



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Efficient boarden van een vliegtuig

Gina Jongen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

dr. Antonius VAN GILS



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2020
2021



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Efficient boarden van een vliegtuig

Gina Jongen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

dr. Antonius VAN GILS

Deze masterproef werd geschreven tijdens de COVID-19 crisis in 2020-2021. Deze wereldwijde gezondheids crisis heeft mogelijk een impact gehad op het schrijf- en verwerkingsproces, de onderzoekshandelingen en de onderzoeksresultaten die aan de basis liggen van dit werkstuk.

WOORD VOORAF

Deze masterproef vormt het sluitstuk van mijn masterproefopleiding Handelswetenschappen met de afstudeerrichting *Supply Chain Management* aan de Universiteit Hasselt. Het onderwerp van deze thesis – op welke manier het boardingproces efficiënt uitgevoerd kan worden – heeft mijn interesse gewekt door de aanwezigheid van het thema in de luchtvaartindustriese sector en het logistieke karakter dat hieraan vasthangt. De uitwerking van dit onderwerp leverde een enorm boeiende en verrijkende periode op, waarvan ik het resultaat van dit werkstuk met veel genoegen presenteer.

De resultaten, bereikt op basis van literatuurstudies, zijn gebundeld in deze thesis die mede tot stand zijn gekomen door de begeleiding en het deskundig advies van mijn promotor prof. dr. Teun Van Gils. Het was een enorm aangename en leerrijke ervaring om onder de begeleiding van prof. dr. Teun Van Gils een antwoord te bieden op de onderzoeksvraag die in deze masterproef gesteld wordt. De nuttige adviezen die ik verkreeg zorgden telkens dat de kwaliteit van het werkstuk kon verbeteren. Daarnaast wil ik mijn naaste omgeving bedanken voor de steun die ik niet enkel ontving in de uitvoering van mijn masterproef, maar tijdens mijn gehele studieloopbaan aan de Universiteit Hasselt. In het bijzonder richt ik mij tot mijn familie die mij de kans gaf om mijn studies in een aangename omgeving te volbrengen en mijn medestudenten en vrienden die voor morele steun zorgden gedurende mijn studie jaren.

Gina Jongen

Sint-Truiden, juni 2021

SAMENVATTING

De luchtvaartindustrie bevindt zich in de situatie waarbij de vraag naar vluchten afhankelijk is van de gezondheidstoestand van de wereldeconomie. Sinds 1950 is er sprake van een continu stijgende vraag naar vlieguren die zich op lange termijn voortzet. De trend die van toepassing is op de industrie zorgt daarentegen voor zware belasting en druk op de faciliteiten. Naast het gegeven dat de industrie een zo hoog mogelijke winst wil verwezenlijken, dienen passagiers tevreden gesteld te worden alsook rekening te houden met de kosten die in vermindering gebracht dienen te worden. De recente uitbraak van het coronavirus treft alsook de luchtvaartindustrie, waardoor er sprake is van een bijkomende uitdaging in de verwezenlijking van de processen. De luchtvaartsector heeft op dagdagelijkse basis verscheidende uitdagingen die overtreft dienen te worden. De rendabiliteit van de industrie dient verzekerd te worden waarmee de hedendaagse gezondheidsoverwegingen van passagiers topprioriteit worden.

De handelingen die gesteld worden in de luchtvaartcontext dienen uitgevoerd te worden binnen bepaalde tijdssloten. Een van de processen die op de industrie het meeste druk uitoefent alsook zwaarwegende gevolgen met zich teweegbrengt indien de vervulling hiervan niet optimaal verloopt, zijn de doorlooptijden. Onder deze tijd wordt de periode bedoeld dat een vliegtuig opgesteld is aan de gate tussen twee verschillende vluchten in. De tijd die noodzakelijk is om passagiers het toestel te laten betreden, gekend onder het boardingproces, maakt deel uit van de doorlooptijd. Het boardingproces maakt van alle handelingen die onder de doorlooptijd geschetst worden, het proces uit dat het tijdrovendst is waardoor er hier sprake is van een bottleneck. Dit onderzoek gaat op zoek naar hoe het boardingproces efficiënt uitgevoerd kan worden omwille van de aanwezigheid van de bottleneck. De optimale werking van het boardingproces, rekening houdend met de vertragende factoren alsook de gekozen boardingstrategie, kan leiden tot reductie in de boardingtijden die zowel voordeel brengen aan de luchthavenoperators als passagiers.

Om na te gaan hoe de efficiëntie van het boardingproces in de praktijk verwezenlijkt kan worden, maakt dit onderzoek gebruik van een literatuurstudie. In eerste instantie worden de processen binnen de luchtvaartindustrie weergegeven die bestaan uit: het afhandelingsproces, de doorlooptijden en als laatste het boardingproces op zich. De doorlooptijden omvatten de activiteiten zoals het vervangen van bemanning, het tanken van het toestel, de schoonmaak van het vliegtuig, het opladen/uitladen van de bagage en het boarden/deboarden van de passagiers. Het boardingproces maakt deel uit van de doorlooptijden die van al de activiteiten naar voren schiet met de langste duurtijd. Daarnaast wordt het boardingproces in detail toegelicht met de toebehorende verstoringen die draagwijdte hebben op de duurtijd van dit proces. Het tweede deel van het onderzoek behandelt de verschillende soorten boardingstrategieën die in de praktijk toegepast worden alsook terug te zien zijn in wetenschappelijke literatuur. De industrie maakt het onderscheid tussen het "*open seating*" concept, waarbij er geen stoeltoewijzing van te pas komt, en de tegenhanger het concept "*seat assignments*", waarbij elke passagier wel een specifieke stoel binnen het toestel krijgt toegewezen. "Open seating" is een strategie die in de luchtvaartindustrie sporadisch in gebruik wordt gesteld, waardoor de toespitsing in het onderzoek gebeurt op het concept betrekking hebbend op "*seat assignments*". Binnen de methode wordt een onderscheid

gemaakt naar de aard van de strategieën die opgedeeld zijn in drie verschillende categorieën. Het boardingproces kan enerzijds uitgevoerd worden aan de hand van een willekeurig proces, daarnaast kunnen de passagiers in bepaalde groepen worden onderverdeeld en als laatste techniek wordt de focus gelegd op het boarden via de zitplaatsen. Een verdere vertakking binnen het groepsgewijs boarden wordt gemaakt waarin de principes: "*Outside-In/WilMA boardingstrategie*", "*Reverse Pyramid boardingstrategie*", boarding op basis van rijstrategieën of boarding op vlak van blokstrategieën vernoemd worden. De "*Steffen boardingstrategie*" en de "*Modified Optimal boardingstrategie*" worden geplaatst onder het boarden aan de hand van zitplaatsen. De gekozen strategie op zich heeft voor- en nadelen in praktijk gestelde omstandigheden waarin de werking en bijhorende tijdsaspecten van elke methode onderdrukt blijken te worden door factoren die op hun manier de voltooiing van het boardingproces beïnvloeden. Naast de grondoperaties wordt de uitvoer van het boardingproces sterk onderdrukt door een aantal externe factoren. De capaciteit van het vliegtuig en de aanwezigheid van handbagage zijn elementen die het boardingproces aanzienlijk beïnvloeden. Daarnaast zijn de aanwezige stoel- en gangpadinterferenties per strategie zwaarwichtig op het ontstaan van congestie in het toestel. De gangpadinterferentie is een situatie waarbij het gangpad in het toestel blokkeert aangezien de passagier zijn/haar bagage dient op te bergen in de bovenste compartimenten van het vliegtuig. De stoelinterferentie komt voor indien de passagiers op een foutieve volgorde plaatsnemen op de toegewezen stoelen en genoodzaakt zijn om terug op te staan zodat de andere passagiers toegang krijgen tot hun toegewezen stoel. De voorkoming van de interferenties resulteren in een vertragende flow van het boardingproces, waarbij de graad van optimalisatie in gedrang komt.

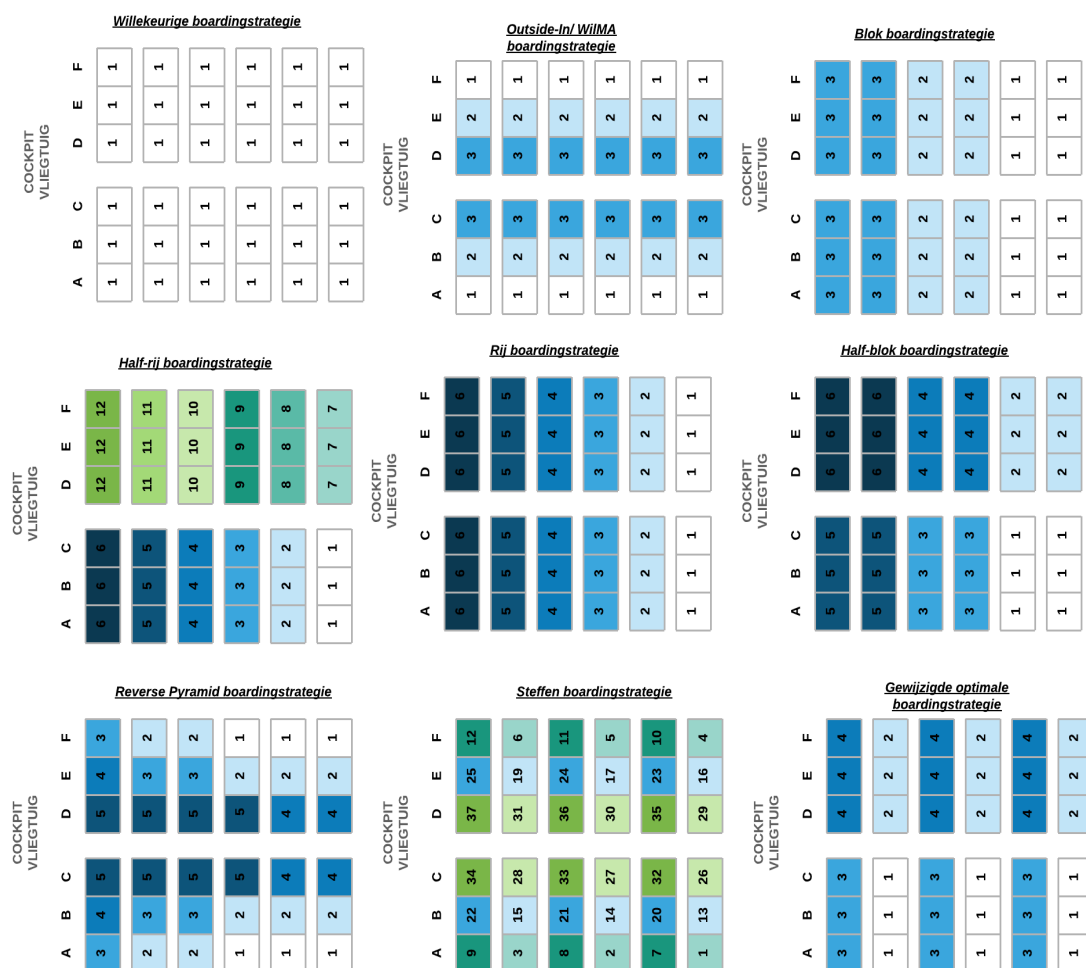
De verkozen boardingstrategie door de luchtvaartmaatschappijen kan de gebeurtenis op vlak van interferenties voorkomen door middel van de instapregels die van toepassing zijn. De boardingstrategieën die de slechtste tijden opleveren om het boardingproces uit te voeren zijn die onder de principes van de "*Front-To-Back boardingstrategieën*" vallen. De lange boardingtijden zijn te wijten aan het gegeven dat de boarding aanvangt aan de voorzijde van het toestel. De blokkades die ontstaan aan het begin van het toestel in het gangpad resulteren dat de gehele boardingflow vertraagd wordt of zelfs tot stilstand komt. Het boardingproces laten verlopen aan de hand van de bestaande "*Back-To-Front boardingstrategieën*", waarbij het boarden aanvangt aan de achterzijde van het toestel, leidt tot de beste boardingtijden. De "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" levert de beste boardingtijd van alle strategieën op waarbij het boarden van passagiers in 21 minuten voltooid kan worden. De efficiënte werking van de boardingstrategie is te verklaren in het feit dat de instapregels die hier van toepassing zijn resulteren in een laag aantal stoel- en gangpadinterferenties tussen de passagiers.

Alhoewel de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" de beste boardingtijd oplevert, kiezen luchtvaartmaatschappijen toch niet om deze strategie in te schakelen bij het uitvoeren van het boardingproces. De "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" draagt een complex karakter door de aanwezigheid van het aantal instapgroepen bij deze strategie. Door middel van het vliegtuig op te splitsen in twee delen waarbij allereerst de ene zijde van het toestel wordt opgevuld en daarna de andere zijde, is er een afname in het aantal passagiers aanwezig per rij. Hierdoor ontstaan er weinig tot geen interferenties tussen de passagiers waardoor blokkades op het gangpad vermeden

worden, en de optimale werking van het boardingproces via de "Half-Rij (B2F) boardingstrategie" gegarandeerd wordt. Alhoewel deze strategie de beste boardingtijden oplevert is het gebruik in de luchtvaartindustrie niet veelvoorkomend. Dit is te wijten aan het complexe karakter dat vasthangt aan deze strategie die door de hoeveelheid van instapgroepen gecreëerd wordt.

Door de uitbraak van het respiratoire coronavirus 2 (SARS-CoV-2) dient het boardingproces daarnaast uitgevoerd te worden waarbij de kans op besmetting zo laag mogelijk is. Het virus roept de "social distancing" regel in waarbij 1,5 tot 2 meter afstand dient bewaard te worden tussen passagiers. Het opleggen van de afstandsregels zorgt ervoor dat de boardingtijden zullen toenemen. De boardingstrategieën waarbij de kans op besmetting laag is worden gerealiseerd door "Reverse Pyramid boardingstrategie" en "Outside-In/WilMA boardingstrategie", "Rij (B2F) boardingstrategie" en de "Blok (B2F) boardingstrategie".

De luchtvaartmaatschappijen opteren in de praktijk niet voor de meest efficiënte boardingstrategie. Die beweegreden wordt ondersteund aangezien zij comfort en eenvoud verkiezen boven de efficiëntie van het boardingproces.



Figuur 1 - De verschillende boardingstrategieën

INHOUDSTAFEL

WOORD VOORAF	I
SAMENVATTING	III
INHOUDSTAFEL	VII
LIJST VAN FIGUREN	VIII
LIJST VAN TABELLEN.....	VIII
1. <i>INLEIDING</i>	<i>1</i>
1.1. Onderzoeksvraag	3
1.2. Onderzoeksmethode	5
2. <i>PROCESSEN IN DE LUCHTVAARTINDUSTRIE</i>	<i>7</i>
2.1. Afhandelingsproces	8
2.2. Doorlooptijden.....	9
2.2.1. Activiteiten van de doorlooptijden	9
2.2.2. Volledig – en kort doorlooptijdmodel	11
2.2.3. Tijdscomponenten van de doorlooptijd.....	13
2.3. Boardingproces.....	16
2.3.1. Uitvoering van het boardingproces	17
2.3.2. Tijdscomponenten van het boardingproces	20
3. <i>BOARDINGSTRATEGIEËN</i>	<i>21</i>
3.1. Willekeurige boardingstrategie.....	23
3.2. Groepsgewijsde boardingstrategie.....	23
3.2.1. “Outside-In” methode	24
3.2.2. Blokstrategie.....	25
3.2.3. Half-blok strategie	26
3.2.4. Rijstrategie	27
3.2.5. Half-rijstrategie	28
3.2.6. “Reverse Pyramid” strategie	29
3.3. Stoelgewijsde boardingstrategie.....	30
3.3.1. Steffen methode.....	30
3.3.2. Gewijzigde optimale methode (Modified optimal method)	31
4. <i>INVLOEDRIJKE FACTOREN OP DE TIJDSDUUR VAN HET BOARDINGPROCES</i>	<i>33</i>
4.1. Verdragende factoren.....	34
4.1.1. Passagiers en capaciteit.....	34
4.1.2. Gate operaties.....	35
4.1.3. Handbagage.....	36
4.2. Soorten interferenties.....	38
4.2.1. Types stoelinterferenties.....	39
4.3. Tijdscomponenten per boardingstrategie.....	41
4.3.1. Analyse in termen van gangpadinterferenties	42
4.3.2. Analyse in termen van stoelinterferenties.....	43
4.3.3. Analyse in termen van instapregels	45
5. <i>BOARDINGSTRATEGIEËN DIE HET RISICO OP COVID-19 VERMIJDEN.....</i>	<i>49</i>
6. <i>CONCLUSIE.....</i>	<i>51</i>
LIJST VAN GERAADPLEEGDE WERKEN	55

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1 - De verschillende boardingstrategieën.....	V
Figuur 2 - Bovenaanzicht vliegtuig tijdens doorlooptijd (Schmidt, 2017).....	10
Figuur 3 - Volledig doorlooptijdmodel (Jaehn & Neumann, 2015)	12
Figuur 4 - Tijdscomponenten van het kritieke pad per activiteit (Van Landeghem & Beuselinck, 2002)	13
Figuur 5 - Operaties betreffende doorlooptijden (in minuten) (More & Sharma, 2014).....	14
Figuur 6 - Stappen van het boardingproces en de bijhorende verstoringen (Van Landeghem & Beuselinck, 2002)	19
Figuur 7 - Onderverdeling van de verschillende boardingstrategieën (Jaehn & Neumann, 2015)	22
Figuur 8 - Willekeurige boardingstrategie.....	23
Figuur 9 - Outside-In/ WiIMA boardingstrategie	24
Figuur 10 - Back-To-Front (B2F) boardingstrategie.....	25
Figuur 11 - Half-Blok boardingstrategie	26
Figuur 12 - Rij boardingstrategie	27
Figuur 13 - Half-Rij boardingstrategie.....	28
Figuur 14 - Reverse Pyramid boardingstrategie.....	29
Figuur 15 - Steffen methode boardingstrategie	30
Figuur 16 - Gewijzigde optimale boardingstrategie	31
Figuur 17 - Stoel- en gangpadinterferenties (Delcea et al., 2018).....	38
Figuur 18 - Verschillende types stoelinterferenties (Delcea et al., 2018).....	39
Figuur 19 - Minimum aantal bewegingen noodzakelijk om de stoelinterferenties te verwijderen.....	40
Figuur 20 - Gemiddeld aantal gangpadinterferenties met betrokken passagiers.....	42
Figuur 21 - Gemiddeld aantal stoelinterferenties met betrokken passagiers per type.....	43
Figuur 22 - Gemiddelde boardingtijden per strategie met en zonder de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties	47
Figuur 23 - Airbus 320 in een COVID-19 situatie (Cotfas et al., 2020).....	50

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1 - Detaillijst activiteiten van de doorlooptijd (More & Sharma, 2014)	15
Tabel 2 - Tijdsaspecten van de bewegingen in het toestel (Wittmann, 2019)	20

1. INLEIDING

De luchtvaartindustrie is een activiteit waarbij de vraag afhankelijk is van de gezondheid van de wereldeconomie. Sinds 1950 is er een trend die zich voortzet op lange termijn in de industrie. Deze trend resulteert in een stijgende groei die eveneens verloopt aan een versneld tempo. De terreuraanval op de WTC-torens van 9/11, de uitbraak van het SARS-virus in 2003 en de vulkaanuitbarstingen hebben de luchtvaartindustrie tijdelijk verstoort. Alhoewel er zich de laatste jaren deze gebeurtenissen hebben voortgedaan, is de vraag naar commerciële vluchten steeds teruggekomen (Adrienne, Budd, & Ison, 2020).

Reizen is dus een aspect dat niet weg te denken is uit de huidige maatschappij. Meer en meer mensen kunnen het zich veroorloven om tijdens een bepaalde vakantie de keuze te maken om de valiezen te pakken, het vliegtuig te nemen en er eventjes uit te glippen. Vroeger was het daarentegen vrij uniek dat je met het hele gezin het vliegtuig nam om op vakantie te gaan. Het werd toen eerder aanzien als een bepaalde luxe die gepermitteerd kon worden. De capaciteit van de luchtvaartindustrie is naarmate de jaren enorm geëvolueerd en hierdoor is deze sector zich verplicht gaan uitbreiden (Mason, 2005).

De vraag naar reizen op vlak van vrijetijd is groot, daarnaast is er op vlak van business ook veel vraag naar werk gerelateerde reizen. Een samenwerkingsverband tussen twee bedrijven die in andere landen of staten gevestigd zijn, zal beter tot stand komen in direct contact dan in een onlinemeeting. Het uitvoeren van business-trips is dus ook een essentieel onderdeel voor een goed werkend bedrijf (Mills, 2012).

Iedereen die denkt aan het woord reizen, weet dat het proces vrij stressvol en moeizaam kan verlopen. Zo bestaat er de kans dat bij aankomst op de luchthaven bepaalde vluchten geannuleerd zijn of dat vluchten te maken hebben met vertraging door onvoorziene omstandigheden. Frequent staan er dan lange wachtrijen of moet er gezocht worden naar een alternatief om tot de gewenste locatie te geraken. Deze gebeurtenissen zijn dan ook worstcasescenario. Evenzeer is het mogelijk dat het reisproces zeer vlot verloopt en er zich geen plotselinge gebeurtenissen voordoen, waardoor het proces niet vertraagd wordt. Wederom wordt er verwacht bij internationale vluchten twee uur op voorhand aanwezig te zijn en bij intercontinentale reizen zelfs drie uur. De tijd die een persoon dus aanwezig is op een luchthaven kan zeer lang en tijdrovend zijn (Zou & Hansen, 2014).

De druk op de luchtvaartindustrie stijgt met de jaren. Het algemene doel van deze industrie is een zo hoog mogelijke winst behalen. Tegelijkertijd wilt de industrie passagiers tevredenstellen, zodat aan de wensen voldaan kan worden. Hun eis is van punt A naar punt B te geraken op de meest aangename manier mogelijk. Deze twee doelstellingen wilt de sector bereiken aan de hand van zo min mogelijk kosten te maken. Bovendien is er de laatste jaren nog een extra uitdaging naar boven gekomen, namelijk als bedrijf ervoor instaan te handelen op de meest duurzame manier. De luchtvaartindustrie is dus onderhevig aan een aantal specifieke uitdagingen die ze dagdagelijks zullen moeten overtreffen om het hoofd boven het water te houden (Delcea, Cotfas, & Paun, 2018).

Omwille van de continu stijgende vraag naar vlieguren, heeft de luchtvaartindustrie regulair te verduren met beduidend veel belasting. Een van de factoren die zorgt voor enorme druk op de faciliteiten zijn de doorlooptijden van een vliegtuig. De doorlooptijd is de tijd die een vliegtuig nodig heeft aan de gate, tussen twee vluchten in (Xinhui, Xiyu, & Xiaobing, 2020). Onder de term doorlooptijden valt onder andere het boardingproces. Dit proces bevat de tijd die passagiers nodig hebben om het vliegtuig in te stappen en zich te begeven naar zijn/haar stoel. Uit verscheidende onderzoeken blijkt dat dit proces zeer tijdrovend is met als gevolg dat het boardingproces niet geoptimaliseerd is (Van Landeghem & Beuselinck, 2002).

De volledige doorlooptijd bestaat uit: het vervangen van bemanning, het tanken van het toestel, de schoonmaak van het vliegtuig, het opladen/uitladen van de bagage en het boarden/deboarden van de passagiers. (Coppens et al., 2018). Het boardingproces is een groot onderdeel van de doorlooptijd. Aangezien het zich situeert op het kritieke pad, heeft het boardingproces danig veel invloed op de doorlooptijd. Indien het mogelijk is om deze tijd te reduceren, zal dit positieve gevolgen opleveren voor zowel luchthavens en luchtvaartmaatschappijen, als voor de passagiers zelf (Xinhui et al., 2020).

