.

Er zijn twee concepten voor een passeerplaats mogelijk (zie Figuur 4.12):

1. 2 voertuigen breed
   Hierbij moeten beide voertuigen bij passage afremmen, vanwege de bogen die genomen moeten worden. Eén voertuig zal altijd tot stilstand moeten afremmen. Als een enkel voertuig de passeerplaats passeert, kan de middenbaan genomen worden en de snelheid hoeft niet verminderd te worden. Het is uit veiligheidsoverwegingen niet mogelijk om de passeerplaats uit te voeren met een uitwijkmogelijkheid aan slechts één kant. Het voertuig dat dan eerst aankomt en aan de kant moet kan uit twee richtingen komen. Daarmee kan de deur aan de kant komen waar het passerende voertuig op volle snelheid langsrijdt. In noodgevallen kan dit problemen opleveren.

   De zone-indeling is als volgt:
   Er vanuit gaande dat voertuig A als eerste de passeerlocatie nadert vraagt A toestemming om zone II binnen te gaan. SuperFROG geeft hiervoor toestemming tenzij zone I aan de andere kant van de passeerplaats bezet is door een ander voertuig B; dan wordt A verwezen naar zone III. Voertuig B krijgt dan toestemming om de overeenkomstige zone III in te gaan en zodra voertuig B zone I heeft verlaten, krijgt voertuig A toestemming om zone I binnen te gaan.
   Als er geen voertuig een claim heeft op de zone I gaat A over de rechtdoorgaande zone II door naar zone I.

2. 3 voertuigen breed
   Bij een passage van twee voertuigen hoeft slechts één voertuig af te remmen, namelijk het voertuig dat het eerst op de passeerplaats arriveert. Dit voertuig (A) positioneert zich langs de doorgaande rijbaan. Het tweede voertuig uit tegenovergestelde richting (B) kan ongehinderd en met onverminderde snelheid langsrijden.
   De zone indeling is overeenkomstig de situatie waarbij de passeerplaats 2 voertuigen breed is.



Figuur 4.12: Concepten passeerplaats

Het verdient aanbeveling om de passeerplaats drie voertuigen breed te maken om de volgende redenen:

- Het als tweede aankomende voertuig kan op volle snelheid doorrijden,
- De veiligheid is gewaarborgd omdat de deur altijd aan de zijkant van de baan uitkomt,
- Er is een mogelijkheid om een halte -off line- te realiseren voor beide richtingen.

Conclusie obstakeldetectie

De obstakeldetectie is in staat om de kleinste voorwerpen die in zijn baan vindt te detecteren en tijdig daarvoor stilte staan. In die zin is het een goed werkend systeem. Voorkomen moet worden dat het voertuig voor bijvoorbeeld een langsvliegende mug of een langsdwarrelend blaadje tot stilstand komt. Er moet dus een tolerantie ten opzichte van voorwerpen met zeer kleine afmetingen ingebouwd worden. Daarnaast verdient het aanbeveling om de voorgestelde uitbreiding van het obstakeldetectiesysteem te doen.

Een andere mogelijkheid is om twee metingen te doen. Het voertuig stopt dan pas definitief als de eerste en de tweede meting beide een obstakel detecteren. Op deze manier worden een aantal tijdelijke verstoringen niet meteen omgezet in een remopdracht.

Voor de passeerplaats levert de obstakeldetectie geen problemen op. Voorwaarde is wel dat de passeerloctaie voldoende ruim is opgezet. 'Voldoende ruim' is niet gekwantificeerd in dit onderzoek omdat dit afhankelijk is van de systeeminstellingen die naar aanleiding van de testfase gekozen worden. Het moet mogelijk zijn de reikwijdte van de obstakeldetectie aan te passen naar locatie.

4.4.3. Baanafscheiding

Er is onderscheid te maken tussen twee soorten afscheiding van de baan; op de vrije baan tussen stations en ter plaatse van stations:

- *Vrije baan.* Bij bestaande systemen is de baan volledig afgescheiden door de ligging onder of boven maaiveld ofwel door een fysieke afscheiding (hek) bij ligging op maaiveld.
- *Stations*. Bij bestaande systemen is de passagier-voertuig interface 100 % afgescheiden, fysiek (Lille, perrondeuren) danwel elektronisch (bv. metrolijn D te Lyon).

In feite is de beveiliging en eventuele afscheiding bij een kruising met andere infrastructuur ook een vorm van afscheiding, deze wordt nu buiten beschouwing gelaten. Hoofdstuk 5 besteedt hier uitvoerig aandacht aan.

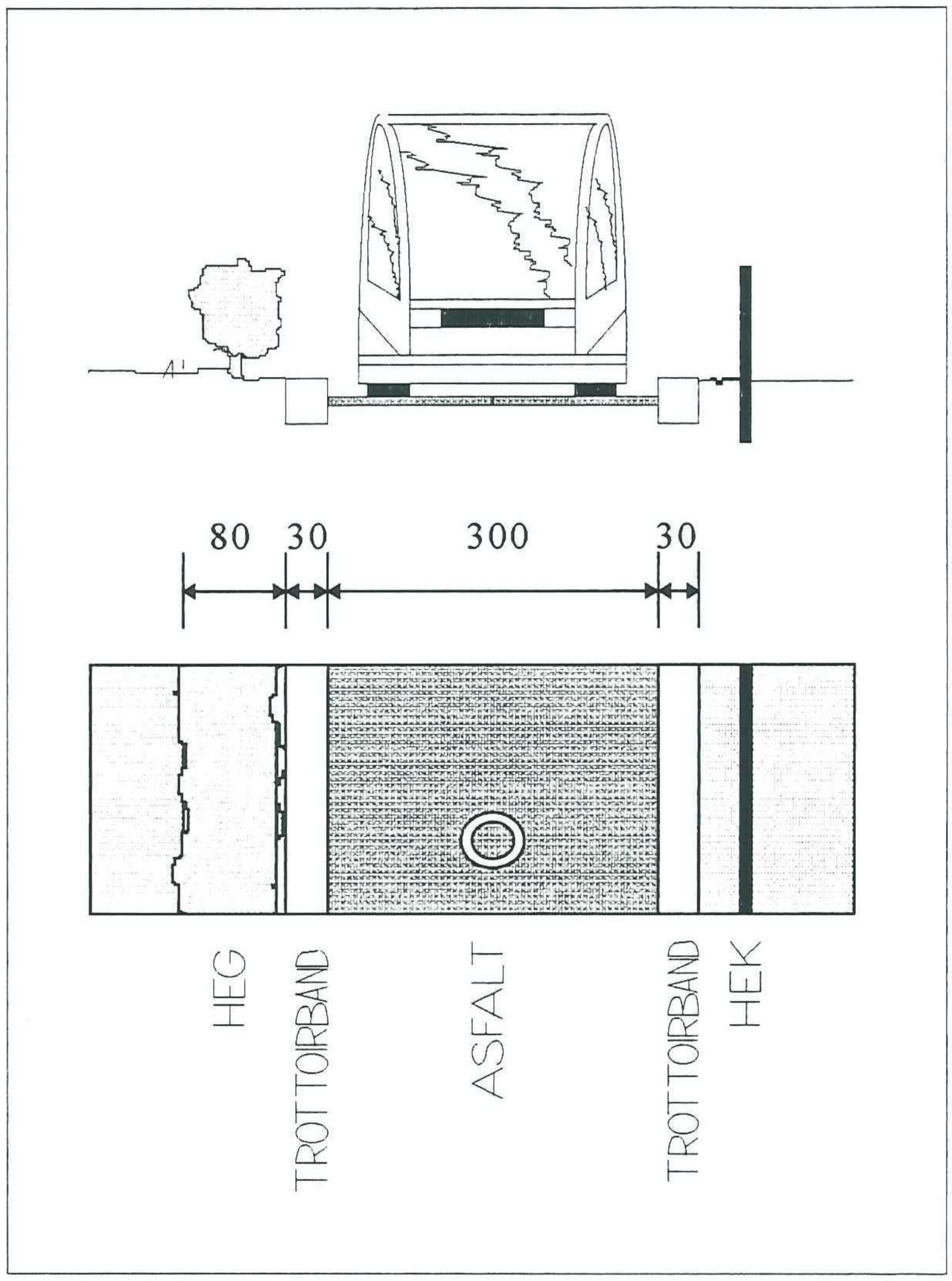
Algemene eisen die gesteld worden aan de infrastructuur met betrekking tot de afscheiding van de baan van de ParkShuttle zijn:

- de rijbaan dient op rechte stukken voldoende breed te zijn om een vrije ruimte van minimaal 50 cm aan weerszijden van het voertuig te bieden, ook als vluchtweg bij noodgevallen,
- de baan dient op locaties waar het voertuig langs een muur of ander obstakel rijdt een ruimte van 1 meter tussen voertuig en obstakel te hebben, uitgezonderd de halteplaatsen,
- in bochten dient de rijbaan een ruimte van minimaal 120 cm vrij te hebben aan weerszijden van het voertuig, de minimale straal van een bocht is 11 meter,

- de infrastructuur dient zoveel mogelijk afgescheiden te zijn van het overige verkeer. Uit overwegingen van beperken van visuele hinder moet deze afscheiding echter van beperkte omvang zijn.

Vrije baan

Het ontwerp van de infrastructuur ziet er op dit moment als in onderstaande Figuur 4.13 gemaakt. De afscheiding bestaat uit bosjes (links) of een hek (rechts). Deze afscheiding is ongeveer 1 meter hoog, zodat argeloze voetgangers er niet per ongeluk overheen stappen.



Figuur 4.13: Dwarsdoorsnede baan ParkShuttle

Haltes

Ter plaatse van haltes is de afscheiding van de baan op verschillende manieren geregeld. Bij metrostation Kralingse Zoom staat er een hek met een hoogte van 1 meter om de baan van de ParkShuttle. De reiziger verkrijgt toegang tot het voertuig door automatische schuifdeuren die in de afscheiding zijn opgenomen.

De redenen om een volledige afscheiding toe te passen zijn:

- waarborgen van de veiligheid van de reizigers,
- voorkomen dat reizigers de ParkShuttle dienstuitvoering verstoren door de baan op te lopen,
- toegangsbewijs controle door een tourniquet te plaatsen voor de automatische deur.

Bij de halte in het Rivium is er geen sprake van een volledige afscheiding van de baan. De halte beschikt over een perron dat qua uitvoering vergelijkbaar is met een tram- of treinperron. Het verschil zit in de hoogte van het perron, die bij de ParkShuttle 25 cm bedraagt om gelijkvloers instappen mogelijk te maken.

Randvoorwaarde voor het kunnen toepassen van een niet-afgescheiden perron is dat de reizigers op het perron blijven staan en zich niet op de baan begeven. Mochten reizigers op de baan raken dan zorgt het obstakeldetectie systeem voor het tijdig tot stilstand komen van het voertuig. Vergeleken met de situatie bij een trein- of tramperron is dit een relatief veilige situatie. Figuur 4.14 geeft een schets van een ontwerp voor de halte in Rivium, zonder fysieke afscheiding tussen ParkShuttle baan en perron. In dit ontwerp is voorzien in twee verschillende haltes: een uitstap- en een instaphalte. Dit is gedaan omdat in de eerste fase alle reizigers zullen uitstappen bij Rivium en een leeg voertuig vervolgens weer volgeladen kan worden bij de instaphalte. Het scheiden van deze twee haltes verkleint de omloopsnelheid omdat twee voertuigen tegelijkertijd kunnen halteren. Terwijl bij het voorste voertuig mensen instappen, kunnen bij de achterste halte mensen uitstappen.

Conclusie baanafscheiding

De geringe geplande baanafscheiding levert geen problemen op. De enige moeilijkheid kan zitten in vandalisme. De camerabewaking langs de baan kan een bijdrage leveren in het beheer. De operator kan ten allen tijde de politie inschakelen bij verstoringen. Bovendien begint het voertuig te toeteren en met de lampen te knipperen als er een permanente versperring gedetecteerd wordt.

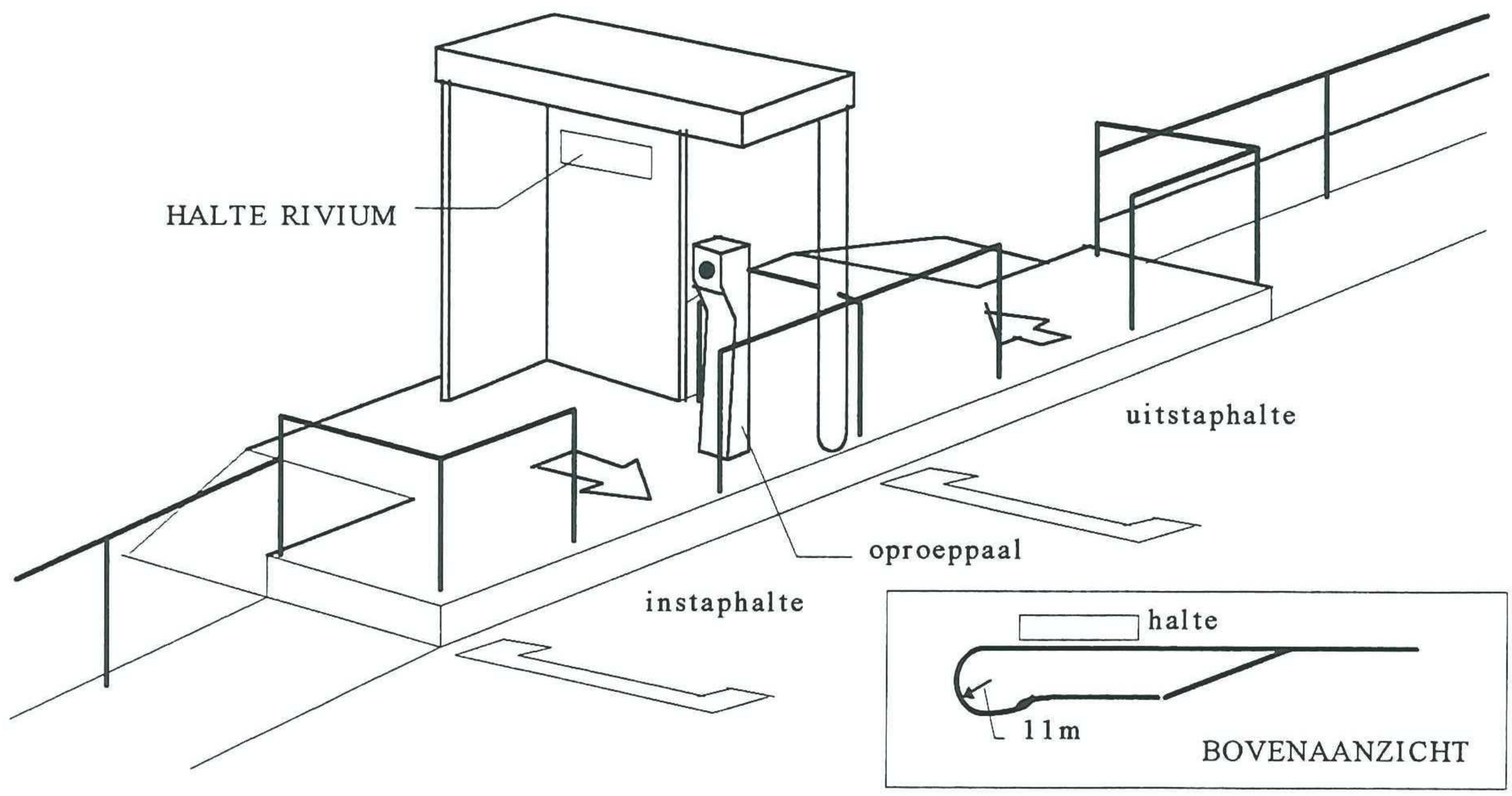
De waarde van 50 cm als breedte voor het vluchtpad is te weinig. Bij een tramspoor geldt een vluchtpad van 70 cm breedte als minimum en het verdient aanbeveling deze waarde aan te houden voor de ParkShuttle

De geringe baanafscheiding heeft een aantal voor- en nadelen. Tabel 4.11 geeft een overzicht van de voor- en nadelen van een geringe baanafscheiding.

Geringe baanafscheiding

Voordelen	Nadelen
+ geringe kosten, + geen visuele hinder, + makkelijk te integreren in de bebouwde omgeving, + geringe barrièrewerking	– mogelijke verstoringen, mensen en dieren kunnen bewust danwel onbewust op de baan komen, – mogelijkheid tot illegale baanoversteek (olifantenpaadjes), – onvoldoende duidelijkheid dat het niet toegestaan is de baan te betreden, – makkelijk doelwit voor vandalen

Tabel 4.11: Voor- en nadelen geringe baanafscheiding



Figuur 4.14: Halte Rivium in situatie met één halte in Rivium

4.4.4. Remsysteem

Het remsysteem van de ParkShuttle is een essentieel element in de veiligheid van de ParkShuttle. De remmen van de ParkShuttle zijn fail-safe uitgevoerd. Hiervoor zijn ze actief gelicht uitgevoerd. Dit betekent dat het voertuig in principe op de rem staat tenzij allen metingen aangeven dat het remsysteem goed functioneert. Als bijvoorbeeld de stroom uitvalt komt het voertuig meteen tot stilstand omdat de rem dan in werking treedt.

Remvertraging

Het voertuig moet tijdig tot stilstand kunnen komen. Het voertuig remt bij normaal bedrijf af met 1 m/s^2 , dit kan oplopen tot 2 m/s^2 bij een snelle stop indien nodig. De ParkShuttle heeft een maximale remvertraging op van 5,0 m/s^2 voor een noodstop. Deze waarde kan al gevaar opleveren voor de reiziger, met name voor passagiers die staan. Bij de RET is een geval bekend van de metro/sneltram waarbij een oudere vrouw bij een noodremming met 2,9 m/s^2 een gebroken arm en een hersenkneuzing opliep. In Duitsland wordt als eis aan Light Rail materieel een maximale remvertraging bij noodremmingen gesteld van 2,73 m/s^2.

Remafstanden

De remafstanden die gehaald kunnen worden als er een reactie- en aangrijptijd van de remmen wordt aangehouden van 200 ms staan gegeven in onderstaande Tabel 4.12. Een grafiek van deze waarden is ingevoegd in bijlage 9. Deze waarden voor remafstanden geven in feite aan hoe ver de obstakeldetectie vooruit moet kijken om tijdig tot stilstand te komen. Als een obstakel vanaf de zijkant in de detectiebundel terechtkomt, kan deze afstand kleiner zijn; gevolg is dat met een grotere vertraging moet worden geremd om tijdig stil te staan.

Vertraging (m/s^2) snelheid (m/s)	1	1.5	2	3	4	5
1	0.70	0.53	0.45	0.37	0.33	0.30
2	2.40	1.73	1.40	1.07	0.90	0.80
3	5.10	3.60	2.85	2.10	1.73	1.50
4	8.80	6.13	4.80	3.47	2.80	2.40
5	13.5	9.33	7.25	5.17	4.13	3.50
6	19.2	13.2	10.2	7.20	5.70	4.80
7	25.9	17.7	13.7	9.57	7.53	6.30
8	33.6	22.9	17.6	12.3	9.60	8.00

Tabel 4.12: Remafstanden bij verschillende snelheden en vertragingen (berekend)

Conclusie remsysteem

Het remsysteem is goed op zijn taak berekend. De vertragingen die gehaald kunnen worden zijn voldoende. Vooral het fail-safe element maakt de remmen uitermate betrouwbaar.

Het voertuig kan niet voor alle obstakels tijdig stil staan. Als een persoon zich op een afstand van 1 meter voor het voertuig werpt bij een voertuigsnelheid van 6 m/s, kan het voertuig niet tijdig stil staan. De remweg bedraagt dan (bij 5 m/s^2) 4.80 meter.

De vertraging bij normaal bedrijf van 1 m/s^2 is aanvaardbaar en wordt vaker toegepast. De waarde van 2 m/s^2 bij een snelle stop is ook aanvaardbaar. Een noodremvertraging van 5 m/s^2 is alleen acceptabel als alle inzittenden van het voertuig zich vast kunnen houden. Dit vraagt om de toepassing van beugels in het voertuig. De 5 m/s^2 lijkt hoog maar een auto die een noodremming uivoert haalt 7 à 8 m/s^2(5) Het is heel redelijk om van een voertuig dat mogelijk een kruising met weginfrastructuur gaat uitvoeren een remvertraging te eisen die in grootte de vertraging van voertuigen op de weg benadert.

4.5. *Ruimtelijke Inpassing*

De ruimtelijke inpassing van de ParkShuttle levert in vergelijking met andere people mover systemen weinig problemen op.

- De infrastructuur bestaat uit een asfaltbaan van 3 meter breed bij enkele baan en 6 meter breed bij dubbele infrastructuur. Andere systemen hebben vaak een complexe eigen infrastructuur die ook de fysieke geleiding van de voertuigen vormt. → voordeel ParkShuttle: kosten

- De visuele hinder van de ParkShuttle baan is vrijwel niet aanwezig. Het enig zichtbare element van de infrastructuur bestaat uit de afscheiding in de vorm van een hek of een groenzone ('groen hek'). Door ligging op niveau +1 leveren andere people mover systemen een grotere visuele hinder → voordeel ParkShuttle: inpassing
- De ParkShuttle kan baantechnisch alle vormen van weginfrastructuur gelijkvloers kruisen. De voor geleiding benodigde transponders kunnen in ieder wegdek ingelegd worden. People mover systemen met een eigen baan waarin de geleiding en stroomvoorziening zijn opgenomen moeten ongelijkvloers kruisen. De baan wordt daarmee ongeschikt voor gebruik op maaiveld, omdat er geen mogelijkheid tot kruisen van de baan bestaat, anders dan ongelijkvloers → voordeel ParkShuttle: inpassing

- De baan van de ParkShuttle is minder breed dan de baan van een people mover met eigen infrastructuur. Bovendien kan één enkele baan gebruikt worden voor tweerichtingenverkeer in tegenstelling tot de meeste andere people mover systemen (uitzondering hangbaan) → voordeel ParkShuttle: inpassing en kosten

- Haltes van de ParkShuttle bevinden zich op maaiveld. Systemen op niveau +1 hebben stations op +1. Dit brengt dure en kolossale stations met zich mee en stijgpartijen zoals trappen en liften. Bij de ParkShuttle zijn ook eenvoudig meerdere haltes in te passen → voordeel ParkShuttle: bereikbaarheid, inpassing en kosten

Een voordeel van systemen met eigen infrastructuur op niveau +1 is dat ze geen enkele invloed hebben op de verkeersafwikkeling op maaiveldniveau.

