



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Menselijke factoren in manuele order picking: state-of-the-art classificatie en review

Stijn Kauffmann

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

PROMOTOR :

Prof. dr. Katrien RAMAEKERS

BEGELEIDER :

Mevrouw Sarah VANHEUSDEN



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

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

2018
2019



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Menselijke factoren in manuele order picking: state-of-the-art classificatie en review

Stijn Kauffmann

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

PROMOTOR :

Prof. dr. Katrien RAMAEKERS

BEGELEIDER :

Mevrouw Sarah VANHEUSDEN

Voorwoord

Deze masterproef is de afsluiter van mijn master Handelswetenschappen, met als afstudeerrichting Supply Chain Management, aan de Universiteit Hasselt. Ik heb in deze masterproef belangrijke elementen uit mijn opleiding kunnen bestuderen en verwerken.

Deze masterproef focust op menselijke factoren in manuele order picking en hoe deze factoren meegenomen kunnen worden in de planningsmodellen bij order picking. De verwezenlijking van deze masterproef was niet mogelijk geweest zonder de steun en feedback van mijn promotor, prof. dr. Katrien Ramaekers, en begeleidster, mevrouw Sarah Vanheusden. Ik wil bij deze gelegenheid dan ook graag mijn dankbaarheid uiten aan deze twee personen. Tot slot wil ik ook nog een woord van dank richten aan mijn ouders, broers, vriendin en vrienden die me voorzien hebben van morele ondersteuning tijdens het vervaardigen van deze masterproef en met tijd en stond ook voor voldoende afleiding en ontspanning hebben gezorgd.

Stijn Kauffmann

Hamont-Achel, mei 2019

Samenvatting

Mensen staan, door de bewuste keuze om magazijnen niet te automatiseren, centraal in het order picking proces. Bedrijven kiezen vaak voor mensen in plaats van machines doordat mensen flexibeler zijn en makkelijker kunnen reageren op onverwachte omstandigheden. Order pickers hebben hierdoor een grote invloed op de efficiëntie van het magazijn en een goede uitkomst van het order pick proces. De verantwoordelijkheden van de order picker en de verwachtingen van het bedrijf ten opzichte van order pickers zijn sterk toegenomen in de afgelopen jaren. Orders moeten steeds sneller verwerkt worden en zijn sterk toegenomen in aantal. Bedrijven spelen als vorm van competitie bewust in op snelle en flexibele levertijden.

Slechts een klein deel magazijnen zijn niet geautomatiseerd en dus afhankelijk van manuele arbeid. Het repetitief, manueel verwerken van orders kan leiden tot mentale en lichamelijke klachten bij order pickers. Bedrijven proberen vooral efficiëntie en snelheid na te streven zodat de productiviteit binnen het magazijn stijgt. Een belangrijk probleem dat hierdoor ontstaat is dat de menselijke kant van de order pickers vaak gedeeltelijk of volledig over het hoofd wordt gezien. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de efficiëntie van het magazijn doordat er mogelijk foute producten worden gepickt of de picktijd langer wordt. Daarnaast kan het ook negatieve gevolgen hebben voor de gezondheid van de order picker. Veel order pickers kampen tegenwoordig namelijk met een burn-out of een lichamelijk letsel. Order pickers hebben in vergelijking met werknemers van andere sectoren meer kans op een musculoskeletale aandoening. Enkele belangrijke redenen waarom menselijke factoren vaak nog niet correct geïmplementeerd worden in planningsmodellen bij order picking hebben vooral te maken met een mismatch tussen de doelen van een bedrijf en de kennis van managers over menselijke factoren.

De menselijke factoren waarnaar in dit onderzoek gekeken wordt zijn perceptuele, mentale, fysieke en psychosociale factoren. De planningsproblemen waar deze in moet passen en die vooral zo worden ingericht om de totale picktijd te minimaliseren, bestaan uit het lay-out design van het magazijn, voorraadtoewijzing, zonering, order batching en routing. Deze elementen hebben allemaal een invloed op de tijd en kwaliteit van het order pick proces en op de gezondheid van de order picker.