Het is voor iedere partij van uiterst belang dat het boardingproces zo min mogelijk tijd zal innemen. Daardoor zullen passagiers sneller tevreden worden gesteld en kunnen luchtvaartmaatschappijen erin slagen hun kosten te herleiden. Deze masterproef zal onderzoek uitvoeren naar welke acties doorgevoerd kunnen worden, zodat het gehele proces vlot verloopt (Jaehn & Neumann, 2015).

De doorlooptijd kan verminderd worden door gebruik te maken van de meest efficiënte boardingstrategie (Jaehn & Neumann, 2015). In eerste instantie zal er een bestudering zijn naar alle verschillende strategieën die in de praktijk toegepast worden. Waarna er gekeken wordt welke strategie het best aansluit in welk proces. Niet enkel de gekozen strategie heeft een invloed op de boardingtijden, maar ook de aanwezigheid van handbagage. In de doorgang van het gangpad kan er congestie ontstaan omwille van het opslaan van handbagage in de bovenste compartimenten van het vliegtuig. Dit aspect speelt ook een belangrijke factor op de efficiëntie van het boardingproces (Xinhui et al., 2020). Het is dusdanig relevant om te onderzoeken welke factoren hier doorslaggevend zijn en resulteren in een belemmering van het proces.

Daarnaast spelen bepaalde gevoelens van passagiers mee in het gehele reisproces. In bepaalde situaties ontstaat er de optie om te reizen via trein of vlucht. Denk maar als je naar buurlanden wilt reizen zoals het Verenigd Koninkrijk of Frankrijk, is er vaak de optie tussen vliegtuig of trein. Reizen met het vliegtuig is vaak een langdurig en stressvol proces. Daarom is het aan de orde te onderzoeken welke ergernissen passagiers beleven bij het reisproces hiervan (Adler, Pels, & Nash, 2010).

Naast het algemeen bekijken en opzoek gaan naar de meest doeltreffende manier om een vliegtuig te boarden, heeft de luchtvaartindustrie enorm te verduren gehad door de huidige Coronacrisis ten gevolge van COVID-19. De coronacrisis heeft ervoor gezorgd dat vliegtuigen maanden aan de grond stonden en dat alles stilviel. Met als gevolg dat er financiële problemen ontstonden en er ontslagen vielen binnenin de luchtvaartsector. Na zoveel maanden het verbod op niet-essentiële verplaatsingen op te heven, kon de luchtvaartindustrie langzaam weer opstarten. Die heropstart was niet al te eenvoudig aangezien er rekening moest gehouden worden met de veiligheidsvoorschriften. Deze werden opgesteld om te garanderen dat passagiers op de meest veilige manier hun reis konden afleggen, zonder dat het virus nog meer verspreid werd (Adrienne et al., 2020).

Aan de hand van deze probleemstelling kan er rondom deze problematiek een antwoord geboden worden via een uiteenzetting in de vorm van een masterproef.

1.1. Onderzoeksvraag

De probleemstelling die zich in deze masterproef voordoet is volledig aangehaald en er is nu een duidelijk beeld van het specifieke probleem. Aan de hand van deze masterproef wordt er getracht de vragen die uit de probleemstelling vloeien zo concreet en duidelijk mogelijk te beantwoorden. Hierna volgt er een uiteenzetting van alle vragen die relevant en noodzakelijk zijn om onderzoek te doen binnen deze masterproef. Via deze vragen kan het onderwerp op de beste manier naar voor worden gebracht en het meest duidelijk worden weergegeven.

Centrale Onderzoeksvraag:

- **“Wat is de meest efficiënte manier binnen de luchtvaartindustrie om een vliegtuig te boarden?”**

Het globale doel van dit onderzoek is na te gaan hoe er op de meest efficiënte manier een vliegtuig geboard kan worden. Er zal hierbij gekeken worden naar hoe de logistieke werking in elkaar zit en of deze optimaal is.

Deelvragen:

- **Deelvraag 1: Hoe ziet het boardingproces er in zijn geheel uit?**

In deze deelvraag wordt er getracht te analyseren welke stappen onder het boardingproces vallen. Dit is van belang aangezien er hier taken worden uitgevoerd die resulteren in een vertraagd of inefficiënt proces. Hierbij zullen alle stappen duidelijk weergegeven worden die tijdens het boarden voltooid moeten worden.

– **Deelvraag 2: Welke strategieën bestaan er om een vliegtuig te boarden?**

Binnen de luchtvaartindustrie zijn er doorheen de jaren verschillende mogelijkheden ontwikkeld om een vliegtuig te boarden. In deze vraag zullen alle methodes aangehaald worden en duidelijk omschreven worden. Al de mogelijke methodes zullen in deze deelvraag beantwoord worden. De begrippen *outside-in*, *reverse-pyramid*, *open seating*, *random*, *back-to-front*, *modified optimal method*, *by-half-block*, *by-row*, *by-half row* en de *Steffen-method* zullen hier verklaard worden (Kierzkowski & Kisiel, 2017).

– **Deelvraag 3: Welke aspecten zorgen voor een vertraging binnen de huidige gehanteerde boardingmethodes?**

Aangezien er in de probleemstelling werd weergegeven dat het boardingproces niet efficiënt verloopt, moeten de elementen die zorgen voor belemmering onderzocht worden. Conform Van Landeghem en Beuselinck (2002) is het bezitten van handbagage een element dat het proces verhindert.

De laatste deelvraag is rondom het onderwerp COVID-19. Dit heeft een enorme impact gehad op de luchtvaartindustrie en zal dus besproken worden in deze masterproef.

– **Deelvraag 4: Wat is het effect op het boardingproces door de uitbraak van de COVID-19 pandemie?**

Deze deelvraag kijkt naar alle consequenties voor de luchtvaartindustrie die het coronavirus met zich meebracht. Het hoofdstuk tracht te achterhalen welke boardingstrategieën de veiligste manier van het boarden kunnen garanderen. Het gebruik van "*social distancing*" wordt hierin besproken waarbij de anderhalve meter afstand tussen passagiers gewaarborgd wordt.

Aan de hand van de bovenstaande vragen zal de masterproef één geheel vormen om zo de beste manier te bekomen om een vliegtuig te boarden. Daarnaast zal er rekening gehouden worden hoe er tegenwoordig het best gehandeld wordt met de huidige coronacrisis in het achterhoofd.

1.2. Onderzoeksmethode

Een plan van aanpak wordt opgesteld om duidelijk weer te geven op welke manier de masterproef tot één geheel zal komen. Dit zorgt ervoor dat het proces op een zo vlot en efficiënt mogelijke manier voltooid kan worden.

Deze masterproef zal tot stand komen aan de hand van een literatuurstudie. Een masterproef moet ondersteund worden door gebruik te maken van de juiste bronnen en argumentatie. Daarom wordt de thesis enkel onderbouwd door een implementatie van wetenschappelijke artikels. Deze zullen bekomen worden door gebruik te maken van verschillende databases. Een paar voorbeelden hiervan zijn Google Scholar en de Universiteitsbibliotheek van de UHasselt zelf.

Aangezien de coronapandemie nog steeds actief is, is het van belang om op de hoogte te blijven van de huidige situatie. Het magazine 'Flows' geeft dagelijks updates rondom de logistieke sector. Indien er nieuwe informatie wordt bekend gemaakt over de materie die betrekking heeft tot deze masterproef, zal deze eventueel gebruikt kunnen worden om in de loop van het proces de probleemstelling aan te vullen.

Om tot de relevante artikels te bekomen is het van belang de juiste zoektermen te gebruiken. Op die manier wordt er de relevante informatie verkregen en kan al het onnodige weg gefilterd worden.

Vermits er in de logistieke industrie veel in Engelse termen wordt gesproken, zal er een wisselwerking zijn tussen Nederlandse en Engelse zoektermen. De volgende zoektermen zullen binnenin deze masterproef van toepassing zijn:

- het boarden van een vliegtuig – boarding an airplane
- het boardingproces – the boarding process
- de verschillende boardingstrategieën – the strategies of boarding an airplane
- de tijdsduur van een boardingproces – the timetable of boarding an airplane
- de impact van COVID-19 op de luchtvaartindustrie – *social distancing*

De wetenschappelijke literatuur zal een inzicht geven op de geschreven materie rond het onderwerp van de masterproef. Op die manier kan er één geheel gemaakt worden van de masterproef en wordt de omschreven problematiek in kaart gebracht. Het uiteindelijke doel hiervan is dus op al de vooropgestelde vragen een verklaarbaar en glashelder antwoord te geven.

2. PROCESSEN IN DE LUCHTVAARTINDUSTRIE

De luchtvaartindustrie heeft de laatste decennia beduidend veel te voortduren met een continue druk op de faciliteiten die de sector verschaft. Deze belasting is te wijten aan het feit dat er een aanhoudende stijging is in de vraag naar vluchten. Op die manier dient de sector op zoek te gaan naar een balancering tussen het efficiënt opereren van handelingen, het uitvoeren van winstgevende acties tot het voorop te stellen van de klanttevredenheid. Vanwege het gegeven dat luchtvaartmaatschappijen louter winst verwezenlijken op het moment dat het toestel zich in de lucht bevindt, wordt het doelwit vooropgesteld een minimalisatie te realiseren in de tijdsperiode van de aanwezigheid op de grond. De duurtijd dat een vliegtuig ter plaatste is op de grond wordt geklasseerd onder de "*turnaround time*", ofwel de doorlooplooptijd genoemd. Een activiteit dat onderdeel uitmaakt van de doorlooptijd is het boardingproces (Ozmec-Ban, Škurla Babić, & Modić, 2018). Studies geven aan en merken op dat de duurtijd die samengaat met het boardingproces praktijkgericht langere innames aanneemt dan dit voorgelegd wordt (Van Landeghem & Beuselinck, 2002). Een prominente reducering in het boardingproces brengt doorgaans met zich mee dat de volledige doorlooptijd in mindering gebracht kan worden. Niet enkel de luchtvaartmaatschappijen hebben baat in deze herleiding, evenwel genieten de luchthavenexploitanten alsook de passagiers van dit voordeel. Enerzijds beneficiëren de beheerders van de luchthavens aangezien er meer ruimte op het terrein gecreëerd wordt, evenals er meer apparatuur ter beschikking is voor grondbewegingen door te voeren. Anderzijds kan de dienstverlening efficiënter en vlot tot stand komen wat voordelig is voor de reizigers (Ozmec-Ban et al., 2018).

Om een antwoord te bieden op de onderzoeksvraag die in deze masterproef gesteld wordt, is het cruciaal om in het eerste hoofdstuk een beeld te scheppen van alle belangrijke handelingen die uitgevoerd dienen te worden naar aanleiding van het boardingproces in voltooiing te brengen. Allereerst wordt het afhandelingsproces (Sectie 2.1.) behandeld, dit heeft betrekking tot de activiteiten die voorafgaand de boarding plaatsvinden. Naast dit proces wordt er onderzocht welke handelingen onderdeel uitmaken van de doorlooplooptijden en welke tijdscomponenten vasthangen aan deze activiteiten (Sectie 2.2.). Ten laatste dient achterhaald te worden hoe het boarden in zijn verloop wordt uitgevoerd alsook welke tijdscomponenten samenhangen aan het boardingproces (Sectie 2.3.). Dit hoofdstuk dient als startpunt naar een oplossing in de problematiek rondom het boardingprobleem en tevens een grondslag te scheppen van alle operaties die volbracht dienen te worden. Naarmate dat deze werking een transparante weergave biedt, kan er opgespoord worden welke van deze handelingen resulteren in enige bottlenecks. Het uiteindelijke doel is deze bottlenecks te vermijden of beter aan te pakken, zodat het gehele boardingproces geoptimaliseerd wordt en naar goeddunken uitgevoerd kan worden. In de volgende hoofdstukken dienen analyses uitgevoerd te worden naar de verschillende patronen van boardingsstrategieën alsook de vertragende factoren in het boardingsproces in beeld te brengen.

2.1. Afhandelingsproces

Vooraleer er dieptegang wordt gegeven omtrent het verloop van het boardingproces en de inhoud van de doorlooptijden, wordt het proces dat betrekking heeft tot het afhandelen van passagiers in kaart gebracht. Het boardingproces maakt deel uit van het afhandelingsproces van passagiers op de luchthaven. Het afhandelingsproces ligt normaliter onder de verantwoordelijkheid van de luchtvaartmaatschappijen zelf, doch wordt er in de meeste gevallen gebruik gemaakt van outsourcing om het proces tot stand te laten komen. De afhandeling wordt uit handen gegeven aan "*handling agents*" die instaan voor het arrangeren van de gehele procedure. Dit omvat de uitvoering van de check-in tot het boarden van het vliegtuig met de exceptie van de veiligheidscontrole die geleverd wordt door leden van de politie of de veiligheidsdienst van de luchthaven (Jaehn & Neumann, 2015).

De eerste stap die wordt uitgevoerd in het kader van het afhandelingsproces na aankomst op de luchthaven is het inchecken voor de vlucht. Dit proces valt geheel weg indien er voorafgaand de aankomst op de luchthaven, de incheck via het onlineplatform van de luchtvaartmaatschappij geregistreerd wordt en er enkel handbagage aanwezig is dat niet voorbestemd het luchtruim in gaat. Gedeeltelijke inkorting van het proces is daarentegen niet mogelijk indien de incheck online plaatsvindt met aanwezigheid van luchtruimbagage waarbij de afgifte noodzakelijk is. Ingeval de incheck niet online wordt uitgevoerd kunnen passagiers opteren om zich in te checken via een selfservice kiosk of via de incheckbalie waar een handling agent de incheckprocedure zal voltooien. Bij dit proces worden allerlei handelingen uitgevoerd zoals het nazicht van de paspoortgegevens, de afgifte van bepaalde bagage die niet rechtstreeks de cabine in mogen alsook de ontvangst van de boardingpas. Vervolgens gaan de passagiers door naar de volgende stap in de afhandelingprocedure en dat is namelijk de veiligheidscontrole. Hierbij worden de passagiers gecontroleerd en is er een screening van de handbagage ter controle van verboden wapens zoals explosieven. De veiligheidscontrole maakt afscheiding van het publieke gedeelte van de luchthaven waar de incheckprocedure wordt uitgevoerd en het gedeelte van de vetrekhallen die toegang verleent tot de vliegtuigen aan de opgestelde gates. Gewoonlijk is het gebied na de veiligheidscontrole enkel toegankelijk aan de hand van de boardingpas. Het laatste onderdeel van het afhandelingsproces is het boarden van de passagiers. Zij worden dertig minuten vooraf de vertrektijd verwacht aanwezig te zijn aan de juiste gate. De uiterste boardingtijd alsook de boarding gate worden duidelijk aangegeven op de boardingpas waarbij toegang wordt verleend tot het toestel (Jaehn & Neumann, 2015).

2.2. Doorlooptijden

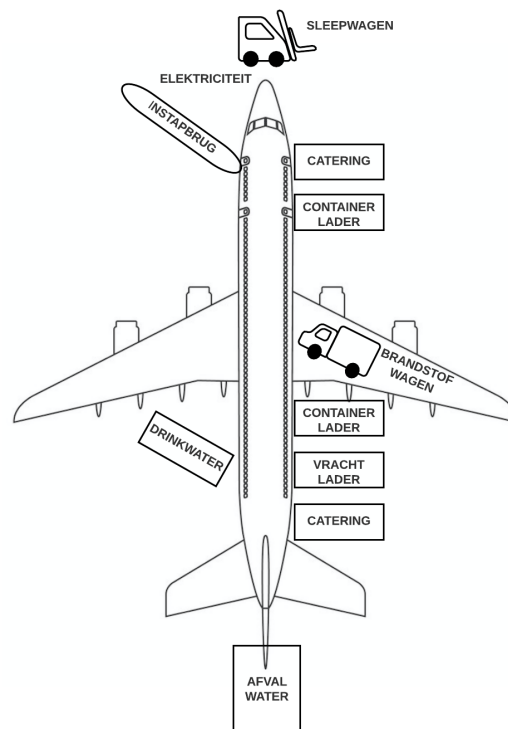
De uitvoering van het boardingproces dient op de meest optimale en efficiënte manier volbracht te worden. Optimalisatie van het proces is mogelijk door in eerste instantie te kijken naar de doorlooptijden die samengaan met het toestel. Aangezien het boardingproces onderdeel uitmaakt van de doorlooptijd wordt er allereerst analyse uitgevoerd naar de activiteiten en tijdscomponenten die samenhangen aan de doorlooptijd. De doorlooptijd wordt gedefinieerd onder de tijdspanne die nodig is om het toestel uit te laden na de aankomst bij de gate en het wederom klaar te krijgen voor vertrek van een nieuwe vlucht (Hutter, Jaehn, & Neumann, 2019). Aangezien een luchtvaartmaatschappij enkel winst verwezenlijkt indien het toestel zich in de lucht bevindt, is het van cruciaal belang dat de doorlooptijden in mindering gebracht worden in het kader van een geoptimaliseerd boardingproces (Ozmec-Ban et al., 2018). Omwille van dit uitgangspunt wordt de doorlooptijd frequent geplaatst onder de minimumtijd dat het toestel aanwezig mag zijn op de grondbasis van de luchthaven (Jaehn & Neumann, 2015). Alle operaties die kwalificatie krijgen onder de doorlooptijd te vallen alsook een impact hebben op de duurtijd van dit gehele proces worden vastgesteld als kritische handelingen. Het boardingproces is een van de vele operaties die valt onder de doorlooptijden van een vliegtuig en druk uitoefent op de tijdspanne hiervan. Omwille van die beweegreden wordt het boardingproces gevestigd onder het kritieke pad van de doorlooptijden vermits het behoorlijk veel druk uitoefent op de andere operaties (Ozmec-Ban et al., 2018).

Het verdere verloop omtrent de doorlooptijden zal uitgewerkt worden in de volgende chronologie. In eerste instantie volgt er een aaneensluiting van alle operaties die geklasseerd worden als een activiteit (Sectie 2.2.1.) die binnen de doorlooptijd zelf vallen. Vervolgens komt er een weergave die doelt een onderscheid te bieden naar de verschillende doorlooptijdmodellen (Sectie 2.2.2.). Ter afsluiting worden de tijdscomponenten die vasthangen aan bepaalde activiteiten in het vizier gebracht (Sectie 2.2.3.).

2.2.1. Activiteiten van de doorlooptijden

De doorlooptijd van een vliegtuig omvat verscheidende operaties dewelke in de regel voltooiing krijgen door middel van het inzetten van meer dan één dienstverlener. De uitvoering van de activiteiten verloopt volgens een consistente chronologie alhoewel bepaalde handelingen gelijktijdig volbracht kunnen worden. Specifieke handelingen zijn daarentegen enkel uitvoerbaar in de mate van een aaneengeschakelde ordening waarin deze obligatoir ten uitvoer dienen gebracht te worden. De doorlooptijd vindt aanvang vanaf het moment dat het toestel geparkeerd staat aan de terminal zelf (positieplaats aan de gate) of op een externe parking totdat de wielkeggen bevestigd worden aan het toestel. Vervolgens wordt de grondstroomvoorziening aangesloten waardoor de motoren van het vliegtuig in stilstand gebracht kunnen worden. Om toegang tot het toestel te verkrijgen wordt er gewoonlijk gebruik gemaakt van een instapbrug. De aaneenkoppeling van de brug gebeurt aan de linkzijdigheid van het toestel. Indien het vliegtuig verder geparkeerd staat van de terminal, wordt toegang verleend tot het toestel via de passagierstrappen gesitueerd aan de linker voor- en/of achterdeur. Vanaf het moment dat de deuren van het toestel geopend worden kan het deboarden van de passagiers van start gaan. Op datzelfde moment wordt de aanwezige

bagage en cargo van het toestel ontladen alsook wordt het drinkwater bijgevuld. De hygiënische normen stellen op dat het vullen van drinkwater voorafgaand dient uitgevoerd te worden en er pas daarna mag overgeschakeld worden naar het onderhoud van het afvalwater. Ingeval de laatste passagier het toestel verlaten heeft kan het vliegtuig worden bijgetankt. Assistentie van de brandweer met aanwezigheid van een brandweerwagen is noodzakelijk indien deze activiteit gelijktijdig verwezenlijkt dient te worden met het boarden/deboarden van de passagiers. Gedurende het tankproces kan de cockpitbemanning beginnen aan de voorbereiding van de volgende vlucht, met daarnaast de inruiling van de trolleys waar de catering mee voorzien wordt alsook de schoonmaak van het vliegtuig. De operaties omtrent de voorbereidingen voorafgaand het vertrek van een nieuwe vlucht komen tot stand in afwezigheid van de passagiers. De handelingen die ten uitvoer dienen gebracht te worden kunnen resulteren in enige moeilijkheden rondom geluid en comfort, om die reden krijgen de passagiers toegang tot het toestel op een later moment. Eens de bagage en cargo gelost is kan er onmiddellijk overgegaan worden naar het inladen van bagage en cargo met betrekking tot de volgende vlucht. Het boardingproces gaat van start nadat het toestel volledig bijgetankt en schoongemaakt is voor de volgende vlucht. Het einde van de doorlooptijd omvat een laatste telling van het aantal passagiers, een afsluiting van de grondstroomvoorziening en een verwijdering van de wielkeggen. Aangezien een vliegtuig niet eigenhandig achterwaarts kan bewegen is een pushback vereist om richting de startbaan te geraken. Figuur 2 geeft het bovenaanzicht weer van een toestel tijdens de doorlooptijd dat geparkeerd staat aan de gate en bestemd is voor een vluchtduur van korte tot middellange termijn. De toegangswegen aan de linkerzijde van het toestel zijn voorbestemd voor de in- en uitstromen van passagiers. Aan deze zijde vindt eerst het deboarden van de passagiers plaats met vervolgens het boardingproces van de nieuwe passagiers voor de aankomende vlucht. Aan de rechterkant van het toestel vinden grotendeels de operaties plaats, waarbij de deuren gebruikt worden voor het in- en uitladen van catering en cargo (Schmidt, 2017).