4.6. *Reizigersacceptatie*

De reizigersacceptatie van een onbemand vervoersysteem hangt af van een aantal zaken:

- Mate van automatisering: een voertuig dat automatisch optrekt en afremt met een bestuurder is voor de reiziger gemakkelijker te accepteren dan een systeem dat alle besturingstaken zelf uitvoert,

- Mate van geleiding: een automatisch voertuig dat fysiek geleid wordt door de baanconstructie is makkelijker te accepteren dan een voertuig zonder die geleiding,

- Maximale snelheid: bij een lage snelheid ligt de acceptatie van een automatisch systeem hoger dan bij hoge snelheid,

- Mogelijkheid om zelf in te grijpen bij noodsituaties: deze mogelijkheid moet aanwezig zijn voor acceptatie van een bestuurderloos systeem,

In de praktijk (6) blijkt de acceptatie ook bij bestuurderloze operatie geen probleem te zijn. Na een gewenningsperiode blijkt uit enquêtes onder de bevolking van Lille dat er bijna niemand niet in de VAL durft. Wel zijn er mensen die aanvankelijk een angst hadden, maar na verloop van tijd gaat iedereen zonder angst met de VAL. In het algemeen zijn eventuele negatieve effecten op de vervoervraag door acceptatieproblemen niet meetbaar, omdat de vervoervraag ten gevolge van de aanleg van het systeem per definitie verandert. Er was eerst misschien geen systeem of een systeem met een minder goed serviceniveau.

Samenvattend vormt de acceptatie bij de ParkShuttle waarschijnlijk geen probleem. Redenen hiervoor zijn:

- De gewenningsperiode is lang genoeg om de reizigers aan het systeem te laten wennen
- In eerste fase wordt het voertuig uitgebreid getest zonder reizigers,
- Daarna volgt een systeemtest met geselecteerde proefpersonen,
- Pas als het systeem naar behoren functioneert, wordt het ingezet voor het vervoer van reizigers naar het Rivium, in het begin met een soort liftboy om de eventuele vragen en angst weg te nemen,
- De snelheid van de ParkShuttle is relatief laag (25 km/u),
- Reizigers kunnen het voertuig zelf door de noodstopknoppen tot stilstand brengen,
- Communicatie met de beheercentrale is mogelijk.

4.7. *Juridische haalbaarheid ParkShuttle*

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van een juridisch kader waarbinnen de aanleg van het ParkShuttle project en de aanleg van een people mover op maaiveld, eventueel met een gelijkvloerse kruising, moet vallen. In deze paragraaf komt alleen een systeem aan de orde dat niet onder de spoorwegwetgeving valt, zoals ook de ParkShuttle. Een precieze beschrijving van wetten en regels is te vinden in bijlage 10.

Er zijn twee aanlegmogelijkheden te onderscheiden:

1. zonder gelijkvloerse kruising met de openbare weg
Zonder gelijkvloerse kruising is er de mogelijkheid de baan niet-openbaar te verklaren, waarmee geen aanpassing van bestaande regelgeving nodig is. Het voertuig hoeft daarmee niet te voldoen aan wettelijke eisen zoals vermeld in de Wegenverkeerswet. Een bord met 'eigen weg' vermijdt dat door lang tijdsverloop wellicht de beschermde openbare status wel ontstaat.

2. met gelijkvloerse kruising met de openbare weg

De kruising met de openbare weg valt onder de Wegenverkeerswet en de Wegenwet. Hiermee moet worden voldaan aan de regels in deze wetten. Een ontheffing voor een bepaalde vervoerwijze kan worden afgegeven door de wegbeheerder, in veel gevallen de gemeente. Daarmee neemt de gemeente wel (een deel van) de verantwoordelijkheid op zich. Een wegbeheerder heeft de verantwoordelijkheid zorg te dragen voor de algemene veiligheid die voortvloeit uit de inrichting van de weg:

Aansprakelijkheid bij ongevallen

Er zijn twee vormen van aansprakelijkheid bij ongevallen te onderscheiden.

1. Aansprakelijkheid waarbij de Wegenverkeerswet niet van toepassing is. Het artikel betreffende de onrechtmatige daad is van toepassing
2. Aansprakelijkheid waarbij de Wegenverkeerswet wel van toepassing is. Het artikel betreffende de onrechtmatige daad is van toepassing als artikel 185 van de Wegenverkeerswet niet van toepassing is.

Het voornaamste verschil tussen beide vormen van aansprakelijkheid is het volgende:

Art 162, boek 6 B.W.:

- aansprakelijkheid bij de schadetoebrenger (laedens) als er kan worden toegerekend,
- bewijslast bij de schadelijder (gelaedeerde).

Art. 185 W.V.W.:

- aansprakelijkheid bij de schadetoebrenger (laedens) tenzij er niet kan worden toegerekend,
- bewijslast bij de schadetoebrenger (laedens).

Soorten aansprakelijkheid

Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen twee soorten ongevallen:

- Ongevallen waarbij de reiziger letsel wordt toegebracht tijdens vervoer met de ParkShuttle.
- Ongevallen waarbij de ParkShuttle in botsing komt met ander verkeer en daarbij letsel toebrengt aan personen die zich buiten de ParkShuttle bevinden ten tijde van de botsing.

Letsel aan reiziger

De primaire aansprakelijkheid vloeit voort uit (het aangaan van) een vervoerovereenkomst. Daarnaast kan een schadelijder terugvallen op het artikel 162, boek 6 B.W. inzake de onrechtmatige daad.

Letsel bij conflict met ander verkeer

Zonder gelijkvloerse kruising is er vanuit de aansprakelijkheid voor ongevallen op grond van de Wegenverkeerswet geen probleem te verwachten; de Wegenverkeerswet is dan niet van toepassing. De eigenaar kan alleen aansprakelijk worden gesteld voor een eventueel ongeval waarbij mensen de baan (verboden terrein) betreden op grond van de onrechtmatige daad. Als de exploitant niet voldoende duidelijk heeft gemaakt dat het verboden is de baan te betreden zou dat een onrechtmatige daad kunnen zijn.

Met gelijkvloerse kruising is de Wegenverkeerswet zowel als de Wegenwet van toepassing op de kruising met andere infrastructuur. De baan zelf, buiten het kruisingsvlak, is nog steeds als eigen weg te betitelen waarop de Wegenverkeerswet niet van toepassing is. In gevallen waarop art. 185 W.V.W. van toepassing is op ongevallen op het kruisingsvlak, is de eige-

naar/exploitant van de ParkShuttle aansprakelijk voor de schade van de schadelijder. Het zal heel lastig zijn voor de eigenaar/exploitant om het bewijs te kunnen leveren dat er overmacht in het spel is, juist omdat er geen bestuurder als getuige aanwezig is.
Bezien moet worden of het mogelijk is om de baan ook ter plaatse van het kruisingsvlak niet-openbare weg of in ieder geval een openbare wet die niet valt onder de Wegenverkeerswet te verklaren, zodat de aansprakelijkheid op grond van artikel 185 W.V.W. niet van toepassing is. Dan ligt de bewijslast op grond van artikel 162, boek 6, B.W. bij de schadelijder.

Alles is relatief

In de vorige paragraaf zijn de wettelijke eisen toegelicht. Wat echter niet uit het oog mag worden verloren is het feit dat wetgeving niet absoluut is.

1. Wetgeving is vaak gedateerd. Nieuwe technieken die beschikbaar komen op het gebied van vervoertechnieken vragen vaak om een aanpassing van de bestaande wetgeving,
2. Er zijn voorbeelden te noemen van systemen die misschien wel aan de wet voldoen, maar waarvan de regeling op zijn minst dubieus te noemen is.

Conclusie juridische haalbaarheid

Afgescheiden baan, geen gelijkvloerse kruising.

- De afgescheiden baan zonder gelijkvloerse kruising levert geen problemen op van juridische aard.
- De aansprakelijkheid voor letsel toegebracht aan reizigers in de ParkShuttle vloeit voort uit (het aangaan van) de vervoerovereenkomst. Als er een causaal verband bestaat tussen het vervoer, het ongeval en het letsel toegebracht aan de reiziger, is de vervoerder aansprakelijk.
- De baan moet afgescheiden worden van de omgeving.
- Er moet duidelijk worden aangegeven dat de baan eigen terrein is en verboden te betreden, anders is de vervoerder aansprakelijk voor letsel aan personen die de baan betreden op grond van onrechtmatige daad. Bovendien is deze aanduiding nodig om te voorkomen dat de baan door langdurig tijdsverloop toch de beschermde openbare status krijgt.

Gelijkvloerse kruising met andere infrastructuur.

- Binnen de huidige wet- en regelgeving is de kruising van de ParkShuttle met andere infrastructuur niet in te passen. Voornaamste probleem is de starheid van begripsbepalingen in de wetten en regels.
- Er zijn verschillende mogelijkheden om een juridisch kader voor de aanleg van de kruising vorm te geven. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de beste mogelijkheid is. Uitgezocht moet worden hoe rekbaar de begripsbepalingen in de wet zijn.
- Bij een ongeval met ander verkeer dat op het kruisingsvlak met de openbare weg plaatsvindt ligt de bewijslast bij de schadelijder, tenzij vallend onder artikel 185 W.V.W. Dan ligt de bewijslast bij de vervoerder. Om dit te voorkomen zou de kruising niet onder de W.V.W. moeten vallen.

Samenvattend is de kruising juridisch haalbaar, mits er op een zorgvuldige manier voorafgaand aan daadwerkelijke realisatie een juridische vorm voor het vervoer gekozen wordt en eventueel een voorstel tot wetswijziging of ontheffing van een conflicterende regeling wordt gedaan.

Juridische problemen achteraf moeten koste wat het kost vermeden worden. Het voorbeeld van de carpoolstrook geeft aan hoe belangrijk dit is.

---

1. Gemeente Capelle, *Lijst met NAW, SBI en enkele enquete gegevens Bedrijven en Instellingenregister Rijnmond*, juli 1996
2. Waard, J. van der, *Onderzoek weging tijdelementen*, 1988
3. Hansen, Prof.dr.ing. I.A., *dictaat e24*, september 1995
4. Graaf, A.J. de, *Systeem Specificatie FROG People Mover Kralingse Zoom - Rivium*, juli 1995
5. Autovisie, *Autovisie Jaarboek 1996*, 1996
6. Communauté Urbaine de Lille, *1983-1988: Six ans de métro dans la communauté urbaine de LilleVAL te Lille*, 1986

5. Kruising HOV-baan met andere infrastructuur

5.1 Kruising NS

Algemeen

Het streven van de NS is om alle gelijkvloerse kruisingen ofwel te laten vervallen ofwel ze te vervangen door ongelijkvloerse kruisingen. Achterliggende redenen zijn het reduceren van het aantal en de lengte van vertragingen door het voorkomen van conflicten met kruisend verkeer. Daarnaast bestaat bij NS de wens de maximum snelheid op te krikken naar 160 km/u. Bij deze snelheid zijn gelijkvloerse kruisingen niet meer toelaatbaar omdat de kans op het ontsporen van een trein bij een botsing en letsel van passagiers dan te groot wordt. Ondanks deze redenen zijn er in Nederland op de netlengte van 2795 km nog 3066 gelijkvloerse kruisingen, waarvan 1137 onbeveiligd (1).

5.1.1 Beveiliging voor trein

seinstelsel met ATB

Met behulp van seinen op vaste plaatsen langs de spoorbaan wordt visueel informatie overgedragen aan de machinist van een trein over het onbezet zijn van een baanvak over een bepaalde afstand voor de trein uit. Dit is om te voorkomen dat een trein op een voorganger botst. Eén blokafstand is voldoende om een trein van de maximum snelheid op dat baanvak tot stilstand te brengen. De trein wordt op afstand van zijn voorganger gehouden door zogenaamde blokken. In het normale treinverkeer moet de afstand tussen twee opeenvolgende treinen twee blokken (plus een toeslag) bedragen . Deze toeslag is nodig om te voorkomen dat een volgende trein continu een seinopdracht krijgt om te afremmen omdat deze telkens net binnen de blokafstand van zijn voorganger komt.

Als de machinist van de trein niet reageert op een rood sein, grijpt de ATB (Automatische Trein Beïnvloeding) in en remt de trein automatisch af. Dit gebeurt ook als de machinist onwel wordt en daardoor de zogenaamde dodemansknop niet ingedrukt kan houden. Deze mate van beveiliging is te betitelen als het 'fail-safe maken' van de machinist. Het systeem is bestand tegen menselijke fouten.

De afstand tussen treinen is te verkleinen (en daarmee de capaciteit te vergroten) door tussenseinen te plaatsen tussen de seinen in. De minimale afstand gaat terug van twee naar anderhalf blok. De winst zit in het later kunnen waarschuwen van de machinist, namelijk een half blok van tevoren in plaats van een heel blok van tevoren. Het spreekt voor zich dat de reactietijd van de machinist op een sein veel kleiner is dan de tijd die een trein nodig heeft om van de maximum snelheid tot stilstand te komen.

5.1.2 Beveiliging voor autoverkeer

De beveiliging voor het autoverkeer kan op diverse manieren worden vormgegeven:

Geen beveiliging

De nog bestaande gelijkvloerse kruisingen met ander verkeer bevinden zich op de uitlopers van het NS net. Het gaat hier vaak om overwegen voor landbouwverkeer of wegen met een zeer geringe verkeersfunctie en zeer lage intensiteiten van het kruisend verkeer. Er is geen sprake van actieve beveiliging met waarschuwingslichten of overwegbomen. De enige vorm van waarschuwing bestaat uit een verkeersbord, de zogenaamde andreaskruisen. De juridische status van een andreaskruis is dat voorrang gegeven moet worden aan het treinverkeer.

	1985	*1990*	*1992*	*1993*	*1994*
Overwegen	3794	3300	3126	3075	3066
w.o. onbeveiligd	1877	1396	1204	1162	1137

Tabel 5.1: Aantal overwegen totaal en aantal onbeveiligde overwegen (bron: CBS, Statistisch jaarboek 1996, verkeer, vervoer en communicatie, tabel 19, 1996.)

Op dit type kruising voorkomende ongevallen zijn per definitie te wijten aan de partij die de spoorbaan kruist. De trein heeft absolute voorrang. Oorzaken voor ongevallen zijn onoplettendheid, verblinding door laaghangende zon e.d. Ook de zelfmoordpogingen horen tot de ongevallen; mensen blijven bewust voor een aankomende trein staan.

Beveiliging met Automatische Knipperlicht Installatie (AKI)

Bij een grotere intensiteit van het kruisende verkeer en/of van het treinverkeer worden AKI's toegepast. De toegang tot het kruisingsvlak wordt voor het autoverkeer niet fysiek maar slechts juridisch verboden. De AKI geldt voor alle verkeersdeelnemers, zowel langzaam- als snelverkeer. De (NS-)AKI kent twee lichten: Als er het treinverkeer geen toegang tot het kruisingsvlak vraagt, knippert een wit waarschuwingslicht. Als het treinverkeer zich inmeldt om het kruisingsvlak over te gaan steken gaat het witte knipperlicht uit en gaan twee rode lichten alternerend knipperen. Het rode knipperlicht heeft volgens het RVV de betekenis 'stop'.

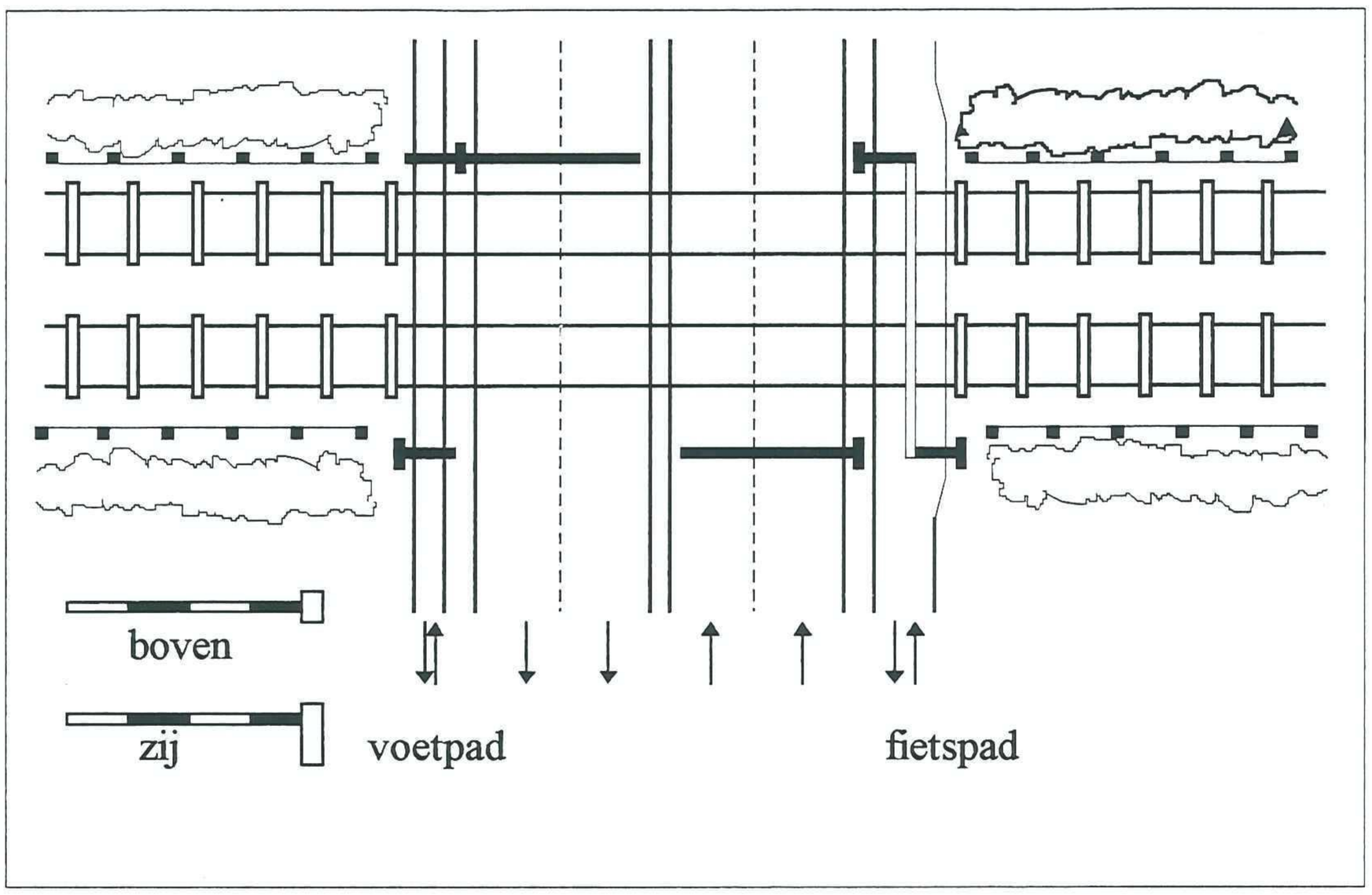
Vaak voorkomende ongevallen waarbij een trein in botsing komt met een kruisende verkeersdeelnemer op met AKI beveiligde overwegen zijn de volgende:

- Het kruisend verkeer vertrouwt op eigen waarneming en negeert bewust het rode knipperlicht. Met name bij oprijden na de eerste trein als de knipperlichten nog niet gedoofd zijn gebeuren ongelukken als er een tweede trein komt,
- Bij slecht weer zijn de signalen beperkt zichtbaar, bijvoorbeeld bij zware regenval,
- Bij laagstaande zon treedt verblinding op of schijnt de zon in de lens waardoor de signalen niet zichtbaar zijn.

De AKI is fail-safe uitgevoerd; bij een storing van de installatie of de treindetectie gaan automatisch de rode lichten knipperen.

Beveiliging met Automatische Halve Overweg Bomen (AHOB)

Een AHOB geeft een momentane fysieke scheiding tussen de kruisende verkeersstromen. Toepassing van een AHOB kan plaatsvinden in aanvulling op of ter vervanging van een bestaande verkeersregeling met waarschuwings- en/of verkeerslichten. Een AHOB is een fysieke aanvulling op de juridische afsluiting. Bij een AHOB worden altijd waarschuwingslichten zoals voornoemde AKI's toegepast om het verkeer te waarschuwen dat de bomen binnen enkele seconden gaan sluiten.
AHOB's zijn automatisch en ze worden aangestuurd door de spoorbeveiligingsinstallatie. Als de trein een bepaald punt passeert, treden eerst de waarschuwingslichten in werking waarna de



Figuur 5.1: Met AHOB beveiligde kruising (bron: NS)

bomen naar beneden gaan. Na het passeren van de trein gaan de bomen omhoog en doven de waarschuwingslichten. De duur van de respectievelijke fasen hangt af van het gemiddeld gedrag van de weggebruiker (snelheid, reacties). De snelheid van het spoorverkeer ter plekke bepaalt de plaats waarop de trein gedetecteerd moet worden. Voor de tijd tussen het begin van de waarschuwingsfase en het op het kruisingsvlak verschijnen van de spoorvoertuig geldt een internationaal aanvaarde norm van 25 seconden (bij dubbelspoor)(2).

De AHOB-installatie geeft slechts een gedeeltelijke fysieke afsluiting van het kruisingsvlak (één rijbaan, met één of meer rijstroken). De kruisingsvlak-verlatende rijstrook wordt niet afgesloten, met het oogmerk het kruisend verkeer altijd een uitweg te bieden als het zich op de overweg bevindt als de bomen (automatisch) gesloten worden. Aan de rijbaan grenzende fietspaden

beschikken over aparte bomen, evenals voetpaden. Voetpaden worden helemaal afgesloten, waarbij een ontsnappingsmogelijkheid buiten de bomen om wordt vrijgehouden.
Het spoorverkeer krijgt absolute voorrang. De machinist wordt niet geïnformeerd over de toestand van de AHOB (open/gesloten) en heeft geen verantwoordelijkheid voor de veiligheid op de overweg omdat er vanuit wordt gegaan dat de AHOB altijd werkt (2).
Uit onderzoek naar de veiligheid op overwegen (3) is gebleken dat met het aanbrengen van halve bomen de ongevallenkans met 45 tot 75 % vermindert ten opzichte van AKI's. AHOB's bieden dus geen absolute veiligheid.

Een AHOB biedt geen absolute veiligheid

Vaak voorkomende ongevallen bij met AHOB beveiligde overwegen zijn (2):

- Automobilisten halen de voor de overwegboom wachtende rij auto's in en proberen dan tussen de overwegbomen door te slalommen,
- Voetgangers en fietsers gaan om de bomen heen om nog voor de trein te kunnen passeren.

In principe zou een ongeval te wijten kunnen zijn aan een defecte AHOB, de boom gaat niet naar beneden. Dit is in de praktijk niet het geval (2). De norm schrijft voor dat de kans op het niet-functioneren van een AHOB-installatie minder dan één keer in de honderd jaar moet zijn. Bovendien is een AHOB met de aanvullende treindetectie fail-safe gemaakt, dat wil zeggen dat de installatie ingeval van storingen de veilige stand aanneemt, de boom gaat naar beneden.