Het juist integreren en begrijpen van menselijke factoren in de planning van het order picking proces kan bijdragen aan een efficiënter magazijn en een betere mentale en fysieke gezondheid voor de order picker. In dit onderzoek zal nagegaan worden welke papers menselijke factoren proberen te implementeren in planningsproblemen bij manuele order picking in een magazijn of distributiecentrum. Deze onderzoeken worden kort besproken en de opmerkelijkste resultaten ervan worden toegelicht. Dit soort van classificatie is vernieuwend wat menselijke factoren in order picking betreft. Momenteel wordt het meeste onderzoek gevoerd naar fysieke en mentale factoren binnen het lay-out design en voorraadtoewijzing. Opmerkelijk is echter dat het deze studies een trend zijn van de afgelopen jaren en vooral uitgevoerd worden door Europese onderzoekers.

Tot slot worden er na het trekken van enkele belangrijke conclusies ook nog voorstellen geformuleerd met betrekking tot volgend onderzoek en worden beperkingen van dit onderzoek besproken. Toekomstige onderzoeken dienen zeker en vast te bestaan uit verdere analyses van menselijke factoren in order pick processen en analyses die bedrijven kunnen overhalen om menselijke factoren te integreren in de planning van order picking. Vaak staan managers nogal sceptisch tegenover veranderingen van het order pick proces omdat dit hoge kosten met zich mee kan brengen. Dit onderzoek is beperkt doordat er enkel gekeken wordt naar manuele order picking in magazijnen of distributiecentra.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	I
Samenvatting	III
Inhoudsopgave	V
Lijst van tabellen.....	VII
Lijst van figuren	IX
Hoofdstuk 1 : Onderzoeksplan	1
1.1 Probleemstelling en centrale onderzoeksvraag	1
1.2 Deelvragen.....	3
1.3 Belang van het onderzoek	5
1.4 Onderzoeksaanpak	5
Hoofdstuk 2 : Literatuurstudie	7
2.1 De rol van order picking in het magazijn	7
2.1.1 Het order picking proces	7
2.1.2 Manuele arbeid	8
2.1.3 Managementdoel bij order picking	8
2.2 Menselijke factoren.....	9
2.2.1 Belang van mensen in processen.....	9
2.2.2 Aspecten menselijke factoren	10
2.2.2.1 Perceptuele aspecten	10
2.2.2.2 Mentale aspecten	10
2.2.2.3 Fysieke aspecten	11
2.2.2.4 Psychosociale aspecten	12
2.3 Samenvattend schema.....	13
2.4 Oorzaken en gevolgen van het fout integreren van menselijke factoren in planningsmodellen bij order picking.....	13
2.4.1 Oorzaken	14
2.4.2 Gevolgen.....	14
Hoofdstuk 3 : Classificatie van de literatuur	17
3.1 Classificatietabel	17
3.2 Bespreking van de desbetreffende literatuur	19
3.2.1 Lay-out design	20
3.2.2 Voorraadtoewijzing	27

3.2.3 Zonering	31
3.2.4 Order batching.....	33
3.2.5 Routing	34
Hoofdstuk 4 : Conclusies	37
4.1 Beperkingen en suggesties voor verder onderzoek.....	39
Hoofdstuk 5 : Lijst van geraadpleegde werken	41
Hoofdstuk 6 : Bijlagen	49
6.1 Bijlage 1 : Samenvattende tabel	49

Lijst van tabellen

Tabel 1: Classificatietabel betreffende het aantal papers per planningsprobleem en bestudeerde menselijke factor.

Tabel 2: Classificatietabel betreffende het aantal papers per planningsprobleem en bestudeerde menselijke factor met toevoeging van de auteurs en datum.

Tabel 3: Literatuuroverzicht lay-out design gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Tabel 4: Literatuuroverzicht voorraadtoewijzing gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Tabel 5: Literatuuroverzicht zonering gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Tabel 6: Literatuuroverzicht order batching gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Tabel 7: Literatuuroverzicht routing gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Tabel 8: Samenvattende tabel van literatuur in classificatietabel met besproken planningsprobleem en bestudeerde menselijke factor

Lijst van figuren

Figuur 1: Elementen die de uitkomsten van order picking beïnvloeden en bepalen.