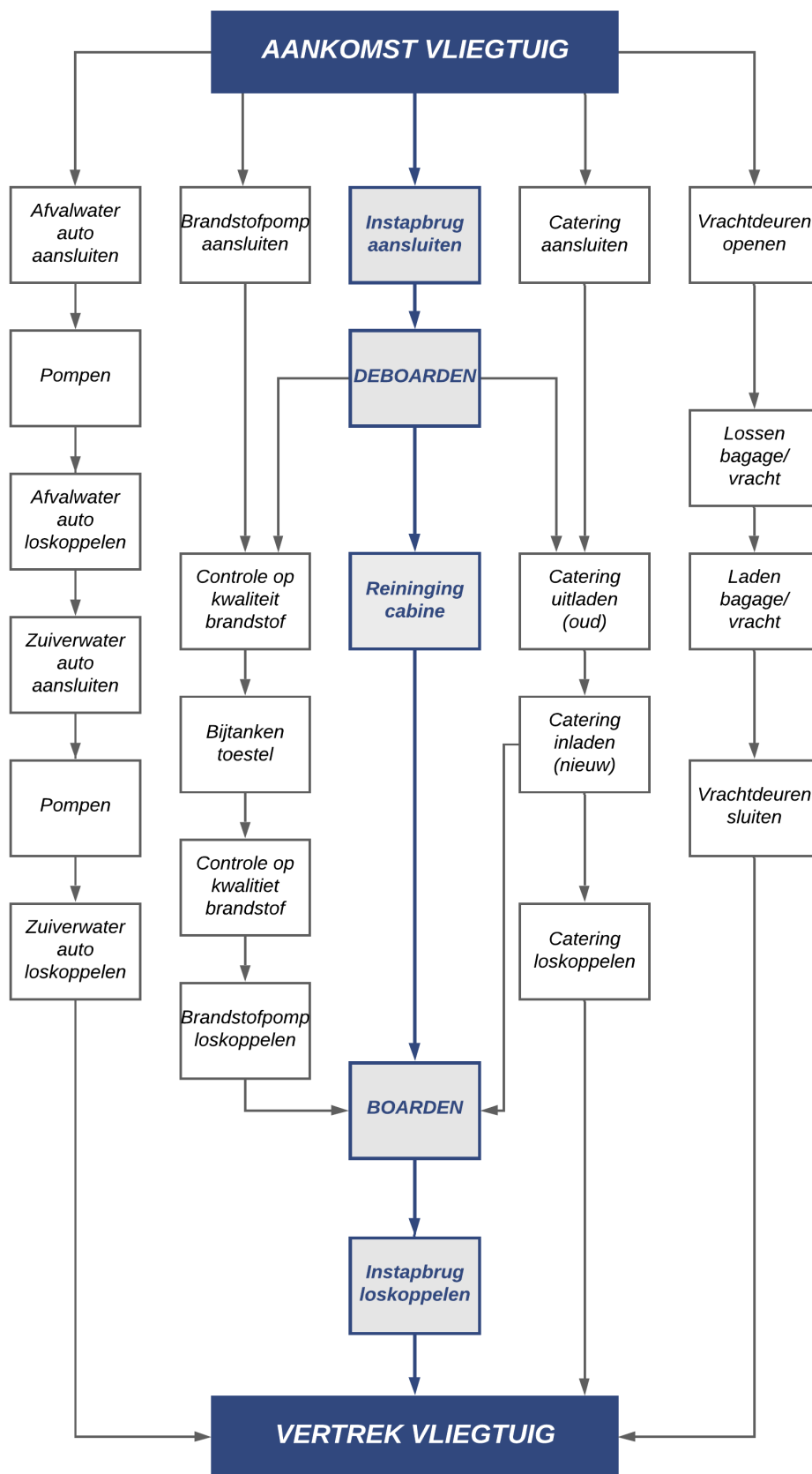


Figuur 2 - Boven-aanzicht vliegtuig tijdens doorlooptijd (Schmidt, 2017)

2.2.2. Volledig – en kort doorlooptijdmodel

De doorlooptijden kunnen in twee verschillende categorieën onderverdeeld worden naargelang de activiteiten waarop deze betrekking hebben: het volledige doorlooptijdmodel en het korte doorlooptijdmodel. Het model met betrekking tot de volledige doorlooptijd verricht operaties die variëren, waarbij de uitvoering van de activiteiten in de regel op gelijkmatige tijdstippen voldaan kan worden. Tevens kunnen bepaalde verrichtingen niet synchroon uitgevoerd worden vanwege veiligheidsvoorschriften of tevredenheid van passagiers. Het boarden van de passagiers kan niet tot stand komen op eenzelfde moment als het schoonmaken van het toestel of het in- en/of uitladen van de catering. Deze handelingen worden gewoonlijk uitgevoerd voor en/of na het boarden van de passagiers zodat zij hier geen hinder van ondervangen. Daarnaast is het enkel mogelijk om het vliegtuig bij te tanken en gelijktijdig het boardingproces uitvoeren onder de assistentie van de brandweer met aanwezigheid van een brandweerwagen, vanwege opgelegde veiligheidsnormen. De volledige doorlooptijd bestaat uit verschillende operaties. Figuur 3 geeft weergave van alle activiteiten die vallen onder de volledige doorlooptijd, beginnend bij de aankomst van het vliegtuig op de luchthaven en eindigend met het vertrek van een nieuwe vlucht. Globaal kunnen de operaties onderverdeeld worden in zes brede takken: het in- en uitstappen van de passagiers, het tanken van het toestel, het schoonmaken van het vliegtuig, het in- en/of uitladen van de catering, het onderhoud van het sanitair en drinkwater en het op- en afladen van de bagage in het luchtruim (Ozmec-Ban et al., 2018).

Het korte doorlooptijdmodel omvat niet alle acties die gesitueerd zijn onder het volledige doorlooptijdmodel. In het algemeen wordt de korte doorlooptijd verlaagd door middel van een vermindering van uit te voeren activiteiten en slechts handelingen te stellen met betrekking tot het vervangen van de passagiers en bepaalde compartimenten van het toestel. Het is mogelijk dat het bijtanken van het toestel onderdeel uitmaakt van de korte doorlooptijd alhoewel dit verschillend is geval per geval (Kierzkowski & Kisiel, 2017). De schoonmaak van het toestel alsook het in-en/of uitladen van de catering wordt niet geplaatst onder de korte doorlooptijd (Ozmec-Ban et al., 2018). Ruim omvat zijn de activiteiten die deel uitmaken van het korte doorlooptijdproces wisselend ter wille van de situatie waarin de feiten zich voordoen. Naast de verschillen op vlak van de handelingen die vallen onder het volledig en kort doorlooptijdmodel, is de locatie waarin het proces wordt uitgevoerd evenals differentiërend. De volledige doorlooptijd vindt plaats in de basisluchthavens van de toestellen en worden uitgevoerd in "*turnaround stations*". In de zogenaamde "*en route stations*" wordt het proces met betrekking tot de korte doorlooptijd voltooid (Kierzkowski & Kisiel, 2017). Logischerwijs resulteert de gebruikmaking van het korte doorlooptijdmodel erin dat het boardingproces op een eerder moment kan aanvangen dan ingeval het volledig doorlooptijdmodel gebruikt wordt. Deze opvatting is te wijten aan de activiteiten in het korte doorlooptijdmodel beperkt worden ten opzichte van het volledige doorlooptijdmodel (Ozmec-Ban et al., 2018). De duurtijd die samengaat met het volledig en kort doorlooptijdmodel worden besproken in de volgende Sectie 2.2.3. betreffende de tijdscomponenten van de doorlooptijd.



Figuur 3 - Volledig doorlooptijdmodel (Jaehn & Neumann, 2015)

2.2.3. Tijdscomponenten van de doorlooptijd

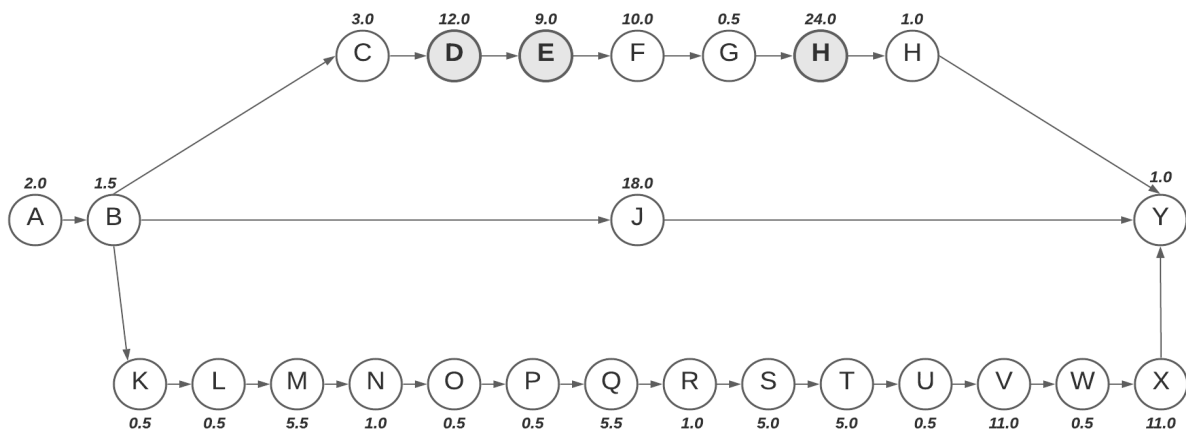
Het tijdsverloop waarin de doorlooptijd uitgevoerd wordt is afhankelijk van een serie componenten. De duur van dit proces is enerzijds afhankelijk van het type vliegtuig, de soort vlucht dat uitgevoerd dient te worden en de hoeveelheid passagiers er aan boord kunnen. Daarnaast is de tijdsperiode van de doorlooptijd beïnvloedbaar in de aanwezigheid van cargo en de hoeveelheid dat in- en/of uitladingen noodzakelijk zijn. Bepaalde activiteiten die onderdeel uitmaken van de doorlooptijd moeten via een strikte volgorde tot stand komen omwille van de beperking op vlak van ruimte zowel in het toestel als op het luchthaventerrein. Het kritieke pad van de doorlooptijd wordt gevormd door deze handelingen aangezien de minimumvereiste doorlooptijd onderworpen is aan de activiteiten die deel uitmaken van het pad. Alomvattend bestaat het kritieke pad uit de verhouding van operaties die instaan voor de bewegingen rondom de passagiers en cabineflow. In bijzonderheid kan het bijtanken van het vliegtuig alsook deel uitmaken van het kritieke pad, maar in de regel is dit niet het geval. Het laden, lossen en toestelonderhoud zijn activiteiten die normaliter geen druk uitoefenen op de doorlooptijd en operaties van het kritieke pad (Schmidt, 2017). Een vermindering van tijdsduur in de processen van het kritieke pad brengt relevante gevolgen met zich mee aangezien er op die manier de gehele doorlooptijd gereduceerd kan worden alsook gunstig is voor elke partij die aanwezigheid heeft in het proces. De handelingen die dienen verricht te worden tijdens de doorlooptijd zijn sterk aan elkaar verbonden. Om een daling in de doorlooptijd te verwezenlijken is het van belang te onderzoeken hoe nauw de activiteiten aan elkaar samenhangen. Uit onderzoek blijkt dat het boardingproces de grootste component is van de doorlooptijden dat ervoor zorgt dat er vertragingen voortkomen en het proces niet optimaal naar uitvoering kan plaatsvinden (Jaehn & Neumann, 2015). Het boarden van passagiers is slechts één onderdeel van de gehele doorlooptijd, maar kan snel en gemakkelijk aangepast worden ten opzichte van de andere operaties (Ozmec-Ban et al., 2018).



Figuur 4 - Tijdscomponenten van het kritieke pad per activiteit (Van Landeghem & Beuselinck, 2002)

De doorlooptijden brengen in praktische context verschillende variaties met zich te weeg. Dit is te wijten aan allerlei aspecten die wel of niet in rekening worden gebracht bij het analyseren van deze duurtijd. De doorlooptijd voor een vliegtuig met één gangpad en stoelruimte geschikt voor 100 tot 200 passagiers varieert tussen de 35 minuten en kan een maximum van 51 minuten bedragen. Toestellen met een grotere capaciteit, waarbij er twee gangpaden aanwezig zijn, hebben een doorlooptijd van 61 minuten. Daarnaast is de doorlooptijd voor regionale vluchten vrij kort en neemt deze een duurtijd in van circa 17 minuten (Schmidt, 2017). Op vlak van het volledig- en

kort doorlooptijdmodel wordt ervoor een Boeing 737, bestaande uit één gangpad, een duurtijd van 45 minuten vastgesteld voor de volledige doorlooptijd en slechts 23 minuten voor de korte doorlooptijd (Kierzkowski & Kisiel, 2017). Universeel kan vooropgesteld worden dat het proces met betrekking tot de doorlooptijden ruwweg 30 tot 60 minuten in beslag zal nemen. De drie tijdskritieke processen die onderdeel uitmaken van de doorlooptijd is het deboarden van de huidige passagiers, de schoonmaak van de cabine alsook het boarden van de nieuwe passagiers. Figuur 4 toont de tijdscomponenten aan van de activiteiten die gesitueerd zijn op het kritieke pad van de doorlooptijd. Er wordt een tijdspanne voorzien, voor het verlaten van de huidige passagiers aan boord, die gesitueerd is tussen de 10 en 15 minuten van de doorlooptijd. De schoonmaak van het toestel neemt eveneens 10 tot 15 minuten tijd in beslag van de gegeven doorlooptijd. Naast het verlaten en schoonmaken van het toestel wordt er theoretisch een tijdsslot van 10 minuten geplakt om het boardingproces te voltooien. In de uitvoering hiervan blijkt dat er vrijwel continue sprake is dat het tijdsslot van 10 minuten overschreden wordt met zelfs een verdubbeling van deze tijd tot 30 minuten in totaliteit (Van Landeghem & Beuselinck, 2002). Aangezien deze figuur enkel een weergave biedt van alle kritieke activiteiten die ter voltooiing dienen gebracht te worden tijdens de doorlooptijd, tracht Figuur 5 een weergave te bieden van alle operaties die vallen onder het proces van de doorlooptijden en de aanhangende tijdscomponenten. De tijdselementen die hier weergegeven worden zijn specifieke minuten aangezien de meting zich niet baseert op gemiddelden, maar werkelijke gegevens afkomstig van één situatie. Tabel 1 is een ondersteunde tabel die meer uitleg biedt over Figuur 5, waarbij er gedetailleerde vermelding is van elke activiteit die samenhangt met welke operatie en de gemiddelde duurtijd die hierbij samengaat.



Figuur 5 - Operaties betreffende doorlooptijden (in minuten) (More & Sharma, 2014)

OPERATIE	BESCHRIJVING	GEMIDDELDE DUURTIJD (MIN)
A	Aankomst toestel	2.0
B	Parkeren toestel	1.5
<i>Cabin operation</i>		
C	Plaatsen vliegtuigbrug (aviobrug) of vliegtuigtrappen en openen linker voordeur	3.0
D	Deboarden van passagiers (inbound)	12.0
E	Schoonmaakwerkzaamheden en veiligheidscontrole	9.0
F	Uitrustingscontrole voor het opstijgen door de boordwerktuigkundige	10.0
G	Kennisgeving en aankondiging van het boardingproces	0.5
H	Boarden van passagiers (outbound)	24.0
I	Sluiten linker voordeur en intrekken van de vliegtuigbrug/ trap	1.0
J	Tanken	18.0
<i>Ramp operation</i>		
1. INBOUND - achterbak		
K	Verplaatsen van bagagetransportwagen en bandlader naar de achterbak	0.5
L	Opstellen van bandlader op de achterbak	0.5
M	Uitladen en stapelen van alle inkomende bagage van bandlader naar bagagewagen	5.5
N	Transport van bagagewagen naar de transportband op de luchthaven	1.0
2. INBOUND - voorbak		
O	Verplaatsen van bagagetransportwagen en bandlader naar voorbak	0.5
P	Opstellen van bandlader op de voorbak	0.5
Q	Uitladen en stapelen van alle inkomende bagage van bandlader naar bagagewagen	5.5
R	Transport van bagagewagen naar de transportband op de luchthaven	1.0
3. Bagage sorteren		
S	Identificatie van de bestemming van de bagage	5.0
T	Stapelen van uitgaande bagage op de bijhorende bagagewagen	5.0
4. OUTBOUND - achterbak		
U	Verplaatsen van bagagetransportwagen en bandlader naar achterbak	0.5
V	Lossen van bagage uit het bagagekarretje en inladen via bandlader in de achterbak	11.0
5. OUTBOUND - voorbak		
W	Verplaatsen van bagagetransportwagen en de bandlader naar de voorbak	0.5
X	Lossen van de bagage uit de bagagekarretje en inladen via bandlader in de voorbak	11.0
Y	Pushback	1.0

Tabel 1 - Detaillijst activiteiten van de doorlooptijd (More & Sharma, 2014)

2.3. Boardingproces

Sinds eind de jaren 70 heeft de luchtvaartindustrie te kampen met de problematiek rondom het boardingproces van passagiers in vliegtuigen. Het instappen van passagiers in vliegtuigen wordt geplaatst onder de term boardingproces, hieronder wordt er de procedure verstaan die passagiers dienen af te leggen om het vliegtuig te kunnen/mogen betreden (Jaehn & Neumann, 2015). De afgelopen decennia is er sprake van een achteruitgang in de instapsnelheden per passagiers. Eerder kon het boardingproces 20 passagiers per minuut afhandelen terwijl dit hedendaags sterk gedaald is tot slechts 9 passagiers per minuut. De vermindering in het afhandelen van het aantal passagiers per minuut is vanwege de toename van de handbagage, afwijking van strategieën van luchtvaartmaatschappijen en verandering van passagiers op vlak van samenstelling en gedrag. Vliegtuigconfiguratie, cabine indeling, instapschema's, luchthavenomgeving en antropometrische kenmerken van passagiers zijn daarenboven factoren die alsook invloed hebben op het boardingproces. Voormelde handelingen zijn factoren die beïnvloedbaar zijn wegens de luchtvaartsector zelf. Doch is er één component die middens de stakeholders van de luchtvaartindustrie niet zelf bepaalbaar is, namelijk de passagiers zelf. De verhouding van passagiers, zowel mannen als vrouwen, is een factor die verandering kan aantonen in bijvoorbeeld hun antropometrie op vlak van het gemiddelde gewicht en lichaamsgrootte (Schmidt, 2017). Het probleem dat samenhangt met het boarden van passagiers bestaat uit tal van activiteiten en beslissingen die zich voortdoen vanaf het lokaliseren aan de gate tot het fysiek begeven aan de stoel in het toestel. Deze handelingen zullen zowel invloed hebben op de luchthavenoperatoren, de luchtvaartmaatschappijen alsook op de ervaring van de passagiers. De activiteiten en beslissingen die hiertoe betrekken zijn: de boardingstrategie, de aankondigingen van de gate agent, het opstellen aan de gate, de ticketcontrole, de afhandeling van de handbagage, de wandeling naar het vliegtuigtoestel, het zoeken naar de toegewezen stoel, het opslaan van de handbagage in de voorziene ruimtes en het plaatsnemen op de juiste stoel (Jaehn & Neumann, 2015).

Vervolgens dient deze sectie beeld te scheppen over het verloop van het boardingproces en welke activiteiten hieronder vallen. Tevens wordt er analyse gemaakt naar de tijdscomponenten die vasthangen aan de bewegingen die uitgevoerd dienen te worden tijdens het boardingproces van passagiers.

2.3.1. *Uitvoering van het boardingproces*

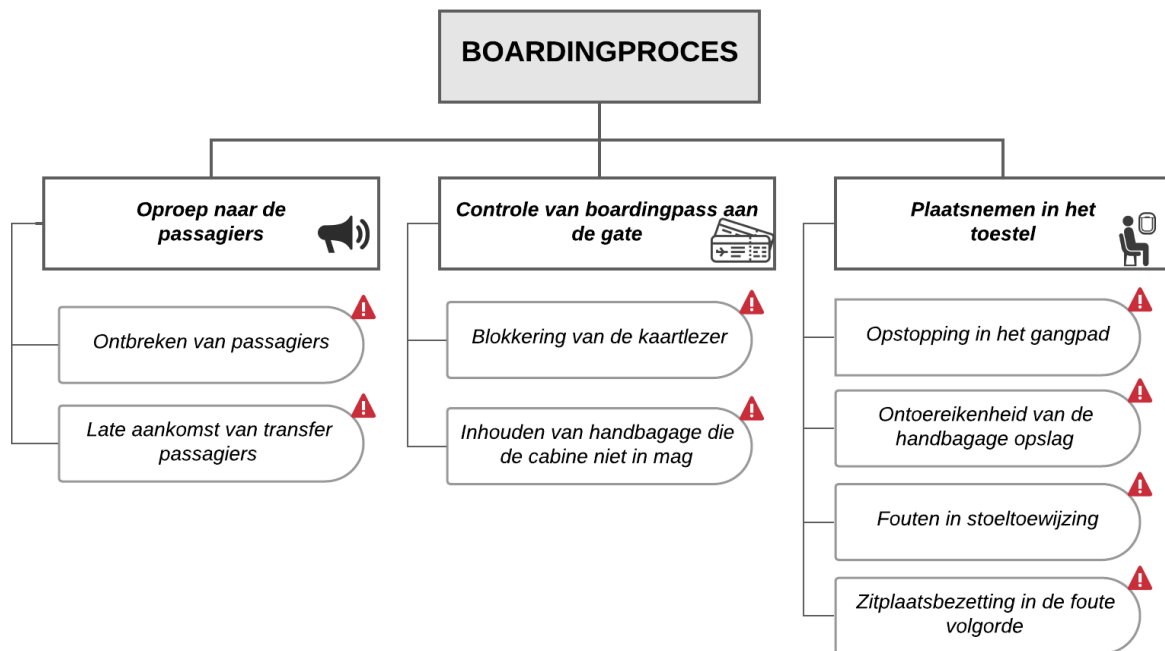
De weergave van het boardingproces wordt ondersteund op basis van vluchten die korte tot middellange afstanden afleggen, waarbij het vliegtuig één gangpad heeft met een capaciteit van 120 zitplaatsen en in totaliteit 20 rijen omvat. Elke rij heeft 6 zitplaatsen die door twee wordt gescheiden aan de hand van het gangpad waarbij de stoelen een nummering krijgen volgens een combinatie van nummers en letters. De nummers op de instapkaart verwijzen naar de specifieke rij van het toestel, beginnend aan de voorzijde van het toestel met 1. De nummers 13 en 17 worden in de luchtvaartindustrie opgevat als ongeluksgetallen en zijn mogelijk onbestaand in bepaalde vliegtuigtoestellen. Daarnaast toont die instapkaart een letter bestaande uit A tot en met F, waarbij de letter A zich aan de bakboordzijde van het toestel bevindt en letter F betrekking heeft tot de raamstoel aan de stuurboordzijde (Jaehn & Neumann, 2015). Doorgaans vangt het boardingproces aan met de passagiers die een beperking hebben op vlak van hun mobiliteit en gezinnen met kleine kinderen. Daaropvolgend krijgen passagiers van premiumklassen of frequent flyer-status toegang tot het toestel en wordt het proces afgesloten met de resterende passagiers (Schmidt, 2017). In Figuur 4 is te zien dat het boardingproces 10-30 minuten tijd omvat van de doorlooptijd. Hierbij is er duidelijk op te merken dat het boarden van een vliegtuig de grootste tijdspanne van de doorlooptijd in beslag neemt. Aangezien het boarden van passagiers een procedure is die bestaat uit veelomvattende acties die alsook tijdrovend zijn, wordt er een onderverdeling gemaakt naar de uitvoering hiervan in drie stappen (Van Landeghem & Beuselinck, 2002).

De eerste stap in het boardingproces alsook de aanvang hiervan is het moment dat er telefonisch contact wordt gemaakt met de persoon die instaat voor alle grondhandelingen. Hij/zij informeert de gate agenten dat de vliegtuigbemanning klaar is om het boarden van start te laten gaan. Het telefonisch contact tussen de partijen is is geen standaardprocedure en kan wegvallen bij sommige luchtvaartmaatschappijen. In dat geval vangt de boarding aan door het aangegeven uur dat terug te vinden is op het boardingticket. Dit tijdstip is enkel accuraat indien er geen sprake is van enige vertraging, in die omstandigheid zal de boarding pas op een later tijdstip beginnen. Vliegtuigen met één gangpad hebben gewoonlijk een oproep van boarding 30 minuten voor vertrektijd. Hierna wordt er door de gate agenten de start van het boardingproces aangekondigd aan de passagiers door middel van de luidsprekers op de luchthaven. Dit wordt vaak ook weergegeven op het scherm dat aan de gate hangt (Jaehn & Neumann, 2015). Kenmerkend gaan passagiers een rij vormen aan de gate met mogelijkwijs de aanwezigheid van geduw en verwarring over de positie en richting van de rij. Normaliter roept de gate agent bepaalde rijen op om aan te schuiven in de rij. De vertragende factoren die zich hier voortdoen zijn laattijdige passagiers die omgeroepen moeten worden via de intercom of een late aankomst van transferpartners. De stijging in het aantal hub-and-spoke vluchten leidt ertoe dat het aantal vertragingen toeneemt bij dit soort vluchten (Van Landeghem & Beuselinck, 2002).