Er is geen terugkoppeling aangebracht tussen de AHOB en de ATB op de trein. De machinist mag er vanuit gaan dat de bomen naar beneden zijn en de overweg vrij is. Een terugkoppeling heeft bovendien alleen zin als de machinist gelegenheid zou hebben om een normale remming uit te voeren. Dit zou een veel te lange gesloten-tijd van de bomen betekenen en een te grote inbreuk op de doorstroming van het kruisend verkeer opleveren.

Beveiliging met hele overwegbomen

Hele overwegbomen werden in het verleden vaak toegepast. Het grote voordeel van hele overwegbomen is dat het onmogelijk is om de bomen te omzeilen. Vanwege het gevaar voor opsluiting van een verkeersdeelnemer tussen de bomen is dit type bomen niet automatisch uit te voeren, er is een overwegwachter nodig. De ontruimingstijd is bovendien groter omdat het verkeer het kruisingsvlak volledig moet verlaten voordat de bomen dicht kunnen. Uit oogpunt van verkeersdoorstroming (ontruimingstijd) en personeelskosten (bediening) worden hele sluitbomen niet meer toegepast.

Ongevallen

Ongevalsgegevens met betrekking tot ongevallen waarbij een trein betrokken is zijn alleen beschikbaar via het CBS. NS geeft geen informatie over ongevallen. Ongevallen waarbij een trein betrokken is vinden plaats op overwegen.

Naast het CBS is in het heeft RailNed een lijst bijgehouden met daarin de aantallen slachtoffers bij ongevallen op een overweg. Zowel het totaal aantal slachtoffers als het aantal doden is bekend. Dit is echter een lijst die niet gespecificeerd is naar type kruising of beveiliging. Deze gegevens zijn ook niet te achterhalen.

Aantal ongevalsobjecten		w.v. betrokken bij ongevallen met						
		dodelijke afloop			letsel			
	Totaal	w.v. rijdende	w.v. geparkeerde	Totaal	w.v. rijdende	w.v. geparkeerde	Totaal	w.v. rijdende	w.v. geparkeerde
trein	59	59	-	39	39	-	20	20	-

Tabel 5.2: trein betrokken bij verkeersongeval (bron: CBS, Verkeersongevallen op de openbare weg 1995, 1996)

Het aantal botsingen tussen een trein en een voertuig respectievelijk een voetganger op een overweg is gegeven in onderstaande Tabel 5.3. De aantallen ongevallen tellen niet exact op tot de cijfers in Tabel 5.2. Fiets-trein ongevallen ontbreken bijvoorbeeld in de statistiek. Het probleem hier is de vele wijzen van verwerken van gegevens, wat de toegankelijkheid, consistentie en compatibiliteit niet ten goede komt.

	Verkeersongevallen	Slachtoffers				
	Totaal	w.o.		Overleden		Gewonden opgenomen in ziekenhuis
		dodelijke afloop	alcoholgebruik	Totaal	w.o. ter plaatse	
trein-voertuig	49	32	1	37	35	19
trein-voetganger	3	3	-	3	2	-

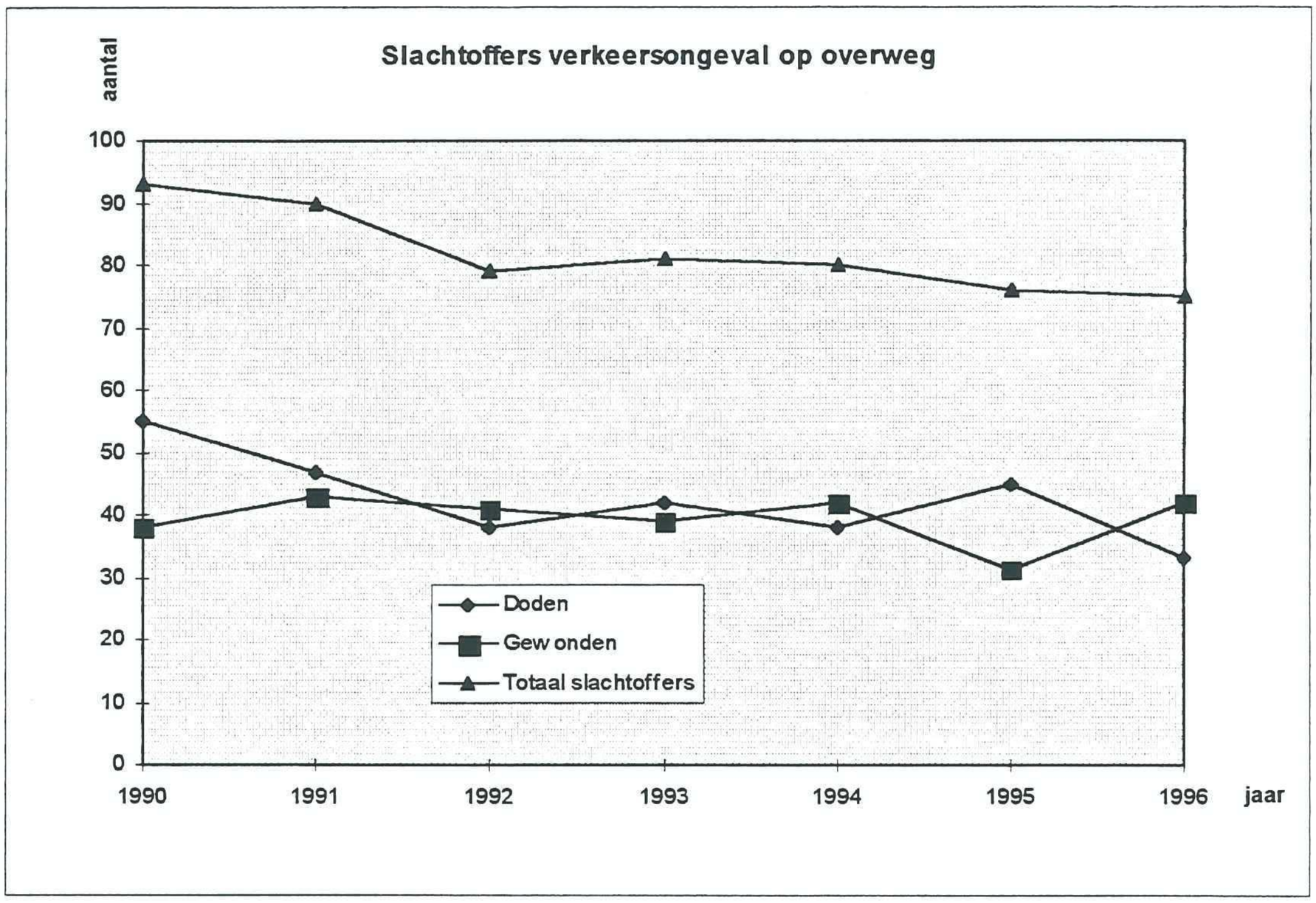
Tabel 5.3: Aantal ongevallen en slachtoffers bij ongevallen met trein (bron: CBS, Verkeersongevallen op de openbare weg 1995, 1996)

RailNed komt tot de volgende cijfers:

jaar	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Overweg-verkeer							
Slachtoffers	55	47	38	42	38	45	33
Doden	38	43	41	39	42	31	42

Tabel 5.4: Aantal slachtoffers bij ongevallen op een overweg (bron: RailNed, Jaarverslag RailNed 1996, 1997.)

Onderstaand zijn de RailNed cijfers in een grafiek uitgezet. Er is een licht dalende trend waarneembaar. In de periode 1990-1994 is het aantal onbeveiligde overwegen afgenomen van 1396 naar 1137 en het totaal aantal overwegen van 3300 naar 3066. Het gebrek aan gegevens maakt het onmogelijk om op basis van de ongevalcijfers een uitspraak te doen over de oorza(a)k(en) van deze daling. Ook de koppeling met het aantal overwegen is daarom niet te maken.



5.2 *Kruising sneltram Amstelveen*

Algemeen

Vanaf het Amsterdamse metronet gaat de metro bij Amsterdam Zuid-WTC als sneltram 51 verder naar Amstelveen, de Amstelveenlijn met een totale lengte van 8500 meter. Op dezelfde lijn rijdt ook tram 5 van Amstelveen-centrum naar Amsterdam CS. In de spits komt er elke 100 seconden een (snel-)tram voorbij. De maximum snelheid op een baanvak ligt op 70 km/u. Ter plaatse van kruispunten en haltes liggen de snelheden lager, respectievelijk 50 km/u en 0 km/u. De baan ligt in de middenberm van de Buitenveldertselaan, een 2-baans weg met 2 rijstroken per baan. In Amstelveen gaat deze over in de Beneluxlaan. De Buitenveldertselaan maakt onderdeel uit van het Hoofdnet Auto en Fiets en met de sneltram ook van het Hoofdnet Rail.

De Amstelveenlijn heeft 18 kruisingen met het autoverkeer gecombineerd met langzaam verkeer. Daarnaast zijn er 8 losse langzaam verkeer oversteken. De intensiteit op de Buitenveld-

ertselaan en de kruisende wegen is niet bekend maar geldt als 'druk'. Het GVB karakteriseert de kruisingen als volgt:

		Amsterdam	Amstelveen
Zware kruising	met halte	3	3
	zonder halte	1	1
	zonder halte en zonder langzaam verkeer	-	1
	totaal	4	5
Lichte kruising	met halte	-	4
	zonder halte	2	2
	zonder halte en zonder langzaam verkeer	-	1
	totaal	2	7
Langz. verkeer	met halte	3	2
	zonder halte	1	2
	totaal	4	4

Tabel 5.5: kruisingen Amstelveenlijn

Ieder soort kruising heeft gevoelsmatig specifieke problemen.

- De zware kruising levert meer conflicten op dan de lichte kruising door de grotere intensiteit van het autoverkeer. In dezelfde tijdsruimte moeten meer auto's afgewikkeld worden.
- Een kruising gecombineerd met een halte zorgt voor een lagere snelheid van de optrekkende of afremmende sneltram en tram. Deze lagere snelheid levert meer mogelijkheden op voor de sneltrambestuurder om tijdig tot stilstand te komen bij een versperring van de baan door de kortere remafstand bij een lage snelheid.
- Bij een kruising zonder halte is er enerzijds een groter ongevalsrisico door de grotere snelheid van de sneltram (max. 50 km/u) en de daarmee samenhangende onmogelijkheid om tijdig tot stilstand te komen. Anderzijds is het ongevalsrisico lager door het wegvallen van het langzaam verkeer en de overzichtelijker situatie.
- Bij een losse langzaam verkeer oversteek is het risico door de grote snelheid van de sneltram relatief groot. Voor de langzaam verkeersdeelnemer is de situatie eenvoudig; hij hoeft alleen op de sneltram te letten.

In hoeverre de ongevalcijfers bovenstaande hypothesen staven, komt in paragraaf 5.2.4 aan de orde.

5.2.1 Beveiliging voor sneltram

De sneltram heeft absolute prioriteit. De sneltram meldt zich in middels een detectielus, waarna de groenfase voor conflicterende richtingen vroegtijdig wordt beëindigd. De sneltram en de gewone tram kunnen in principe altijd doorrijden.

Negenoog
De beveiliging van de kruisingen van de sneltram Amstelveen is te vergelijken met een normale trambeveiliging, dat wil zeggen dat de verkeersregeling voor de sneltram geschiedt met behulp van een negenoog. Hiervoor is gekozen omdat op de sneltrambaan ook 'gewone' trams rijden van lijn 5. Er is geen ATB toegepast, een ATB systeem is in principe wel mogelijk op de voertuigen van lijn 51. Bij het passeren van een rood sein wordt dan een dwangremming uitgevoerd. Uit gegevens van de politie blijkt echter dat de rood-licht discipline van de sneltrambestuurders behoorlijk is.

Voorlicht
De toevoeging voor de sneltrambaan is de plaatsing van voorlichten op voor het daadwerkelijke kruisingsvlak. Deze voorlichten geven aan dat de sneltram ingemeld is en dat hij naar alle waarschijnlijkheid wit licht op de kruising krijgt. Hierin schuilt een gevaar: bestuurders rekenen er op een gegeven moment op dat de voorsignalering aangeeft dat ze waarschijnlijk wit licht krijgen. Ze letten daarom niet meer bewust op de voorsignalering, rijden met een zo hoge snelheid langs dat het voorlicht niet waar te nemen is en kunnen onmogelijk tijdig stoppen als ze toch rood krijgen op het kruisingsvlak. Dit gevaar is groter bij de sneltrambestuurders dan bij de trambestuurders, omdat de sneltram ook van het metronet gebruik maakt , waar alles geregeld wordt voor de bestuurder en waar de ATB ingrijpt als de bestuurder niet reageert op een rood sein. De trambestuurder heeft meer ervaring met kruisende verkeersstromen en is gewend aan het op zicht rijden (4).

De sneltrambestuurder kan door rood licht rijden. Er wordt een verkeerslicht met voorsignalering voor het kruisingsvlak toegepast maar als de bestuurder door rood dreigt te rijden wordt er geen dwangremming uitgevoerd.

5.2.2 Beveiliging voor autoverkeer

Het autoverkeer wordt met normale verkeerslichten geregeld. De verkeersregeling is verkeersafhankelijk. Dit betekent dat er aan tram en sneltram wit en aan auto, fiets en voetganger pas groen wordt gegeven als ze dit kenbaar hebben gemaakt en dit in de verkeersregeling mogelijk is. Het autoverkeer meldt zich in met behulp van een lus vlak voor de verkeerslichten. Als er een aanvraag van de sneltram komt, wordt de groenfase van het autoverkeer vroegtijdig beëindigd.

Er bestaat slechts een juridische afsluiting van het kruisingsvlak voor de automobilist. De veiligheid op de kruising is dus voor een deel afhankelijk van de rood-lichtdiscipline van de automobilist. Een fysieke afsluiting door middel van overwegbomen wordt niet toegepast.

5.2.3 Beveiliging voor langzaam verkeer

Het langzaam verkeer heeft evenals het autoverkeer een verkeerslichtenregeling. In Amstelveen heeft het langzaam verkeer altijd rood, slechts na aanvraag krijgt het groen. Op het Amsterdamse deel van de Amstelveenlijn krijgt het langzaam verkeer altijd automatisch even groen en op aanvraag extra.

oversteek	fietsers	voetgangers
uitsluitend sneltrambaan	verkeerslichtvervangend waarschuwingslicht + onderlicht	verkeerslichtvervangend waarschuwingslicht + onderlicht aan zijde van voetganger
sneltrambaan + 2 rijbanen	verkeerslicht + onderlicht aan overzijde sneltrambaan	verkeerslicht voor oversteek eerste rijbaan aan zijde van voetganger, verkeerslichtvervangend waarschuwingslicht voor sneltrambaan aan zijde van voetganger of aan beide zijden, laatste oversteek conform eerste.

Tabel 5.6: signalering voor langzaam verkeer (bron: Riemersma, R.S.K., sector Stadsdeelwerken Buitenveldert, Uitgevoerde (zichtbare) maatregelen op de Buitenveldertselaan, september 1996)

Het langzaam verkeer wordt met behulp van verkeerslichten geregeld. De voetgangersoversteek van de OV baan is losgekoppeld van de oversteek van de weg door in lengterichting een extra verkeerslicht voor de voetgangers toe te voegen. De oversteek geschiedt in drie delen

5.2.4 Ongevallen

Uit de ongevalgegevens van het GVB is een analyse te maken naar de aard van de ongevallen en de meest voorkomende ongevallen. In de periode 1/11/90 tot 1/11/95 komen op grond van cijfers van het GVB 90 ongevallen naar voren waarbij de sneltram betrokken is. De politie rept over dezelfde periode over 73 ongevallen. In vergelijking met de Amsterdamse trams, welke deels in het stadsverkeer rijdt en deels op vrije baan, is de kans per gereden (snel)tramkilometer dat er zich een ongeval voordoet op de Amstelveenlijn ongeveer 6 maal kleiner (5).

Belangrijk voor het ontwerp van gelijkvloerse kruising van een people mover met normale infrastructuur is de vraag wat de belangrijkste invloedsfactoren op het aantal ongevallen zijn.

- wanneer doen de ongevallen zich voor,
- wat zijn de oorzaken van de ongevallen,
- welke typen ongevallen doe zich voor,
- wat is de invloed van de kruisingssituatie,
- wie zijn er betrokken bij de ongevallen.

Tijdstip ongevallen

Per jaar zijn er te weinig ongevallen om iets over de verdeling over de jaren te kunnen zeggen. Ook de verdeling over de maanden van het jaar is te grillig om eenduidige conclusies te kunnen trekken. De verdeling van de ongevallen over de dagen van de week laat wel een duidelijk beeld zien (grafiek in bijlage 11).

Opvallend is dat in de weekenden veel minder ongevallen dan door de week plaatsvinden. Mensen rijden dan minder auto en de sneltram rijdt

Dag	aantal	in %	landelijk
Maandag	11	12 %	13 %
Dinsdag	15	15 %	15 %
Woensdag	19	21 %	17 %
Donderdag	19	21 %	15 %
Vrijdag	16	18 %	18 %
Zaterdag	7	9 %	12 %
Zondag	3	3 %	11 %

Tabel 5.7: Ongevallen over weekdagen

minder frequent. Het landelijk percentage wijkt in het weekend minder af dan de sneltramcijfers omdat hier alle ongevallen meegenomen worden en niet alleen die waarbij een sneltramvoertuig betrokken is.

De verdeling van ongevallen over de dagen van de week komt overeen met het landelijk gemiddelde. De geringere frequentie van de sneltram in het weekeinde zorgt voor een laag ongevalcijfer in het weekeinde.

Oorzaak ongevallen

Uit een analyse van deze ongevallen volgt dat er globaal gezien over alle verkeersdeelnemers vier verschillende oorzaken van een ongeval zijn:

1. geen doorgang of voorrang verlenen in 40% van de gevallen,
2. roodlichtnegatie in 33% van de gevallen,
3. foutief voorsorteren door de automobilist in 8.2% van de gevallen,
4. onvoorzichtig rijden, oversteken of op de weg lopen in 12% van de gevallen.

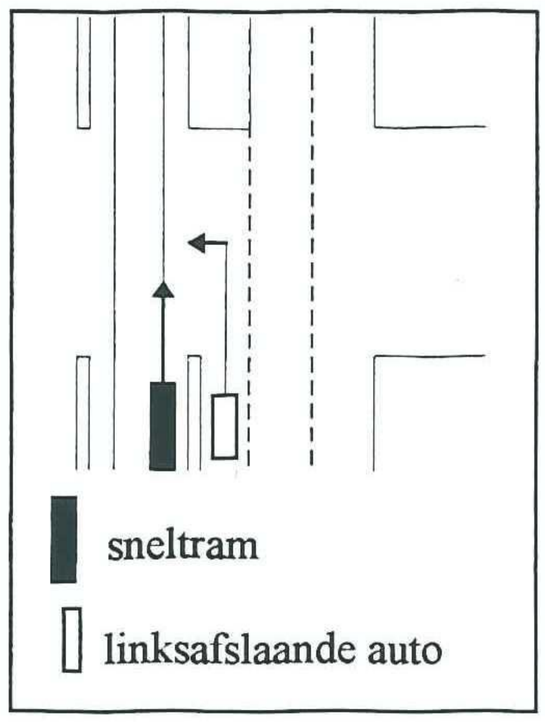
De rest van de ongevallen zijn niet relevant, omdat ze niets met de kruising met de sneltram te maken hebben. Het gaat hier bijvoorbeeld om een auto met een klapband die de sneltram raakt omdat de wagen onbestuurbaar is geworden.

Typen ongevallen

Bij aanrijdingen met de sneltram gaat het in de meeste gevallen om aanrijdingen met auto's. De typen ongevallen die zich voordoen zijn:

- meerijdende linksafslaande auto (roodlichtnegatie). Dit komt het vaakst voor.
- kruisende auto. Dit komt minder vaak voor.
- tegemoetkomende linksafslaande auto. Dit komt bijna niet voor.

Aanrijdingen met langzaam verkeer doen zich nauwelijks voor. De ongevallen die zich voordoen zijn vaak van het klassieke tram/trein type. Mensen steken na het eerste voertuig onvoorzichtig over en worden gegrepen door een tweede voertuig.



Figuur 5.2: Linksafslaande auto

Kenmerkende ongevalsituaties

Kruisingen			Ongevallen						Totaal	
	#	%	auto		langzaam verkeer		onbekend		#	%
Kruisingen met halte	10	38 %	42	68 %	9	69 %	7	nvt	58	64 %
Kruisingen zonder halte	16	62 %	20	32 %	4	31 %	8	nvt	32	32 %
Totaal	26	100 %	62	100 %	13	100 %	15	100 %	90	100 %

Tabel 5.8: relatie ongevalsituatie-type kruising (bron:Ingenieursbureau Amsterdam, Verkeersveiligheid Buitenveldertselaan, november 1995)

Uit Tabel 5.8 blijkt dat 68 % van de ongevallen plaatsvindt op 38 % van het aantal kruisingen. Hierbij wordt verondersteld dat de onbekende ongevallen in dezelfde verhouding over auto en langzaam verkeer zijn verdeeld als de rest van de ongevallen.

Bij aanname van vergelijkbare intensiteiten per kruising is de conclusie:

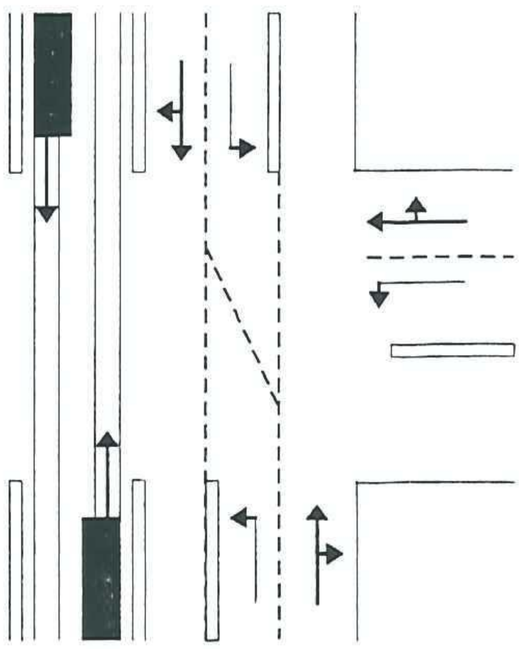
> *Het plaatsen van een halte in de nabijheid van een kruising heeft een negatief effect op de verkeersveiligheid door onverwacht optrekkende openbaar vervoermiddelen. In het Amstelveense geval levert het bijna een verdubbeling van de ongevalkans op ten opzichte van de kruising zonder halte.*

Een andere factor op de ongevalkans is de invloed van het toerijden op een halte of bij het wegrijden van een halte. Tabel 5.9 geeft de invloed van deze factor weer (5). Het mag duidelijk zijn dat deze factor niet van belang is bij een kruising zonder halte. Er wordt in dat geval wel een onderscheid gemaakt tussen linksafslaande en kruisende auto en langzaam verkeer.

	la		*kr*		*lv*		*onbekend*	*Totaal*
Kruisingen met halte	*toe*	*weg*	*toe*	*weg*	*toe*	*weg*		
	20	6	12	4	6	3	7	58
Kruisingen zonder halte	12		8		4		8	32
Totaal	38		24		13		15	90

	toerijden op halte	*wegrijden v. halte*	*onbekend*	*Totaal*
Kruising met halte	38	13	7	58

Tabel 5.9: Ongevalsituaties bij verschillende kruisingen, hierbij geldt: la= linksafslaande auto, kr= kruisende auto, lv= langzaam verkeer en toe= toerijdend op halte, weg= wegrijdend van halte (bron: Ingenieursbureau Amsterdam, Verkeersveiligheid Buitenveldertselaan, november 1995)



Figuur 5.3: Rechtsaf toegevoegd

De conclusie op grond van het bovenste deel van Tabel 5.9 is dat de linksafslaande auto significant vaker bij een ongeval is betrokken dan een kruisende auto. Over een rechtsafslaande auto zijn geen gegevens bekend, omdat de Amstelveenlijn in de middenberm van de weg ligt, waardoor de rechtsafslaande stroom per definitie de sneltrambaan niet kruist. Verwacht mag worden dat de ongevalkans op een rechtsafbeweging vergelijkbaar is met een linksafbeweging omdat de te kruisen baan dezelfde soort sneltrambewegingen kent: een achteropkomende ofwel een tegemoet-komende sneltram

Om de ongevalkans te verkleinen dient de kruising van andere weginfrastructuur met de OV baan zoveel mogelijk loodrecht plaats te vinden. De ongevalkans bij links- of rechtsafslaande verkeersdeelnemers is ongeveer 1,5 keer zo groot als bij loodrecht kruisende verkeersdeelnemers.
Het verdient uit veiligheidsoverwegingen aanbeveling onderling kruisende (weg)verkeersstromen niet te combineren met een kruising met openbaar vervoer. Dit conflicteert met de wens om uit vervoerkundig oogpunt wel te combineren met een kruising , uit bereikbaarheidsoogpunt.