Figuur 2: Een pallet met twee dieptelagen.

Figuur 3: Het onderscheid tussen de lange zijde en de korte zijde van een pallet.

Hoofdstuk 1 : Onderzoeksplan

1.1 Probleemstelling en centrale onderzoeksvraag

Een magazijn heeft als doel om opslagruimte te voorzien voor goederen die binnen komen en daarna terug buitengaan. Goederen komen binnen in het magazijn en worden daar opgeslagen. Wanneer er een order binnenkomt, gaat de order picker de goederen ophalen van hun locatie en klaarmaken voor transport. Als laatste fase worden de goederen naar de klant verstuurd (Sanders, Reid, Taylor, & Russel, 2017). Order picking is hierbij de meest arbeidsintensieve en duurste activiteit in bijna ieder magazijn. De kosten van order picking worden geschat op 55% van de totale operationele kosten van het magazijn (De Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Mensen staan centraal in dit proces en bepalen voor een groot deel de effectiviteit en de efficiëntie van order picking. Veel bedrijven kiezen er bewust voor om het order picking proces niet te automatiseren omdat zij van mening zijn dat mensen veel flexibeler zijn dan machines wanneer er zich onvoorziene of veranderende omstandigheden voordoen. Dit is al zeker het geval indien er op dat moment logisch nagedacht moet worden, iets waar machines tot op heden nog niet toe in staat zijn (Grosse, Glock, Jaber, & Neumann, 2015).

De taakinfilling van de order pickers is sterk veranderd in de afgelopen jaren. Vroeger kreeg een order picker een orderbon en was het zijn taak om er voor te zorgen dat het order uitgevoerd werd en was de manier waarop dat gebeurde van ondergeschikt belang. Tegenwoordig worden de orders door een centraal warehouse management systeem in afzonderlijke taken opgedeeld. Als een order picker een bepaalde taak voldaan heeft, wordt hem of haar automatisch een volgende taak toegewezen. Dit heeft als gevolg dat de order picker taken uitvoert zonder enig besef te hebben van het order waaraan hij werkt of met welke klant hij bezig is. De productiviteit en efficiëntie van de order picker is hierdoor sterk toegenomen. Nog belangrijker is echter dat het nadenken van de order pickers ook wordt weggenomen en dat de creativiteit van de order picker afneemt. Dit is overigens niet het enige nadeel dat aan deze ontwikkelingen vasthangt. De grote hoeveelheid repetitieve en snel opeenvolgende taken leiden tot een hogere kans op klachten aan het bewegingsstelsel en op lange termijn kan dit leiden tot een hoger ziekteverzuim (Dul, 2006).

Door de jaren heen is er veel onderzoek gebeurd naar de manier waarop orders zo efficiënt mogelijk gepickt kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door de lay-out van het magazijn aan te passen, routes voor de order picker te bepalen of door de opslagmethode aan te passen. Deze studies hebben echter één zeer belangrijk punt over het hoofd gezien, zijnde de menselijke factoren achter deze order pickers. Daarom kan ook wel gesteld worden dat voorgaande onderzoeken slechts gedeeltelijk realistische resultaten weergeven (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Menselijke factoren of ook wel ergonomie genoemd, wordt als volgt gedefinieerd: "Ergonomie is de wetenschappelijke discipline die zich bezig houdt met het begrijpen van de interactie tussen de mens en andere elementen van een systeem. Het is het beroep dat theorie, principes, gegevens en methodes toepast om deze zo te ontwerpen dat het menselijk welzijn en de globale prestatie van het systeem geoptimaliseerd wordt" (IEA, 2016).