Vervolgens wordt er overgang gemaakt naar de tweede fase van het boardinproces, namelijk de controle van de nodige documentatie. Om toegang te verlenen tot het toestel vraagt de gate agent de instapkaart te tonen, hierbij is er ook de mogelijkheid in sommige gevallen dat de paspoortgegevens voorgelegd dienen te worden. De gate agent scant het ticket waardoor elke passagier die het vliegtuig betreedt geregistreerd wordt aan de hand van een ticketlezer. Op dit moment wordt er alsook een snelle blik geworpen naar de aanwezige handbagage van de passagiers ter controle of deze voldoet aan de maximumafmetingen opgelegd door de luchtvaartmaatschappij (Jaehn & Neumann, 2015). In fase twee kunnen er zich ook storingen voordoen waardoor het boardingproces vertraagd wordt, meest voorkomend is dit het vastlopen van de ticketscanner. Daarnaast kan het weigeren van handbagage resulteren in enige vertraging aangezien er hier regelmatig discussie ontstaat tussen de gate agent en de passagier. Naargelang er verstrengingen worden doorgevoerd door de luchtvaartmaatschappij met betrekking tot de handbagage zal dit beslissingspunt leiden tot vertragingen in het boardingproces (Van Landeghem & Beuselinck, 2002).

Nadat de passage langs de gate agent voltooid is komt de laatste stap van het boardingproces in uitvoering, het betreden van het vliegtuigtoestel. Praktijkgericht wordt er gebruik gemaakt van twee verschillende manieren in de luchtvaartindustrie waarop toegang wordt verleend tot het toestel. Het medium dat geselecteerd wordt is gebonden aan de luchtvaartmaatschappijen en het aanbod van de luchthavenoperatoren. Enerzijds is er de mogelijkheid om gebruik te maken van een passagiersbrug waarop de passagiers het vliegtuig betreden. De passagiersbrug zorgt voor een rechtstreekse verbinding tussen de gate en de deur van het vliegtuig en stelt als vereiste op dat het toestel geparkeerd dient te zijn aan de gate zelf. Daarnaast bestaat er de mogelijkheid dat het toestel staanplaats heeft op het platform van de luchthaven. Toelating gebeurt in die aangelegenheid via bussen die de passagiers vervoeren naar het toestel hetzij zichzelf voortbewegen via het platform richting het vliegtuig. Na de aankomst bij het toestel kunnen de passagiers het toestel betreden via de opgestelde vliegtuigtrappen. Bij het instappen van het vliegtuig kan het cabinepersoneel vertoning verzoeken van de instapkaart ter revisie van de passagier nummers. Eenmaal in het toestel gaan de passagiers op zoek naar hun toegewezen zitplaats die vermeld staat op de instapkaart. De bewegingsruimte die de passagiers hebben is aanzienlijk beperkt omwille van de smalle doorgang via één gangpad. Eens de passagier zich begeven heeft tot de aangeduide zitplaats wordt de aanwezige handbagage opgeborgen in de bagagevakken boven het hoofd of onder de zitplaats en neemt de passagier plaats op zijn/haar stoel. Mits er in de tussentijd hiervan nog passagiers ontbreken aan de gate voeren de agenten een herhaaldelijke aankondiging door inzake het boardingproces. Blijkt er na een tijdsinterval afwezigheid te zijn van bepaalde passagiers worden deze specifiek opgeroepen zich te begeven naar de gate via de intercom van de luchthaven. Nadat iedereen aan boord is belt de gate agent de persoon die de grondafhandeling uitvoert en het cabinepersoneel om melding te maken van het feit dat het boardingproces voltooid is. Vanaf dit moment en van zodra er geen passagiers ter plaatse zijn in de instapbrug wordt de vliegtuigdeur vergrendeld door het cabinepersoneel. De vluchtstatus op de informatieborden van het vliegveld worden gewijzigd van "laatste oproep" naar "vertrokken" en vanaf dan wordt er geen toegang meer verleend om aan boord te gaan (Jaehn & Neumann, 2015).

In de laatste fase van het boardingproces zijn er allerlei aspecten die resulteren in opstopping van de bewegingsflow van het boardingproces. Figuur 6 is een uitbreiding van Figuur 4 die meer input geeft over welke factoren vertragend zijn in de uitvoering van het boardingproces.



Figuur 6 - Stappen van het boardingproces en de bijhorende verstoringen (Van Landeghem & Beuselinck, 2002)

Zoals in de figuur te zien is ontstaat de meeste vertraging tijdens het boardingproces op het moment dat de passagiers zich fysiek bevinden in het toestel. Al de vertragende factoren die te boven komen in de uitvoering van het boarden van passagiers worden in een later hoofdstuk duidelijk en concreet geanalyseerd en besproken.

In principe bestaat het boardingproces uit een eenvoudige reeks van handelingen die dienen uitgevoerd te worden in een opgestelde tijdspanne. In eerste instantie dient de passagier zich tot de vliegtuigdeur te begeven. Daarna dient hij/zij zich voorwaarts te verplaatsen in het gangpad naar de toegewezen zitrij. Als laatst wordt de handbagage weggeborgen, neemt de passagier plaats op zijn/haar stoel en wordt de veiligheidsgordel vastgemaakt. Het boardingproces lijkt op het eerste zicht een vrij eenvoudige procedure, doch kan dit verloop snel gecompliceerd worden naarmate er sprake is van bijkomstige variabelen. De mogelijkheid bestaat erin te opteren om het boardingproces tot stand te brengen door middel van gebruik te maken van meerdere ingangspunten, zowel de voor- als achterdeur van het toestel. De capaciteit van het toestel alsook beperkingen die worden opgelegd inzake handbagage kunnen resulteren in gecompliceerde situaties voor de volbrenging van het boardingproces (Schmidt, 2017).

2.3.2. Tijdscomponenten van het boardingproces

De boardingtijd van een vliegtuig bestaat uit een tijdsruimte die van start gaat vanaf het moment dat de eerste passagier het vliegtuig betreedt en die beëindigd wordt op het moment dat de laatste passagier plaatsvindt op zijn/haar aangewezen stoel. Aan de hand van observaties die werden uitgevoerd om de tijdscomponenten bloot te leggen van het boardingproces wordt er verwezen naar Tabel 2. De tabel geeft een weergave van de basistijden van de elementaire bewegingen die uitgevoerd worden door de passagiers naar en in het vliegtuig tijdens het boardingproces. Aangezien er voorkomendheid is van fluctuaties in deze tijdstippen wordt er telkens weergave gedaan van het minimum en maximum alsook de modus. In dit model wordt er berust dat er elke 6 seconden een passagier passeert aan de deur van het vliegtuig. Dit gegeven wijst erop dat 10 passagiers per minuut aan boord gaan van het toestel (Van Landeghem & Beuselinck, 2002).

	PROCESTIJDEN (SEC)		
	<i>Min</i>	<i>Modus</i>	<i>Max</i>
Het passeren van één rij	1.8	2.4	3.0
Installeren in de stoel	6.0	9.0	30.0
Verlaten van de stoel naar het gangpad	3.0	3.6	4.2
Tijd om weer te gaan zitten	6.0	6.0	6.0
Tijd voor wegberging bagage (Lege bagagebak)	4.5	6.0	7.5
Extra tijd wegberging bagage (Dichtbij zijnde bagagebak)	3.0	3.0	3.0
Extra tijd wegberging bagage (Verafgelegen bagagebak)	6.0	6.0	6.0
Bagage onder de stoel	9.0	9.0	9.0

Tabel 2 - Tijdsaspecten van de bewegingen in het toestel (Wittmann, 2019)

Het boardingproces vangt aan bij de controle van de instapkaart met een tijdscomponent van één passagier per seconde die de controle aan de gate verlaat. De schattingen op vlak van bagage worden gebaseerd op de werkelijke bezettingsgraad van de bagagebakken die ter beschikking zijn in het toestel. In dit model wordt er toegelaten dat elke passagier 0, 1, 2 of 3 stuks bagage kan bezitten in de bagagebakken. De bagageverdeling (0/50/50/0) wijst op een onderverdeling die bestaat uit 50% van de passagiers die in bezit zijn van 1 stuk bagage en nog eens 50% van de passagiers die 2 stukken bagage bij zich heeft. De bagage die wordt aanschouwd situering onder de stoel te verkrijgen wordt in deze verdeling buiten beschouwing geplaatst. Het plaatsen van bagage neemt ook een bepaalde tijd in beslag, afhankelijk van waar de bagage geplaatst wordt ten opzichte van de stoel zijn deze tijdscomponenten verschillend. 6 seconden per stuk is de gemiddelde duurtijd die nodig is om handbagage op te bergen in de voorbestemmende bak boven de zitplaats. Ingeval de bovenstaande bagagebak niet vrij is moet de bagage opgebergd worden in een dichtstbijzijnde – en/of vrijstaande bak en zorgt dit voor extra tijd bovenop het gemiddelde (Wittmann, 2019).

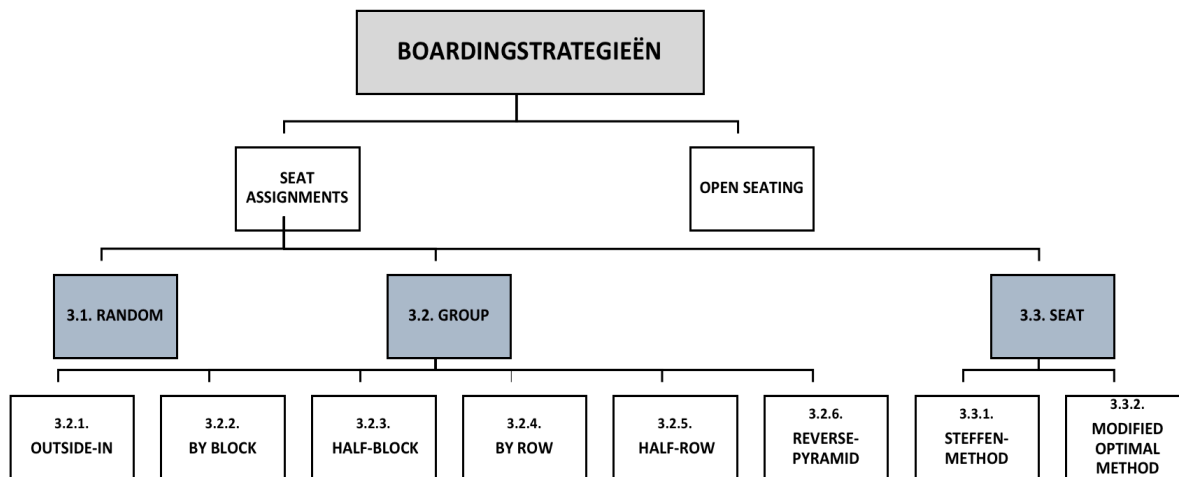
3. BOARDINGSTRATEGIEËN

Het boardingproces kan aan de hand van verschillende strategieën uitgevoerd worden. Dit hoofdstuk geeft een weergave van de verschillende mogelijkheden die zowel in de praktijk van toepassing zijn als in wetenschappelijke literatuur te verkrijgen zijn.

Vooraleer elke boardingstrategie in detail bestudeerd wordt, is het van belang het toepassingsgebied allereerst in kaart te brengen. Het boardingprobleem kan onder verschillende aannames bestudeerd worden, bijgevolg handelt dit hoofdstuk in de zin van een basissituatie. De verschillende strategieën worden weergegeven door te kijken naar een Boeing 737 of vliegtuigen die onder het type Airbus 320 geplaatst kunnen worden. Deze vliegtuigen worden over het algemeen ingezet om middellange-afstandsvluchten uit te voeren. Onder deze vliegtuigen wordt er een toestel verstaan dat een smalle romp heeft met één gangpad en in totaal zes stoelen per rij. Gemiddeld gezien hebben dit soort types vliegtuigen algeheel 20 rijen en 120 zitplaatsen in Economy Class. Bij de bestudering van de verscheidende technieken wordt er enkel gekeken naar Economy Class. De passagiers die in business- en eersteklas stoelen zitten worden buiten beschouwing geplaatst. Bovendien zijn de passagiers die een speciale behoefte dragen evenzeer buiten de context geplaatst. Hieronder worden passagiers verstaan die enige tijd langer nodig hebben om te boarden, zoals een persoon die in een rolstoel zit of een familie met een baby. Het boardingproces voor deze gevallen wordt nauwelijks aangepast en dit omwille van twee factoren. Aan de ene kant is het mogelijk dat deze passagiers zorgen voor opstoppingen tijdens het boardingproces aangezien er meer tijd nodig is om zich tot de juiste stoel te begeven. Langs de andere kant is het reëel dat de passagiers in kwestie voor bepaalde privileges betaald hebben, waardoor zij niet accepteren te boarden met de andere reizigers. Desbetreffende passagiers boarden gewoonlijk eerst en hebben daarom geen invloed op de keuze van de boardingstrategie. Er wordt verder verondersteld dat de volledige capaciteit van het vliegtuig in gebruik is en er geen sprake is van lege stoelen. Het boarden van een vliegtuig situeert zich onder een bottleneck-procedure, het is niet noodzakelijk indien er geen volle bezettingsgraad is van het toestel, dat dit alsook resulteert in een vertraging van het proces (Jaehn & Neumann, 2015).

Het boardingproces bij het boarden van een vliegtuig gaat samen met een aaneenschakeling van regels omtrent de passagiersbeweging. Allereerst moeten de passagiers het vliegtuig betreden via de toegewezen deur. Ten tweede moet er voorwaarts bewogen worden in het gangpad tot men zich begeven heeft tot de toegewezen stoel. Tenslotte moet de passagier enige handbagage opbergen in de compartimenten en plaats nemen in de aangewezen stoel (Ozmec-Ban et al., 2018).

Met deze veronderstellingen in het achterhoofd kan elke strategie besproken worden met als basisgedachte een standaardvliegtuig te zijn waarbij er enkel sprake is van Economy Class. Om een duidelijk beeld te creëren van de bestaande strategieën, wordt er verwezen naar Figuur 7.



Figuur 7 - Onderverdeling van de verschillende boardingstrategieën (Jaehn & Neumann, 2015)

Binnen de luchtvaartindustrie kan geopteerd worden om het boardingproces te laten verlopen aan de hand van toegewezen stoelen of het "open seating" concept. In dit hoofdstuk wordt het "open seating" principe niet gehanteerd. Dit wijst erop dat passagiers geen specifieke stoel toegewezen krijgen. Het tegenovergestelde hiervan is dat de passagiers wel een specifieke stoel wordt toegewezen. Er wordt dan gesproken over een boardingstrategie waarbij een zitplaats toewijzing van te pas komt. In de praktijk bestaan er verschillende boardingstrategieën, doch indien er sprake is van zitplaats toewijzing, krijgen de volgende drie technieken merendeels uitwerking om het boardingproces te voltooien. Het boarden van het vliegtuig kan namelijk uitgevoerd worden aan de hand van het willekeurige proces, het boarden per groep of het boarden per zitplaats. Zoals op Figuur 7 te zien is, wordt het boarden per groep nogmaals onderverdeeld in diverse subcategorieën. Het boardingproces kan binnenin de groepsstrategie uitgevoerd worden via het "Outside-In principe", de "Reverse Pyramid", boarding op basis van rijstrategieën of boarding op vlak van blokstrategieën. Daarnaast kan er geopteerd worden om het boardingproces uit te voeren op basis van de zitplaatsen. Indien het boardingproces op die manier verloopt wordt de "Steffen methode" of de "Gewijzigde Optimale methode" toegepast (Jaehn & Neumann, 2015).

Vermits al deze strategieën een verschillend verloop kennen, heeft dit als gevolg dat elke boardingstrategie drager is van verscheidende aspecten. De aspecten kunnen enerzijds voordelig zijn voor het boardingproces, maar anderzijds bestaat er de mogelijkheid dat deze een negatief effect hebben op het verloop. Bijgevolg resulteert de uitwerking van elke strategie voor- en/of nadelen met zich mee te dragen. De thesis voert onderzoek uit naar het efficiënt boarden van een vliegtuig, waardoor het cruciaal is de voor- en nadelen te achterhalen. In de volgende secties zullen alle mogelijke methodes die in de luchtvaartindustrie bij het boarden toegepast worden, duidelijk gekaderd worden met de aanhangende kenmerken alsook een visuele voorstelling ter verduidelijking. Indien er sprake is van doorslaggevende aspecten in een gegeven methode, worden deze eveneens behandeld met het oog op die manier adequaat antwoord te bieden op de onderzoeksvraag.

3.1. Willekeurige boardingstrategie

Het eerste principe wijst op het willekeurig boarden van het vliegtuig en is doorgaans de meest algemeen toegepaste methode. Hierbij betreden passagiers op een willekeurige manier het vliegtuig zonder enige volgorde aan te houden. Vanaf het moment dat het boarden van start gaat, mogen de passagiers het vliegtuig betreden zonder dat hier extra aankondigingen of aanwijzingen mee in hand gaan (Van Landeghem, & Beuselinck, 2002). De passagiers krijgen geen voorwaarden opgelegd en het vliegtuig wordt slechts ingedeeld in één zone. Deze methode werkt aan de hand van "first-come, first served", diegene die als eerst arriveren aan de gate zullen als eerst het vliegtuig mogen boarden (Ozmec-Ban et al., 2018). De willekeurige boardingstrategie is te onderscheiden van "open seating" principe aangezien er hier toepassing is van stoelaanwijzing (Jaehn & Neumann, 2015).

COCKPIT VLIETUIG	F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figuur 8 - Willekeurige boardingstrategie

3.2. Groepsgewijsde boardingstrategie

De tweede methode waarbij het boardingproces voltooid kan worden is aan de hand van groepsgewijs boarden. In dit proces worden de passagiers onderverdeeld in verschillende groepen. Het proces van groepsgewijs boarden varieert zich doorgaans rond de twee tot zes instapgroepen. De grootte van deze groepen kan verschillend zijn, maar algemeen is gekend dat deze corresponderend zijn en zich in gelijke mate verdelen. Door middel van deze methode is er de mogelijkheid om meerdere passagiers gelijktijdig het vliegtuig te laten betreden. De groepen worden aangekondigd het vliegtuig te boarden door de agenten aan de gate op basis van rijen, letters, groepsnummers of kleuren. Vanaf het moment dat de eerste groep zijn intrede doet in het vliegtuig, wordt de volgende groep afgeroepen om te boarden en dit tot alle groepen het vliegtuig betreden hebben. Er is geen specifieke volgorde binnen elke groep. Die afhandeling wijst erop dat het vliegtuig willekeurig geboard zal worden binnen elke groep. De mogelijkheid bestaat dus dat passagiers die afwijkende zitplaatsen hebben van elkaar, weldegelijk in één groep geplaatst kunnen worden (Jaehn & Neumann, 2015).

Het groepsgewijs boarden van het vliegtuig kan onderling opgedeeld worden aan allerhande strategieën. In eerste instantie bestaat er het principe van "Outside-In" en "Reverse Pyramid". Naast deze twee strategieën wordt er ook een onderscheid gemaakt tussen de blok strategieën, rij strategieën, half-blok strategieën en half-rij strategieën (Jaehn & Neumann, 2015). Elke methode kent een andere werkwijze, bijgevolg wordt elke strategie vervolgens weergegeven aan de hand van een visuele schets en op welke manier deze strategieën volbracht worden in de volgende secties.

3.2.2. Blokstrategie

Het standaardmodel om passagiers te laten boarden via de blokstrategie gebeurt aan de hand van drie instapgroepen. Het opstellen van drie instapgroepen is slechts een voorbeeld. De grootte van de instapgroepen kan weldegelijk afwijkend zijn van het standaardmodel en de keuze hiervan ligt in handen van de luchtvaartmaatschappij. Uit studies is gebleken dat de blokstrategie optimaal in uitvoering kan gebracht worden door te werken met minimum drie en maximum vier instapgroepen (Nyquist & McFadden, 2008). In de weergave, Figuur 10, wordt gewerkt met drie instapgroepen in zijn geheel. Het beleid waarbij het instapproces verloopt aan de hand van het per blok systeem, wijst erop dat passagiers van sommige opeenvolgende rijen samen het vliegtuig betreden. Hierbij ontstaat er de keuze om bepaalde rijen over te slaan en op een ander ogenblik te laten boarden. Binnen de blokstrategie kan geopteerd worden om het boardingproces "Front-To-Back (F2B)" of "Back-To-Front (B2F)" uit te laten voeren. De termen spreken voor zich, "Front-To-Back" indiceert dat de boarding aanvangt aan de voorzijde van het toestel en naderhand gevuld wordt richting de achterzijde (Jaehn & Neumann, 2015). De omgekeerde en de meest gebruikelijke werkwijze is het "Back-To-Front" principe. In deze methode wordt het vliegtuig gevuld door de boarding van start te laten gaan aan de achterzijde om zo verder naar voren te werken (Nyquist & McFadden, 2008).

COCKPIT VLIEGTUIG	F	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	E	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	D	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	C																	
	B	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
A	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	

Figuur 10 - Back-To-Front (B2F) boardingstrategie

Aangezien het "Back-To-Front" principe praktisch gezien de meest voorkomende werkwijze is in de blokstrategie, geeft Figuur 10 weer op welke manier de methode wordt uitgevoerd. Op de weergave is te zien dat er drie verschillende instapgroepen aanwezig zijn in dit voorbeeld. Groep 1 is de eerste groep die het vliegtuig mag boarden, de stoelen bevinden zich aan de achterzijde van het toestel. Daarna volgen groep 2 en groep 3 tot het vliegtuig volledig is opgevuld.

De blokstrategie is een methode die voordelig is voor passagiers die in groep reizen. Hierbij is er garantie dat zij samen het vliegtuig kunnen boarden op voorwaarde dat de passagiers zitplaatsen binnen eenzelfde groep krijgen toegewezen. De mogelijke congestie ontstaat ter plekke van kleine gedeeltes van het toestel. Het gebruik van blokken speelt tevens ook een rol in de opstopping. Hoe meer blokken er gecreëerd worden hoe trager het proces tot stand zal komen (Jaehn & Neumann, 2015).

3.2.3. Half-blok strategie

De "Half-Blok" strategie is gelijkaardig aan het standaardmodel dat van toepassing is op de blokstrategie. Het verschil dat er zich hierin voordoet is dat het boarden langs verscheidene kanten zal uitgevoerd worden. Evenzeer is er hier de keuze met hoeveel verschillende instapgroepen er gewerkt wordt. Normaliter wordt de half-blok strategie uitgevoerd aan de hand van zes tot acht verschillende instapgroepen. De omvang van het vliegtuig en de aanwezigheid van 20 of 23 rijen in totaliteit, zijn de aspecten die doorslaggevend zijn om de kwantiteit van de instapgroepen te bepalen. In onderstaand model, Figuur 11, is er sprake van zes verschillende instapgroepen. Aangezien bepaalde studies aantonen dat naarmate de grootte van de instapgroep toeneemt, de gemiddelde instaptijd resulteert te verhogen, wordt er in het toonbeeld gewerkt met zes instapgroepen (Nyquist & McFadden, 2008).