5.3 Kruising sneltram RET

Algemeen
De Rotterdamse metro rijdt vanaf station Capelse Brug verder in de richting Ommoord en Zevenkamp als sneltram. De tweesporige baan bevindt zich op maaiveld en de kruising met ander wegverkeer is gelijkvloers. De maximum snelheid op een kruisingsvlak is 50 km/u. In de spits komt er elke 1,5 minuut een sneltram voorbij.
De beveiliging bestaat uit standaard verkeerslichtinstallaties. Naar aanleiding van een toenemend aantal ongevallen en het toenemende fiets- en voetgangersverkeer is in mei 1994 op de halte Prinsenlaan een beveiliging met behulp van AHOB in gebruik genomen. Alleen de voetgangers en fietsoversteken zijn met behulp van de AHOB geregeld.

5.3.1 Beveiliging voor sneltram

De sneltram heeft absolute prioriteit. Op de kruising wordt op zicht gereden. Het ATB systeem is doorgezet vanaf het ondergrondse metrogedeelte. Dit systeem dient alleen voor de beveiliging van de afstand tussen twee sneltrams en regelt de bezetting van een baanvak door een sneltram. De gelijkvloerse kruising met ander verkeer is hier los van gekoppeld; ATB is een 'spoors' systeem. De installatie van ATB geeft in feite een soort schijnveiligheid; zolang de sneltrambestuurder het groene lampje op zijn dashboard heeft staan denkt hij dat alles veilig is. In feite moet hij echter nog steeds op zicht rijden (6).
Voor de kruising staat langs de sneltrambaan een negenoog dat wit licht geeft als de bomen van de AHOB uit de bovenste stand zijn. Als het wit licht pas gegeven zou worden als de bomen in de laagste stand staan geeft dit en sabotagemogelijkheid.

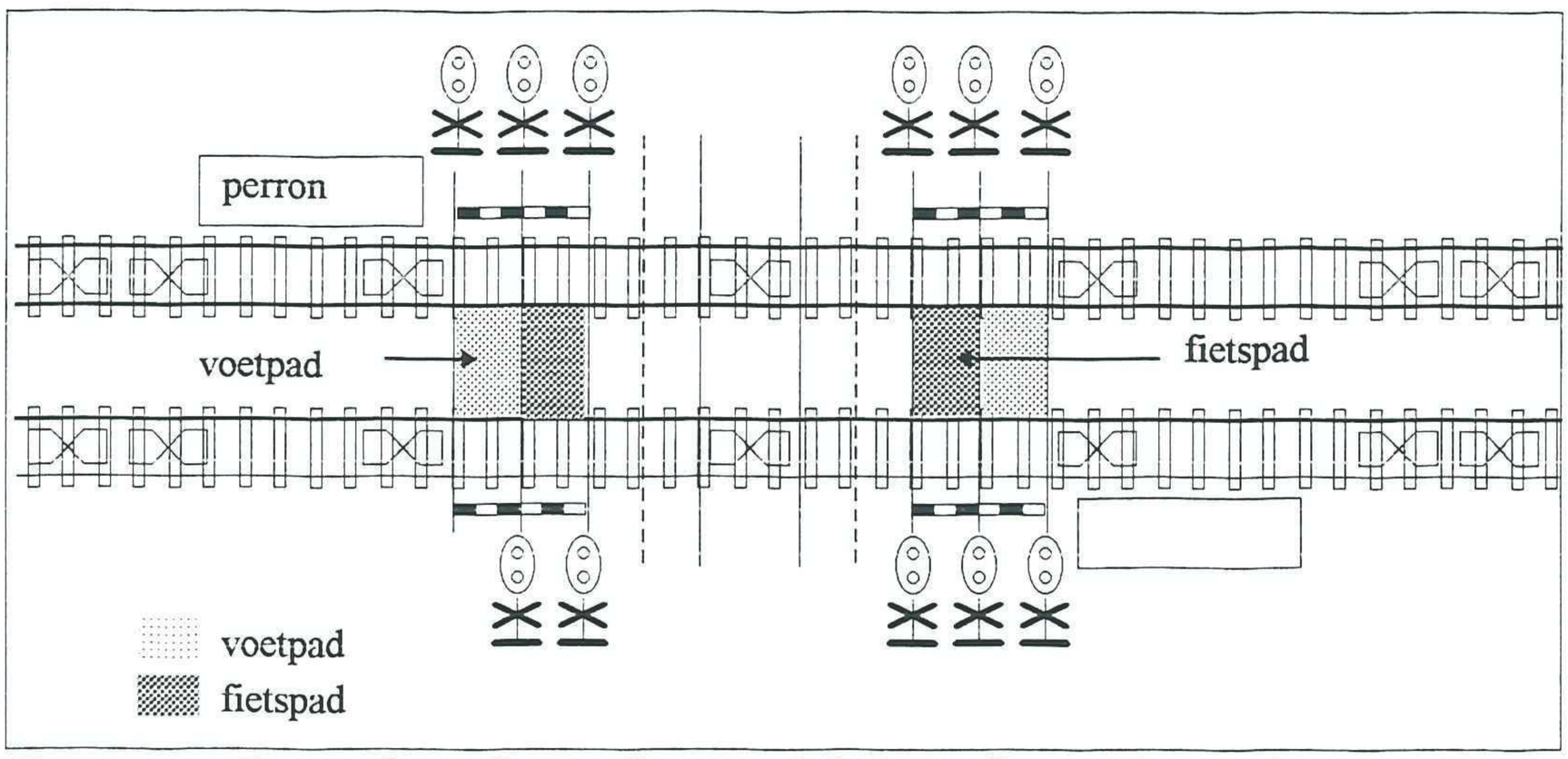
ATB en kruispuntbeveiliging moeten nadrukkelijk los van elkaar gezien worden. De kruispuntbeveiliging bestaat uit het op zicht rijden van de bestuurder. ATB regelt alleen de bewegingen van de sneltrams ten opzichte van elkaar

5.3.2 Beveiliging voor kruisend verkeer

Autoverkeer
Het autoverkeer wordt geregeld met een normale verkeerslichtinstallatie.

Langzaam verkeer

De beveiliging van de langzaam verkeer oversteken geschiedt met normale verkeerslichtinstallaties (AKI). RET heeft het voornemen om deze op alle 21 kruisingen te vervangen door AHOB. Halte Prinsenlaan is in 1994 al voorzien van de AHOB installatie. De configuratie van het systeem staat weergegeven in Figuur 5.4. De installatie is nog niet zo lang in bedrijf dat er uitspraken te doen zijn over een toename van de veiligheid aan de hand van een reductie van ongevalcijfers.



Figuur 5.4: Prinsenlaan (bron: Groenendijk, B. en Surm, M., Level crossing safety technology NE BUE 90E with RET in Rotterdam, Signal+Draht, blz. 20-21, april 1996)

5.3.3 Ongevallen

De ongevalcijfers die beschikbaar zijn komen van de gemeente Rotterdam (7). Voor de onderscheiden 23 gelijkvloerse sneltramkruisingen zijn vanaf het begin van indienststelling in 1983 tot 1 januari 1997 de ongevallen bekend. De totaalcijfers zijn:

jaar	auto	bromf.	fiets	voetg.	totaal	afloop		
						letsel	dood	u.m.s.*
'83 t/m '96	52	27	33	10	122	46	11	60

Tabel 5.10: Ongevallen op gelijkvloerse sneltramkruisingen (bron: Ir. Sambler, dS+V, gemeente Rotterdam, Ongevallen op gelijkvloerse sneltramkruisingen, jan 1997)

* uitsluitend materiële schade

Deze getallen zijn per jaar per kruising beschikbaar. Gegevens over de toedracht zijn echter niet beschikbaar. Om een uitspraak te kunnen doen over de ongevalkans per kruising zijn gegevens nodig over de intensiteit per kruising per modaliteit. Deze gegevens zijn niet beschikbaar. Een statistische analyse van de ongevalgegevens is daarom niet mogelijk.

Een invloedsfactor die wel uit de ongevalcijfers volgt is de halteconfiguratie. Er zijn vier (rustige) haltes die beschikken over een eilandperron, de rest beschikt over perrons aan beide zijden van het spoor. Bij de vier haltes met eilandperron van de 11 haltes komen in totaal slechts 3 van de 41 ongevallen op kruispunten bij haltes voor.

De stelling dat een eilandperron veiliger is dan perrons aan beide zijden van de spoorbaan wordt onderschreven door de cijfers. Een verklaring voor het veiliger zijn van een eilandperron is dat de oversteek in tweeën is geknipt. Daardoor kan geen klassiek tram-/treinongeval plaatsvinden, waarbij reizigers na een eerste tram/trein roekeloos oversteken en door een tweede aankomende trein/tram worden gegrepen.

Een eilandperron vermindert de kans op een klassiek tram-/trein ongeval door het opdelen van de oversteek in twee delen.

5.3.4 Maatregelen

Sinds ingebruikname van de sneltramlijn zijn er aan het oorspronkelijke ontwerp een aantal verbeteringen doorgevoerd, die van belang kunnen zijn bij het ontwerp van een kruising voor de ParkShuttle.

Voetgangers

- Aanbrengen van een AHOB installatie op alle voetgangeroversteekplaatsen om de bewuste danwel onbewuste roodlichtnegatie fysiek tegen te gaan,
- Op plaatsen waar veel voetgangersverkeer is zijn extra knipperlichten op ooghoogte aangebracht met een hoge knipperfrequentie,
- Er is een proef gehouden met extra grote rode waarschuwingslichten voor de voetgangers. Deze proef had geen aantoonbare invloed op het gedrag van voetgangers, zodat de proef gestopt is.

Fietsers

- Aanbrengen van een AHOB installatie op alle kruisingen met de sneltrambaan,
- Aanbrengen van extra waarschuwingslichten voor afslaande (brom)fietsers,
- Waar de oversteek van de sneltrambaan voor fietsers direct na een verkeerslichtenregeling van een ander kruispunt valt zijn driekleurige lichten op ooghoogte aangebracht.

Algemeen

- Ter verhoging van de opvallendheid van de sneltram is aan de voorzijde een gele 'M' aangebracht,
- Diverse voorlichtingscampagnes, met name aan scholieren.

Voor fietsverkeer is het belangrijk de afslaande beweging over de sneltrambaan te vermijden of intensief te beveiligen.
Voor voetgangers is waarschuwing door middel van knipperende lichten gewenst.
De zichtbaarheid en opvallendheid van waarschuwingssignalen en verkeerstekens moet goed zijn. Daarnaast is de opvallendheid van het openbaar vervoer voertuig belangrijk. Een fysieke afscheiding van het kruisingsvlak door een AHOB installatie gaat (on-)bewuste roodlichtnegatie tegen.

5.4 Kruising HOV baan

Algemeen
De derde vergelijking qua systeem is met de busbaan. Qua verschijningsvorm komt de busbaan het dichtst in de buurt van de ParkShuttlebaan. Er zijn ook een aantal verschillen.

Overeenkomsten:	Verschillen:
- verschijningsvorm,	- geen afscheiding,
- asfaltbaan,	- ander verkeer toegestaan op baan (taxi, politie, brandweer, ziekenauto)

Qua beleving voor de andere verkeersdeelnemers zal de ParkShuttlebaan overeenkomen met een busbaan. Het valt daarom te verwachten dat het gedrag van de andere verkeersdeelnemers op kruisingen overeenkomt met het gedrag op kruisingen met een busbaan.

Busbanen zijn in Nederland op veel plaatsen gerealiseerd, voornamelijk over korte weggedeeltes. Vaak wordt een busbaan aangelegd om congestiegevoelige punten te omzeilen. Op enkele locaties zijn op voorhand busbanen ingepast als ontsluiting voor hele nieuw te bouwen wijken. Voorbeelden hiervan zijn de HOB baan in Delft en het hele stelsel van busbanen in Almere. De busbaan in Delft is gekozen als vergelijkingsmateriaal omdat daar voldoende informatie over te in deze paragraaf aandacht besteed.

5.4.1 HOB baan Delft

De HOB baan in Tanthof loopt door een verkeersluwe omgeving met langzaam rijdend verkeer. De bussen rijden op kruisingen met relatief hoge snelheid (40 km/u). Er zijn een aantal veiligheidsmaatregelen genomen bij aanleg van de baan. De effectiviteit van deze maatregelen kan blijken uit de ongevalcijfers.

Veiligheidsvoorzieningen
- Plaatsen van een hekwerk (hoogte 80 cm) of struiken, om de oversteek van voetgangers te reguleren,
- Aanbrengen van voetgangersluizen, om het attentieniveau van de overstekende voetganger te verhogen,

- Aanbrengen van verkeerslichtinstallaties ter beveiliging van oversteken van gemengd verkeer, 2-kleurige verkeerslichten voor voetgangers, 3-kleurige verkeerslichten voor autoverkeer en negenogen voor busverkeer. Bussen worden 180 meter voor de kruising gedetecteerd waarna de verkeerslichten voor het kruisend verkeer op rood worden gezet,
- Bussluizen ter voorkoming van illegaal autogebruik,
- Openbare verlichting om de zichtbaarheid van de kruising te vergroten,

Ongevallen

In totaal hebben zich in de periode '87-'95 een aantal van 13 ongevallen voorgedaan waarvan 6 ongevallen met slachtoffers, waarbij in totaal 7 slachtoffers vielen. In één geval was ziekenhuisopname van een slachtoffer nodig. Doden zijn er niet gevallen.

De oorzaak van de ongevallen was in 5 gevallen door rood licht rijden van het kruisend verkeer (op een kruising van gemengd verkeer). In twee gevallen heeft een voetganger geen voorrang verleend.

Voornaamste oorzaken van de ongevallen op de HOB baan in Delft zijn het negeren van het rode licht en het geen voorrang verlenen aan het openbaar vervoer, allebei bewust danwel onbewust. Het aanbrengen van AHOB's zou hiervoor een oplossing hiervoor kunnen vormen.

5.5 Conclusie kruising

Uit de analyse van de ongevallen en ongevalsituaties in voorgaande paragrafen volgen slechts kwalitatieve conclusies. Gezien het feit dat de ongevallen op OV banen niet specifiek worden bijgehouden door enige organisatie, is het helaas niet mogelijk gebleken voldoende ongevalcijfers te verkrijgen om een statistische analyse te onderbouwen. Organisaties die ongevalcijfers bijhouden zijn het CBS, het AVV, de SWOV, de Stichting Consument en Veiligheid, de vervoermaatschappijen (NS en busvervoerders), politie en de wegbeheerders, vaak de gemeenten. Geen van deze organisaties blijkt voldoende specifieke informatie te hebben over ongevallen op OV banen om daar kwantitatieve conclusies aan te verbinden. Alleen de stichting Consument en Veiligheid zegt over een grote database met alle OV-ongevallen met toedracht en situatiebeschrijving te beschikken. De gegevens zouden er wel uit te halen zijn, echter tegen een vergoeding van meerdere duizenden guldens.

De gegevens die wel beschikbaar waren, geven aanleiding tot een aantal conclusies, die ondersteund worden door de ongevalcijfers. Bovendien is daaraan toegevoegd de ervaring die de wegbeheerders en vervoermaatschappijen zelf hebben. Hiermee wordt toch een heel behoorlijke indruk verkregen van de problematiek en de mogelijke oplossingen daarvoor.

De voornaamste conclusies ten aanzien van een gelijkvloerse kruising op basis van een vergelijking met bestaande gelijkvloerse kruisingen zijn :

- Het verdient aanbeveling het kruisingsvlak fysiek af te scheiden van de andere infrastructuur bij passage van een people mover voertuig, zowel voor voetgangers, fietsers als autover-

keer. Dit betekent dat de toepassing van overwegbomen of een systeem dat dezelfde functies kan vervullen noodzakelijk is.
- Voetgangers, fietsers en autoverkeer dienen alle drie een eigen oversteek te hebben.
- Het plaatsen van een halte in de nabijheid van een kruising heeft een negatief effect op de verkeersveiligheid. In het Amstelveense geval levert het bijna een verdubbeling van de ongevalkans op ten opzichte van de kruising zonder halte.
- Om de ongevalkans te verkleinen dient de kruising van andere weginfrastructuur met de OV baan zoveel mogelijk loodrecht plaats te vinden. De ongevalkans bij links- of rechtsafslaande de verkeersdeelnemers is ongeveer 1,5 keer zo groot als bij loodrecht kruisende verkeersdeelnemers.
- Onderling kruisende (weg)verkeersstromen moeten niet gecombineerd worden met een kruising met openbaar vervoer
- Een eilandperron vermindert de kans op een klassiek tram-/trein ongeval door het opdelen van de oversteek in twee delen.
- Voor fietsverkeer is het belangrijk de afslaande beweging over de sneltrambaan te vermijden of intensief te beveiligen.
- Voor voetgangers is waarschuwing door middel van knipperende lichten gewenst.
- De zichtbaarheid en opvallendheid van waarschuwingssignalen en verkeerstekens moet goed zijn.
- De opvallendheid van het openbaar vervoer voertuig is erg belangrijk.

Uit deze conclusies volgen eisen ten aanzien van met name de veiligheid van een kruising. Andere eisen die volgen uit de gewenste dienstuitvoering (operationele eisen), infrastructuur, voertuig en dergelijke vormen samen met genoemde veiligheidseisen het programma van eisen. Hieraan wordt in paragraaf 5.7 aandacht besteed.

Eerst wordt in paragraaf 5.6 een vergelijking gemaakt tussen gelijkvloerse en ongelijkvloerse kruisingen en de een overzicht gegeven van de overwegingen die daarbij spelen.

5.6 Ongelijkvloers tegenover gelijkvloers

Een gelijkvloerse people mover is een people mover waarvan het voertuig zich op hetzelfde niveau als kruisende vervoerwijzen bevindt. In deze paragraaf is een opsomming gegeven van eisen waaraan een people mover moet voldoen om operatie op maaiveld mogelijk te maken.

Hierbij is alleen aandacht besteed aan systemen die een vorm van interactie met de omgeving hebben in die zin dat kruisingen met andere infrastructuur mogelijk moeten zijn. Systemen met een baan op maaiveld die 100% afgescheiden zijn en waar het onmogelijk is om de baan te kruisen zijn buiten beschouwing gelaten omdat deze systemen een enorme barrière vormen en daarom niet of nauwelijks in stedelijk gebied kunnen worden ingepast.

5.6.1 Categorieën infrastructuur

Ongelijkvloerse kruising
Een eerste vraag is op welke infrastructuurcategorie een gelijkvloerse people mover kruising nog te realiseren is. Het moge duidelijk zijn dat deze vraag alleen van belang is bij een gelijkvloerse kruising. Bij een people mover op maaiveld kan een ongelijkvloerse kruising nodig zijn om andere infrastructuur te kruisen. Het kostenvoordeel van de eenvoudige infrastructuur op maaiveld verdwijnt dan echter.

Ongelijkvloerse kruising → bij alle wegcategorieën en alle infrastructuur mogelijk

Gelijkvloerse kruising
Of een gelijkvloerse kruising van een people mover met andere infrastructuur realiseerbaar is hangt af van de soort infrastructuur. Categorieën infrastructuur zijn:

Categorie infrastructuur	*Mogelijkheid gelijkvloerse kruising*
weg	ja, afhankelijk van wegklasse
fietspad	ja
voetpad	ja
busbaan	ja
spoor	nee
water	nee
kabels/leidingen	nvt, liggen niet OP maaiveld

Tabel 5.11: mogelijkheid gelijkvloerse kruising afhankelijk van categorie infrastructuur

Een busbaan kan gezien worden als een bijzondere vorm van een weg en wordt daarom niet verder behandeld. Een gelijkvloerse kruising met (zware) railinfrastructuur (trein) is niet haalbaar omdat het juist het streven van de NS is om alle gelijkvloerse kruisingen uit te bannen. Ook bij de metro komen geen gelijkvloerse kruisingen voor. Andere railinfrastructuur als die van (snel)trams kan gelijkvloers gekruist worden omdat die voertuigen op zicht bestuurd worden en kruisingen daarmee verworden tot een bijzondere vorm van een gelijkvloerse kruising met weginfrastructuur.

Als een gelijkvloerse kruising met weginfrastructuur realiseerbaar is, is het ontwerp van de kruising met de beveiligingsvoorzieningen afhankelijk van de wegklasse van de te kruisen weg en van het soort verkeer dat gekruist moet worden. Daarom volgt nu eerst een definitie van wegcategorieën met haalbaarheid van een gelijkvloerse kruising.

De indeling in wegcategorieën is gebaseerd op de Duurzaam Veilig filosofie (8). Deze indeling is weergegeven in bijlage 12.