Een voorbeeld waarbij er geen rekening lijkt gehouden te worden met menselijke factoren is dat van Amazon. Het bedrijf houdt nauwgezet bij hoe lang order pickers doen over het verwerken van hun opdrachten. Wie hiervan afwijkt krijgt strafpunten en wie te veel van deze strafpunten verzameld heeft, wordt ontslagen. Uit een enquête bij 105 Amazon-werknemers blijkt dat bijna drie op vier werknemers aangeeft dat ze niet naar het toilet durven te gaan omdat ze bang zijn dat ze hun vooropgestelde doelen niet halen, met strafpunten en een eventueel ontslag tot gevolg (Dijkhuizen, 2018).

Doordat menselijke factoren achterwege gelaten worden of niet juist geïmplementeerd worden in bestaande plannings- en optimalisatiemodellen bij order picking, wordt er geen compleet beeld geschetst en zal de kwaliteit van de planning ondermaats zijn (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Louter concentreren op de planning en optimalisatie van het order picking proces zonder rekening te houden met menselijke factoren kan leiden tot een slechte uitkomst van het pick proces en mogelijke blessures bij de order picker (Neumann, 2004). Dit wil zeggen dat er een kloof is tussen voorgaande studies en wat er in de praktijk wordt waargenomen. Er is nood aan het correct implementeren van menselijke factoren in het plannen van het order picking proces. Indien deze factoren correct worden geïntegreerd in de planning, kunnen er verbeteringen worden gecreëerd op vlak van kosten, prestaties en het welzijn van de werknemer. Er kan ter verbetering bijvoorbeeld voor gezorgd worden dat er slechts een maximaal gewicht getild mag worden door de order picker (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015).

Maar liefst 80% van alle orders die in een magazijn verwerkt worden, worden manueel gepickt door een order picker (De Koster et al., 2007). Dit heeft als gevolg dat er gesteld kan worden dat wanneer er geen of onvoldoende rekening gehouden wordt met menselijke karakteristieken zoals psychische werkdruk, bijvoorbeeld de stress die de order picker ervaart bij het werk, en de gestalte van het lichaam bij het inplannen van de order picking, er onverwacht lagere prestaties gehaald kunnen worden. Het is dus best dat menselijke factoren in acht worden genomen om tot een operationeel succes te komen. Uit de literatuur volgt dat met volgende menselijke factoren rekening gehouden moet worden: perceptuele, mentale, fysieke en psychosociale factoren. Deze menselijke factoren zijn relevant in het proces van de order picker en ze hebben een invloed op de uitkomst en de kwaliteit van de order picking en de gezondheid van de order picker (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Order picking is een herhaaldelijke taak die kan leiden tot musculoskeletale aandoeningen. Deze aandoening zijn de grootste reden waarom mensen afwezig zijn op het werk. Musculoskeletale aandoeningen zijn goed voor meer dan 52% van alle werkgerelateerde afwezigheden (Schneider & Irastorza, 2010).

Eén van de hoofddoelstelling van de Europese Unie en de bijhorende Europa 2020 strategie is om meer en betere jobs te creëren in Europa terwijl ook de kwaliteit en werkomstandigheden verbeterd dienen te worden (Eurofond, 2015). Deze doelstelling wordt ontwikkeld en financieel gesteund omdat een verbetering van arbeidsomstandigheden er toe kan leiden dat er langer gewerkt kan worden en dat dit duurzaam werk en werkgelegenheid met zich mee brengt (Misztal & Butlewski, 2012). De aangekondigde veranderingen, zoals het verhogen van standaarden van veiligheid en welzijn op het werk, voor het verbeteren van de werkomstandigheden zullen een positief effect hebben op de

deelname in de arbeidsmarkt en op de productiviteit van een bedrijf. Als gevolg zullen deze veranderingen ook het risico van afwezigheid op het werk in verband met gezondheidsproblemen verminderen (Gajsek, Herzog, Butlewski, & Dukic, 2017). Om deze reden en in het kader van de Europa 2020 strategie hebben menselijke factoren aan aandacht gewonnen. Dit kan gezien worden aan het aantal regelgevingen en initiatieven die er in vele landen gekomen zijn met als doel de veiligheid en het welzijn binnen de logistieke sector te verhogen (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Deze veranderingen gaan echter zeer traag en werkgevers staan hier nogal sceptisch tegenover en beweren dat verbeterde werkomstandigheden en de financiële investeringen die zij daarvoor moeten doen niet kunnen terugverdienen binnen een aanvaardbare tijd (Gajsek et al., 2017).

