

## Summary (in Dutch)

### Introductie

Schiphol Group, exploitateur van Amsterdam Airport Schiphol (AAS), is vastberaden om de concurrerende positie van AAS als een toonaangevende mainport en belangrijke internationale hub te waarborgen. Om de positie van belangrijke hub te kunnen behouden, heeft Schiphol Group vijf pijlers voor de duurzame ontwikkeling van de mainport geformuleerd. Naast *een sterke marktplaats, betrouwbare capaciteit, concurrerende visit costs*, zal de focus geplaatst worden op de laatste twee specifieke pijlers namelijk *bereikbaarheid* en *duurzaamheid*. De toegangswegen van en naar AAS raken in toenemende mate verstopt, wat een serieuze bedreiging is voor de bereikbaarheid van de luchthaven. Wat betreft de tweede pijler, is AAS er op sociaal en economisch vlak bij gebaat om een duurzaam toekomst beeld na te streven.

Naast een impuls in service, dient het verhogen van het parkeerproduct op AAS beide van bovenstaande doelen. Hogere kwaliteit bij het parkeren kan passagiers verleiden te kiezen zelf met de auto te reizen en te parkeren boven weggebracht worden, wat een reductie in gereden autokilometers oplevert (wegbrengers/afhalers leggen dubbel het aantal autokilometers af). De genoemde reductie levert naast een reductie in AAS-gerelateerde autokilometers (en dus ook emissies) ook een vermindering in drukte op te toegangswegen tot AAS. Schiphol Group heeft plannen om het huidige lang parkeren te vervangen door *TransferCity*, een strategisch project dat de parkeercapaciteit verhoogt, extra services biedt en past in het duurzaam toekomst beeld van AAS.

Voorgaand onderzoek naar het naar het terugdringen van autokilometers, heeft het implementeren van een intern vervoerssysteem binnen AAS onderzocht voor passagiers en werknemers. Uit alle (bij dit onderzoek) betrokken vervoerssystemen, is Personal Rapid Transit (PRT) als beste kandidaat uit de bus gekomen.

PRT kan worden samengevat als een systeem met kleine volautomatische voertuigen die rijden op toegewijde rijbanen en die beschikbaar zijn op aanvraag.

### Aanpak

Dit onderzoek richt zich op een pilot PRT systeem op het traject tussen TransferCity en Schiphol Centrum, met het oogpunt op 2020. Het onderzoek bevat de volgende doelstellingen:

- Het leveren van uitgebreide informatie betreffende de specificaties, beperkingen en ontwikkelingen van PRT systemen.
- Het leveren van specifieke informatie betreffende flexibiliteit en de operationele mogelijkheden van een PRT systeem op AAS.
- Het leveren van een bruikbaar (generiek) simulatie hulpmiddel voor het bepalen van operationele specificaties van een PRT systeem op AAS, om te assisteren bij het toekomstige beslissingen.

De aanpak is opgebouwd uit 4 fases, bestaande uit een analyse fase, een model fase, resultaten fase en een conclusie en aanbevelingen fase.

### Analyse

In de analyse fase, worden de verscheidene PRT systemen(en hun ontwikkelaars) aan het licht gebracht, en worden de operationele en infrastructurele specificaties en eisen van een dergelijk systeem verkregen. Eveneens worden de service eisen en stromen van de passagiers op het gekozen traject bepaald. De informatie verkregen in deze fase wordt samengevoegd in een programma van eisen voor het model, evenals een verzameling van initiële input variabelen (de initiële situatie).

Er bestaan een groot aantal ontwerpen van PRT systemen, echter zijn er slecht een klein aantal die daadwerkelijk ontwikkelde test systemen hebben en er is momenteel zelf geen enkel 'echt' PRT systeem in commercieel gebruik. BAA Heathrow, is bezig met een veelbelovend PRT project op een vergelijkbaar traject als in dit rapport. Er wordt veel verwacht van dit systeem, en alle ogen zijn dan ook gericht op de commerciële opening in het late voorjaar van 2010.

Er is een groot verscheidenheid aan PRT stations typen mogelijk, verschillend van kleine stations met PRTs in een lijn (vergelijkbaar met een taxistandplaats) tot grote netwerk stations geschikt voor parkeergarages. In dit onderzoek is er gekozen voor een station met parallelle opstapplaatsen (PRTs kunnen onafhankelijk van elkaar binnenkomen en vertrekken), bekend als een *Saw-tooth* station. Dit stations type heeft een groot aantal voordelen over de conventionele stations met PRTs in één lijn, en is tevens in PRT ontwerp een veel gebruikt station door de ontwikkelaars van PRTs op wielbasis.

Parkeren op AAS wordt grotendeels door passagiers gezien als positief (45%) en neutraal (40%) met slecht een kleine minderheid die parking negatief beleeft (15%). Meer specifiek worden de volgende beoordelingen gegeven gerelateerd aan de parking shuttle tussen lang parkeren en de terminals. *Comfort in de bus* behoort tot de slechts beoordeelde aspecten, *wachttijd op bus*, *frequency van bus* en *lengte van bus rit* worden gemiddeld tot slecht beoordeeld.