Weg categorie	*Rijstroken per richting*	*Capaciteit per rijstrook*	*Maximum snelheid*	*Fietsers*	*Voet-gangers*	*Gelijkvloerse Kruising Park-Shuttle*
snelweg	2 tot 4	2400	120	-	-	-
autoweg	2, 1	<2000	100	-	-	-
provinciale weg	2, 1	<1200	80	-	-	in uitzonderings-gevallen
stadsautoweg stadshoofdweg	2,1	<1500	70	-	-	in uitzonderings-gevallen
kernhoofdweg/ wijkweg	1	<900	50	ja	-	ja
woonerf	1	<100	30	ja	ja	ja
fietspad	nvt	nvt	30	ja	-	ja
voetpad	nvt	nvt	nvt	-	ja	ja

Tabel 5.12: Inventarisatie kruisingsmogelijkheid per wegklasse

Op een snelweg en een autoweg zijn gelijkvloerse kruisingen niet toegestaan, nog afgezien van de invloed op de verkeersafwikkeling van het autoverkeer die een gelijkvloerse kruising met een people mover zou hebben.

Op een provinciale weg zijn in principe alleen auto's toegelaten. Indien de intensiteit van het autoverkeer niet te hoog is, kan een gelijkvloerse kruising met een people mover baan worden toegepast. Het is echter de vraag of dit wenselijk is, vanuit het oogpunt van veiligheid (hoge snelheid autoverkeer) en de inbreuk op de capaciteit van de weg. In hoeverre de capaciteit van de weg beïnvloed wordt door een gelijkvloerse kruising van een people mover baan komt aan de orde in hoofdstuk 6. Voor een stadsautoweg geldt in feite hetzelfde als voor de provinciale weg.

Op 50 en 30 kilometer wegen is de gelijkvloerse kruising haalbaar. Dit is echter wel afhankelijk van de intensiteit op de kruisende wegen. Zoals gezegd komt dit aspect nog aan de orde.

Gelijkvloerse kruising → bij alle 50- en 30-kilometer wegen en bij fietspaden en voetpaden

Kruisingsvormen

De mogelijkheden om de baan van een people mover op maaiveld te kunnen kruisen zijn:

- Langzaam verkeer en snelverkeer ongelijkvloers,
- Langzaam verkeer gelijkvloers, snelverkeer ongelijkvloers,
- Langzaam verkeer ongelijkvloers, snelverkeer gelijkvloers,
- Langzaam verkeer en snelverkeer gelijkvloers.

Kosten ongelijkvloers tegenover gelijkvloers

Bij een ongelijkvloerse kruising tussen people mover en kruisend verkeer wordt het aantal conflictpunten gereduceerd tot nul. Ingeval van een kruising met autoverkeer moet een hoog-

teverschil gerealiseerd worden van 5 meter, bij langzaam verkeer 3 meter. Een dergelijke oplossing impliceert de onmogelijkheid om haltes bij kruisingen te realiseren. Een halte bij een kruising van de people mover baan met auto(snel-)verkeer is uit veiligheidsoogpunt minder gewenst, waardoor dit geen probleem is.

Bij kruisend voetgangersverkeer of fietsverkeer dient de mogelijkheid tot een gelijkvloerse kruising wel aanwezig te zijn zodat de ongelijkvloerse kruising hier een nadeel vormt. Een voetgangersbrug kan het ruimtegebruik verminderen maar is geen alternatief omdat de voorziening door iedereen gebruikt moet kunnen worden, ook door ouderen en mensen die slecht ter been zijn.

	kosten in guldens
Gecombineerde fiets-/voetgangertunnel	1.000.000
Voetgangertunnel	750.000
ParkShuttle tunnel	1.500.000
Autotunnel (2 rijstroken)	5.000.000
AHOB auto inclusief bekabeling , detectie en bouwkundige aanpassingen	350.000
AHOB fiets/voetganger	250.000

Tabel 5.13: Kosten infrastructuurelementen (bron: RET, Veiligheid gelijkvloerse kruisingen sneltram, 1991)

De kosten die in bovenstaande tabel genoemd worden zijn natuurlijk situatie-afhankelijk. De bedragen gelden voor de kruising met een tweestrooks weg en maximaal een dubbele ParkShuttle baan.

Mogelijke ongelijkvloerse kruisingsoplossingen

In onderstaande Tabel 5.14 staan de mogelijke oplossingen voor een ongelijkvloerse kruising van de people mover met andere infrastructuur. De uitersten zijn weergegeven; het is denkbaar dat bijvoorbeeld de people mover iets omhoog gebracht wordt, terwijl de weg iets naar beneden gebracht wordt zodat toch het benodigde hoogteverschil bereikt wordt.

p.m.	wegviaduct	wegtunnel	p.m. viaduct	p.m. tunnel
kosten	hoog	zeer hoog	redelijk	hoog
ingraving	nee	ja, veel	nee	ja, redelijk
ophoging	ja, veel	nee	ja, redelijk	nee
ruimtebeslag	groot	groot	redelijk	redelijk
totaalscore	3	4	1	2

Tabel 5.14: Mogelijke ongelijkvloerse kruisingsoplossingen

De waardering van de diverse alternatieven is voornamelijk gebaseerd op ruimtebeslag en kosten van aanleg. Het ruimtebeslag is een sterk bepalende factor omdat een ingraving of ophoging van een (bestaande) weg erg veel ruimte vraagt. Bij een toelaatbare helling van 5% bedraagt de benodigde lengte van de ophoging bij een hoogteverschil van 5 meter al 100 meter. Hierbij zijn de afrondingsbogen niet meegenomen.

Voor- en nadelen

Langzaam verkeer en snelverkeer ongelijkvloers
Voordelen:

- veiligheid kruisend verkeer gewaarborgd,
- veiligheid reiziger gewaarborgd
- aantal conflictpunten gelijk aan nul,
- geen wederzijdse invloed op verkeersafwikkeling,

Nadelen

- ruimtebeslag groter (ingraving, ophoging)
- kosten hoger
- moeilijke inpassing door lange op- en afritten kruisend verkeer bij OV baan op maaiveld
- sociale onveiligheid voor fietsers en voetgangers

Langzaam verkeer gelijkvloers, snelverkeer ongelijkvloers
Voordelen:

- veiligheid autoverkeer gewaarborgd
- meerdere oversteken voor voetgangers en fietsers realiseerbaar
- geringer ruimtegebruik voetgangers en fietsoversteken
- lagere kosten
- sociale veiligheid groter

Nadelen

- veiligheid fietser en voetganger minder groot
- groot ruimtegebruik auto op- en afritten

Langzaam verkeer ongelijkvloers, snelverkeer gelijkvloers
Voordelen:

- geringer ruimtegebruik door ontbreken auto op- en afritten
- veiligheid fietser en voetganger gewaarborgd
- lagere kosten

Nadelen

- veiligheid reiziger minder groot door massaverschil ParkShuttle-vrachtauto
- veiligheid auto minder groot
- minder fiets- en voetganger oversteken realiseerbaar

Langzaam verkeer en snelverkeer gelijkvloers
Voordelen:

- gering ruimtegebruik door ontbreken ingraving/ophoging

- lagere kosten
- baan minder een barrière

Nadelen:

- veiligheid van voetgangers en fietsers niet gewaarborgd (kruisende ParkShuttle)
- veiligheid reizigers niet gewaarborgd (kruisende auto's/vrachtauto's)
- wederzijdse invloed op verkeersafwikkeling

Bovenstaande voor- en nadelen zijn samengevat in onderstaande Tabel 5.15. De criteria veiligheid en kosten zijn de meest zwaarwegende met allebei een gewicht van 3. Bij de veiligheid is onderscheid gemaakt naar 3 soorten veiligheid. Het ruimtebeslag heeft gewicht 2 en de andere criteria hebben gewicht 1.
Per criterium is de totaalscore gelijk gehouden aan nul. De totaalscore per alternatief bestaat uit de sommatie van de gewogen scores.

langzaam verkeer snelverkeer **criterium**	ongelijkvloers ongelijkvloers I	ongelijkvloers gelijkvloers II	gelijkvloers ongelijkvloers III	gelijkvloers gelijkvloers IV	gewicht
veiligheid langz. Verkeer	++	++	--	--	1
veiligheid snelverkeer	++	--	++	--	1
veiligheid ParkShuttle	++	-	+	--	1
verkeersafwikkeling	++	-	+	--	1
ruimtebeslag	-	0	-	++	2
sociale veiligheid	-	-	0	++	1
inpassing	-	0	-	++	1
barrièrewerking	-	0	0	+	1
kosten	--	+	-	++	3
Score	-3	0	-4	7	

Tabel 5.15: Evaluatie criteria gelijkvloers/ongelijkvloers

Conclusie optimale kruisingconfiguratie

Zoals uit bovenstaande tabel blijkt komt de gelijkvloerse kruising met zowel langzaam als snelverkeer (alternatief I) als meest optimale alternatief naar voren.

Alternatief II met langzaam en snelverkeer ongelijkvloers scoort zeer goed op veiligheid vanwege het ontbreken van conflictpunten maar minder goed op de criteria inpassing en kosten. Alternatief II (langzaam verkeer ongelijkvloers, snelverkeer gelijkvloers) scoort beter dan alternatief III (snelverkeer ongelijkvloers, langzaam verkeer gelijkvloers) omdat het langzaam verkeer de meest kwetsbare partij is. Alternatief II is veiliger voor het langzaam verkeer dan alternatief III. De kruising met snelverkeer is bij alternatief II wel gelijkvloers, wat in principe negatief is voor de veiligheid van de ParkShuttle.

Als alleen het langzaam verkeer ongelijkvloers kruist kunnen de kosten en het ruimtebeslag in principe lager zijn dan wanneer het snelverkeer ongelijkvloers kruist, terwijl de inpassing eenvoudiger is. Dit verklaart dat de score van alternatief II hoger is dan alternatief III.

In de volgende paragraaf wordt nu een overzicht gegeven van het programma van eisen voor een gelijkvloerse people mover.

5.7 Programma van eisen

Het gaat in het programma van eisen voornamelijk om de eisen die voortvloeien uit de toepassing op maaiveld van een people mover en de wens de baan van de people mover te kunnen kruisen. Wanneer een people mover toepasbaar is uit exploitatief oogpunt en welke relaties het kan bedienen is reeds in hoofdstuk 3 aan de orde geweest. Een mogelijke indeling van eisen is een indeling naar eisen die voortvloeien uit:

- de veiligheid voor kruisend verkeer,
- de waarborging van de dienstuitvoering van de people mover (verstoring)

Veiligheid voor kruisend verkeer

Een kruising van weginfrastructuur met de people mover baan moet enerzijds zo veilig mogelijk zijn vormgegeven en anderzijds beschikken over een beveiligingsinstallatie die het kruisingsvlak moet beveiligen. De vormgeving komt tot uitdrukking in eisen die genoemd worden in de Richtlijnen Ontwerp Niet-Autosnelwegen (RONA). Het gaat hierbij nadrukkelijk om eisen die gelden voor wegen buiten de bebouwde kom. Voor een groot deel zijn deze eisen overdraagbaar op kruispunten binnen de bebouwde kom.

Verschillen tussen beide situaties liggen op de volgende vlakken:
- snelheid buiten de bebouwde kom hoger dan binnen de bebouwde kom
- attentieniveau buiten bebouwde kom lager dan binnen bebouwde kom

Deze verschillen hebben alleen kwantitatieve invloed op de eisen, geen kwalitatieve. Daarom worden de eisen toch overgenomen.

De eisen en voorwaarden waaraan een kruispunt moet voldoen zijn (8):

a) waarneembaarheid;
   Een kruispunt moet tijdig zichtbaar en opvallend en als zodanig herkenbaar en lokaliseerbaar zijn,
b) overzichtelijkheid;
   Bij de nadering van een kruispunt moet de weggebruiker tijdig het kruispunt een gedeelte van de toeleidende wegen met het daarop aanwezige verkeer kunnen overzien,
c) begrijpelijkheid;
   Een kruispunt is voor de weggebruiker begrijpelijk, indien bij het naderen ervan de waarnemingen omtrent vormgeving, bebakening, bewegwijzering, markering, verkeersregeling etc. snel, juist en ondubbelzinnig geïnterpreteerd kunnen worden,
d) berijdbaarheid;

Berijdbaarheid van een kruispunt betekent dat de verschillende ontwerpelementen voldoende geleidelijk op elkaar aan moeten sluiten,

e) evenwichtigheid;
Een evenwichtige opbouw van een kruispunt wil zeggen dat de diverse ontwerpelementen (inclusief de toeleidende wegen) en de verkeersmaatregelen een geïntegreerd geheel moeten vormen,

f) compleetheid;
Er is sprake van een compleet kruispunt wanneer het verkeer ter plaatse van het kruispunt zijn weg in alle voorkomende richtingen kan vervolgen,

De onder e) en f) genoemde punten zijn minder relevant en minder van toepassing op de kruising van een people mover.

Veiligheid reizigers tegenover veiligheid kruisend verkeersdeelnemers bij ParkShuttle

Twee te onderscheiden ongevalcategorieën zijn:

1. conflict van ParkShuttle met een langzaam verkeer deelnemer of langzaam rijdende automobilist. Hierbij is de ParkShuttle het voertuig met de meeste impact vanwege de grotere massa. Primair ligt het grootste letselrisico bij de kruisende verkeersdeelnemer. Automobilisten kunnen hierop een uitzondering vormen, afhankelijk van de aard van de botsing. Bij een botsing van een auto tegen de zijkant van de ParkShuttle ligt het grootste letselrisico bij de inzittenden van de ParkShuttle omdat de automobilist dan profiteert van de in de auto aanwezige kreukelzone.
2. conflict van ParkShuttle met een zwaardere en/of snel rijdende auto of een vrachtwagen. Hierbij ligt het voornaamste letselrisico bij de inzittenden van de ParkShuttle door het geringere gewicht en het vrijwel ontbreken van kreukelzones. De impact van de auto wordt vergroot door een hogere snelheid.

Een kruising van langzaam verkeer met de ParkShuttle baan levert potentieel het meeste risico op voor het langzaam verkeer, terwijl een kruising van snelverkeer met de ParkShuttle baan potentieel het meeste risico oplevert voor de reiziger in de ParkShuttle. Dit onderscheid is al aan de orde geweest bij de veiligheid op gelijkvloerse kruisingen voor langzaam en snelverkeer en de ParkShuttle.

Concrete eisen

Voor een gelijkvloerse kruising van een people mover op maaiveld met andere infrastructuur gelden concreet de volgende eisen, onderverdeeld in eisen die gesteld worden aan de baan, aan het people mover voertuig en aan de kruising met wegen. Bij deze opsomming zijn de eisen die in paragraaf 5.5 aan de orde zijn gekomen meegenomen:

Baan

- De baan moet duidelijk onderscheiden worden van andere infrastructuur indien dit niet uit de vormgeving van de baan naar voren komt. Vooral ter plaatse van oversteken moet de baan duidelijk onderscheiden worden van de andere infrastructuur (waarneembaarheid).

- De baan moet oversteekbaar zijn. Dit impliceert dat de baanconstructie zo eenvoudig moet zijn dat er een vlak en obstakelvrij kruisingsvlak gerealiseerd kan worden.
- Het voertuig moet over een vorm van fail-safe geleiding beschikken. Dit kan fysieke geleiding in/aan/op de baan zijn voorzover die niet conflicteert met de eisen voor het kruisingsvlak. Ingeval van een andere vorm van geleiding dient deze fail-safe uitgevoerd te worden zodat de baanvastheid gewaarborgd is.
- In geval van nood moeten de reizigers de baan kunnen verlaten. Er moet binnen de afscheiding van de omgeving een begaanbare strook (vluchtpad) van tenminste 0,7 meter breed naast de baan beschikbaar zijn. Als de baan begaanbaar is en het voertuig 0,7 meter of meer smaller is dan de baan kan dit vluchtpad vervallen.
- In geval van nood moet de baan bereikbaar zijn voor hulptroepen, zoals brandweer en ziekenwagens. Voor zover dit niet vanaf de zijkant van de baan te realiseren is, moet een voorziening aanwezig zijn waar de hulptroepen de baan kunnen bereiken met hun voertuigen.
- Omdat de baan begaanbaar en oversteekbaar moet zijn mag een eventuele stroomvoorziening in de baan niet voor mensen bereikbaar zijn.
- Bij dubbele baan en niet fysiek van de baan afgescheiden haltes verdient de toepassing van een halteperron aanbeveling. Een eilandperron ter plaatse van een halte vermindert de kans op een klassiek tram-/trein ongeval door het opdelen van de oversteek in twee delen.
- Op potentiële conflictpunten (haltes en kruispunten met andere infrastructuur) moet camerabewaking worden toegepast, met name om de oorzaak van verstoringen snel op te kunnen sporen.

Voertuig

- Conflicten tussen voertuigen en obstakels moeten vermeden worden. Obstakels moeten gedetecteerd worden door een systeem in de baan of een systeem in het voertuig.
- Bij een potentieel conflict met een obstakel moet het voertuig tijdig tot stilstand kunnen komen. De remvertraging moet groot genoeg zijn om bij maximale snelheid binnen de door obstakeldetectie beveiligde zone tot stilstand te kunnen komen.
- Het verdient aanbeveling uit veilgheidsoverwegingen de Brick Wall strategie toe te passen voor de onderlinge afstand tussen voertuigen. Hierbij moet de altijd de minimale remafstand afstand tussen twee voertuigen in dezelfde richting aanwezig zijn.
- De constructie van de eenheden van de people mover (cabines) dienen bestand te zijn tegen een conflict met ander verkeer en de passagiers te beschermen tegen letsel. Als standaard daarvoor kunnen de eisen genomen worden die gesteld worden aan auto's door de Rijks-Dienst voor het Wegverkeer (RDW).
- De opvallendheid van het openbaar vervoer voertuig is erg belangrijk.

Kruisende wegen

- Voor het veilig uitvoeren van de rijtaak moet een bestuurder op de kruisende weg de weg kunnen overzien (rijzicht). De minimale lengte van het zichtbare gedeelte bedraagt de afstand die een bestuurder in 8 à 10 seconden aflegt. Bij 14 m/s is dat dus 112-140 meter.
- De kruising van de baan met andere infrastructuur dient beveiligd te worden met verkeerslichten en overwegbomen. De verkeerslichten dienen op een voorrangsweg op een afstand

van 300 meter zichtbaar te zijn, op een andere weg is dat 150 meter(9). Voor het precieze aantal en de plaatsing van verkeerslichten wordt verwezen naar de eisen zoals geformuleerd in de RONA (10). Voor voetgangers is extra waarschuwing door middel van knipperende lichten of een akoestisch signaal gewenst.

- Voor de vormgeving van een kruispunt moeten de eisen van de RONA zoveel mogelijk gevolgd worden.
- Voetgangers, fietsers en autoverkeer dienen alle drie een eigen oversteek te hebben.
- Het plaatsen van een halte in de nabijheid van een kruising heeft een negatief effect op de verkeersveiligheid.
- Om de ongevalkans te verkleinen dient de kruising van andere weginfrastructuur met de OV baan zoveel mogelijk loodrecht plaats te vinden.
- Onderling kruisende (weg)verkeersstromen moeten niet gecombineerd worden met een kruising met openbaar vervoer.
- Voor fietsverkeer is het belangrijk de links- of rechtsafslaande beweging over de sneltram-baan te vermijden of intensief te beveiligen.

Waarborging van de dienstuitvoering van de people mover

Naast de veiligheid op kruispunten is uit exploitatief oogpunt ook de waarborging van de dienstuitvoering van de people mover van belang. De eisen die hieruit voortvloeien zijn voor wat betreft het veiligheidstechnische gedeelte reeds aan de orde gekomen in de voorgaande paragrafen.

De eisen die aanvullend gesteld moeten worden aan de people mover op maaiveld zijn:

- Het aantal oversteken van de baan dient beperkt te blijven tot een minimum vanwege inbreuk op het karakter van eigen baan en omdat de kans op verstoringen toeneemt bij een toename van het aantal oversteken.
- De baan moet een vorm van afscheiding hebben. Dit betekent een hek of afscheiding van tenminste 80 cm hoogte, behalve ter plaatse van voornoemde oversteken. Er zijn toepassingen denkbaar waarbij de baan van één of beide zijden niet bereikbaar is voor derden, de afscheiding kan dan vervallen.
- De people mover dient altijd prioriteit in de verkeersregeling te hebben. Dit legt een maximum op aan de verkeersintensiteit op kruisende wegen. Eventueel is het mogelijk de verkeerstromen te verdelen over een aantal kruispunten met de people mover baan. Dit aspect komt in hoofdstuk 6 verder aan de orde.

---

1. CBS, *Statistisch jaarboek 1996,* cijfers 1994, 1996.
2. Minne, van der, afdeling overwegen NS, telefonisch.
3. SWOV, *Ongevallen op overwegen*, 1985.
4. Moons, C., Gemeente Amsterdam, mondeling.
5. GVB Amsterdam, *Ongevalstatistieken van de Amstelveenlijn tussen 1/11/90 en 1/11/95*, nov 1995.
6. Sambler, ir. W. dS+V, gemeente Rotterdam, mondeling.

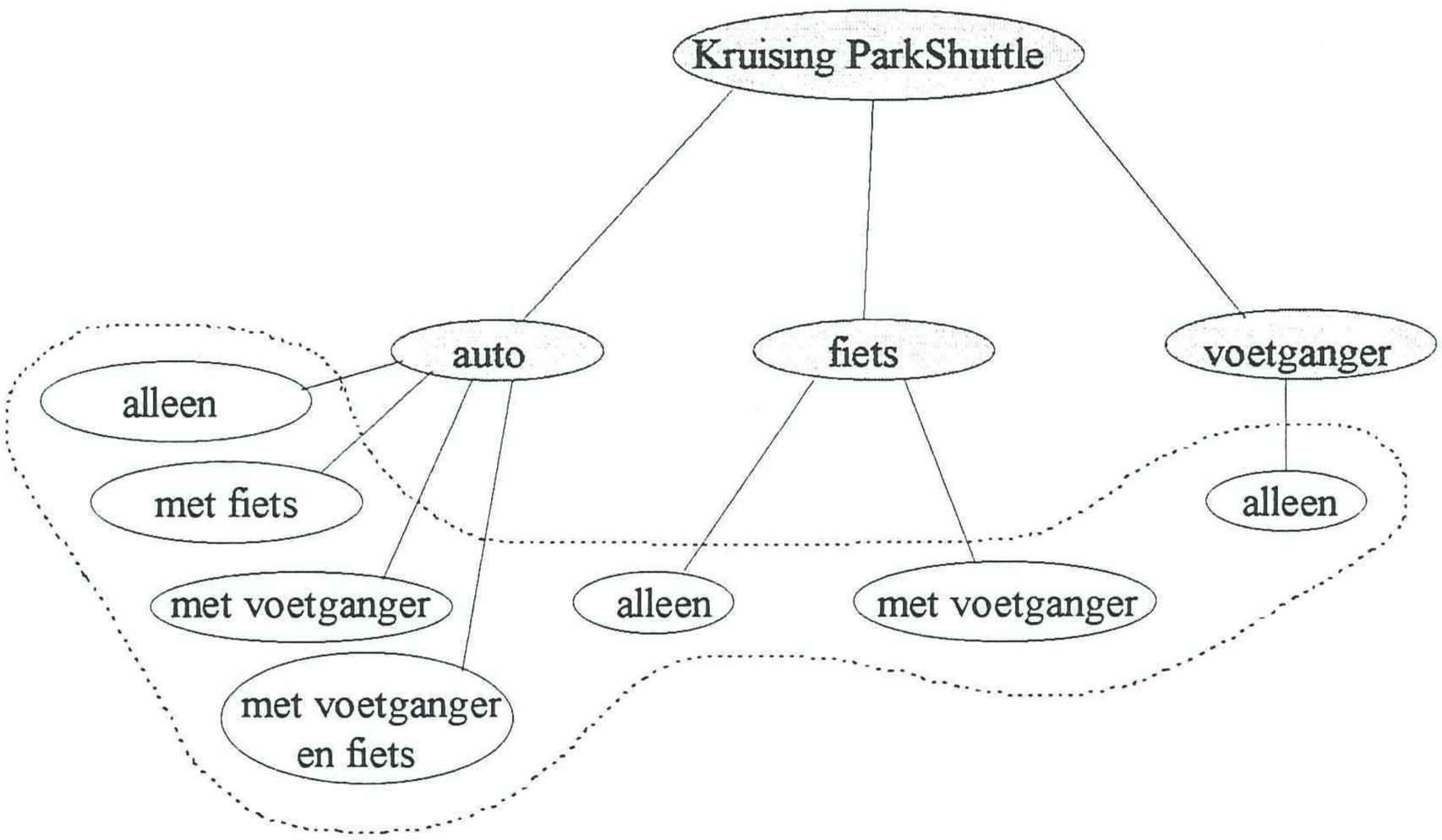
7. Sambler, ir. W., dS+V, gemeente Rotterdam, *Ongevallen op gelijkvloerse sneltramkruisingen*, jan 1997.
8. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, *Voorkomen blijft beter, Mogelijkheden voor een verkeersveilige ruimtelijke ordening*, 1995.
9. RET, *Veiligheid gelijkvloerse kruisingen sneltram*, 1991.
10. Commissie RONA, *Richtlijnen ontwerp niet-autosnelwegen*, diverse jaren.