Het onderzoek naar menselijke factoren heeft twee doelen. Ten eerste wordt er op zoek gegaan naar hoe de effectiviteit en de efficiëntie verhoogd kan worden. Ten tweede wordt er geprobeerd om menselijke waarden in acht te nemen zoals het doen toenemen van de veiligheid, het verhogen van de voldoening die de order picker haalt uit het werk en stress en vermoeidheid proberen te verminderen (Sanders & McCormick, 1993).

De centrale onderzoeksvraag die uit dit probleem voortvloeit luidt als volgt: "Hoe kan een betere integratie van menselijke factoren in planningsproblemen de werktevredenheid en de gezondheid van de order picker verbeteren?"

1.2 Deelvragen

Om een sluitend antwoord te formuleren op de centrale onderzoeksvraag worden deelvragen opgesteld. In deze sectie worden alle deelvragen die voortkomen uit de centrale onderzoeksvraag voorgesteld.

- 1) Hoe ziet het werk van een order picker eruit en wat is het belang hiervan in de context van een magazijn?

Het order picking proces kan als volgt omschreven worden: eerst ontvangt de order picker informatie over een welbepaald order op een picklijst, een lijst waarop staat welke producten de order picker moet nemen, hoeveel keer dat product gepickt moet worden, de locaties van de producten en de volgorde van hoe de order picker deze producten zou moeten ophalen. Daarna gaat de order picker naar de opslagplaatsen, haalt de goederen op en keert terug naar het depot om de goederen daar achter te laten voor het transport. Vaak worden verschillende orders in één route meegegeven zodat de capaciteit van de order picker volledig benut wordt, dit is order batching (De Koster et al., 2007).

De activiteiten die plaatsvinden in magazijnen zijn cruciaal voor bijna elke supply chain (Routroy & Kodali, 2008). Binnen het magazijn telt order picking als één van de meest arbeids- en tijdsintensieve processen. Order picking is verantwoordelijk voor meer dan 50% van de werkingskosten in een magazijn (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2010).

- 2) Wat wordt er verstaan onder menselijke factoren, welke aspecten zijn er en wat is het belang ervan bij order picking?

Mensen zijn de belangrijkste actoren in een manueel order picking proces en ze werken in een omgeving die gevormd wordt door verschillende kenmerken zoals de lay-out van het magazijn, de stockage, routing.... Deze kenmerken kunnen ervoor zorgen dat het werk van de order pickers belemmerd wordt want er wordt geen rekening gehouden met de kenmerken van de order picker die mogelijk botsen met die van het magazijn. Menselijke factoren kunnen gedefinieerd worden als de interacties tussen mensen en systemen, zoals de omgeving waarin men zich bevindt, en ze kunnen opgedeeld worden in fysieke, mentale, perceptuele en psychosociale aspecten. Deze aspecten hebben allemaal een directe invloed op de resultaten van order picking zoals tijd, kwaliteit en de gezondheid en veiligheid van de werknemer op het werk (Neumann & Dul, 2010).

- 3) Wat zijn de oorzaken en de gevolgen van het niet juist of onvoldoende integreren van menselijke factoren bij het plannen van het order picking proces?

Managers binnen een logistieke omgeving zijn vaak niet goed genoeg bekend met de exacte taken van de order pickers. De managers weten onvoldoende wat order picking succesvol maakt en concentreren zich vooral op het zo snel mogelijk picken van goederen. De managers hebben voornamelijk als doel om de tijd en afstand die een order picker moet overbruggen, zo klein mogelijk te houden zonder hierbij rekening te houden met menselijke factoren die direct of indirect een invloed hebben op het order pick proces (Grosse, Glock, & Neumann, 2015; Vandeveld & van Dierdonck, 2003). Louter concentreren op de planning en optimalisatie van het order picking proces zonder rekening te houden met menselijke factoren kan leiden tot een slechte uitkomst van het pickproces en mogelijke blessures bij de order picker (Neumann, 2004). Wanneer er bijvoorbeeld rekken zijn die te laag, te hoog of te diep zijn, moeten order pickers onnatuurlijke bewegingen aannemen die kunnen leiden tot een blessure (NRC, 2001).