COCKPIT VLIEGTUIG	F	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	E	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	D	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	C	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	B	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	A	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figuur 11 - Half-Blok boardingstrategie

De "Half-Blokstrategie" is verschillend van de gewone "Blokstrategie" vermits er in deze methode gebruik wordt gemaakt van het boarden aan alternatieve kanten evenals er in dit geval meerdere instapgroepen aanwezig zijn (Nyquist & McFadden, 2008). Zoals Figuur 11 weergeeft vangt het boardingproces aan bij groep 1 en wordt dit beëindigd bij groep 6. De volgorde roteert tussen de beide zijdes van het vliegtuig. In realiteit is er minder toepassing van deze methode aangezien het resulteert dat het boardingproces eerder met vertraging voltooid wordt (Jaehn & Neumann, 2015). De vertraging is te wijten aan het feit dat de "Half-Blokstrategie" uitgevoerd wordt met het te boven gaan van vier instapgroepen. Studies tonen aan dat de uitvoering van blokstrategieën hun optimum bereiken, mits de zones geklasseerd worden tot een minimum van drie en een maximum van vier instapgroepen. Dit gegeven is toe te schrijven aan twee verschillende scenario's. Indien er gewerkt wordt met een minderheid van drie instapgroepen, zal het aantal passagiers per instapgroep te groot zijn, waardoor er in het toestel congestie ontstaat door de gelijktijdige aanwezigheid van passagiers in het ruim. Bij een overschrijding van vier instapgroepen ontstaat er complexiteit op vlak van controle. Bepaalde instapgroepen zullen aan boord zijn op een gegeven moment wanneer deze hier niet horen te zijn, met als gevolg dat er onderling interferenties worden opgebouwd (Nyquist & McFadden, 2008).

3.2.4. Rijstrategie

Naast de strategieën die hun basis terugvinden door het vliegtuig in te delen in blokken, bestaan er ook strategieën waarbij het uitgangspunt vertrekt op vlak van aanwezige rijen in het toestel. De "Rijstrategie" gaat ervan uit dat er evenveel instapgroepen zijn als dat er rijen zijn in het toestel. Elke instapgroep, die gevormd is uit zes passagiers, bestaat slechts uit één enkele rij. Het aantal instapgroepen zal dus afhankelijk zijn van hoe groot het vliegtuig is en hoeveel rijen er in totaal zijn. Het onderzoek wordt uitgevoerd op de vliegtuigtoestellen die hun rangschikking vinden onder een Boeing 737 of een Airbus 320. Gewoonlijk bestaan deze toestellen uit twintig tot drieëntwintig rijen, resulterend dat in dit geval het aantal instapgroepen in de rijstrategie zal circuleren tussen de twintig en drieëntwintig (Jaehn & Neumann, 2015).

COCKPIT VLEGTUIG	F	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	E	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	D	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	C	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	B	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	A	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Figuur 12 - Rij boardingstrategie

Waarbij er in de blokstrategieën (secties 3.2.2 en 3.2.3) de terminologie rond het "Back-To-Front" en "Front-To-Back" principe besproken werd, is dit ook van toepassing op de rijstrategieën. Meest voorkomend is het geval dat de boarding zijn startpunt kent aan de achterzijde van het vliegtuig en zo aflopend naar de voorzijde opgevuld wordt. Daarnaast is er ook nog de mogelijkheid om de rijen op te vullen in aflopende volgorde alsook de optie om telkens een rij over te slaan. De gangbare wijze dat de rijstrategie uitgevoerd wordt is om het boardingproces aan de achterzijde van het vliegtuig te laten starten, waarbij er telkens één rij wordt overgeslagen. Dit proces wordt uitgevoerd tot de voorkant van het vliegtuig bereikt is. Naderhand worden de overgeslagen stoelen gevuld, terug beginnende aan de achterzijde van het toestel. De rijstrategie wordt weergegeven in Figuur 12, waarbij allereerst de oneven nummers aan boord gaan. Vervolgens worden de overgeslagen rijen opgevuld, namelijk de even nummers. Het grote nadeel dat verbonden zit aan de rijstrategie is dat de talrijke instapgroepen die er ontstaan afhankelijk zijn van het aantal rijen dat het vliegtuig bezit. De mogelijkheid bestaat er in dat het boardingproces op die manier vertraging zal oplopen, omwille van het aanzienlijk aantal instapgroepen dat er ontstaat bij de rijstrategie (Jaehn & Neumann, 2015).

3.2.5. Half-rijstrategie

De "Half-Rijstrategie" is identiek tot de rijstrategie, enkel wordt het vliegtuig hier nogmaals ingedeeld door twee met het gangpad als tussenscheiding. Door deze scheiding zal er hier sprake zijn van halve rijen die in totaal drie passagiers omvatten. Het instaproces gebeurt aan de hand van halve rijen, waarbij allereest passagiers van één kant het vliegtuig betreden. Vervolgens nemen de overige passagiers van het andere gedeelte plaats in het toestel. Zoals in de rijstrategie is er bij de "Half-Rijstrategie" eveneens sprake dat de plaats neming aan de achterzijde van het vliegtuig aanvangt. Wanneer het boardingproces aan de ene zijde van het toestel voltooid is, wordt het ander gedeelte opgevuld, alsook beginnend aan de achterzijde van het vliegtuig. Met de gebruikmaking van telkens één rij over te slaan kan het boardingproces aan de hand van de half-rijstrategie snel uitgevoerd worden (Jaehn & Neumann, 2015). Het totaal aantal instapgroepen zal omstreeks de 40 à 46 groepen liggen, afhankelijk van de grootte van het vliegtuig (Nyquist, & McFadden, 2008). Het voorbeeld (Figuur 13) in deze thesis baseert zich op een toestel met 20 rijen, waardoor de "Half-rijstrategie" 40 instapgroepen creëert. In eerste instantie zullen de passagiers met rijletters A, B en C en stoelnummers 1 tot en met 20 het vliegtuig boarden in volgorde van achter naar voren, beginnend met de oneven nummers en vervolgens de even nummers. Daarna volgen alle passagiers met de letters D, E en F. De implementatie van de half-rijstrategie is vrij gecompliceerd, doch indien er gebruikmaking is om gegeven rijen over te slaan brengt deze methode een vlot verloop van het boardingproces met zich mee (Jaehn & Neumann, 2015).

COCKPIT VLIEGTUIG		A	B	C	D	E	F
		20	20	20	40	40	40
19	19	19	39	39	39	39	39
18	18	18	38	38	38	38	38
17	17	17	37	37	37	37	37
16	16	16	36	36	36	36	36
15	15	15	35	35	35	35	35
14	14	14	34	34	34	34	34
13	13	13	33	33	33	33	33
12	12	12	32	32	32	32	32
11	11	11	31	31	31	31	31
10	10	10	30	30	30	30	30
9	9	9	29	29	29	29	29
8	8	8	28	28	28	28	28
7	7	7	27	27	27	27	27
6	6	6	26	26	26	26	26
5	5	5	25	25	25	25	25
4	4	4	24	24	24	24	24
3	3	3	23	23	23	23	23
2	2	2	22	22	22	22	22
1	1	1	21	21	21	21	21

Figuur 13 - Half-Rij boardingstrategie

3.3. Stoelgewijsde boardingstrategie

Naast de willekeurige – en groepsgewijsde boardingstrategieën bestaat er nog een laatste methode om het boardingproces tot stand te brengen, namelijk het boarden van het vliegtuig op basis van stoelen. Het boarden per stoel duidt erop dat passagiers op een exacte voorafbepaalde volgorde het vliegtuig instappen. Het vliegtuig wordt individueel betreden door elke passagier en dit ter rangschikking die het meest optimaal is. De doelstelling die deze strategie volgt is passagiers aan boord te laten op de meest efficiënte en optimale manier. Het aantal instapgroepen dat hier aanwezig is wordt gelijkgesteld met het aantal passagiers in het vliegtuig (Jaehn & Neumann, 2015).

3.3.1. Steffen methode

Steffen (2008) heeft onderzoek uitgevoerd om te achterhalen via welke boardingstrategieën het meest optimale resultaat kon verwezenlijkt worden. Optimaal in de zin van dat de gehele duurtijd van het boardingproces gereduceerd kan worden. Uit dit onderzoek werd er een nieuwe boardingstrategie ontwikkeld die geklasseerd wordt onder de naam, "Steffen strategie". Deze strategie vindt zijn thuisbasis terug bij de stoelgewijsde boardingstrategie, aangezien de passagiers aan boord gaan overeenkomstig met hun toegewezen stoelpositie. Voorafgaand het proces worden de passagiers op een bepaalde volgorde gerangschikt door middel van een sorteerprocedure. In deze methode begint het boardingproces aan de achterzijde van het vliegtuig met de passagiers die een stoel wordt toegewezen aan eenzelfde kant aan de raamzijde. Bij het aan boord gaan wordt er telkens één rij overgeslagen. Wanneer de voorzijde van het vliegtuig bereikt is, wordt het proces identiek herhaaldelijk uitgevoerd maar aan het andere deel van het vliegtuig. Op het moment dat er hier de voorkant van het vliegtuig gepasseerd is, wordt de reeks nogmaals uitgevoerd maar zullen de overgeslagen rijen opgevuld worden. Na dit verloop zijn alle stoelen aan de kant van het raam opgevuld. Dit proces wordt vervolgens identiek uitgevoerd voor de middenstoelen. Achteraf wanneer alle middenstoelen opgevuld zijn, dienen de passagiers te boarden aan gangpadzijde op reeds dezelfde manier (Zeineddine, 2017).

COCKPIT VLIEGTUIG	F	40	20	39	19	38	18	37	17	36	16	35	15	34	14	33	13	32	12	31	11
	E	80	60	79	59	78	58	77	57	76	56	75	55	74	54	73	53	72	52	71	51
	D	120	100	119	99	118	98	117	97	116	96	115	95	114	94	113	93	112	92	111	91
	C	110	90	109	89	108	88	107	87	106	86	105	85	104	84	103	83	102	82	101	81
	B	70	50	69	49	68	48	67	47	66	46	65	45	64	44	63	43	62	42	61	41
	A	30	10	29	9	28	8	27	7	26	6	25	5	24	4	23	3	22	2	21	1

Figuur 15 - Steffen methode boardingstrategie

De "Steffen methode" klinkt vrij complex, de visualisatie van deze methode brengt duidelijkheid. In Figuur 15 wordt de Steffen-methode aan de hand van een basisvliegtuig weergegeven. Het vliegtuig heeft in totaal 120 zitplaatsen met één gangpad en zes stoelen per rij. In de weergave wordt er gewerkt met een kleurenpatroon, bestaande uit 6 tinten, zodat het proces op een heldere manier wordt weergegeven. De Steffen-methode wordt in principe uitgevoerd door de volgende volgorde aan te houden. Het boardingproces verloopt volgens de aaneenschakeling van de volgende kleuren. De kleur blauw zal in eerste instantie aan boord gaan, vervolgens volgen de kleuren, groen, roze, paars, oranje en allerlaatst de kleur geel.

Alhoewel de strategie geen rekening houdt met passagiers die samen reizen, leidt deze werkwijze tot een snelle voltooiing van het boardingproces. De snelle werking is te wijten aan het feit dat de Steffen-methode erin slaagt geen zitplaats en nauwelijks gangpadinferenties te ontwikkelen (Jaehn & Neumann, 2015). Verstoppingen die op het gangpad voortkomen is toe te schrijven aan de passagiers die een foute zitplaats aannemen. Later worden ze verplicht de foute stoel te verlaten en zich naar de juiste zitplaats te begeven. Om de verplaatsing te volbrengen is het vereist dat het gangpad vrij is, anders zou deze beweging resulteren tot een bijkomende hindernis in de toestroom van het boardingproces (Nyquist & McFadden, 2008).

3.3.2. Gewijzigde optimale methode (Modified optimal method)

Een strategie die afgeleid wordt onder de "Steffen methode" wordt onder de term de "Gewijzigde Optimale methode" geplaatst. Deze strategie staat bekend onder de snelle werking en het praktisch uitvoeren van het boardingproces (Jaehn & Neumann, 2015). Dit scenario omvat in totaal vier instapgroepen, waarbij de even – en oneven stoelnummers een rol spelen. Het verloop van de gewijzigde optimale methode wordt weergegeven in Figuur 16. De poortagenten starten het boardingproces door de passagiers af te roepen die een stoelnummer hebben dat zich aan één zijde van het toestel bevindt alsook een even nummer bedraagt. Nadien worden de even stoelnummers aan de andere zijde van het toestel opgevuld. Hetzelfde proces wordt nogmaals uitgevoerd, maar dan voor de oneven stoelnummers aan de ene zijde en vervolgens aan de andere zijde van het toestel (Steffen, 2008).

COCKPIT VLIEGTUIG	F	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
	E	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
	D	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
	C	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
	B	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
	A	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1

Figuur 16 - Gewijzigde optimale boardingstrategie

4. INVLOEDRIJKE FACTOREN OP DE TIJDSDUUR VAN HET BOARDINGPROCES

De collectieve doelstelling die de luchtvaartindustrie vooropstelt in functie van het boardingproces, is het realiseren van een minimalisatie in de tijd die noodzakelijk is bij het aan boord gaan van de passagiers. Daarnaast kan er discussie voortkomen op het feit dat het voldoende is om het boardingproces eenvoudigweg van het kritieke pad te halen waardoor de vermindering in tijd gerealiseerd kan worden. Doch hebben luchtvaartmaatschappijen meer baat bij de verkorting van het boardingproces dan enkel het verwijderen van deze procedure die gesitueerd ligt op het kritieke pad. Dit uitgangspunt wordt ondersteund gezien het voorval van gemiste slots veroorzaakt wordt door abrupt langere instaptijden die enorm doorwegen op de kosten gedragen door de luchtvaartmaatschappijen. Naast de reducering van tijd dient er belanghebbend gekeken te worden naar de tevredenheid van de passagiers. Grotendeels hangt het succes van een bepaalde strategie af in de medewerking van de passagiers. Tevredenheid wordt gegarandeerd door te werken met strategieën die verstaan en aanvaardbaar zijn door de passagiers waardoor ontevredenheid uitgesloten kan worden. Optimalisatie van het boardingproces kan verwezenlijkt worden door een trade-off te maken van verschillende aspecten (Jaehn & Neumann, 2015).

Uit onderzoek blijkt dat stoel - en gangpadinterferenties een van de oorzaken zijn die een directe draagwijdte hebben op de duurverlengingen van het boardingproces waarbij dit effect onmiddellijk zichtbaar is. Bepaalde boardingstrategieën blijken in de praktijk betere prestaties te leveren omdat de focus in de strategie gelegd wordt op een vermindering in de aanwezigheid van de stoel- en gangpadinterferenties. De beste manier om een minimalisatie te bereiken op de boardingtijden is door middel van een afzwakking te realiseren in het aantal stoel- en gangpadinterferenties (Delcea, Cotfas, Crăciun, & Molanescu, 2018).

De voorafgaande hoofdstukken beoogden vooral een beschrijving te geven omtrent de processen die zich voordoen binnen de luchtvaartindustriecontext alsook een theoretische weergave te bieden op vlak van de bestaande boardingstrategieën. In dit hoofdstuk wordt er specifiek getracht te achterhalen of en in welke mate mogelijk bepaalde factoren een invloed uitoefenen op de duurtijd van het boardingproces. Het aantal passagiers, de capaciteit van het toestel en de hoeveelheid handbagage aanwezig, zijn factoren die het verloop van het boarden van passagiers kunnen beïnvloeden alsook vertragend optreden. De toelichting van dit hoofdstuk is gebaseerd op data afkomstig van korte- en middellangeafstandsvluchten waarbij toestellen met de omvang van één gangpad ingezet worden (Hutter et al., 2019).

Het eerste onderdeel van dit hoofdstuk doelt erop een beschrijvende weergave te bieden omheen de aspecten die druk uitoefenen in de uitvoering van het boardingproces (Sectie 4.1.). De verschillende soorten interferenties (Sectie 4.2.) die leiden tot eventuele vertragingen worden hierin duidelijk weergegeven. Daarnaast wordt per boardingstrategie gekeken naar de aanhangende tijdsduur waarin het boardingproces voltooid kan worden met als focuspunt te achterhalen welke interferenties voortkomen in het gebruik van de verschillende boardingstrategieën (Sectie 4.3.).

4.1. Verdragende factoren

De tijd die verbonden is aan het boarden van passagiers is niet enkel te verklaren door de gekozen boardingstrategie van de luchtvaartmaatschappij. Het boardingproces en de tijd die hieraan verbonden zit wordt behoorlijk beïnvloed door externe factoren volgens de luchthavenbeheerders. Er is onvoldoende onderzoek aanwezig om aan te tonen dat bijvoorbeeld het zomer- of winteruur, de aard van de reizen (zakelijk of toeristen) en eventuele andere elementen invloed hebben op de tijd waarin het boardingproces voltooid kan worden. Factoren die indirect druk kunnen uiten op het boardingproces zijn zoals de bezettingsgraad van het vliegtuig en de aanwezigheid van handbagage. Deze sectie omschrijft welke factoren die al onderzocht zijn en eventueel druk kunnen uiten op de uitvoering van het boardingproces. Aangezien de willekeurige boardingstrategie in de praktijk het meest wordt toegepast, worden de effecten op de boardingtijd weergegeven aan de hand van deze strategie voorop te stellen (Hutter et al., 2019). De verdragende factoren zijn te onderscheiden naar het aantal passagiers en de capaciteit van het toestel (Sectie 4.1.1.). De operaties die aan de gate (Sectie 4.1.2.) vervuld dienen te worden alsook de aanwezigheid van handbagage (Sectie 4.1.3.) hebben invloed in de optimale werking van het boardingproces.

4.1.1. Passagiers en capaciteit

Het eerste element dat in vertraging van het boardingproces kan resulteren, is de hoeveelheid passagiers die aan boord dienen te gaan alsook de capaciteit van het toestel. Een reeks van onderzoekers spitst zich toe om te achterhalen of dit element gewichtige gevolgen heeft op de boardingtijden. Het eerste onderzoek naar aanleiding van de verdragende factoren op basis van passagiers en capaciteit legt de focus op de bezettingsgraad als onafhankelijke variabele. De bezettingsgraad, meermaals gekend binnen de luchtvaartindustrie onder de term beladingsgraad, wijst op de verhouding tussen het aantal passagiers gedeeld door de capaciteit van het vliegtuig. Het resultaat levert op dat indien er sprake is van een verhoging in de bezettingsgraad dit gevolgen met zich meebrengt op de boardingtijden. Ten eerste neemt het boardingproces meer tijd in beslag aangezien er een toename is van de boardingtijden die te verklaren is door de afname van de instapsnelheid van de passagiers (het aantal passagiers per minuut). Hieruit blijkt dat er een onevenredig positief effect is van de bezettingsgraad op de instaptijden (Van Landeghem & Beuselinck, 2002). Daarnaast wordt er gekeken naar het effect en de prikkelbaarheid op de boardingtijden door de focus te leggen op het vliegtuigtype en de samenhangende bezettingsgraad. Een vliegtuigtype waarbij er een reductie wordt doorgevoerd in het aantal rijen aanwezig in het toestel met daarentegen een toename van het aantal stoelen per rij, leidt tot een verlenging van de boardingtijden. Indien het vliegtuigtype over bijvoorbeeld 8 stoelen per rij beschikt in plaats van 6 stoelen per rij, zal de aanwezige congestie die in het gangpad ontstaat toenemen. Op elke rij dienen er twee extra personen plaats te nemen in het toestel, waarbij eventuele wegberging van handbagage in de bovenste compartimenten noodzakelijk is. De wegberging van de handbagage kan leiden in congestie gesitueerd in het gangpad, waarbij de duur van de congestie toeneemt omwille van de expansie van het aantal passagiers per rij. Vervolgens zorgt de aanwezigheid van opstopping in het gangpad en de smalle doorgang voor een vertraging of zelfs stilstand van de boardingflow, waarop de boardingtijd van het toestel in zijn geheel zal stijgen. Daarnaast zal de kans waarbij de zitplaatsen niet in de juiste volgorde geoccupeerd worden stijgen naarmate het

aantal passagiers per rij toeneemt. De herschikking van de passagiers zal leiden in blokkades die een verstoring geven op het boardingproces waarbij de duurtijd hiervan toeneemt. De toename van het aantal passagiers per rij resulteert algemeen in een complexere boardingsituatie die de optimale boardingtijden in gedrang brengen. In de meeste gevallen was er bovendien zelfs sprake van een lineaire correlatie tussen de bezettingsgraad van het toestel en de boardingtijden (Ferrari & Nagel, 2005). De optimale werking van het boardingproces kan beïnvloed worden door het vliegtuigtype en de bijhorende capaciteit. Het gebruik van grotere vliegtuigtoestellen voor een bepaald aantal passagiers resulteert in een tamelijke reductie in de boardingtijden. De mogelijke reductie is te verklaren in het aantal aanwezige gangpaden in het toestel. De smalle doorgang op het gangpad legt de beperking op om passagiers elkaar te laten passeren ingeval van opstopping. Indien er twee gangpaden aanwezig zijn, zal het aantal passagiers beter verspreid worden over het toestel waardoor congestie op het gangpad in mindering gebracht wordt. Door de afname van de mogelijke congestie die ontwikkeld wordt in het gangpad kunnen de tijden verbonden aan het boardingproces van kortere duur zijn. De toegankelijkheid die de passagiers verkrijgen om zich tot hun aangewezen stoel te begeven wordt vergroot aan de hand van de inzet van grotere vliegtuigtoestellen met de aanwezigheid van meer dan één gangpad (Mas, Juan, Arias, & Fonseca, 2013). Verder wordt gekeken om het boardingproces te voltooien aan de hand van verschillende toegangsdeuren van het toestel. De mogelijkheid om slechts via één deur het boardingproces te voltooien zorgt voor een beperking in de toegankelijkheid van het toestel waaruit lange boardingtijden kunnen optreden. Indien het boardingproces wordt uitgevoerd door gebruik te maken van de beide toegangsdeuren van het toestel (voor - en achterdeur), zal de totale boardingtijd reduceren. Het gebruik van beide deuren resulteert in een betere toegankelijkheid van het toestel, waarop meer passagiers op een gelijktijdig moment aan boord gaan en het boardingproces sneller voltooid wordt. Deze benadering zorgt voor een efficiënter verloop van het boardingproces alsook een verbetering op vlak van dienstverlening naar de passagiers toe (Nyquist & McFadden, 2008).

4.1.2. Gate operaties

De gate operaties die uitgevoerd worden buiten het toestel blijken alsook invloed te hebben op de aankomstsnelheid van de passagiers aan de deur van het toestel. Het gebruik van twee gate agenten zorgt ervoor dat de passagiers tussenaankomsttijd verlaagd wordt waardoor de gehele boardingtijd ingekort kan worden (Van Den Briel, Villalobos, Hogg, Lindemann, & Mulé, 2005). De tussenaankomsttijd is de tijd gedurende opeenvolgende aankomsten van passagiers aan de deur van het toestel (Qiang, Jia, Xie, & Gao, 2014). De verkorting hiervan is slechts mogelijk tot een bepaald niveau, waarop de boardingtijd niet verder ingekort kan worden. De beperking op het verkorten van de boardingtijden is te wijten aan de opstopping die zich in eerste instantie bevindt in het gangpad en vervolgens doorzet tot aan de toegangsdeur. Indien er congestie ontstaat in het gangpad van het toestel zal de boardingflow tot stilstand komen omwille van de smalle doorgang. De stilstand van de boardingflow werkt als een soort domino-effect dat zich verder doorzet tot aan de laatste passagier in de wachtrij. Het stilvallen van de flow in het toestel en het samengaan van een snellere toestroom van passagiers richting de toegangsdeur, zal resulteren in een uiteindelijke tweede opstopping die zich bevindt aan de deur van het toestel. De afhandeling van de

ticketcontrole zal aan de hand van twee gate agenten sneller verlopen, doch zal de boardingtijd niet aanzienlijk beïnvloed worden door veranderingen teweeg te brengen aan de tussenaankomsttijd. Omwille van die beweegreden wordt er afgeraden om aankomsttijden te verhogen zodat de boardingtijd verkort wordt aangezien het gewenste resultaat hierdoor niet bereikt wordt en enkel het comfort van passagiers zal verdwijnen (Hutter et al., 2019). De boardingtijd kan verkort worden door gebruik te maken van preboarding gebieden. Deze gebieden bevinden zich aan de gate waar het toestel opgesteld staat langs de wachtgebieden. De preboarding gebieden geven een schematische schets weer van het toestel waarbij de stoelen via cellen op het tapijt vertegenwoordigd worden. Alvorens een bepaalde groep passagiers aan boord gaat gebeurt er een opstelling op het gelabelde tapijt. De opstelling van de passagiers verloopt in overeenstemming met de corresponderende stoel, terug te vinden op de boardingpass, die de passagiers toegewezen krijgen. De eerste minuten nadat de start van het boardingproces wordt gecommuniceerd kunnen gebruikt worden om de eerste passagiers op een vroeger moment aan boord te laten gaan. Hierdoor kunnen mogelijke vertragingen die betrekking hebben op het inladen van bagage voorkomen worden (Steiner & Philipp, 2009; Zeineddine, 2017).