6. Ontwerp kruispunt ParkShuttle

6.1. Inleiding

Een algemeen ontwerp voor een gelijkvloerse kruising van de ParkShuttle met andere infrastructuur dient zich te conformeren aan de eisen zoals gesteld in het vorige hoofdstuk.
Het ontwerp van de kruising met de beveiligingsvoorzieningen is afhankelijk van de wegklasse van de te kruisen weg en van het soort verkeer dat gekruist moet worden. De wegklasse van een weg is niet gebruikt als onderscheid van kruisingsvormen, omdat uit hoofdstuk 5 naar voren is gekomen dat een gelijkvloerse kruising niet gerealiseerd kan worden bij een weg, waarop de snelheid van het autoverkeer hoger ligt dan 50 km/u. De essentie van de in hoofdstuk 5 gemaakte indeling zit in de onderverdeling naar een kruising voor autoverkeer, voor fietsverkeer en voor voetgangerverkeer. Verder is een onderscheid te maken in een openbare weg en een particuliere weg. Onder een particuliere weg wordt hier verstaan een weg die niet voor iedereen toegankelijk is, bijvoorbeeld een erftoegangsweg.

Soort kruisend verkeer
Er wordt een onderscheid naar drie soorten kruisend verkeer. Deze vormen kunnen alleen danwel in combinaties voorkomen. In onderstaande Figuur 6.1 zijn de verschillende combinatie mogelijkheden weergegeven. De zeven combinatiemogelijkheden zijn gestippeld omlijnd.



Figuur 6.1: Kruising afhankelijk van soort(-en) kruisend verkeer

Uitgangspunt is dat er slechts drie basisvormen van een kruising nodig zijn, voor elke soort verkeer een basisvorm. Dit komt ook aan de wenselijke scheiding van verkeerssoorten op de kruising tegemoet. In de praktijk is een variatie op deze drie basisvormen mogelijk, echter alleen voor wat betreft de verschijningsvorm en dimensionering, niet wat betreft concept.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt een ontwerp gemaakt voor de drie basisvormen van de gelijkvloerse kruising van de people mover met genoemde vervoerwijzen.

6.2. Procedure kruising ParkShuttle met andere infrastructuur

6.2.1. Stappenplan kruising ParkShuttle

Voordat de people mover het kruisingsvlak op kan gaan moet er in alle voorkomende kruisingsvormen een aantal stappen worden doorlopen. Het stappenplan ziet er voor het algemene kruisingsgeval met de openbare weg als volgt uit:

1. De people mover nadert de kruising en meldt aan de centrale verkeersleiding dat het people mover voertuig in aantocht is,
2. De centrale verkeersleiding regelt de fysieke afsluiting van het kruisingsvlak voor het kruisend verkeer,
3. De people mover krijgt toestemming om het kruisingsvlak op te gaan en kruist,
4. De people mover meldt zich uit bij het bereiken van de overzijde van het kruisingsvlak,
5. De kruising wordt vrijgegeven voor het overige verkeer.

Grofweg zijn bovengenoemde stappen in drie delen onder te brengen. Hierbij wordt alleen de tijd die invloed heeft op de capaciteit van het kruisend verkeer in rekening gebracht. Het aanmelden van de ParkShuttle middels radiocommunicatie bij de centrale verkeersleiding (SuperFROG) kost ook tijd, maar deze tijd kan het kruisend verkeer gewoon doorrijden.

voorbereiding van het kruisen:

- VRI naar rood: dit kost 2 seconden (aanname)
- Ontruimingstijd van het kruisingsvlak voordat de bomen naar beneden kunnen. Deze tijd is afhankelijk van de snelheid van het kruisend verkeer en de breedte van het kruisingsvlak voor het kruisend verkeer. Vaak zullen voetgangers (indien aanwezig) maatgevend zijn door hun lage snelheid (1 tot 1,5 m/s).
- Bomen sluiten: 6 seconden (RET, NS). Bij een geringere kruisingsbreedte kan deze tijd gereduceerd worden doordat de bomen kleiner kunnen zijn en beschikken over een kleinere traagheid.
- Remtijd als er een obstakel op het kruisingsvlak gedetecteerd wordt na het sluiten van de bomen. Op het moment dat de bomen neer zijn moet de ParkShuttle nog voldoende remtijd en afstand hebben om voor het oprijden van het kruisingsvlak tot stilstand te kunnen komen (Brick wall-strategie). Dit is niet nodig uit veiligheidsoverwegingen omdat de ParkShuttle over een obstakeldetectie beschikt, zodat het niet tot een conflict kan komen als een verkeersdeelnemer ofwel opgesloten zit tussen de bomen, ofwel er om heen zigzagt. Het is wel

gewenst uit exploitatief oogpunt. Er moet een grote waarschijnlijkheid bestaan dat het kruisingsvlak vrij is om te voorkomen dat de ParkShuttle vaak tot stilstand komt voor het kruisingsvlak.

kruisen:

- Het daadwerkelijke kruisen geschiedt op onverminderde snelheid, dit wil zeggen 6 m/s. Dit onder aanname dat de maatregel van toevoegen van de remtijd ervoor zorgt dat de kruising ongehinderd kan plaats vinden.

openstellen van de kruising:

- Reservetijd. Dit is de tijd tussen het moment van het verlaten van het kruisingsvlak van de ParkShuttle en het moment dat de bomen beginnen omhoog te gaan. Deze tijd is 0 seconden genomen; het moment van verlaten van het kruisingsvlak door de ParkShuttle valt samen met het moment van begin bomen openen. In theorie is het ook mogelijk om de bomen te openen als de ParkShuttle nog niet volledig van het kruisingsvlak is verdwenen. Het moment van bomen in hoogste stand kan bijvoorbeeld samenvallen met het moment van verlaten van het kruisingsvlak. Dit is niet gedaan omdat de kans op verstoringen dan te groot is. Een voetganger kan bijvoorbeeld onder de half geopende overwegbomen doorlopen en zonder meteen geschept te worden binnen het bereik van de obstakeldetectie komen waardoor de ParkShuttle stopt.
- Bomen openen: 6 seconden.
- VRI naar groen: 2 seconden. De VRI mag pas naar groen als de bomen helemaal geopend zijn om te voorkomen dat de bomen stukgereden worden.

Bovengenoemde stappen kosten tijd. Afhankelijk van de tijd de stappen samen kosten, wordt de voor het autoverkeer beschikbare tijd minder. Hiermee neemt de capaciteit voor het autoverkeer af.

In de volgende paragraaf komt de invloed van de kruising op de capaciteit van de te kruisen infrastructuur aan de orde.

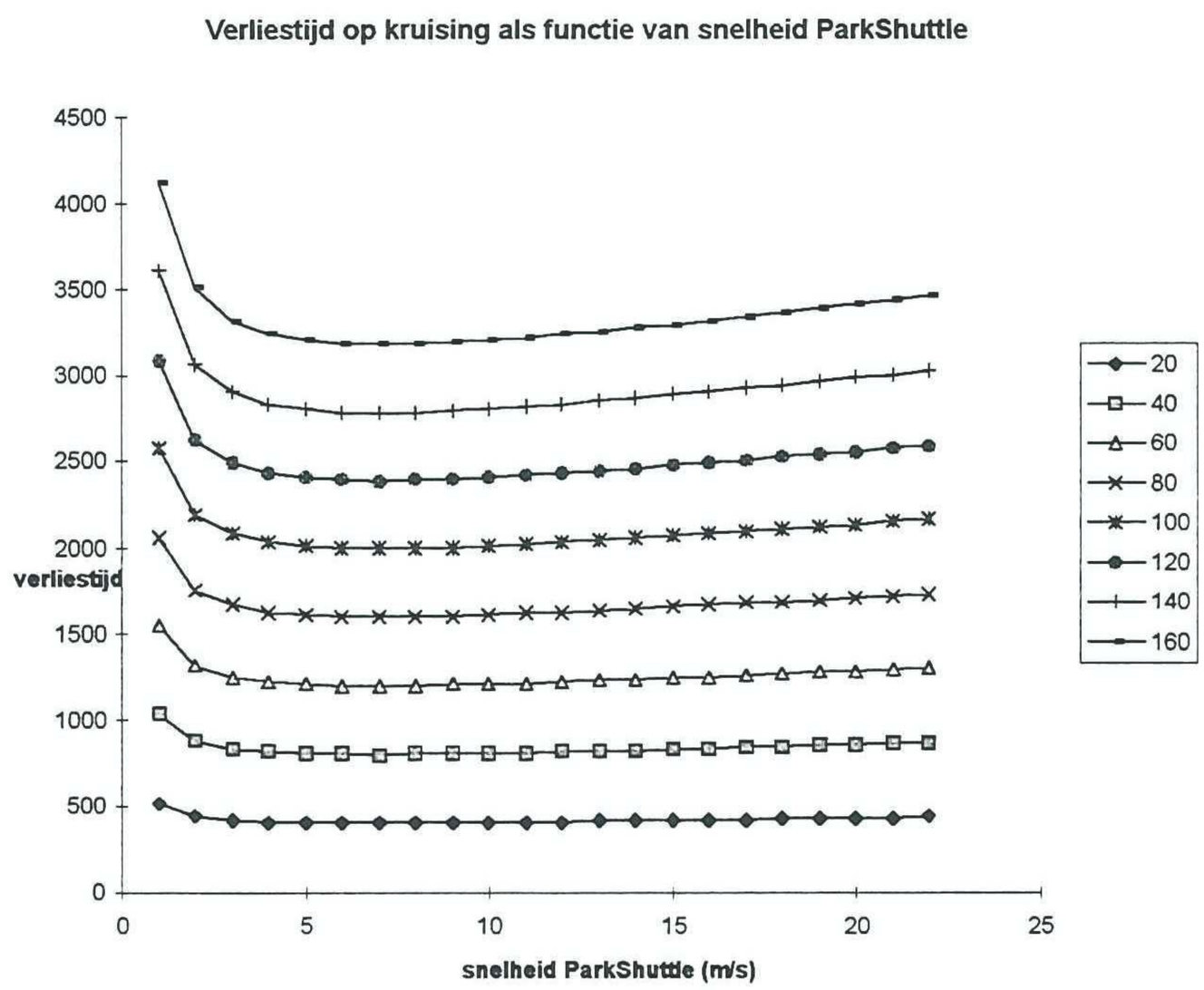
6.2.2. Invloed kruising op capaciteit

Onderstaande Figuur 6.2 geeft de verliestijd op de kruising voor kruisend verkeer als functie van de snelheid van de ParkShuttle op het kruisingsvlak in seconden per uur. Verliestijd voor autoverkeer wordt gedefinieerd als de tijd per uur in seconden dat de kruising niet vrij is voor gebruik door kruisend verkeer.

Deze grafiek geldt bij een bepaalde waarde van variabelen, zoals:

vertraging ParkShuttle = 3 m/s^2
breedte kruisingsvlak ParkShuttle = 8 m
snelheid ParkShuttle op kruising = 6 m/s
snelheid voetganger op kruisingsvlak = 1 m/s
breedte kruisingsvlak kruisend verkeer = 8 m
snelheid auto op kruising = 10 m/s

Uit de grafiek volgt dat er een optimale snelheid is waarmee de ParkShuttle het kruisingsvlak moet oversteken, opdat er zo weinig mogelijk verliestijd optreedt voor het kruisend verkeer. Bij lage snelheid is de remtijd van de ParkShuttle kort, maar de tijd om het kruisingsvlak over te steken lang, bij een hoge snelheid is de tijd om de kruising over te steken kort maar de remtijd lang. Het optimum ligt op 6 m/s.

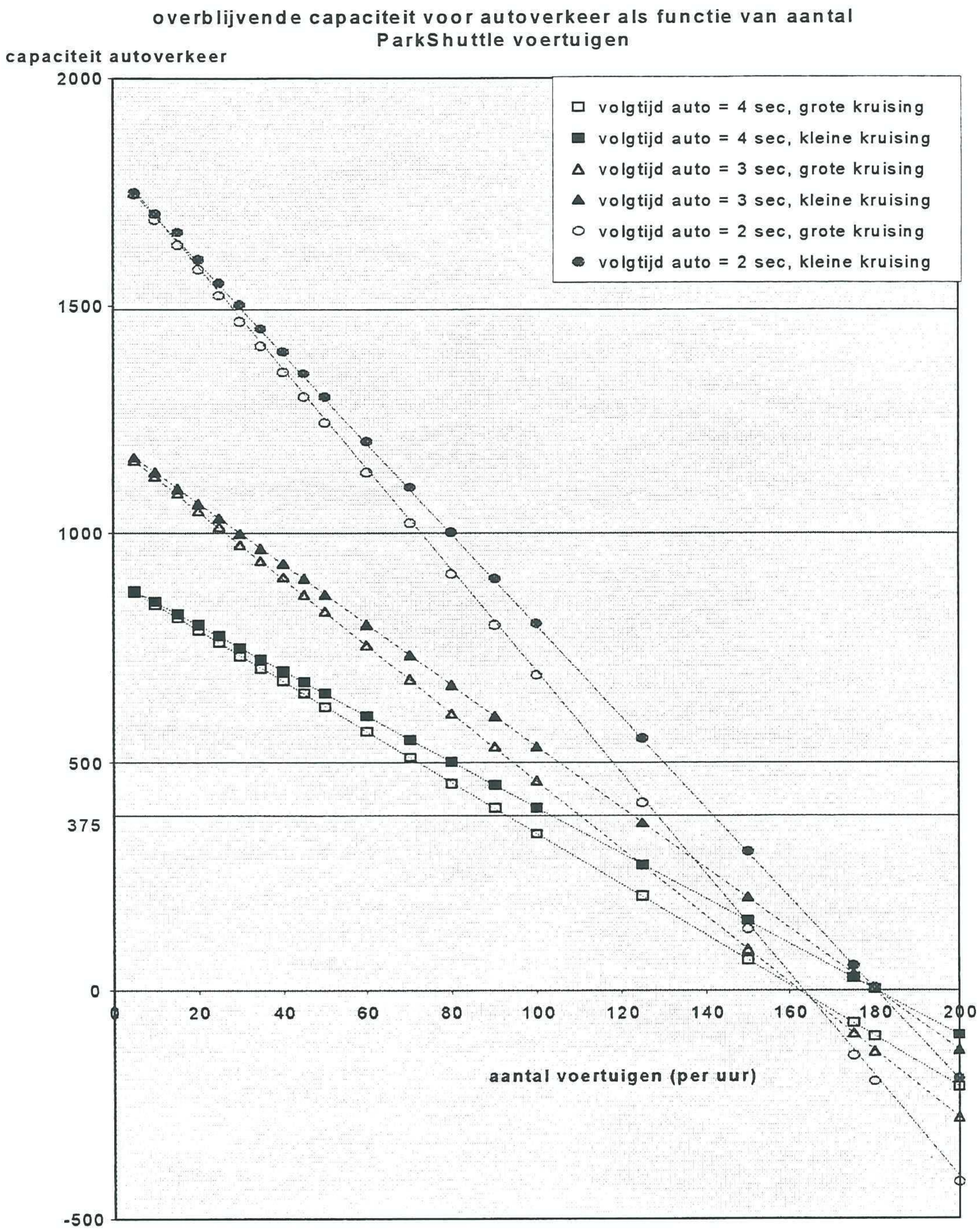


Figuur 6.2: Totale verliestijd per uur op de kruising als functie van snelheid van de ParkShuttle en hoeveelheid voertuigen per uur.

In Figuur 6.3 staat de autocapaciteit als functie van de breedte van de kruising en het aantal ParkShuttle voertuigen. De intensiteit op de wegen in het Rivium bedraagt maximaal 300 vtg p.u. in het drukste spitsuur (in twee richtingen!). Bij een capaciteit van de ParkShuttle van 200 reizigers per uur (=200/10 = 20 voertuigen) is de capaciteit voor het de weg in het meest negatieve geval nog steeds 800 vtg per uur. Bij 400 reizigers wordt dit minimaal 700 vtg/uur.

Maximum capaciteiten

Boven een bepaalde intensiteit van ParkShuttles zijn zelfs geen gelijkvloerse kruisingen meer te realiseren (boven 190 ParkShuttles per uur in twee richtingen) omdat er dan geen tijd over is voor het kruisend verkeer. Er is dan zelfs geen tijd om een groenfase voor het kruisend verkeer te realiseren.



Figuur 6.3: Autocapaciteit als functie van aantal voertuigen en breedte kruising

Het genoemde aantal van 190 ParkShuttles per uur kan niet gehaald worden omdat de garantiegroentijd voor kruisend verkeer per cyclus 6 seconden is. Daarna mag pas afgekapt worden. Na afkappen moet vervolgens nog een geelfase (2 tot 3 seconden) gerealiseerd worden. De geeltijd en ontruimingstijd zijn al opgenomen in de tijd voor de kruising van de ParkShuttle.

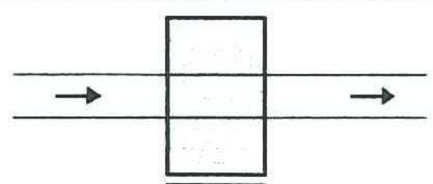
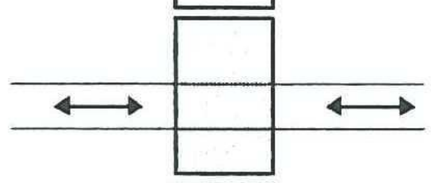
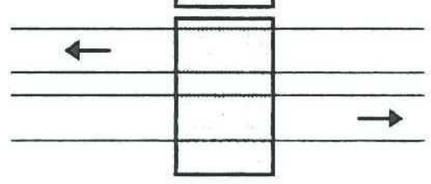
De totale verliestijd per kruisende ParkShuttle komt met de 6 seconden garantiegroentijd op 25.13 seconden. Dit komt overeen met maximaal 127 kruisende ParkShuttles per uur. Bij dit maximum aantal kruisende ParkShuttles per uur blijft er voor het autoverkeer 127 keer een periode van 6 seconden over.

Maximum autocapaciteit
Per 6 seconden kunnen maximaal 3 auto's passeren . Dit komt overeen met ongeveer 375 auto's per uur. Er zal dan een wachtrij ontstaan vanwege het niet-regelmatig aankomstproces van auto's.

Maximum capaciteit ParkShuttle
De maximale capaciteit in één richting van het ParkShuttle systeem is afhankelijk van de systeem configuratie. Te onderscheiden zijn:

Enkele tweerichtingen baan,
Enkele éénrichting baan. Hier is een lus nodig om de voertuigen terug bij het beginpunt te krijgen,
Dubbele éénrichting baan,

In onderstaande Figuur 6.4 is het maximum aantal ParkShuttles in twee richtingen en het bijbehorend aantal reizigers in één richting uitgezet. Met nadruk wordt vermeld dat de maxima alleen voortkomen uit de afwikkeling op een kruispunt.

Baan	*Schema*	*Maximum aantal ParkShuttles*	*Maximum aantal reizigers in één richting*	*Opmerking*
Enkel, éénrichting		127	1270	lus nodig voor retourrichting
Enkel, tweerichtingen		127	635	passeerplaatsen nodig onderweg
Dubbel, éénrichting		127* / 254**	635* / 1270**	geen passeer-plaatsen, geen lus

Figuur 6.4: Maximum kruisingscapaciteit bij verschillende baanconfiguraties (berekend)

** Als de twee richtingen onafhankelijk van elkaar aankomen is het maximum 127*
*** Aankomst voertuigen uit beide richtingen tegelijk, tijdens één afsluiting van het kruisingsvlak kunnen twee voertuigen passeren*

De dubbele baan met twee richtingen kan alleen bij volkomen gelijktijdig arriveren van twee ParkShuttles een capaciteit leveren van 1270 reizigers per uur per richting. Dit is in de praktijk niet haalbaar, waardoor het aanbeveling verdient de twee richtingen voor de ParkShuttle uit elkaar te trekken en op twee verschillende kruisingen af te wikkelen. De wachttijd voor het autoverkeer wordt daarmee langer.

Conclusie
Belangrijk is te constateren dat de invloed van de gelijkvloerse kruising van de ParkShuttle op de capaciteit voor het autoverkeer groot is. Bij een maximum aantal ParkShuttles is de capaciteit voor het autoverkeer 375 voertuigen per uur (in één richting). De aan het begin van dit hoofdstuk gemaakte inschatting voor het toepassingsgebied van gelijkvloerse kruisingen blijkt juist te zijn.

Het aantal ParkShuttle reizigers per uur in één richting wordt door de kruising beperkt tot 1270 reizigers per uur bij een éénrichtingsbaan.

Als de twee richtingen voor de ParkShuttle uit elkaar worden getrokken en op twee verschillende kruisingen af te wikkelen vervalt de noodzaak voor twee voertuigen om gelijktijdig bij het kruispunt aan te komen. Om te voorkomen dat een ParkShuttle moet wachten op het openstellen van de kruising omdat de garantiegroentijd het afkappen tijdelijk onmogelijk maakt, verdient het aanbeveling de onderlinge afstand tussen twee ParkShuttles in dezelfde richting groter te laten zijn dan de minimum cyclustijd van het kruispunt.