- 4) Hoe kunnen bedrijven menselijke factoren integreren bij de planning van het order picking proces?

In deze deelvraag zal een classificatie gemaakt worden van de huidige literatuur omtrent menselijke factoren in order picking. Er wordt meer bepaald gekeken naar wetenschappelijke literatuur die menselijke factoren proberen te integreren in het plannen van het order picking proces in de context van een magazijn. Er worden in deze papers onderzoeken gerapporteerd en verbetervoorstellen geformuleerd. Deze verbetervoorstellen kunnen bijvoorbeeld gebaseerd zijn op het design van het magazijn (Otto, Boysen, Scholl, & Walter, 2017), de kenmerken van de order picker (De Vries, de Koster, & Stam, 2016b) en het gedrag van de order picker (Glock, Grosse, Elbert, & Frankze, 2016).

1.3 Belang van het onderzoek

Samenvattend uit dit onderzoeksplan kan gesteld worden dat, zoals aangehaald in de probleemstelling, het niet juist implementeren of fout interpreteren van menselijke factoren in het order picking proces tot negatieve gevolgen voor de werknemer en het bedrijf kan leiden. Dit probleem is de aanleiding van het onderzoek. Er zal in deze studie eerst een algemeen beeld geschetst worden over order picking en menselijke factoren en wat het belang is om deze te matchen aan elkaar. De bestaande literatuur binnen het onderzoek naar order picking focust tot nu toe vooral op het design van order picking en de controle ervan (Burinskiene, 2010). Het doel van de meeste studies in order picking, is om de gemiddelde reisafstand van een order picker te verminderen door het proces juist te plannen (Dukic & Oluic, 2007). In deze studies worden menselijke factoren vaak genegeerd of werd er verondersteld dat ze constant zijn en dus geen invloed hebben op het order picking resultaat (Grosse, Dixon, Neumann, & Glock, 2016). Het uiteindelijke doel van deze masterproef is om een classificatie te maken van bestaande literatuur waarin menselijke factoren bij order picking onderzocht en geïntegreerd worden. Een belangrijke voorwaarde om mee opgenomen te worden in de classificatie is dat de onderzoeken proberen om menselijke factoren mee op te nemen in planningsmodellen of verbetervoorstellen aanhalen. Deze classificatie zal een algemeen beeld schenken van wat er tot op heden onderzocht geweest is met betrekking tot de integratie van menselijke factoren in planningsmodellen bij order picking, wat de resultaten daarvan zijn en waar er nog onderzoek gevoerd moet worden.

1.4 Onderzoeksaanpak

In dit onderzoek zal gebruik gemaakt worden van wetenschappelijke literatuur die gevonden wordt met behulp van zoekmachines zoals Google Scholar, EBSCOhost, ScienceDirect... Er zal hierbij vooral gezocht worden via kernwoorden zoals: "human factors, ergonomics, order picking, warehouse, distribution, problems, risks...". De informatie uit deze bronnen zal er toe bijdragen dat er een algemeen beeld geschetst kan worden van het belang van menselijke factoren in order picking en waar de problemen zich juist bevinden. Daarnaast zal er ook gekeken worden naar factoren die voortkomen uit andere bedrijfsprocessen zoals productie. Sommige elementen uit andere bedrijfsprocessen kunnen namelijk een invloed hebben op order picking of interessante overeenkomsten bevatten.