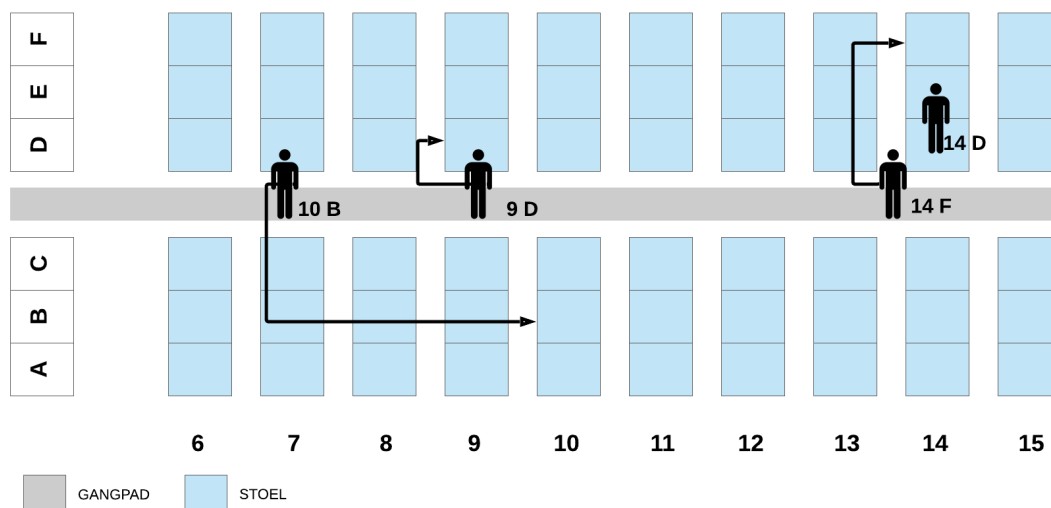
4.1.3. Handbagage

De laatste factor die druk uitoefent op de boardingtijden is de aanwezigheid van handbagage. De omvang van de handbagage heeft invloed op de eigenschappen van de passagiers waarbij de snelheid en het behoud van een veilige afstand getroffen worden. De boardingstrategie waarvoor een luchtvaartmaatschappij opteert zal in lijn moeten gaan met de bagageregels die van toepassing zijn. Passagiers die in bezit zijn van meer handbagage zullen andere medepassagiers blokkeren tijdens het boardingproces waardoor er sprake zal zijn van een vertraging (Tang, Wu, Huang, & Caccetta, 2012). Indien de bagagehoeveelheid opgetrokken wordt van 1,5 naar 2 stuks brengt dit het resultaat met zich mee dat totale tijd die noodzakelijk is voor het voltooien van het boardingproces, door middel van de willekeurige strategie, met slechts 9% stijgt. Echter bij het gebruik van de blokstrategie en de opschaling van de handbagage, is er sprake van een stijging richting de boardingtijden van 28%. De gemiddelde boardingtijd neemt toe met acht tot twaalf minuten omwille van verstoringen die ontstaan door de aanwezigheid van handbagage. De toename in de boardingtijden is te verklaren door de congestie die ontstaat op het gangpad tijdens de wegberging van de handbagage. Indien meer bagagestuks dienen weggeborgen te worden is er alsook meer tijd noodzakelijk om dit uit te voeren. Er is sprake van een stijging op het boardingproces van 10% indien een passagier in bezit is van meer dan één handbagagestuk en een stoel aangewezen heeft gekregen in het achterste gedeelte van het toestel. De sterkte van verstoringen zijn zwaarwichtiger indien deze zich voordoen in het midden- en/of achterste deel van het vliegtuig alsook op het einde van het boardingproces. De verstoringen in het voorste middendeel van het vliegtuig treden aan het begin van het boardingproces op. De ernst van deze verstoring is klein aangezien het vliegtuig op dat moment haast leeg is en er voldoende ruimte beschikbaar is om handbagage weg te bergen in de bovenste compartimenten van de zitplaats. De passagiers die als laatst aan boord gaan hebben een beperking op welke locatie de eventuele handbagage dient weggeborgen te worden. Aan het einde van het boardingproces is de ruimte voor het wegbergen van de aanwezige handbagage schaars aangezien het toestel over bijna geen

lege bagagebakken meer beschikt. De passagier zal dus op zoek moeten gaan naar een vrije ruimte die zich niet noodzakelijk bevindt in de bovenste bagagebak van de zitplaats. De vereiste tijd naar het vinden van een vrije bagagebak in het toestel heeft een enorme draagwijdte in de optimale werking van het boardingproces, aangezien deze tijd een directe invloed heeft omwille van de rechtstreekse toevoeging aan de totale boardingtijd. Concluderend dat de ernst en zwaarwichtigheid van een verstoring die zich voordoet in het vroege stadia van het boardingproces minder invloed hebben op de totale boardingtijd dan verstoringen die geschieden op het einde van het boardingproces (Canzani & Lechner, 2014). Het probleem van de aanwezigheid van bagage is mogelijks weg te werken door middel van vergoedingen door te voeren. Hierdoor zullen passagiers minder snel geneigd zijn handbagagestukken in bezit te hebben, waardoor dit feit kan resulteren in een gemiddelde daling van de boardingtijden (Nicolae, Arıkan, Deshpande, & Ferguson, 2017; Hutter et al., 2019).

4.2. Soorten interferenties

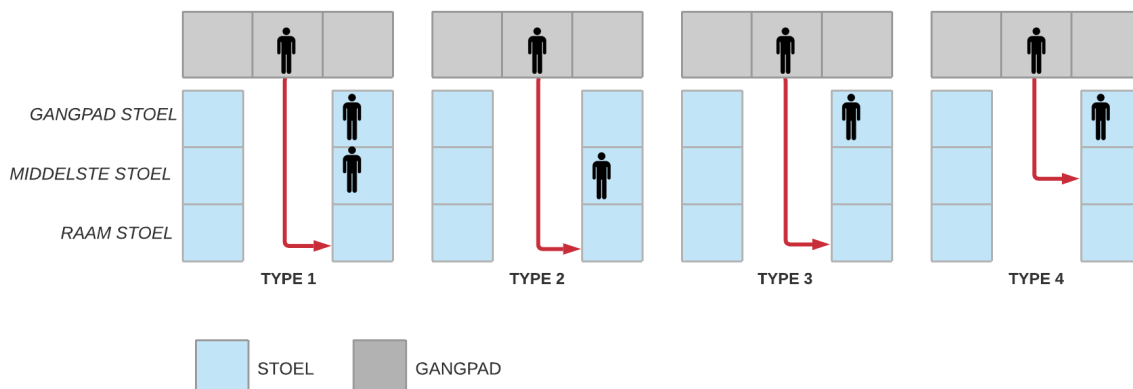
In de realisatie van het boardingproces zijn er twee verschillende aspecten die zorgen voor een bemoeilijking van het boarden van passagiers en worden geklasseerd onder de termen stoel- en gangpadinterferenties. De gangpadinterferentie is een situatie waarbij het gangpad in het toestel geblokkeerd wordt door een passagier tijdens het boardingproces. In de meeste gevallen is er sprake van een gangpadinterferentie indien een passagier zijn/haar bagage dient op te bergen in de bovenste compartimenten van het vliegtuig. Omwille van de interferentie die plaatsvindt op het gangpad kan de flow van het boardingproces niet vloeiend doorstromen en is er sprake van een opstopping. De tijdspanne die vereist is om het gangpad vrij te maken en te deblokken bij een gangpadinterferentie is afhankelijk van de grootte en hoeveelheid van handbagage. Gemiddeld gezien is het gangpad opnieuw vrij in een tijdsruimte van een halve minuut (Delcea et al., 2018). De gangpadinterferentie komt bijvoorbeeld voor ingeval de passagier van stoel 10B geblokkeerd wordt door de passagier van stoel 9D omwille dat deze zijn aanwezige handbagage aan het stockeren is in de bagagebakken (Figuur 17). De tweede interferentie die voortkomt tijdens het boarden van de passagiers is de stoelinterferentie, ook gekend onder de term, rijbelemmering. De gebeurtenis doet zich voor indien een of twee passagiers die al plaatsgenomen hebben op de hun aangewezen stoelen, dienen op te staan om een andere passagier te laten passeren zodat hij/zij kan plaatsnemen. In Figuur 17 is te zien aan de hand van een voorbeeld hoe de stoelinterferentie ontstaat. In dit voorbeeld heeft de passagier van stoel 14D al plaatsgenomen en dient hij/zij op te staan en uit de rij te komen zodat de passagier van stoel 14F kan plaatsnemen (Jaehn & Neumann, 2015). In de praktijk wordt er een onderscheid gemaakt tussen de verschillende types stoelinterferenties die alsook verschillende vertragsduurtijden met zich meedragen. Sectie 4.2.1. beschrijft de vier verschillende types stoelinterferenties die alsook weergegeven worden in Figuur 18 (Delcea et al., 2018).



Figuur 17 - Stoel- en gangpadinterferenties (Delcea et al., 2018)

4.2.1. Types stoelinterferenties

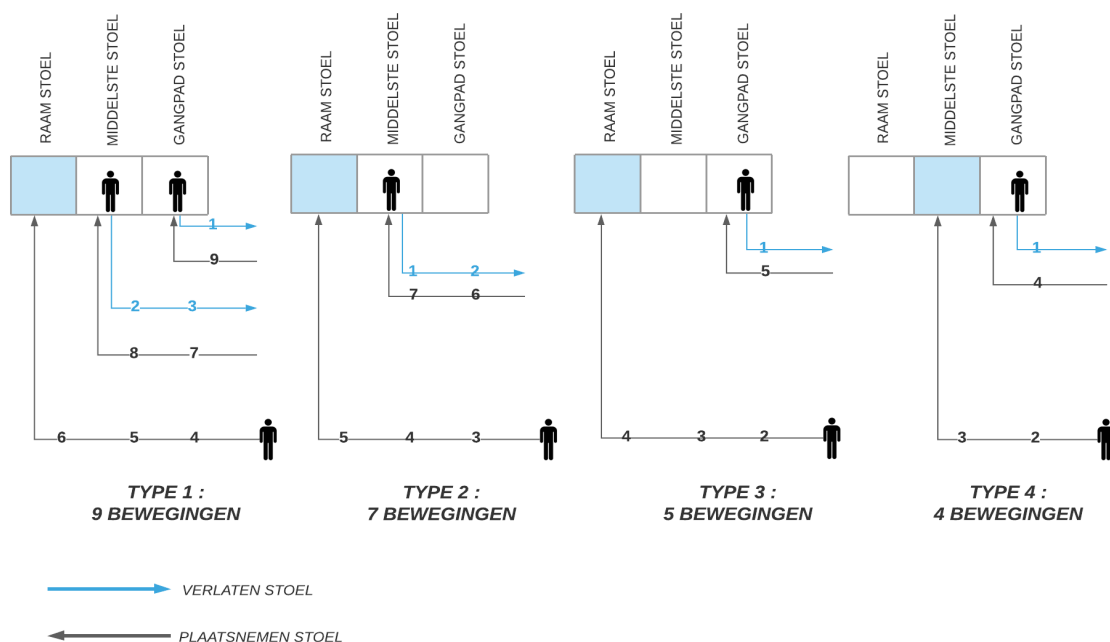
De type 1 stoelinterferentie heeft betrekking op een passagier die een aangewezen stoel krijgt aan de raamzijde en de doorstroming van het boardingproces belemmert. De opstopping die ontstaat in het gangpad door deze passagier is te verklaren aan het feit dat de twee passagiers van dezelfde rij reeds ingenesteld zijn op de middelste stoel en de stoel aan het gangpad. Vooreerst kan de passagier van de stoel aan raamzijde niet plaatsnemen, dienen de twee andere passagiers weerom hun stoel te verlaten omwille van de smalle omgeving van de rij zodat de passagier aan de raamkant kan plaatsnemen. In totaliteit zijn er negen bewegingen (Figuur 17) noodzakelijk om deze stoelinterferentie te verwijderen. In eerste instantie dienen de twee passagiers op te staan van hun plaatsgenomen stoel. Daarna dienen de twee passagiers de rij te verlaten en wachthouding te nemen in het gangpad. Vervolgens kan de passagier plaatsnemen op de stoel aan de raamkant, waarbij ten slotte de passagiers van de middelste- en gangpadstoel herhaaldelijk positie kunnen nemen op de oorspronkelijke zitplaatsen. De negen bewegingen die uitgevoerd worden om het type 1 stoelinterferentie te verdwijnen worden ook onder de term "seat shuffle" geplaatst. De negen bewegingen bestaan uit de volgende stappen: De passagier aan de gangpadzijde voert in totaal 2 bewegingen uit (stap 1 = verlaten van de stoel en stap 2 = terug plaatsnemen op de stoel). De passagier die zich bevindt op de middelste stoel dient 4 bewegingen uit te voeren, minimum 2 stappen zijn noodzakelijk voor het verlaten van de stoel en herhaaldelijk 2 stappen voor het opnieuw betreden en plaatsnemen van de oorspronkelijke stoel. De passagier aan de raamzijde kan aan de hand van 3 stappen toegang krijgen tot deze stoel. De verstoring van de stoelbezettingen op vlak van type 1 is over het algemeen de tijdrovendste verplaatsing ten opzichte van de andere drie gevallen. De gemiddelde tijd dat de stoelinterferentie een blokkade veroorzaakt op het gangpad wordt vastgesteld op 22 seconden (Delcea et al., 2018; Schultz, 2018).



Figuur 18 - Verschillende types stoelinterferenties (Delcea et al., 2018)

Ingeval de passagier dient plaats te nemen aan de raamzijde van het toestel en er reeds bezetting is van de middelste stoel, is er sprake van de stoelinterferentie type 2. Hierbij dient de passagier van de middelste stoel de rij te verlaten zodat de passagier van de raamzijde kan passeren, waarop hij/zij zich terug kan positioneren op de oorspronkelijke stoel. Het gangpad kan gedeblokkeerd worden over een tijdsperiode van 11 seconden, waarbij het noodzakelijk is zeven bewegingen te verrichten (Figuur 19). Door de passagier van de middelste stoel worden er vier bewegingen uitgevoerd (2 stappen om de stoel te verlaten en 2 stappen om terug plaats te nemen) en de passagier aan de raamzijde voert 3 bewegingen uit om zich tot de stoel te begeven (Delcea et al., 2018; Schultz, 2018).

De stoelinterferenties van type 3 en 4 zijn gelijkaardig aangezien er hier bezetting is van de stoel aan de gangpadzijde, mits de passagiers van de raam- en/of middelste stoel nog geen positie hebben ingenomen op hun aangewezen stoelen. Alhoewel de bewegingen (Figuur 19) met betrekking tot de stoelinterferenties verschillend zijn is de bijhorende tijd identiek voor de twee types met een gemiddelde tijd van 10 seconden. Bij het type 3 stoelinterferentie dienen er in totaal vijf bewegingen plaats te vinden, waarvan 2 uitgevoerd worden door de passagier aan de gangpadzijde en 3 door de passagier aan de raamzijde. Het totaal aantal bewegingen noodzakelijk om de stoelinterferentie van type 4 weg te werken zijn er vier. 2 stappen worden uitgevoerd door de passagier aan de raamzijde en de laatste 2 bewegingen worden uitgevoerd door de passagier die plaats dient te nemen op de middelste stoel. De gelijkmatigheid is te verklaren doordat de extra beweging bij type 3 wordt uitgevoerd door de passagier die zich het dichtstbijzijnde de raamzijde bevindt, waardoor dit uiteindelijk geen effect heeft op de totale gangpadblokkeringstijd (Delcea et al., 2018; Schultz, 2018).



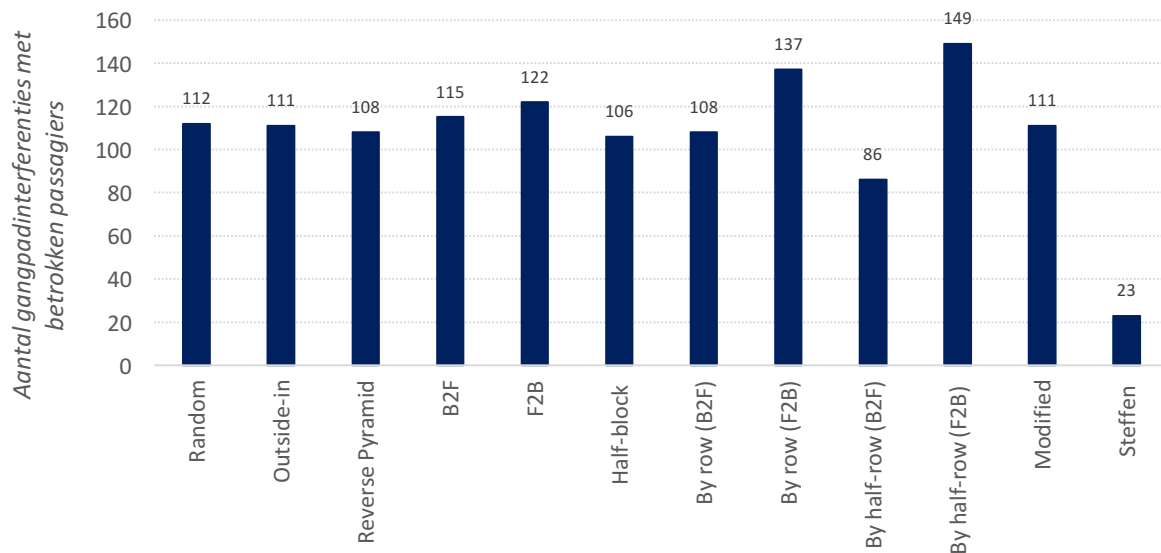
Figuur 19 - Minimum aantal bewegingen noodzakelijk om de stoelinterferenties te verwijderen

4.3. Tijdscomponenten per boardingstrategie

Naast de factoren die druk kunnen uiten op de boardingtijden, heeft de gekozen boardingstrategie bovendien invloed in welke tijdspanne het boardingproces voltooid kan worden. In het volgende wordt achterhaalt welke tijdscomponenten samenhangen per boardingstrategie door te kijken naar het gedrag van de passagiers. Het focuspunt ligt op de weergave van de totale boardingtijd die beïnvloed wordt door de verschillende types interferenties, de betrokken passagiers en de bijkomende tijd die van toepassing is bij de aanwezigheid van interferenties. Een groot aantal bewegingen is vereist om het gangpad weer vrij te maken van blokkades die ontstaan door de stoel- en gangpadinterferenties in het toestel. Het bestaan van de interferenties tijdens het boardingproces heeft een effect dat zich uit op de totale boardingtijden. Om het optimaal boardingproces te garanderen is het van noodzaak het aantal stoel- en gangpadinterferenties te onderdrukken. De remming van het aantal interferenties kan gerealiseerd worden door bepaalde boardingstrategieën toe te passen die erin slagen een lagere hoeveelheid stoel- en gangpadinterferenties te creëren gedurende het boardingproces. Om het effect hiervan op een duidelijke manier weer te geven, wordt in dit onderdeel de focus gelegd op één onderzoek. Daarnaast beschikt het onderzoek over alle boardingstrategieën die in hoofdstuk 3 besproken zijn, waardoor het mogelijk wordt een duidelijke vergelijking te maken tussen elke boardingstrategie en de bijhorende tijdscomponenten. Aangezien het onderzoek dateert van het jaartal 2018 zijn de resultaten die hieruit vloeien beschikbaar in de actueelste vorm mogelijk. De focuslegging op één paper is daarnaast te wijten aan de verschillende opmetingen van de tijden die per boardingstrategie vastgesteld worden. De metingen die uitgevoerd worden kunnen verschillen aantonen die te verklaren zijn op basis van welke aspecten als variabele worden toegevoegd in de uitvoering van het boardingproces. Omwille van die beweegreden wordt er in dit onderdeel gefocust op één onderzoek dat zich specifiek toespitst op de effecten van het aantal stoel- en gangpadinterferenties in de uitvoering van het boardingproces. Het boardingproces wordt uitgevoerd aan de hand van een Airbus 320 die in totaliteit 180 passagiers kan neerzetten, waarvan de bezettingsgraad van de capaciteit van het toestel 100% in gebruik is. Elke passagier die aan boord gaat wordt geacht in bezit te zijn van één kleine handbagage die ook gezien kan worden als klederdracht zoals jassen en sjaals. (Delcea et al., 2018). Vervolgens wordt per boardingstrategie gekeken naar de aanwezigheid van interferenties en de hoeveelheid hiervan. Sectie 4.3.1. spitst zich toe op de gangpadinterferenties en Sectie 4.3.2. op de verschillende types stoelinterferenties. Dit onderdeel wordt afgesloten door in Sectie 4.3.3. te kijken naar de invloeden van de instapregels die van toepassing zijn bij de boardingstrategieën en waaruit deze gevolgen kunnen hebben op de boardingtijden.