6.3. Ontwerp kruising ParkShuttle met andere infrastructuur

Een ontwerp voor de kruising wordt nu gemaakt aan de hand van de in hoofdstuk 5 verzamelde eisen specifiek voor de ParkShuttle kruising en de meer algemene eisen zoals die gesteld worden door bijvoorbeeld de RONA en het C.R.O.W (1). Deze eisen worden hier niet allemaal nog een keer genoemd, maar komen tot uitting in het ontwerp.

6.3.1. Autoverkeer

Het ontwerp voor de kruising van de ParkShuttle met een tweestrooks weg is opgenomen in bijlage 13.1. In bijlage 13.2 en 13.3 zijn twee varianten hierop gegeven, respectievelijk de kruising van een dubbele ParkShuttle baan met een tweestrooksweg en een kruising van een enkele ParkShuttle baan met een tweestrooksweg waarbij rijbaan scheiding is aangebracht.

De belangrijkste maten zijn in de figuren aangegeven. Van de volgende standaard elementen is de ontwerpgedachte onderstaand aangegeven.

Weg
Er is een verkeerslichtinstallatie (VRI) aangebracht, aangevuld met een fysieke ondersteuning van de afsluiting door een slagboom. Er zijn andere technieken in ontwikkeling om het onbezet zijn van een kruisingsvlak te meten. Dit is nodig om de ParkShuttle niet telkens op eigen obstakeldetectie tot stilstand te laten komen. Voorbeelden hiervan zijn videobeveiliging, massadetectie en infrarood straalonderbreking, eventueel gecombineerd met lasertechniek. Deze systemen werken echter geen van allen voldoende betrouwbaar om de veiligheid te kunnen garanderen. Dit is de reden dat gekozen is voor een systeem van fysieke afscheiding.

Slagboom
Vanwege het gevaar voor opsluiting van verkeersdeelnemers tussen de bomen is de afsluiting niet volledig.

Varkensrug
Om het gevaar van slalommen tussen de bomen door tegen te gaan is er een fysieke afscheiding tussen de twee rijstroken aangebracht behalve ter plekke van de kruising met de ParkShuttle. Dit is een maatregel die niet alleen voor de ParkShuttle effectief is, maar die hetzelfde probleem bij bestaande spoorweg- en tramovergangen kan tegengaan. Ter plekke van de daadwerkelijke kruising is de varkensrug vervangen door een doorgetrokken streep.

Verkeerslichtinstallatie
Het verkeerslicht heeft drie lenzen, te weten rood bovenaan, geel in het midden en groen onderaan, overeenkomstig de gebruikelijke verkeerslichten bij kruispunten. Er is een stopstreep aangebracht op het wegdek voor de kruising.

Baan
De baan van de ParkShuttle ligt op hetzelfde niveau als de weg. De verhardingsconstructie komt in grote lijnen overeen.

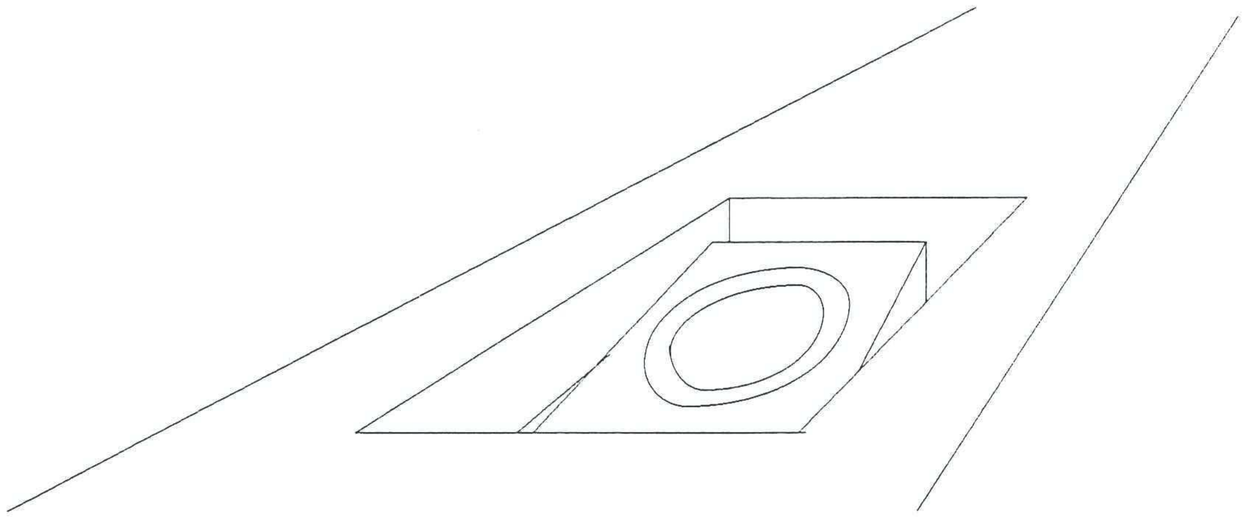
Baanafscheiding
Langs de baan is een hek aangebracht. Dit kan eventueel vervangen worden door een rij bosjes. Ter plekke van de kruising met de weg wordt deze afscheiding (uiteraard) onderbroken.

Opvallendheid
Om de opvallendheid en zichtbaarheid van de ParkShuttle baan te waarborgen is er voor gekozen om de baan ter plekke van de kruising te voorzien van een gele belijning. In Amstelveen en Rotterdam zijn goede resultaten behaald met soortgelijke maatregelen. Het is voor de weggebruiker duidelijk waar de baan van de ParkShuttle precies ligt en waar het conflictgebied zich bevindt. Naast het kruisingsvlak kan de baan zelf een afwijkende kleur worden gegeven. Dit is echter geen noodzaak.

ParkShuttle-sluis
Het is niet de bedoeling dat auto's de ParkShuttle baan oprijden. Er is daarom een ontwerp gemaakt voor een voorziening die naar analogie met de bussluis de naam ParkShuttle-sluis heeft gekregen. Vanweg de grote spoorbreedte van de ParkShuttle is het mogelijk een verdieping in het midden van de baan aan te brengen waar auto's niet overheen kunnen rijden. Hierin is een verbodsbord aangebracht onder een hoek om de zichtbaarheid te waarborden. Bij een bussluis is ook sprake van een metalen buisconstructie die verhoogd boven het wegdek is aangebracht. Bij de ParkShuttle is dit niet mogelijk vanwege de aanwezigheid van de obstakeldetectie en de baanschuiver.

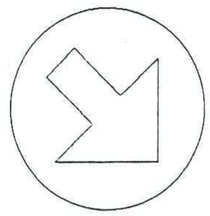
6.3.2. Fiets

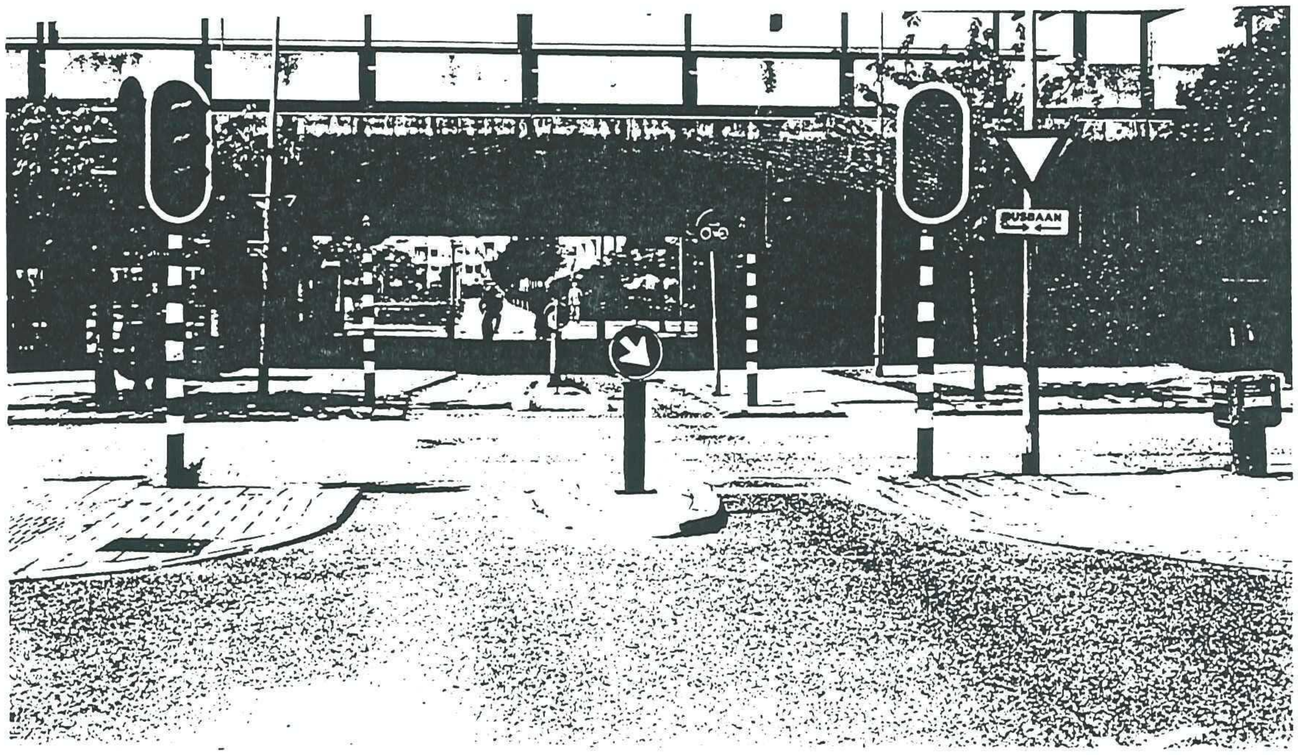
Bijlage 14 geeft het ontwerp voor een kruising met een tweerichtingen fietspad. Het is een combinatie van twee één richtings fietspaden. De tekening geeft twee mogelijke configuraties voor de aansluiting van het fietspad, aan de linkerkant van de kruising een fietspad dat loodrecht kruist met de ParkShuttle baan, aan de rechterkant een fietspad dat evenwijdig aan de ParkShuttle baan ligt. Voor zover het ontwerp afwijkt van de kruising met autoverkeer volgt een beschrijving van de ontwerpgedachte.



Figuur 6.5: ParkShuttle-sluis

Scheiding van de de richtingen
De twee richtingen op het fietspad worden gescheiden door een fysieke scheiding (stoeprand) omdat het gevaar voor slalommen tussen de bomen door (brom-)fietsers groter is dan bij het autoverkeer. Een fietspad is veel minder gescheiden in twee richtingen dan een weg voor autoverkeer. Om deze reden zijn pijlen aangebracht die de verplichte rijrichting aangeven. Een blauw bord met witte pijl kan dit versterken.





Figuur 6.6: Kruising fiets-busbaan in Almere

Een voorbeeld van de vormgeving van deze situatie is gegeven in Figuur 6.6. Figuur 6.6 geeft de situatie weer voor een fietsoversteek van de busbaan in Almere.

Verbodsbord op baan
Een ParkShuttle-sluis heeft bij een fietspad geen zin omdat een fiets om de sluis heen kan rijden. Een op de baan geschilderd verbodsbord volstaat. Een verbodsbord aan een paal wordt niet toegepast omdat de zichtbaarheid daarvan minder is dan een bord op de baan[1].

Belsignaal
Aan de verkeerslichten is een belsignaal toegevoegd dat bij rood licht geactiveerd wordt. Bij proeven bij de Rotterdamse sneltramhalte Prinsenlaan is gebleken dat de oplettendheid van voetgangers en fietsers toeneemt door plaatsing van een bel[2].

6.3.3. Voetganger

In bijlage 15.1 is een ontwerp voor de kruising van een voetpad met de ParkShuttle baan gegeven. De kruising is volledig afgescheiden, omdat voetgangers in twee richtingen bewegen. Als voetgangers opgesloten raken is er binnen het afgesloten gedeelte voldoende ruimte (minimaal het vluchtpad ter breedte van 70 cm aan beide zijden) om een conflict met de Park-Shuttle te kunnen vermijden.

Bijlage 15.2 geeft aan hoe voetgangersluizen gebruikt zouden kunnen worden bij een dubbele ParkShuttle baan. Hier is echter geen fysieke afscheiding aanwezig van het kruisingsvlak. Voetgangers lopen wel altijd de ParkShuttle tegemoet in de voetgangersluis. Omdat de risico's van een niet-fysiek afgescheiden kruisingsvlak niet te voorspellen zijn, is een dergelijke toepas-sing denkbaar.

In bijlage 16 is de regeling van een standaard kruispunt weergegeven inclusief regelformules.

6.3.4. Particuliere weg

Het onderscheid in kruisen van een openbare weg tegenover een particuliere weg bestaat hieruit:

> Bij een openbare weg moet het kruisingsvlak vrij zijn voor kruisend verkeer tenzij een people mover de weg kruist.
>
> Bij een particuliere weg moet het kruisingsvlak afgesloten zijn voor kruisend verkeer tenzij kruisend verkeer aangeeft te willen kruisen en er geen conflict met de people mover ontstaat door de bomen te openen.

Dit onderscheid impliceert een andere procedure voor de kruising. Het stappenplan gaat er als volgt uitzien:

---

1. Toepassing P3 Schiphol
2. Dhr. Zwetsloot, RET, mondeling

1. Het kruisend verkeer halteert voor de overwegboom en meldt zich in middels een druk-knop of detectielus.
2. De centrale verkeersleiding gaat na of er binnen een bepaalde waarschijnlijke kruisingsduur een ParkShuttle bij het kruisingsvlak aankomt.
3. a. Als dit niet het geval is gaat de boom omhoog en kan het kruisend verkeer het kruisingsvlak oversteken.
   b. Als dit wel het geval is moet het kruisend verkeer wachten tot de ParkShuttle voorbij is en 3a waar wordt.

De fysieke vormgeving kan hetzelfde worden uitgevoerd als bij de kruising met de openbare weg, om consistentie in vormgeving en daarmee de duidelijkheid te waarborgen. De overwegboom moet echter in alle gevallen de gehele kruisingsbreedte afsluiten. Voor de vormgeving wordt verwezen naar bijlage 13 met de aantekening dat de overwegbomen de hele breedte moeten afsluiten.

De kruising kan voor alle drie de onderscheiden verkeerssoorten gebruikt worden, omdat de gewenste scheiding van verkeersoorten bij een kruising met de openbare weg niet nodig is. Alle verkeersdeelnemers zijn verplicht en worden fysiek gedwongen tot stilstand te komen voor de overwegboom. Verschillen in snelheid, attentieniveau en dergelijke zijn dan niet meer aan de orde.

6.4. Specifieke oplossing kruisingsvormen ParkShuttle Rivium

De ontwerpen voor de kruisingen zijn gemaakt voor een theoretische situatie. Om de gemaakte ontwerpen voor de praktijk geschikt te maken zullen wijzigingen aan het ontwerp moeten worden gedaan. Dit mogen echter alleen wijzigingen op detailniveau zijn; het concept van de kruising moet onaangetast blijven.

Om de toepassing van de conceptontwerpen op een bestaande situatie te demonstreren is er voor gekozen om voor een lokatie in het Rivium een ontwerp te maken voor de situatie met een gelijkvloerse kruising met bestaande weginfrastructuur. Er is reeds aan de orde gekomen dat in de eerste fase geen gelijkvloerse kruising is opgenomen. De gelijkvloerse kruising is noodzakelijk op het moment dat uitbreiding van het systeem in het Rivium wordt gerealiseerd. Op dit moment staat nog niet vast hoe de uitbreiding er uit ziet.

In deze paragraaf wordt een aantal mogelijke uitbreidingen gegenereerd. Hierbij behoort een verandering van het verkeerscirculatieplan met betrekking tot autoverkeer tot de mogelijkheden. Voor de meest kansrijke uitbreiding wordt een ontwerp gemaakt van een te kiezen gelijkvloerse kruising.

6.4.1. Uitbreidingen tracé

Doel
Aantrekkelijkheid van het OV alternatief te vergroten, vooral door het terugbrengen van de natransporttijd.

Randvoorwaarden
- het aantal kruisingen dient beperkt te blijven,
- de people mover dient een zo groot mogelijk dekkingsgebied te hebben binnen Rivium
- de kruisingen dienen te voldoen aan de eisen zoals geformuleerd in hoofdstuk 5,
- minimale kosten.

Uitgangspunten
- de bestaande wegenstructuur mag gewijzigd worden maar mag niet zijn functie verliezen,
- het tracé van de people mover moet aansluiten op het viaduct over de A. van Rijckevorselweg en het reeds geplande tracé in het Rivium,
- de werkgelegenheid is geconcentreerd in de zone langs de A. van Rijckevorselweg, met name in de hoek bij de snelweg.

Middel om het doel te bereiken is het verkorten van de loopafstand van de ParkShuttle naar de bestemming. Dit is te realiseren door een fijnmazig net. Op dit moment is er nog geen fijnmazig net binnen Rivium. Om uitbreidingen te kunnen realiseren zijn gelijkvloerse kruisingen nodig met bestaande weginfrastructuur. Schematisch levert dit het volgende beeld:

korte loopafstand → fijnmazig net → uitbreiding binnen Rivium → gelijkvloerse kruising met weginfrastructuur nodig

De uitbreiding moet voldoen aan de randvoorwaarden en uitgangspunten. Dit betekent dat het zwaartepunt van de uitbreiding in de zone langs de Van Rijckevorselweg moet worden gerealiseerd. Het aantal kruisingen dient zoveel mogelijk beperkt te blijven.

Er is een drietal alternatieven bepaald van mogelijke uitbreidingen.

1. Uitbreiding richting de Rivium Boulevard,
2. Uitbreiding richting het Rivium Quadrant,
3. Uitbreiding die het hele Rivium penetreert.

De alternatieven zijn gevisualiseerd in Figuur 6.7.

Uitbreiding richting de Rivium Boulevard,

voordelen:
+ geen gelijkvloerse kruisingen met openbare weginfrastructuur,
+ redelijk dekkingsgebied,

nadelen:
- veel kruisingen met particuliere wegen nodig (erftoegangen),
- geen directe ontsluiting Quadrant.

De mogelijkheden voor uitbreiding richting de Boulevard zijn de volgende:

1. langs Rivium Quadrant (reeds gepland) en vervolgens langs 1e Straat tot kruising met Rivium Boulevard.
Voordeel van deze verbinding is de goede dekking door de ligging langs de 1e Straat. Nadeel is dat voor ieder kantoor aan de noordzijde van de 1e Straat een kruising met particuliere weg gerealiseerd moet worden.

2. langs de achterzijde van de kantoren aan de 1e Straat naar de kruising van de 1e Straat met de Boulevard.
Voordeel van deze verbinding is dat er geen kruisingen zijn met particuliere danwel openbare weginfrastructuur. Nadeel is het beperkte dekkingsgebied door de ligging aan de rand van Rivium en het opknippen van baan in twee takken.

Uitbreiding richting Rivium Quadrant

Bij uitbreiding richting Rivium Quadrant moet bestaande weginfrastructuur gekruist worden. Omdat het van belang is niet te kruisen op een reeds bestaande kruising van weginfrastructuur moet een weggedeelte verlegd worden. Vanwege bestaande bebouwing is het anders niet mogelijk de baan richting het Quadrant te leggen.

voordelen:
+ directe ontsluiting Quadrant,
+ redelijk dekkingsgebied.

nadelen:
- gelijkvloerse kruisingen met openbare weginfrastructuur noodzakelijk,
- kosten aanpassen weginfrastructuur,
- geen ontsluiting richting Rivium Boulevard.

De mogelijkheden voor uitbreiding richting Rivium Quadrant zijn de volgende:

1. de 1e Straat in het Quadrant verleggen en de bestaande weg ParkShuttle baan maken.
Voordeel van deze oplossing is de zeer goede dekking van het Quadrant met een goede inpassingsmogelijkheid voor de ParkShuttle baan. Nadeel zijn de hoge kosten door verleggen en aanpassen van weggedeelten op twee plaatsen.

2. idem 1 behalve de verlegging van een weggedeelte.
Voordeel ten opzichte van de eerste variant zijn de geringere kosten door verleggen van slechts één weggedeelte.

Uitbreiding die het hele Rivium penetreert,

voordelen:
+ directe ontsluiting Quadrant en Boulevard,
+ groot dekkingsgebied,

nadelen:
- gelijkvloerse kruisingen met openbare weginfrastructuur noodzakelijk,
- kosten aanpassen weginfrastructuur.