Voor de verwachte passagiersstromen, worden de stromen van de piek dag in de zomer piek gebruikt tussen TransferCity en Schiphol Centrum. Deze stromen, voor 2020, worden geschat op ongeveer 8100 passagiers, waarvan 4430 vertrekkende en 3660 aankomende passagiers. Deze passagiers stromen hebben iedere een unieke aankomst distributie, deze vormt de basis voor de passagiers die het model in stromen.

## Model

De operationele specificaties van het voorgestelde PRT systeem, zouden mogelijk wiskundig bepaald kunnen worden (bv. met wachttijd theorie), echter maakt het implementeren van stochastiek dit erg complex. Mede hierdoor is er gekozen om het probleem te modeleren en simuleren. Omdat veel logistieke problemen geleid worden door discrete gebeurtenissen, is er gekozen om gebruik te maken van discrete simulatie model of *discrete event simulation*.

Het, in dit onderzoek gebruikte simulatie model, kan worden gebruikt als hulpmiddel bij het inzicht krijgen in de operationele waarden van het voorgestelde systeem (bv. Aantal benodigde PRTs, passagier wachttijden etc.). Het model is generiek van aard, wat betekent dat de stations locaties en groottes zowel als de passagiers stromen, PRT aantallen en snelheden kunnen worden aangepast naar de behoefte van de gebruiker.

Het PRT circuit op AAS, bestaat uit 14 stations. Op TransferCity is er gekozen om 8 stations te plaatsen (4 voor aankomende en 4 voor vertrekkende passagiers). Op schiphol Centrum wordt er gekozen om iedere van de 3 vertrekhalles een eigen station te geven en wordt de aankomststraat voor Schiphol Plaza ook ingericht met 3 stations.

## Resultaten

De *initiële situatie* is opgemaakt uit de theoretisch bepaalde input variabelen verkregen uit de analyse fase. Deze situatie wordt is in het simulatie model ingevoerd en vervolgens meerdere malen gedraaid met variërende hoeveelheden PRTs. Nadat de resultaten uit deze simulatie 'runs' zijn geëvalueerd, vind er een optimalisatie ronde plaats. In deze ronde wordt op zoek gegaan naar verbeteringen in de prestatie indicatoren, door aanpassingen te maken in de initiële input variabelen. De nieuwe input variabelen vormen hierdoor de *verbeterde situatie*.

Optimalisatie wordt bewerkstelligd door het aanpassen van de stationsgroottes, oftewel het aantal opstapplekken. Nadat de probleem stations zijn geïdentificeerd wordt het aantal opstapplekken iteratief verhoogd tot er geen verbeteringen in prestaties meer plaatsvindt. De verbeterde situatie levert een totaal van 53 opstapplekken op, variëren van 2 voor kleine stations tot 9 voor grotere stations.

Er is bepaald dat 75 het meest geschikte aantal PRTs is voor het voorgestelde systeem. Met een dergelijke vloot en een passagiers stroom van 8200 passagiers, is de gemiddelde wachttijd ongeveer 30s. Gemiddeld beleven 6200 passagier helemaal geen wachttijd, is de maximale wachttijd ongeveer 10min. en wordt 95% van de passagiers binnen 3 min. geholpen.

Uit simulatie is bepaald dat het grootste variatie in reistijd (naast de tijd op het hoofdcircuit) bepaald wordt door de wachttijd op een vrije plek bij het verlaten van een station. Hoe meer verzadigd het hoofdcircuit is, hoe langer deze wachttijd is. Verder is gevonden dat 99% van de passagiers binnen de vooropgestelde reistijd eis ( 5min.) op hun bestemming aankomt.

Omdat de input variabelen slecht een moment opname van de situatie op schiphol betreffen, is het nuttig om de gevoeligheid van de benodigde hoeveelheid PRTs te toetsen bij afwijkingen van deze parameters. Uit deze analyse volgt dat de relatie tussen de benodigde PRTs en wisselende passagiers stromen nagenoeg lineair is, terwijl de relatie tussen de benodigde PRTs en de grootte van passagiers groepen ander is. Het verlagen van het aantal passagiers per groep naar rond 1, laat een sterke groei in benodigde PRTs zien. Daartegenover laat een verhoging van de groepsgrootte boven de 2 passagiers een afvallende vermindering in benodigde PRTs zien, dit geeft aan dat het systeem dan in de nabijheid is van het absolute minimum aan benodigde PRTs.

## Conclusies & Aanbevelingen

Dit onderzoek heeft de mogelijkheden van een PRT systeem onderzocht op een specifieke locatie van AAS. Naast het leveren van de nodige achtergrond informatie, heeft het onderzoek de operationele aspecten van en dergelijk systeem aan het licht gebracht en een simulatie model ontwikkeld die als hulpmiddel kan dienen bij toekomstige besluitvorming.

Personal Rapid Transit is een veel belovend en duurzaam vervoermiddel, het systeem biedt een hoge mate van service en flexibiliteit voor een redelijke prijs. Het gebrek aan systemen in commercieel gebruik vormt echter een barrière voor investeerders om een dergelijk systeem beschikbaar te maken voor het grote publiek. Wellicht ligt de toekomst van het PRT principe in de handen van het BAA Heathrow project. Veel wordt er verwacht van het project, en een succes zou mogelijk de uiteindelijke doorbraak kunnen betekenen voor het PRT principe.