4.3.1. Analyse in termen van gangpadinterferenties

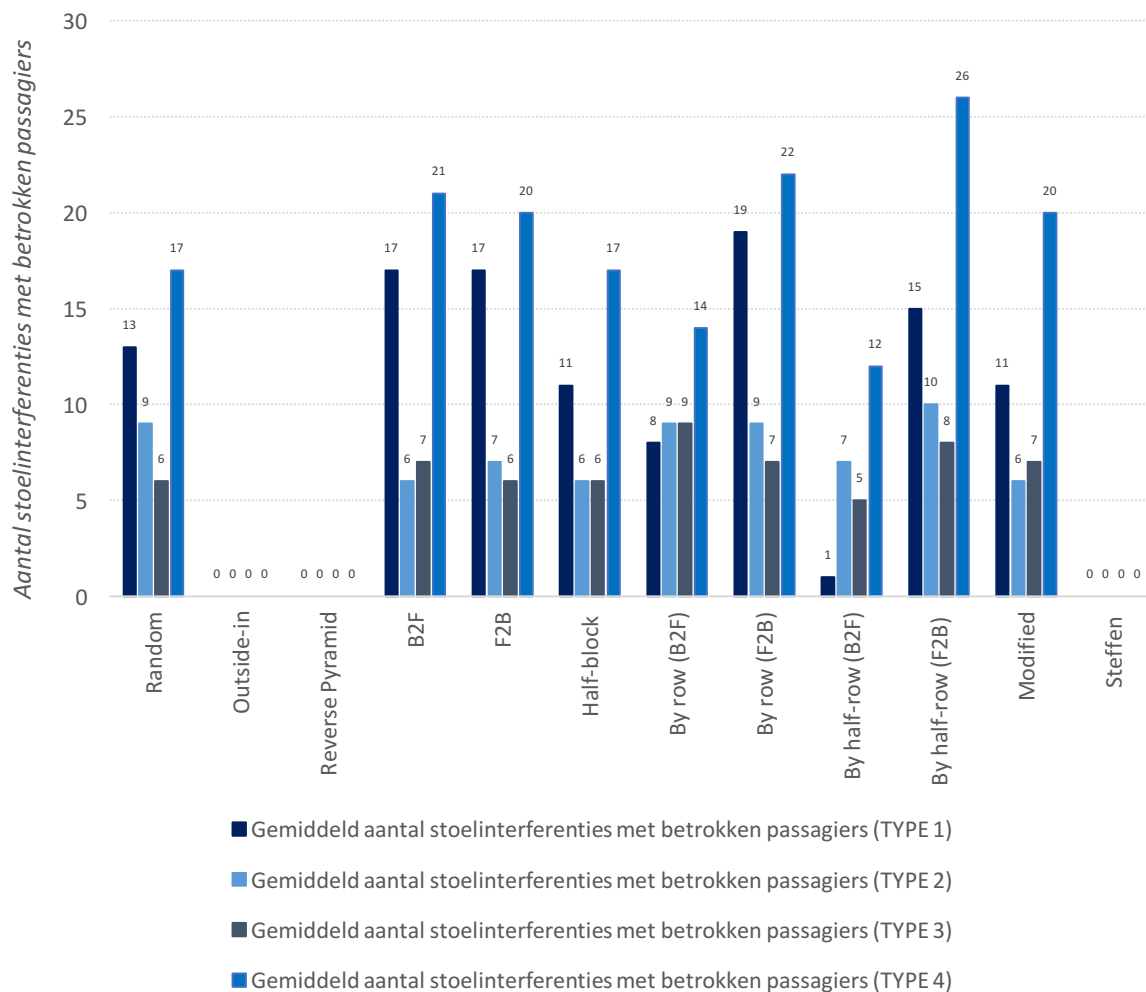
Een blokkade in het gangpad wordt gecreëerd door een passagier die zijn/haar aanwezige handbagage dient op te bergen in de bovenste compartimenten. Aangezien het boardingproces wordt uitgevoerd waarbij alle 180 passagiers die aan boord gaan van het toestel in bezit zijn van één kleine handbagage, zal elke boardingstrategie een gangpadinterferentie vertonen. Het aantal gangpadinterferenties dat zich in elke boardingstrategie zal voordoen is gelijk aan 180, aangezien elke passagier zijn/haar handbagage dient op te bergen. Het aantal passagiers dat getroffen wordt door de gangpadinterferentie is verschillend per boardingstrategie, dit aangezien elke strategie samengaat met verschillende instapregels. De "Steffen methode" slaagt erin het minst mogelijk gangpadinterferenties te verwezenlijken waarbij andere passagiers getroffen worden, namelijk 23 passagiers (Figuur 20). Dit is te verklaren door de werkwijze die samenhangt aan de boardingstrategie. Er wordt telkens een rij overgeslagen waarbij de eerste helft van het vliegtuig wordt opgevuld met passagiers die over een stoel beschikken aan de raamzijde en vervolgens dient de andere helft met passagiers aan de andere zijde van het raam plaats te nemen. Dit wordt identiek uitgevoerd voor de middelste - en gangpadstoelen. Door middel van deze tactiek wordt het aantal gangpadinterferenties met betrokken passagiers bij de "Steffen methode" onderdrukt. Het aantal gangpadinterferenties waarbij er sprake is van getroffen passagiers geeft de hoogste score ingeval de "Half rij strategie (F2B)" gebruikt wordt. Aangezien het vliegtuig wordt opgevuld in de volgorde van voor naar achter, zullen er al snel gangpadinterferenties ontstaan bij het begin van het boardingproces. Aangezien de smalle doorgang het niet toelaat passagiers op een verdere stoel te laten passeren, zullen zij hinder ondervinden van de voorgekomen gangpadinterferentie (Delcea et al., 2018).



Figuur 20 - Gemiddeld aantal gangpadinterferenties met betrokken passagiers

4.3.2. Analyse in termen van stoelinterferenties

Een stoelinterferentie doet zich voor ingeval een passagier al heeft plaatsgenomen op zijn/haar stoel en terug dient op te staan om een medepassagier toegang te geven tot zijn/haar toegewezen stoel. De interferentie komt voor indien de volgorde van de stoelbezetting niet op de juiste manier verloopt. In bepaalde boardingstrategieën is er zelfs geen sprake van stoelinterferenties aangezien de regels die vasthangen aan de boardingstrategieën de afwezigheid van de stoelinterferenties kan verzekeren. De afwezigheid van stoelinterferenties (Figuur 21) komt voor indien de boardingstrategieën naar het principe van "Outside-In/ WilMA", "Reverse Pyramid" en de "Steffen methode" uitgevoerd worden (Delcea et al., 2018).



Figuur 21 - Gemiddeld aantal stoelinterferenties met betrokken passagiers per type

In Figuur 21 is duidelijk weergegeven welke boardingstrategieën daarentegen geen nul waarden vertonen op vlak van de aanwezigheid van de stoelinterferenties per type. De resultaten leveren op dat de boardingstrategieën die de beste boardingtijden vertonen samengaan met een laag aantal type 1 stoelinterferenties. Het aantal stoelinterferenties met betrokken passagiers van type 1 is bij de "Half rij (B2F) strategie" gelijk aan 1 passagier en scoort de beste boardingtijd in vergelijking met de andere strategieën. Het boarden van passagiers wordt via de "Half rij (B2F) strategie"

uitgevoerd in een tijdsruimte van 21,1 minuten (Figuur 22). Daarnaast heeft de "*Half blok strategie*" alsook een goede boardingtijd (Figuur 22) waarbij een laag aantal stoelinterferenties met betrokken passagiers van type 1 van toepassing is, namelijk 11 interferenties. De veralgemening waarbij er garantie gegeven wordt optimale boardingtijden te verzekeren mag niet ten alle tijden gemaakt worden. Het laag aantal stoelinterferenties met betrokken passagiers van type 1 leidt niet in elke situatie tot een efficiënte en zo laag mogelijke boardingtijd. Dit kan aanzien worden in de "*Modified methode*". Hierbij scoort de strategie een laag aantal stoelinterferenties met betrokken partijen van type 1, namelijk 11, doch gaat deze strategie samen met een lange boardingtijd van 30,8 minuten (Figuur 22). Uit de figuur blijkt dat de "*Half blok strategie*" en de "*Modified strategie*" een evenredig aantal stoelinterferenties met betrokken passagiers van type 1 hebben, doch de boardingtijd bij de "*Modified strategie*" hoger ligt dan bij de "*Half blok strategie*". De verlenging van de boardingtijd is hier te verklaren door de instapregels die van toepassing zijn op de strategie (Delcea et al., 2018). Ingeval een type 2 stoelinterferentie zich voordoet is het gemiddeld aantal interferenties met betrokken passagiers ongeveer gelijklopend over de verscheidende boardingstrategieën. Het gemiddelde varieert tussen de zes en tien stoelinterferenties (Figuur 21) met betrekking tot type 2. De "*Front-To-Back strategieën*" leveren lage aantallen in stoelinterferenties op waarbij passagiers betrokken zijn van type 2. Ondanks het laag aantal stoelinterferenties resulteren de "*Front-To-Back strategieën*" in de hoogste boardingtijden. Het lage aantal stoelinterferenties wijst dus niet direct in de oplevering van optimale boardingtijden, wederom te verklaren in de instapregels die van toepassing zijn. In de laatste twee stoelinterferenties, type 3 en type 4, wordt opgemerkt dat het gemiddeld aantal storingen voor type 4 twee keer zo groot is ten opzichte van de interferenties die zich voordoen in type 3 (Figuur 21). Daarnaast is zowel bij type 3 als type 4 de "*Half rij (B2F) strategie*" diegene die het minst aantal storingen met getroffen passagiers verwezenlijkt, namelijk 5 en 12 interferenties (Delcea et al., 2018).

Door de bovenstaande resultaten met betrekking op de gangpad- en stoelinterferenties kan de vaststelling gemaakt worden dat de afwezigheid van stoelinterferenties kan resulteren in succesvolle boardingtijden. Deze stelling is slechts gedeeltelijk correct aangezien de boardingstrategieën daarentegen wel de aanwezigheid van gangpadinterferenties vertonen. De "*Steffen strategie*" bezit een betamelijk lager aantal gangpadinterferenties waarbij passagiers getroffen worden ten opzichte van de andere twee boardingmethodes zonder stoelinterferenties, namelijk "*Outside-In/ WilMA*", "*Reverse Pyramid*". Indien het totaal aantal gangpadinterferenties dat elke passagier treft verhoogd wordt, het voordeel van de afwezigheid van stoelinterferenties verloren gaat aangezien de totale boardingtijd zal stijgen. De strategieën die beïnvloed worden door de stoelinterferenties en het samengaan van het hoog aantal gangpadinterferenties, resulteren in een toename op de totale boardingtijden. De cumulatie van de aanwezigheid van beide gangpad- en stoelinterferenties wegen groter door op de totale tijd noodzakelijk om het boardingproces uit te voeren (Delcea et al., 2018).

4.3.3. Analyse in termen van instapregels

Aangezien de boardingtijden beïnvloed kunnen worden door andere elementen, wordt in dit onderdeel slechts gekeken naar de gekozen boardingstrategie op zich, zonder rekening te houden met enige aanwezigheid van stoel- en/of gangpadinterferenties. De afwezigheid van gangpadinterferenties wordt in dit scenario verwezenlijkt aangezien de passagiers die plaatsnemen in het vliegtuig, niet in bezit zijn van handbagage. De doorstroom op het gangpad wordt in dit geval niet geblokkeerd door gangpadinterferenties, aangezien er geen extra tijd noodzakelijk is om aanwezige handbagage in de bovenste compartimenten op te bergen. Hierbij is er alsnog sprake dat de passagier zijn voorligger niet kan passeren omwille van de kleine doorgang in het gangpad met als gevolg dat hij/zij de eigen wandelsnelheid aanpast aan die van de persoon voor zich. Daarnaast is er geen sprake van stoelinterferenties aangezien de passagiers in de juiste volgorde de stoelbezetting uitvoeren. Zij nemen direct plaats op de juiste stoel, waardoor er geen extra tijd verloren gaat in het verwijderen van eventuele stoelinterferenties. Door geen rekening te houden met eventuele stoel- en gangpadinterferenties wordt duidelijk hoe elke boardingstrategie op zich werkt. De boardingtijden waarbij er geen sprake is van interferenties zijn te verklaren in de instapregels die van toepassing zijn per elke strategie (Delcea et al., 2018).

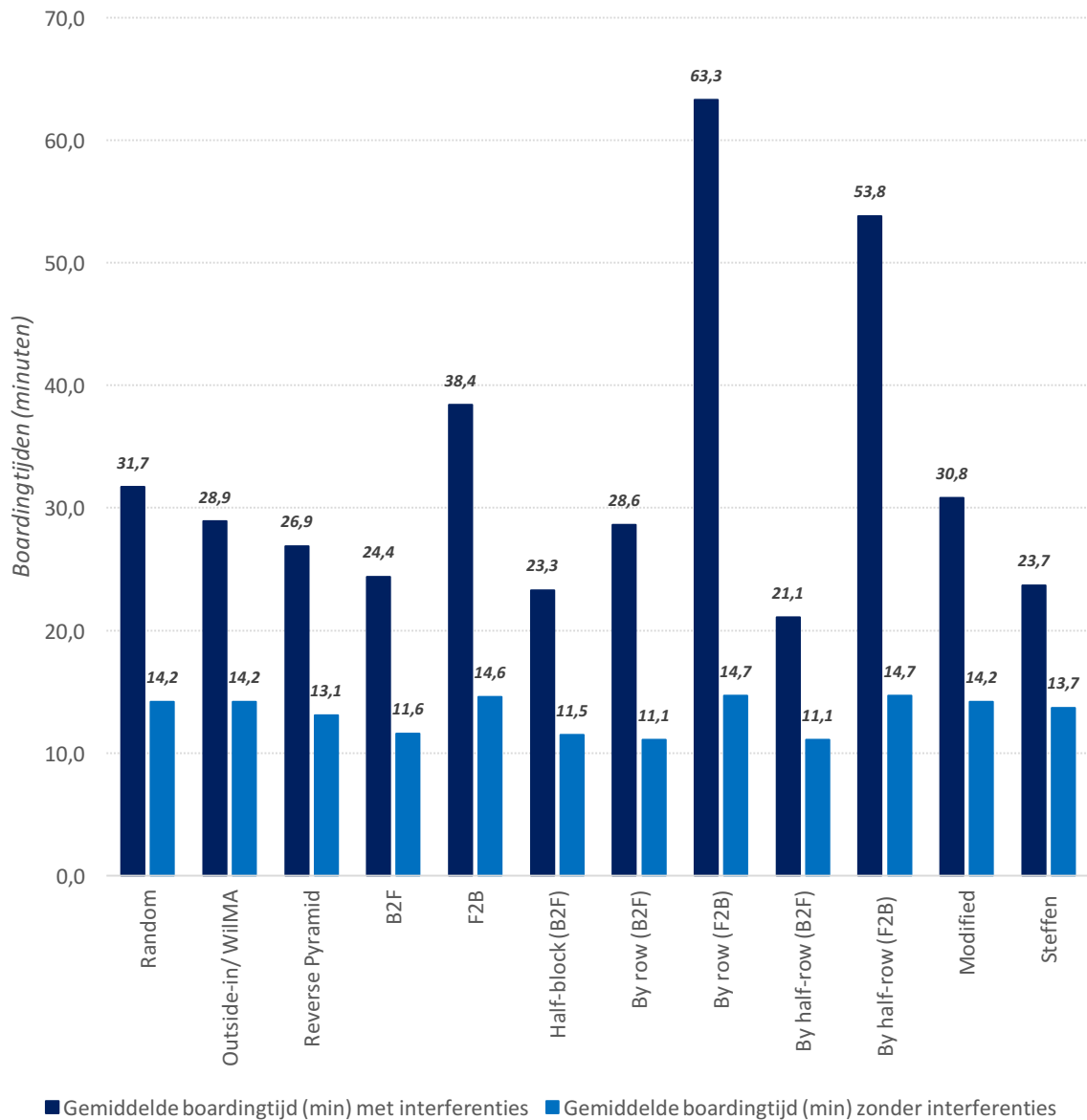
Figuur 22 schetst zowel de gemiddelde boardingtijden per strategie met de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties als zonder interferenties. Hierdoor wordt duidelijk dat bepaalde boardingstrategieën betere tijden opleveren dan anderen. Dit is te verklaren door zowel de instapregels zelf die van toepassing zijn per boardingstrategie als de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties die bij bepaalde strategieën zwaar kunnen doorwegen in de totale boardingtijden. Interferenties kunnen leiden in mogelijke opstoppingen en/of zelf een stilstand van de boardingflow, waardoor de tijd die noodzakelijk is om het boardingproces te voltooien toeneemt. De aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties zorgt bij alle boardingstrategieën in een stijging op de totale duurtijden, maar de additionele groei in de tijden door de aanwezigheid van interferenties is verschillend per strategie. Dit is te verklaren door het feit dat bepaalde boardingstrategieën gevoeliger zijn op de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties. Het bestaan van de sensitiviteit op de stoel- en gangpadinterferenties heeft zwaarwichtige gevolgen op het garanderen van optimale duurtijden die noodzakelijk zijn in de uitvoering van een efficiënt boardingproces (Van Landeghem & Beuselinck, 2002; Kierzkowski & Kisiel, 2017; Delcea et al., 2018).

Figuur 22 toont aan dat de "*Front-To-Back strategieën*", zonder de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties lage boardingtijden scoren. Doch indien de interferenties worden meegerekend is er sprake van een aanzienlijke stijging in de totale boardingtijden, waarbij de "*Front-To-Back strategieën*" de slechtste resultaten opleveren om het boardingproces optimaal en in een zo kort mogelijke tijdsspanne uit te voeren. Het resultaat is te verklaren omwille van het feit dat via de "*Front-To-Back strategieën*" de boarding aanvangt aan het begin van het toestel. De passagiers die op zoek zijn naar hun toegewezen stoel alsook het wegbergen van hun aanwezige handbagage zorgen voor directe blokkade op het gangpad. Door de smalle doorgang op het gangpad kunnen de passagiers die een verdere stoel toegewezen krijgen niet passeren en dienen zij te wachten totdat het gangpad weer vrij is. De blokkades ontstaan door de stoel- en

gangpadinterferenties die ingeval van de "*Front-To-Back strategieën*" een enorme draagwijdte uiten op de totale boardingtijden. De boardingflow beweegt niet naar goeddunken waardoor dit directe gevolgen heeft op de boardingtijden. De "*Rij en Half-Rij (F2B) boardingstrategie*" scoren de slechtste boardingtijden waarbij het boarden van passagiers in ongeveer één uur volbracht wordt. De "*Blok (F2B) boardingstrategie*" levert een kortere boardingtijd op ten opzichte van de "*Rijboardingstrategieën (F2B)*" aangezien de rijstrategieën een aanzienlijk aantal instapgroepen creëert, waardoor de complexiteit van deze strategieën toeneemt en de optimale werking niet verzekerd wordt. Omwille van de langdurige boardingtijden krijgen de "*Front-To-Back*" strategieën de laagste rangschikking op vlak van optimalisatie te verzekeren in de uitvoering van het boardingproces, waarbij korte boardingtijden centraal zijn (Van Landeghem & Beuselinck, 2002; Kierzkowski & Kisiel, 2017; Delcea et al., 2018).

De boardingstrategieën die daarnaast de beste boardingtijden opleveren zijn diegene die uitgevoerd worden volgens de principes van de "*Back-To-Front strategieën*". De lage boardingtijden bij de "*Back-To-Front strategieën*" zijn te wijten aan het feit dat de boarding aanvangt aan de achterzijde van het toestel. Indien er hier sprake is van stoel- en gangpadinterferenties ondervinden de passagiers aan het voorste deel van het toestel geen hinder. Het voorkomen van stoel- en gangpadinterferenties heeft minder zware gevolgen op de totale boardingtijd bij de "*Back-To-Front strategieën*". Aangezien de blokkades in het smalle gangpad ontstaan aan de achterzijde van het toestel, zal de beweging van de boardingflow niet direct tot vertraging of stilstand komen. De boardingflow blijft op die manier in beweging met als gevolg dat de stoel- en gangpadinterferenties bij de "*Back-To-Front strategieën*" een kleinere draagwijdte hebben op de totale boardingtijden. In de "*Back-To-Front strategieën*" levert de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" de laagste boardingtijd op van alle strategieën gelijk aan een tijd van 21 minuten. Dit is te verklaren door de instapregels die hier van toepassing zijn die resulteren in een laag aantal stoel- en gangpadinterferenties waarbij passagiers betrokken zijn (Figuur 20 en Figuur 21). Door middel van het vliegtuig op te splitsen in twee delen waarbij allereerst de ene zijde van het toestel wordt opgevuld en daarna de andere zijde (Figuur 13), is er een afname in het aantal passagiers aanwezig per rij. Hierdoor ontstaan er weinig tot geen interferenties tussen de passagiers waardoor blokkades op het gangpad vermeden worden, en de optimale werking van het boardingproces via de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" gegarandeerd wordt. Alhoewel de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" de beste boardingtijd oplevert, kiezen luchtvaartmaatschappijen toch niet om deze strategie in te schakelen bij het uitvoeren van het boardingproces. Een Boeing 737 of vliegtuigen die onder het type Airbus 320 vallen zullen ingeval van de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" een totaal aantal instapgroepen creëren die rondom de 40 à 46 groepen ligt. Het boardingproces voltooien aan de hand van 40 à 46 instapgroepen kan een complex beeld creëren. Omwille van die complexiteit neigen de luchtvaartmaatschappijen meer richting de uitvoering van het boardingproces aan de hand van de "*Blok (B2F) boardingstrategie*". De hoeveelheid instapgroepen ligt hier behoorlijk lager, rond de 3 à 4 instapgroepen (Figuur 10), waardoor de complexiteit binnen deze strategie afneemt. Wanneer de boarding aanvangt wordt er per groep afgeroepen door de "gate agent", welke groep zich mag opstellen in een rij, ter uitnodiging van het instappen. Ingeval de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" wordt toegepast dient de "gate agent" de aankondigingen rij per rij af te roepen, waarbij er in totaal 40 à 46

aankondigingen plaatsvinden aan de gate. Rekening houdend met dit aspect wordt de keuze naar het gebruik van de boardingstrategie gemaakt. De "Outside-In/WilMA boardingstrategie", de "Reverse Pyramid boardingstrategie" en de "Steffen boardingstrategie", resulteren alsook in lage boardingtijden doch is het gebruik in de praktijk van deze strategieën miniem. Zonder de juiste infrastructuur is de uitvoering van deze strategieën vrij ingewikkeld, aangezien elke passagier moet omgeroepen worden om aan boord te gaan (Van Landeghem & Beuselinck, 2002; Kierzkowski & Kisiel, 2017; Delcea et al., 2018).



Figuur 22 - Gemiddelde boardingtijden per strategie met en zonder de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties

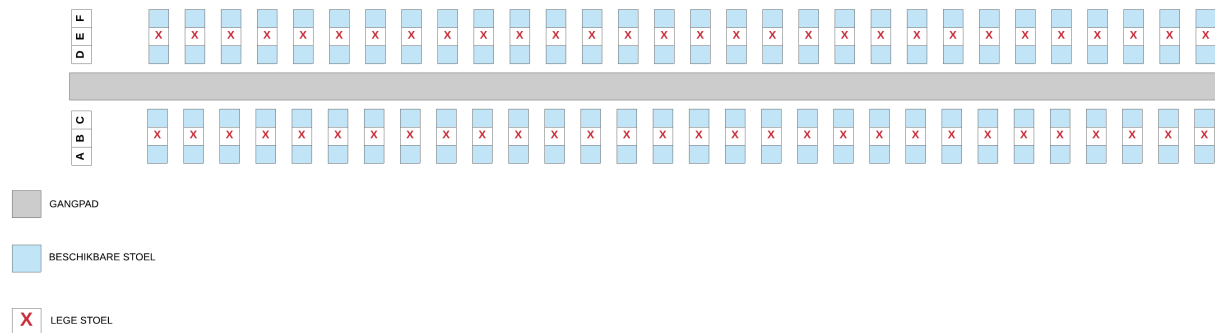
De resultaten die in dit onderdeel besproken worden wijzen op het feit dat sommige boardingstrategieën betere boardingtijden opleveren dan anderen. De verschillen in de boardingtijden in dit onderdeel zijn te verklaren door twee aspecten. In eerste instantie zal de totale boardingtijd van een vliegtuig afhangen van de gekozen boardingstrategie op zich. Dit is te verklaren door de instapregels die per strategie verschillend zijn en invloed hebben op de boardingtijden. Ten tweede heeft de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferentie een invloed op de totale boardingtijden. Elke boardingstrategie vertoont de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties die leiden dat de totale duurtijd waarin het boardingproces voltooid wordt toeneemt. De additionele groei in de tijden bij de aanwezigheid van interferenties is verschillend per strategie. Dit is te verklaren door het feit dat bepaalde boardingstrategieën gevoeliger zijn op de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties. Het bestaan van de sensitiviteit op de stoel- en gangpadinterferenties heeft zwaarwichtige gevolgen op het garanderen van optimale duurtijden die noodzakelijk zijn in de uitvoering van een efficiënt boardingproces (Delcea et al., 2018).