De mogelijkheden voor uitbreiding met een zo goed mogelijke dekking van het gehele Rivium zijn de volgende:

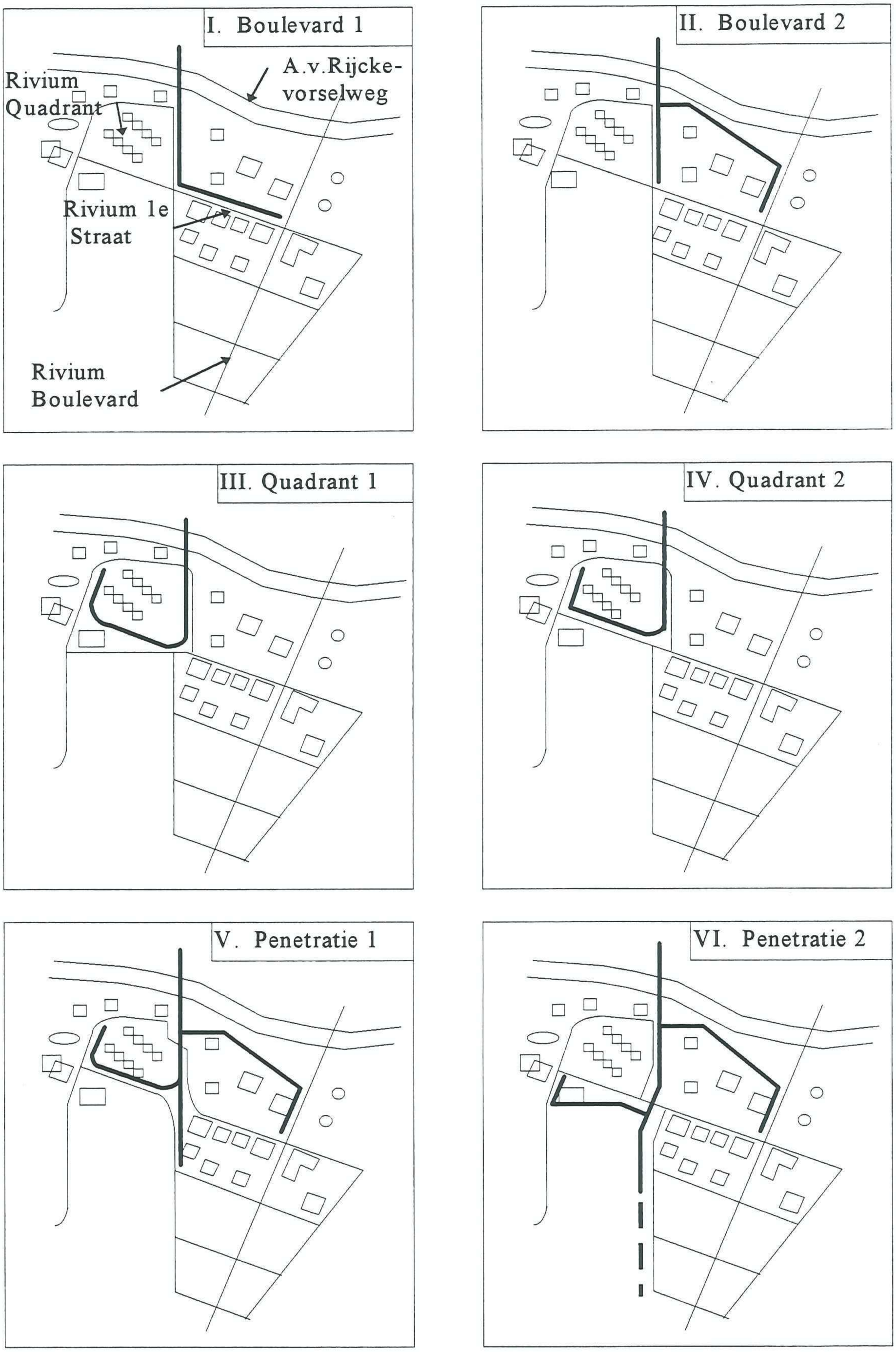
1. verleggen van de weg en het scheiden van de kruising. De noodzaak van een gelijkvloerse kruising van de ParkShuttle met weginfrastructuur blijft. Voordeel van de herinrichting van de weginfrastructuur is een spreiding van het autoverkeer over meerdere wegen, waardoor de intensiteit op de kruising lager is dan bij het tweede alternatief. Voor de gelijkvloerse kruising geldt als nadeel dat de weg een vreemde knik moet maken om de ParkShuttle baan te kruisen. Het principe van loodrecht kruisen wordt geweld aan gedaan. Ook zijn de kosten van de herinrichting en het verleggen van de weginfrastructuur omvangrijk.

2. uit elkaar trekken van de kruisende wegen ter plaatse van de 1e Straat. Er is dan geen kruising meer van wegen, waardoor een kruising met de ParkShuttle baan in het verlengde van de geplande baan mogelijk is. Een tak naar het Quadrant en een tak naar de Boulevard zorgen voor een complete dekking. Voordeel van deze variant is de handhaving van de bestaande verkeerstructuur. Daarnaast is de zuidelijke rechtdoorgaande poot eenvoudig, zonder kruisingen, uit te breiden. Nadeel is de grotere verkeersintensiteit omdat al het verkeer voor het Quadrant over de kruising moet. Gezien de geringe verkeersintensiteiten (minder dan 300 vtg p.u.p.r. in het drukste spitsuur, bron: eigen tellingen) is dit geen probleem.

3. veranderen van de verkeerscirculatie door het instellen van éénrichtingsverkeer op de Westlaan en de zuidelijke tak van het Quadrant (bovenstaande figuur). De ParkShuttle kan dan gebruik maken van reeds aanwezige infrastructuur om de kosten in de hand te houden. Bijkomend voordeel is dat de ParkShuttle alleen maar éénrichtingswegen voor autoverkeer hoeft te kruisen. Ook kan de ParkShuttle een rondje rijden door het Quadrant (gestreept aangegeven)

Keuze uitbreiding

Uit een globale afweging van de alternatieven volgt een keuze voor één van de varianten. Hieruit volgt ook de kruising die vormgegeven moet worden. Met nadruk zij vermeld dat de afweging tussen mogelijke uitbreidingen van het ParkShuttle tracé binnen het Rivium buiten het kader van dit onderzoek valt. Er wordt alleen globaal aandacht aan besteed om te voorkomen dat een ontwerp van een kruising wordt gemaakt die bij uitbreiding helemaal niet realistisch is.



Figuur 6.7-I: Mogelijke uitbreidingen ParkShuttle in Rivium

een slechte basis om kritische eisen ten opzichte van bestaande vervoersystemen te kunne formuleren.

- In vergelijking met ongelijkvloerse kruisingsmogelijkheden komt de gelijkvloerse kruising voor de ParkShuttle als beste naar voren.
- De gelijkvloerse kruising van een automatisch systeem met andere infrastructuur in het algemeen en de ParkShuttle in het bijzonder wordt haalbaar geacht. Voornaamste probleem vormt op dit moment de juridsche vormgeving van een kruising.
- De drie onderscheiden categorieën weggebruikers hebben een eigen kruising. Het programma van eisen voor een dergelijke kruising is opgenomen in paragraaf 5.7.
- De invloed van een kruising van de ParkShuttle met weginfrastructuur is groot. De overblijvende capaciteit op de weg voor autoverkeer is afhankelijk van de intensiteit van de ParkShuttle, maar in ieder geval groter dan 375 mvt/uur. Het ruimtelijk uit elkaar trekken van de ParkShuttle baan in twee éénrichtingsbanen levert de grootste capaciteit voor het ParkShuttle systeem op kruisingen.
- De meest aantrekkelijke uitbreiding van het tracé is de penetratie2-variant (zie blz.113).

Aanbevelingen

- Bestaande juridische kaders dienen versneld aangepast te worden om de vele miljoenen subsidiegeld kostende projecten met automatische vervoersystemen niet bij voorbaat te laten mislukken door gebrek aan een juridsch kader (carpoolwisselstrook).
- Ongevalgegevens van openbaar vervoer en van openbaar vervoerbanen in het bijzonder dienen nauwkeuriger te worden gedocumenteerd om een uitspraak over de veiligheid te kunnen doen. Standaardisatie van gegevensverwerking is noodzakelijk.

- Het systeem Parkshuttle in Capelle dient een groter aantal voertuigen te krijgen en een dubbele baan om aan de toekomstige vervoervraag te kunnen voldoen. Een hoogfrequent systeem dat bij aanvang te weinig capaciteit kent is gedoemd te mislukken.
- Het verdient aanbeveling om het obstakeldetectiesysteem uit te breiden om grotere dekking en daarmee veiligheid te bieden.

LITERATUUROPGAVE

Advanced Netherlands Transport, *Pilot project people mover Kralingse Zoom-Rivium,* oktober 1996.

AEG, Flughafen Frankfurt Main AG, *Passenger Transfer System Frankfurt/Main Airport,* 1996.

APM 96, *5 th international conference on automated people movers,* volume 1, juni 1996.

APM 96, *5 th international conference on automated people movers,* volume 2, juni 1996.

Berg, J.R. van den, *Geautomatiseerde systemen voor stedelijk personenvervoer,* Delft, mei 1993.

Binsbergen, A.J. van, Bovy, P.H.L., *Intermodaal personenvervoer: de overstap van theorie naar praktijk,* Verkeerskunde nr. 10, blz. 22-27, 1996.

Boer, R.de , Jorritsma, P. en Van Hagen, M., *Is er toekomst voor het openbaar vervoer?,* Verkeerskunde 7/8, blz. 16-25, 1995.

Botma, H., Papendrecht, J.H., *Dictaat e26, Verkeersstroomtheorie,* 1995.

Bovy, P.H.L., *Dictaat e20 Vervoersystemen en modellen,* augustus 1994.

BRO Adviseurs, *Collectief vervoer Rivium-Brienenoord business park Capelle a/d/ IJssel,* december 1993.

Brose, J., *Das Projekt "PULS" Produkt- und leistungsorientierte Steuerung der S-Bahn,* Verkehr und Technik, Heft 11, blz 531-534, 1996.

Communauté Urbaine de Lille, *1983-1988: Six ans de métro dans la communauté urbaine de Lille,* 1988.

Communauté Urbaine de Lille, *The VAL Métro,* 1990.

Consumentengids februari 1995, *Brokken in het openbaar vervoer,* februari 1995.

C.R.O.W, *Parkeren bij bedrijven,* 1996.

Daimler-Benz Industrie/AEG, *Passagier Transfer System "Sky Line" Flughafen Frankfurt Main,* 1996.

Dijk, M. van, *Funcionele Specificatie FROG People Mover - Centrale Besturing,* september 1995.

Esveld, C., *Dictaat e61 Railbouwkunde,* februari 1995.

Evers, J.J.M., S.A.J. Koppers, *Automated Guided Vehicle Traffic Control at a containerterminal,* 1996.

Fabian, L.J., *Silicon rack offers user-friendly rail options,* Developing Metros, A Railway Gazette Yearbook, blz. 5-7, 1996.

Fanoy, J., *Is er toekomst voor de people mover in Nederland?,* Openbaar Vervoer 17, blz.60-65, 1995.

Fileplan Regio Rotterdam, *Voortgangsverslag 1996, Werkprogramma 1997,* 1997.

Gemeente Capelle a/d IJssel, *Bouwen troef op Rivium-Zuid,* Zakennieuws I, september 1996.

Gemeente Capelle a/d IJssel, *Rivium Noord: driekleur,* Zakennieuws I, september 1996.

Gemeente Capelle a/d IJssel, *Nieuwe projecten,* Zakennieuws 2, feb. 1997.

Gemeente Capelle a/d IJssel, *Overzicht bedrijven in businesspark Rivium,* Zakennieuws 3, juni 1997.

Gemeente Delft, dienst stadsontwikkeling, *Beveiliging Hoogwaardig Openbaar Vervoerbaan in Tanthof-Oost,* april 1990.

Gemeente Rotterdam, dienst Stedebouw + Volkshuisvesting, *Studie Ruimtelije Inpasbaarheid TramPlus,* augustus 1992.

Gemeente Rotterdam, *Studie ruimtelijke inpasbaarheid TramPlus,* aug.1992.
Graaf, A.J. de, *Systeem Specificatie FROG People Mover Kralingse Zoom-Rivium,* juli 1995.
Graaf, A.J. de, Berveling, L.A., *Functionele Specificatie FROG People Mover - Voertuig,* februari 1996.
Groenendijk, B. en Surm, M., *Level crossing safety technology NE BUE 90E with RET in Rotterdam,* Signal+Draht, blz. 20-21, april 1996.
Guillemette, B., *Driverless trains gain ground in France,* Developing Metros, A Railway Gazette Yearbook, blz. 9-12, 1996.
Gvb Amsterdam, Metro bedrijf, *Ongevallenstatistieken van de Amstelveenlijn tussen 1/11/1990 en 1/11/1995,* november 1995.
Gvb Amsterdam, Metro bedrijf, *Onderzoek en advies vwb. ongevallen op de Amstelveenlijn tussen 1/11/1990 en 1/11/1995*, november 1995.
Gvb Amsterdam, *Amstelveenlijn voor- en na-onderzoek*, juni 1993.
Hansen, I.A., *Dictaat e24A Public Transport Systems,* september 1995.
Haspel, U., *Sicher mit Frankfurter Sky Line,* Der Nahverkehr 4/96, blz. 21-28, 1996.
Heij, H.T.A. de, Maassen, J.H.M., *Almere: hoogwaardig openbaar vervoer in de praktijk,* Verkeerkunde nr. 7/8, blz. 44-48, 1995.
HOLEC, *Sneltram type SG2 voor RET Rotterdam,* onbekend.Hondius, H., *Metro/Sneltramontwikkelingen in Amsterdam,* Nederlands Vervoer nr. 15, blz.16-17, 1996.
Huiberts, S., *Dordtse ervaringen met cityusproject,* Nederlands Vervoer 11/12/1996, blz. 38-39, 1996.
Ingenieursbureau Amsterdam, *Verkeersveiligheid Buitenveldertselaan,* november 1995.
Jacob, G., Renken, D., *Fahrgastsicherung und Satellitenordnung bei der S-Bahn Berlin,* Verkehr und Technik, Heft 3, blz 87-93, 1996.
Jacobs, M.A., Eysink Smeets, M.W.B., *Sociale veiligheid in het openbaar vervoer,* Nederlands Vervoer 17/1996, blz. 82-85, 1996.
Koot, A., *Systeemopbouw openbaar vervoer in de praktijk,* Verkeerskunde 7/8, blz. 16-25, 1995.
Maartens, M., *Automatisch personenvervoer haalbaar voor luchthavens, metrolijnen en pendels,* Openbaar Vervoer nummer 8, blz. 6-7, augustus 1993.
Maartens, M., *Slimme tram op banden,* OV-Magazine, blz 32, februari 1997.
Martin, Charles J., *Safety program requirements for APM systems,* 1996.
Molenaar, D., *Citybus in Dordrecht,* Nederlands Vervoer 5/1995, blz. 25, 1995.
Onbekend, *Nederlandse belangstelling voor People Mover,* Verkeerskunde nr. 7/8, blz. 15, 1996.
Onbekend, *Elektronische Augen für mehr Sicherheit,* Nahverkehrs Praxis nr. 9, blz. 34, 1996.
Onbekend, *De 'People Mover' komt eraan,* Verkeerskunde nr. 1, blz. 9, 1996.
Onbekend, *De ParkShuttle people mover gaat rijden,* Verkeerskunde nr. 1, blz 9, 1997.
Projectbureau Randstad Rail, *RandstadRail in Den Haag,* november 1990.
Projectbureau Randstad Rail, *RandstadRail een neiuw openbaar vervoer produkt*, onbekend.
Projectgroep Rijn Gouwe Lijn, *Beleidsplan Rijn Gouwe Lijn*, juni 1996.
Projectgroep TramPlus, *Handboel TramPlus,* nov. 1992.
Pruis, O. en Ronde Bresser, N. de, *Stiller, Schoner en Zuiniger verkeer en vervoer in stedelijke gebieden,* projectbeschrijving, mei 1995.
Railned, *Inventarisatie Light Rail, Vraagpunten & Stand van zaken,* oktober 1995.
RET, *Masterplan TramPlus*, februari 1994.

RET, *Materieel RET,* februari 1990.
Riemersma, R.S.K., sector Stadsdeelwerken Buitenveldert, *Uitgevoerde (zichtbare) maatregelen op de Buitenveldertselaan,* september 1996.
Riemersma, R.S.K., sector Stadsdeelwerken Buitenveldert, *Uitvoeringsplan Buitenveldertselaan*, december 1996.
Rigo Research en Advies B.V., *Verkenning naar automated people movers,* mei 1995.
Rigo Research en Advies B.V., *Verkenning naar automated people movers, bijlagen,* mei 1995.
Ronde Bresser, N. de, *Functionele Specificatie FROG People Mover - Bouwkundige Infrastructuur,* januari 1996.
Ronde Bresser, N. de, *Functionele Specificatie FROG People Mover - Periferie,* oktober 1995.
Roodvoets, K., *OV-plattegronden,* Nederlands Vervoer 2/1995, blz. 22-25, 1995.
Stroecken, C., *Hybride bus op waterstof eerste stap naar het ideaal,* OV-Magazine, blz.11, mei 1996.
Verdiessen, R., Gommers, F., Erkel, F. van, Vroom, P., *Individueel en collectief vervoer in één systeem,* Verkeerskunde nr.3, blz. 18-21, 1996.
Westnederland, *verzameling van Exploitatieve Voorschriften voor de tramweg Utrecht Moreelsepark - Nnieuwegein Zuid/ Ijsselstein Achterveld*, 1983
Westnederland, *Sneltram Utrecht-Nieuwegein-IJsselstein, evaluatie twee jaar exploitatieve ervaringen,* 1986.
Wijting, W., *Dictaat aa55 Verkeers- en vervoersrecht,* 1995.
Wijting, W., *Bijlage Dictaat aa55 Verkeers- en vervoersrecht,* 1995.
ZWN Groep, *Meten is weten!*, onbekend.

ADRESSEN

E. Stoker
Nassauplein 38
2628 GT Delft
tel. 015-2618951

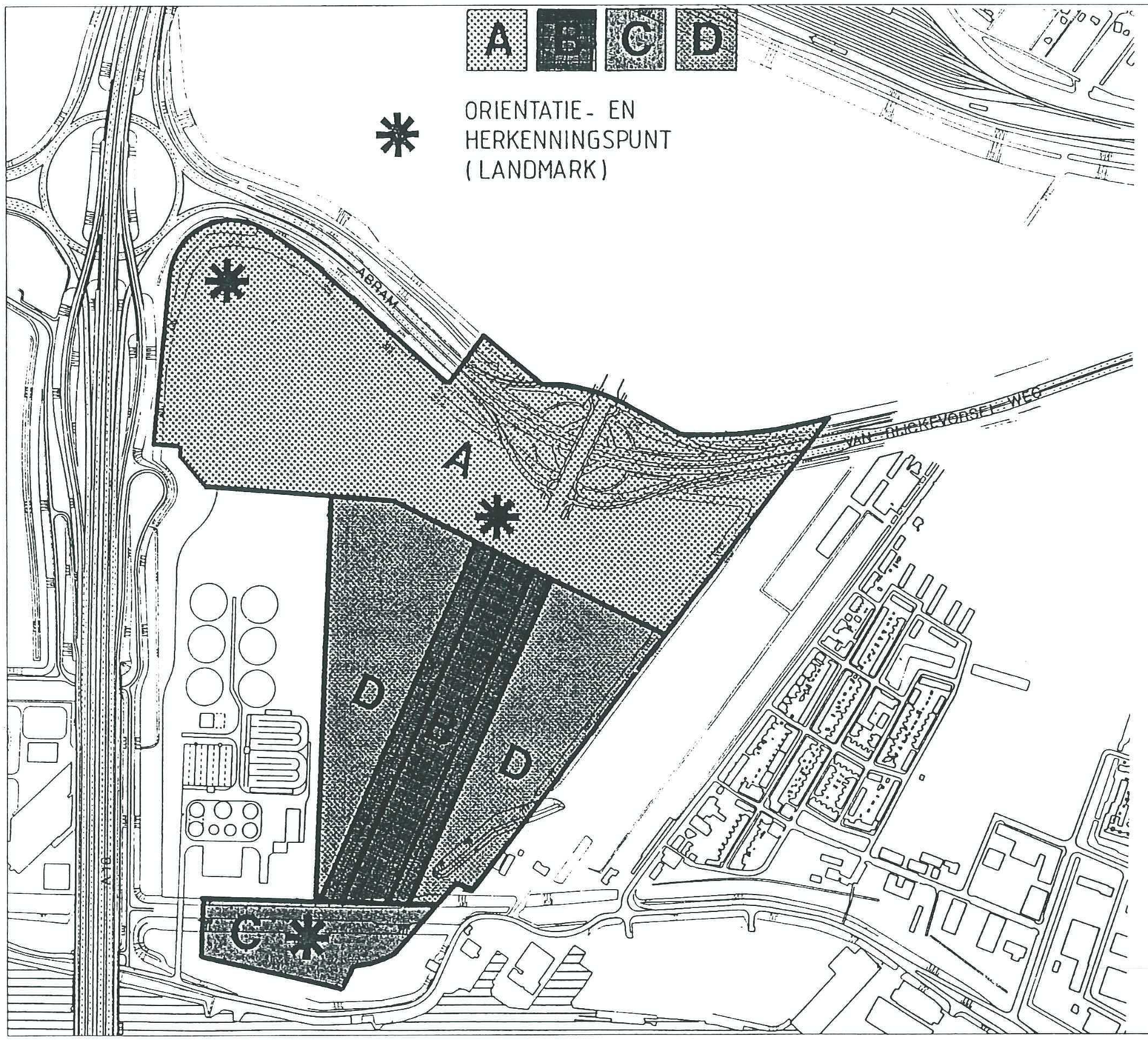
prof.dr.-ing. I.A. Hansen
TU Delft, Fac. Der Civiele Techniek, sectie Verkeerskunde
Stevinweg 1
2628 CN Delft
015-2781681

ir. Th.J. Schoemaker
TU Delft, Fac. der Civiele Techniek, sectie Verkeerskunde
Stevinweg 1
2628 CN Delft
015-2784981

mr. W. Wijting
TU Delft, Fac. WTM, sectie Recht en Bestuurskunde
Kanaalweg 2b
2628 EB Delft
015-2784710

ing. J.O. Pruis
ZWN Groep N.V.
Postbus 3
2770 AA Boskoop
0172-220134

Advanced Netherlands Transport
Rivium 1e Straat 53
2909 LE Capelle a/d IJssel
010-4478727
010-4478728 (fax)



ZONE A
Parkachtige zone

ZONE B
Boulevard

ZONE C
formeel parkachtige zone

ZONE D
Utilitaire zone
landschappelijke randen

Bijlage 2: Parkeernormen gemeente Capelle

Bedrijvigheid	*Parkeernorm*
bedrijfsgebonden kantoorruimte	1 pp per 40 m^2 bvo
solitaire kantoorruimte	1 pp per 40 m^2 bvo
detailhandel	1 pp per 50 m^2 bvo
horeca, hotel	1 pp per 2 kamers + 0.4 pp per arb.pl.
restaurant	0.4 pp per arb.pl. + 0.2 pp per zitpl. of 1pp per 25 m^2 bvo
café	0.4 pp per arb.pl. + 0.2 pp per zitpl. of 1 pp per 15 m^2 bvo
congres-/vergaderruimte	1 pp per 15 m^2 bvo
expositieruimte	1 pp per 100 m^2 bvo + 0.4 pp per arb.pl.
banken, postkantoren, laboratoria	1 pp per 50 m^2 bvo
bedrijfsruimten/showroom	1 pp per 80 m^2 bvo

Parkeernormen gemeente Capelle

Bijlage 3: Exploitatiekosten Rivium Pendelbus

De jaarlijkse exploitatiekosten van de Rivium pendelbus zijn in onderstaande tabel weergegeven. Het gaat hier om de gegevens van 1996. Gegevens van eerdere jaren zijn niet relevant omdat toen gebruik werd gemaakt van andere bussen. De genoemde kosten komen rechtstreeks ten laste van de gemeente Capelle. Er staat aangegeven welke kosten doorberekend zijn door het Werkvoorzieningenschap IJssel en Lek. Dit is een samenwerkingsverband tussen de gemeenten Capelle aan den IJssel, Krimpen aan den IJssel, Nederlek en Nieuwerkerk aan den IJssel en het levert de chauffeurs voor de pendelbus. Het draagt ook zorg voor de dagelijkse exploitatie van de Rivium pendelbus.

Kostenpost		*Kosten (Hfl.)*
Buslease	Capelle	64.000
Personeel	IJssel en Lek	62.000
Brandstof	IJssel en Lek	24.000
Klein onderhoud	IJssel en Lek	2.000
Telefoon/ communicatie	IJssel en Lek	2.000
Stickers op bus	Capelle	6.000
Diversen	IJssel en Lek	3.000
	Totaal	163.000

Bron: gemeente Capelle