5. BOARDINGSTRATEGIEËN DIE HET RISICO OP COVID-19

VERMIJDEN

Onlangs is er op wereldwijd niveau een bijkomende uitdaging van toepassing op de luchtvaartindustrie en luchtvaartmaatschappijen in de uitvoering van het boardingproces. Naast het verkorten van de boardingtijden en dit doende op de meest aangename manier mogelijk voor de passagiers, is er sprake van een nieuwe topprioriteit die betrekking heeft op gezondheidsoverwegingen en het creëren van een veilige vliegomgeving als gevolg van de uitbraak van het respiratoire coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Het coronavirus, daarnaast gekend onder de term COVID-19, leidt tot verschrikkelijke gevolgen voor de gezondheid van de maatschappij waarbij de meerderheid van de landen hun inwoners de verplichting opleggen om gedurende een bepaalde periode binnen te blijven. Luchthavenorganisaties hebben een lijst van aanbevelingen opgesteld om de veiligheid van passagiers te garanderen bij de heropstart van het vliegverkeer. Om de verspreiding van dit virus te belemmeren en de pandemie tot een eind te brengen is de maatregel van "*social distancing*" ingeroepen. De maatregel is van toepassing op verscheidende domeinen, waaronder de luchtvaartindustrie getroffen wordt in de verwezenlijking van het boardingsproces en het toewijzen van zitplaatsen. De International Air Transport Association (IATA) Medical Advisory Group roept op om een minimale afstand tussen passagiers aan te houden die circuleert tussen de 1 en 2 meter. Naast het opleggen van de fysieke afstandsregel wordt in bepaalde gevallen de aanbeveling tot zelfs verplichting gedaan van de veiligheidsnormen: het opmeten van de lichaamstemperatuur (symptoonscreening), het gebruik van maskers, de reiniging en desinfectie van oppervlaktes, het uitvoeren van COVID-19 testen, het testen van aanwezigheid van antilichamen en het gebruik van immuniteitspaspoorten. De luchtvaartmaatschappijen en luchthavens kunnen meewerken aan de uitroeiing van dit virus door maatregelen te treffen om interacties tussen personen in het vliegtuig en bij gebruikmaking van luchthavenfaciliteiten te beperken. Aanvullend wordt aanbevolen het aantal passages tussen de passagiers in het vliegtuig te beperken alsook de boarding aanvangen met de passagiers die een stoel aan de achterzijde van het vliegtuig hebben gesitueerd aan de raam zijde. Bijkomende maatregelen zoals de reductie van de hoeveelheid handbagage en het gebruik van lege zitplaatsen, kunnen de verspreiding van het virus binnen het toestel belemmeren. De luchtvaartmaatschappijen dienen de veiligheid van de passagiers voorop te stellen bij het uitvoeren van het boardingproces gedurende de pandemie. Omwille van die beweegreden wordt in dit hoofdstuk de evaluatie opgemaakt van de verschillende boardingstrategieën rekening houdend met de sociale afstandsnormen, namelijk het behouden van 1,5 meter afstand. Met het oog op de COVID-19 pandemie wordt vastgesteld dat sommige boardingstrategieën resulteren in goede boardingtijden, doch geen garantie bieden op vlak van het creëren van een veilige omgeving van de passagiers. In recent onderzoek worden verschillende boardingstrategieën die in de praktijk veelvuldig terugkeren, getest op hun werking hiervan rekening houdend met *social distancing* binnen het toestel waarbij de midden stoelen in het toestel niet benut worden. Naar aanleiding van de pandemie wordt de vraag gesteld welke boardingstrategieën resulteren in het efficiënt uitvoeren van het boardingproces, waarbij de kans op besmetting minuscuul is (Cotfas et al., 2020; Milne, Delcea, & Cotfas, 2021).

In dit hoofdstuk wordt de situatie voorgesteld aan de hand van een Airbus 320 (Figuur 23) vliegtuigmodel, waarbij er de aanwezigheid is van één gangpad met in totaliteit 30 rijen waarvan elke zijde over 3 zitstoelen beschikt. Daarnaast wordt ervan uit gegaan dat er in het vliegtuig enkel zitplaatsen met betrekking tot Economy Class beschikbaar zijn. Aangezien dit hoofdstuk de focus legt op "social distancing" tussen de passagiers in het toestel, wordt de volledige capaciteit van het toestel niet benut waarbij de middelste stoelen vrijgelaten worden (Milne et al., 2021).



Figuur 23 - Airbus 320 in een COVID-19 situatie (Cotfas et al., 2020)

Aangezien niet elke boardingstrategie evenveel gebruikt wordt in de luchtvaartindustrie, komen niet alle behandelde methodes uit sectie III in dit hoofdstuk aan bod. De focus wordt gelegd op de strategieën: "Open Seating", "Random" (3.1.), "Outside-In/ WilMA" (3.2.1.), "Back-To-Front By Block" (3.2.2), "Back-To-Front By Row" (3.2.4.) en "Reverse Pyramid" (3.2.6). In de COVID-19 context worden de boardingstrategieën aangepast zodat het risico op besmetting via sociale interacties verminderd kan worden. De methodes die samengaan met de beste boardingtijden zijn de "Reverse Pyramid", gevolgd door de strategie "Outside-In/WilMA" en het "Open Seating" concept. De "B2F By Row" strategie creëert de langste boardingtijd, doch bij het gebruik het percentage op besmetting van het virus het laagst is. De opgelegde afstandsmaatregel die in de gangpaden van het toestel ten alle tijden gewaarborgd dient te worden bij het boarden van passagiers, oefent de meeste druk uit op de boardingtijden. Een toename van 25% op de boardingtijden is van toepassing naarmate er een extra halve meter afstand tussen de instappende passagiers wordt doorgevoerd. Naast het aanhouden van afstand tussen de medepassagiers, tracht de hoeveelheid interacties tussen passagiers vermeden te worden. De "Reverse Pyramid" en "Outside-In/WilMA" strategieën ondervinden in de uitvoering geen ontstaan van stoelverstoringen die leiden tot interferenties tussen passagiers op dezelfde rij. De doorgave van het virus is ook mogelijks aan de passagiers die al eerder plaats genomen hebben op de stoelen aan de raam- en gangpadzijde waarbij andere passagiers zich nog moeten begeven tot hun zitplaatsen. Hierbij leverden de boardingstrategieën "B2F By Row" gevolgd door "B2F By Block" en "Reverse Pyramid" op als de best resulterende methodes. De behandelde boardingstrategieën hebben telkens hun eigen voor- en nadelen op basis van de instaptijden en de garantie van de passagiersveiligheid tijdens de COVID-19 pandemie. De luchtvaartmaatschappijen staan voor een moeilijke uitdaging om een afweging te maken tussen het economisch voordeel dat ze verwezenlijken door snelle instaptijden en daarnaast de verschillende gezondheidseffecten op de passagiers (Cotfas et al., 2020).

6. CONCLUSIE

Het onderzoek dat uitgevoerd wordt in deze masterproef tracht te achterhalen op welke manier het boardingproces optimaal in voltooiing gebracht kan worden. De bevindingen en resultaten die uit het onderzoek vloeien worden kortbondig in dit onderdeel besproken. De conclusie doelt erop de bevindingen en resultaten weer te geven zodat er een reflectie tot stand komt met betrekking op de centrale onderzoeksvraag alsook deze beeldvorming geeft omtrent het eindresultaat.

De inkorting van de boardingtijden is noodzakelijk om een verbetering weer te zien in de *on-time* vertrektijden alsook de doorlooptijden van de vliegtuigen. Indien de tijd gespendeerd op de luchthavenbasis gereduceerd kan worden brengt dit een positief effect mee voor zowel de luchtvaartmaatschappijen, de luchthavenoperators alsook de reizigers zelf. Het voordeel dat de luchtvaartmaatschappijen en de luchthavenoperators dragen in de vermindering hiervan is grotendeels terug te vinden op basis van de winstgevendheid. De passagiers zelf hebben hier voorbaat bij aangezien het boardingproces op een vlottere manier verloopt en waarbij klantvriendelijke service op nummer één staat.

Naast de grondoperaties wordt de uitvoer van het boardingproces sterk onderdrukt door een aantal externe factoren. De capaciteit van het vliegtuig en de aanwezigheid van handbagage zijn elementen die aanzienlijk veel druk uiten op de uitvoering van het boardingproces. Op vlak van capaciteit wordt in eerste instantie de bevinding gemaakt dat indien er sprake is van een toename in de bezettingsgraad dit resulteert in een verlenging van de boardingtijden met daarnaast een afname van de instapsnelheid (het aantal passagiers per minuut). Een vliegtuigtype waarbij er een reductie wordt doorgevoerd in het aantal rijen aanwezig in het toestel met daarentegen een toename van het aantal stoelen per rij, leidt tot een verlenging van de boardingtijden. Daarnaast heeft de keuze van het vliegtuigtype ook effect op de boardingtijden. De gebruikmaking van grotere toestellen voor een bepaald aantal passagiers, kan ervoor dienen de boardingtijden tamelijk te reduceren. Het laatste aspect in het kader van de capaciteit is de benuttingsgraad van het aantal toegangsdeuren. Het gebruik van beide deuren resulteert in een betere toegankelijkheid van het toestel, waarop meer passagiers op een gelijktijdig moment aan boord gaan en het boardingproces sneller voltooid wordt.

De aanwezigheid van handbagage is evenzeer een factor die ervoor zorgt dat eventuele vertraging in de uitvoer van het boardingproces kan voordoen. De sterkte van verstoringen zijn zwaarwichtiger indien deze zich voordoen in het midden- en/of achterste deel van het vliegtuig alsook op het einde van het boardingproces. Concluderend dat de ernst en zwaarwichtigheid van een verstoring die zich voordoet in het vroege stadia van het boardingproces minder invloed heeft op de totale boardingtijd dan verstoringen die geschieden op het einde van het boardingproces. De reductie in het aantal luchtruim handbagage kan gerealiseerd worden door enerzijds vergoedingen door te voeren en anderzijds de mogelijkheid te bieden handbagage gratis in te checken. Passagiers zullen hierdoor minder snel geneigd zijn drager te zijn van handbagage, waardoor dit feit kan resulteren in een gemiddelde daling van de boardingtijden.

Buiten de externe factoren die invloed hebben op de boardingtijden, is de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties een factor die gevolgen heeft op de boardingtijden per strategie. Elke boardingstrategie vertoont de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties die resulteren dat de totale duurtijd waarin het boardingproces voltooid wordt toeneemt. De additionele groei in de tijden bij de aanwezigheid van interferenties is verschillend per strategie. Dit is te verklaren door het feit dat bepaalde boardingstrategieën gevoeliger zijn op de aanwezigheid van stoel- en gangpadinterferenties, waardoor dit een zwaarwichtiger effect heeft dat resulteert in een toename van de totale boardingtijden.

Het laatste aspect en hetgeen dat het meest beïnvloedbaar is door de luchtvaartmaatschappijen zelf, is de strategie die wordt toegepast om het boardingproces in uitvoering te brengen. De resultaten in dit onderzoek wijzen op het feit dat sommige boardingstrategieën betere boardingtijden opleveren dan anderen. Hierbij wordt de conclusie getrokken dat de totale boardingtijden afhankelijk zijn van de gekozen boardingstrategie op zich, te verklaren door de instapregels die per strategie van toepassing zijn. De boardingtijden worden voor de volgende strategieën onderzocht in dit onderzoek: "*Willekeurige boardingstrategie*", "*Outside-In/ WilMA boardingstrategie*", "*Reverse Pyramid boardingstrategie*", "*Back-To-Front boardingstrategieën*", "*Front-To-Back boardingstrategieën*", "*Blok en Half-Blok boardingstrategieën*", "*Rij en Half-Rij boardingstrategieën*", "*Modified Optimal boardingstrategie*" en "*Steffen boardingstrategie*".

De boardingstrategieën die de slechtste tijden opleveren om het boardingproces uit te voeren zijn die onder de principes van de "*Front-To-Back boardingstrategieën*" vallen. De lange boardingtijden zijn te wijten aan het gegeven dat de boarding aanvangt aan de voorzijde van het toestel. De blokkades die ontstaan aan het begin van het toestel in het gangpad resulteren dat de gehele boardingflow vertraagd wordt of zelfs tot stilstand komt. Door de smalle doorgang op het gangpad kunnen de passagiers die een verdere stoel toegewezen krijgen niet passeren en dienen zij te wachten totdat het gangpad weer vrij is. Dit heeft negatieve gevolgen op de totale boardingtijden waardoor de optimalisatie niet verzekerd wordt en het gebruik hiervan in de praktijk zelden voorkomt.

De methodes die daarnaast de beste boardingtijden opleveren zijn de "*Back-To-Front boardingstrategieën*". De lage boardingtijden bij deze strategieën zijn te verklaren door het feit dat de boarding aanvangt aan de achterzijde van het toestel en indien er hier sprake is van interferenties de andere passagiers hier bijna geen hinder van ondervinden. In de "*Back-To-Front boardingstrategieën*" levert de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" de beste boardingtijd op van alle strategieën. Dit is te verklaren doordat de instapregels in deze strategie resulteren in een laag aantal interferenties tussen passagiers. Alhoewel de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" de beste boardingtijd oplevert, kiezen luchtvaartmaatschappijen toch niet om deze strategie in te schakelen bij het uitvoeren van het boardingproces. De "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*" draagt een complex karakter door de aanwezigheid van het aantal instapgroepen bij deze strategie.

In de praktijk wordt er meer geneigd naar het boardingproces uit te voeren volgens de "*Blok (B2F) boardingstrategie*". De boardingtijd ligt hier hoger dan in de "*Half-Rij (B2F) boardingstrategie*". Aangezien er hier sprake is van een behoorlijk lager aantal instapgroepen wordt de complexiteit weggewerkt. Het boardingproces wordt uitgevoerd in een minder complexe situatie die daarnaast wel samengaat met hogere boardingtijden.

Daarnaast resulteren de "*Outside-In/WilMA boardingstrategie*", de "*Reverse Pyramid boardingstrategie*" en de "*Steffen boardingstrategie*", in lage boardingtijden doch is het gebruik in de luchtvaartindustrie van deze strategieën miniem. Er moet sprake zijn van de juiste infrastructuur aangezien elke passagier omgeroepen wordt om aan boord te gaan, en dit vooral de uitwerking van de strategie in de praktijk bemoeilijkt.

Naast het verkorten van de boardingtijden en dit doende op de meest aangename manier mogelijk voor de passagiers, is er sprake van een nieuwe topprioriteit die betrekking heeft op gezondheidsoverwegingen en het creëren van een veilige vliegomgeving als gevolg van de uitbraak van het respiratoire coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Om de verspreiding van dit virus te belemmeren en de pandemie tot een eind te brengen is de maatregel van "*social distancing*" ingeroepen die alsook in rekening dient gebracht te worden bij het uitvoeren van het boardingproces. Het opleggen van de afstandsregels zorgt ervoor dat de boardingtijden zullen toenemen. Daarnaast trachten de "*Reverse Pyramid boardingstrategie*" en "*Outside-In/WilMA boardingstrategie*" zo min mogelijk interacties tussen passagiers te verwezenlijken, waardoor de kans op besmetting onderdrukt wordt. De besmetting van het virus is ook mogelijk door te geven aan de passagiers die al eerder gezeten hebben op de stoelen aan de raam- en gangpadzijde waarbij andere passagiers zich nog moeten begeven tot hun zitplaatsen. De boardingstrategieën die hierbij de laagste kans op besmetting dragen zijn de "*Rij (B2F) boardingstrategie*", de "*Blok (B2F) boardingstrategie*" en de "*Reverse Pyramid boardingstrategie*".

De luchtvaartmaatschappijen staan voor een moeilijke uitdaging om een afweging te maken tussen het economisch voordeel dat ze verwezenlijken door snelle instaptijden, alsook rekening te houden met het comfort van de passagiers waarbij de kans op besmetting op het coronavirus zo laag mogelijk dient te zijn. De luchtvaartmaatschappijen opteren in de praktijk niet voor de efficiënte boardingstrategie. Dit standpunt is te verklaren aangezien zij streven naar een eenvoudige en goede uitwerking van de boardingstrategie waarop het boarden van passagiers gebeurt in een aangename omgeving en er geen sprake is van stressvolle situaties. Ingewikkelde afroepsystemen en verkeerde uitvoeringen van boardingstrategieën kunnen leiden tot verwarring bij de passagiers waardoor er zelfs sprake is van tijdverlies aan de gate in plaats van de tijdswinst te creëren in het toestel zelf. Die beweegreden zorgt dat de meerderheid van de luchtvaartmaatschappijen comfort en eenvoud verkiezen boven efficiëntie bij het uitvoeren van het boardingproces.

Een aantal limieten wordt opgelegd in de uitvoering van het onderzoek in deze thesis. Aangezien dit onderzoek zich toespitst tot slechts de kleinere vliegtuigtoestellen die classificatie krijgen onder een Boeing 737 en Airbus 320 die ingezet worden voor middellange-afstandsvluchten, kunnen er geen resultaten voorgelegd worden welke strategieën een optimaal boardingproces creëren indien er sprake is van een groter toestel bestemd voor lange afstandsvluchten. Daarnaast is er een tekort aan studies om aan te tonen dat bijvoorbeeld het zomer- of winteruur alsook de aard van de reizen en eventuele andere elementen invloed hebben op de kwaliteit en efficiëntie van het boardingproces. Verdere studies in de toekomst kunnen hier meer duidelijkheid bieden om te achterhalen of deze invloed hebben op de optimalisatie van het boardingproces. Aangezien de COVID-19 pandemie een recente en nog steeds gaande gebeurtenis is, is het onderzoek naar alle strategieën hiervan bescheiden waarbij er enkel onderzoek wordt gedaan op diegenen die het meest gebruikt zijn in de luchtvaartindustrie.

LIJST VAN GERAADPLEEGDE WERKEN

- Adler, N., Pels, E., & Nash, C. (2010). High-speed rail and air transport competition: Game engineering as tool for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(7), 812-833.
- Adrienne, N., Budd, L., & Ison, S. (2020). Grounded aircraft: An airfield operations perspective of the challenges of resuming flights post COVID. *Journal of Air Transport Management*, 89, 101921.
- Canzani, E., & Lechner, U. (2014). Toward disruptions in the boarding process: A system dynamics approach. In *Proceedings of the Networking and Electronic Commerce Conference 2014, Trieste, Italy*.
- Coppens, J., Dangal, S., Vendel, M., Anjani, S., Akkerman, S., Hiemstra-van Mastrigt, S., & Vink, P. (2018). Improving airplane boarding time: a review, a field study and an experiment with a new way of hand luggage stowing. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 5(2), 7.
- Cotfas, L. A., Delcea, C., Milne, R. J., & Salari, M. (2020). Evaluating classical airplane boarding methods considering COVID-19 flying restrictions. *Symmetry*, 12(7), 1087.
- Delcea, C., Cotfas, L. A., Crăciun, L., & Molanescu, A. G. (2018). Are seat and aisle interferences affecting the overall airplane boarding time? An agent-based approach. *Sustainability*, 10(11), 4217.
- Delcea, C., Cotfas, L.-A., & Paun, R. (2018). Agent-based evaluation of the airplane boarding strategies: efficiency and sustainability. *Sustainability*, 10, 1-26.
- Ferrari, P., & Nagel, K. (2005). Robustness of efficient passenger boarding strategies for airplanes. *Transportation Research Record*, 1915(1), 44-54.
- Hutter, L., Jaehn, F., & Neumann, S. (2019). Influencing factors on airplane boarding times. *Journal of Air Transport Management*, 76, 31-39.
- Jaehn, F., & Neumann, S. (2015). Airplane boarding. *European Journal of Operational Research*, 244 (2), 339–359.
- Kierzkowski, A., & Kisiel, T. (2017). The human factor in the passenger boarding process at the airport. *Procedia Engineering*, 187, 348-355.

- Mas, S., Juan, A. A., Arias, P., & Fonseca, P. (2013). A simulation study regarding different aircraft boarding strategies. In *International Conference on Modeling and Simulation in Engineering, Economics and Management* (pp. 145-152). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Mason, K. J. (2005). Observations of fundamental changes in the demand for aviation services. *Journal of Air Transport Management*, *11*(1), 19-25.
- Mills, J. (2012, Jun 12). Airports raise their game for business passengers; hubs are increasingly trying to provide business-travelling frequent flyers with the services they demand. *Wall Street Journal*. Retrieved December 02, 2020 from <https://search.proquest.com/newspapers/airports-raise-their-game-business-passengers/docview/1019814435/se-2?accountid=27889>
- Milne, R. J., Delcea, C., & Cotfas, L. A. (2021). Airplane boarding methods that reduces risk from COVID-19. *Safety Science*, *134*, 105061.
- More, D., & Sharma, R. (2014). The turnaround time of an aircraft: a competitive weapon for an airline company. *Decision*, *41*(4), 489-497.
- Nicolae, M., Arkan, M., Deshpande, V., & Ferguson, M. (2017). Do bags fly free? An empirical analysis of the operational implications of airline baggage fees. *Management Science*, *63*(10), 3187-3206.
- Nyquist, D. C., & McFadden, K. L. (2008). A study of the airline boarding problem. *Journal of Air Transport Management*, *14*(4), 197-204.
- Ozmec-Ban, M., Škurla Babić, R., & Modić, A. (2018). Airplane boarding strategies for reducing turnaround time. In *18th International Conference on Transport Science, Portorož*.
- Qiang, S. J., Jia, B., Xie, D. F., & Gao, Z. Y. (2014). Reducing airplane boarding time by accounting for passengers' individual properties: a simulation based on cellular automaton. *Journal of Air Transport Management*, *40*, 42-47.
- Schmidt, M. (2017). A review of aircraft turnaround operations and simulations. *Progress in Aerospace Sciences*, *92*, 25-38.
- Schultz, M. (2018). A metric for the real-time evaluation of the aircraft boarding progress. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *86*, 467-487.

- Steffen, J. H., & Fermi National Accelerator Lab. (FNAL), Batavia, IL (United States). (2008). Optimal boarding method for airline passengers. *Journal of Air Transport Management*, 14 (3), 146-150.
- Steiner, A., & Philipp, M. (2009). Speeding up the airplane boarding process by using pre-boarding areas. In *9th Swiss Transport Research Conference, Ascona, 9-11 September 2009*.
- Tang, T. Q., Wu, Y. H., Huang, H. J., & Caccetta, L. (2012). An aircraft boarding model accounting for passengers' individual properties. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 22, 1-16.
- Van Den Briel, M. H., Villalobos, J. R., Hogg, G. L., Lindemann, T., & Mulé, A. V. (2005). America west airlines develops efficient boarding strategies. *Interfaces*, 35(3), 191-201.
- Van Landeghem, H., & Beuselinck, A. (2002). Reducing passenger boarding time in airplanes: A simulation based approach. *European Journal of Operational Research*, 142 (2), 294-308.
- Willamowski, F. J., & Tillmann, A. M. (2020). Minimizing Airplane Boarding Time. RWTH Aachen University, pp 1-31. Repport 2019-56.
- Wittmann, J. (2019). Customer-oriented optimization of the airplane boarding process. *Journal of Air Transport Management*, 76, 31-39.
- Xinhui, R., Xiyu, Z., & Xiaobing, X. (2020). A new model of luggage storage time while boarding an airplane: An experimental test. *Journal of Air Transport Management*, 84, 1-11.
- Zeineddine, H. (2017). A dynamically optimized aircraft boarding strategy. *Journal of Air Transport Management*, 58, 144-151.
- Zou, B., & Hansen, M. (2014). Flight delay impact on airfare and flight frequency: A comprehensive assessment. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 69, 54-74.