Hoofdstuk 2 : Literatuurstudie

2.1 De rol van order picking in het magazijn

In deze sectie zal eerst een algemeen beeld geschetst worden over wat het order picking proces precies inhoudt. Daarna zal er gefocust worden op manuele arbeid binnen het order picking proces. Tot slot wordt ook het huidige managementdoel bij order picking onder de loep genomen. Dit alles zal een antwoord bieden op de eerste deelvraag: hoe ziet het werk van een order picker eruit en wat is het belang hiervan in de context van een magazijn?

2.1.1 Het order picking proces

Verschillende recente trends in productie en distributie hebben het design en management van order picking niet alleen belangrijker, maar ook ingewikkelder gemaakt. Bij het produceren van goederen streeft het management steeds meer naar kleinere lotgroottes, de hoeveelheid die in één keer geproduceerd wordt, naar aanpassingen op het laatste moment en trachten ze de cyclustijd, hoe lang de productie duurt, te verminderen. Bij de distributie komen orders steeds later binnen terwijl bedrijven sneller en tijdig wil leveren waardoor de tijd voor het order picking proces korter wordt. Vele kleine magazijnen worden vervangen door grote magazijnen om zo schaalvoordelen te kunnen realiseren. In deze grote magazijnen ligt het pickvolume hoger en is de tijd waarin er gepickt dient te worden korter. Veel bedrijven bieden tegenwoordig ook extra diensten aan bij het order picken zoals het labelen en op palletten sorteren van producten. Deze activiteiten moeten dus ook mee gepland worden in het order picking proces (De Koster et al., 2007).

Het order picking proces kan als volgt omschreven worden: eerst ontvangt de order picker informatie over een order op een picklijst. Op deze picklijst staat vermeld welke goederen de order picker moet gaan picken, hoeveel keer dat het product gepickt moet worden, de locaties van de producten en de volgorde van hoe de order picker deze producten zou moeten ophalen. Daarna gaat de order picker naar de opslagplaatsen, haalt de goederen op en keert terug naar het depot om de goederen daar achter te laten voor het transport. Vaak worden verschillende orders in één route meegegeven zodat de capaciteit van de order picker volledig benut wordt. Dit wordt order batching genoemd. Een order picking proces vereist altijd een opstartfase. Hieronder wordt het verkrijgen van orders van klanten verstaan, deze orders sorteren, picklijsten voorbereiden en de picks van de goederen op volgorde zetten. Afhankelijk van het bedrijf waarin een order picker werkt, is de order picker al dan niet afhankelijk van een vooropgestelde route. Soms hebben de order pickers dus ook de vrije keuze om in een bepaalde volgorde de orders te picken. Bij het ophalen van de goederen zijn verschillende activiteiten betrokken: de afstand die de order picker aflegt naar het rek, het zoeken naar het juiste product, het pakken van het product in de juiste hoeveelheid en het aftoetsen van het product op de picklijst. Na het picken keert de order picker terug naar het depot waar hij/zij eventueel nog de producten verpakt en sorteert. Ten slotte geeft de order picker door dat het order vervuld is (De Koster et al., 2007).

2.1.2 Manuele arbeid

De activiteiten die gebeuren in magazijnen zijn cruciaal voor bijna elke supply chain (Routroy & Kodali, 2008). Mensen zijn de belangrijkste actoren in een manueel order picking proces. Dit blijkt onder meer uit het order picking proces dat eerder omschreven werd (Neumann & Dul, 2010). Binnen het magazijn telt order picking als één van de meest arbeids- en tijdsintensieve processen. Order picking is verantwoordelijk voor meer dan 50% van de werkingskosten in een magazijn (Tompkins et al., 2010). Deze hoge kost komt door het feit dat orders vaak manueel gepickt worden. Daarnaast zijn meer dan 80% van alle magazijnen niet geautomatiseerd en dus afhankelijk van manuele arbeid (De Koster et al., 2007). Veel managers van bedrijven kiezen er bewust voor om het order picking proces niet te automatiseren omdat zij van mening zijn dat mensen veel flexibeler zijn dan machines wanneer er zich onvoorziene of veranderende omstandigheden voordoen. Dit is al zeker het geval als er op dat moment logisch nagedacht moet worden, iets waartoe machines nog niet in staat zijn (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). In manuele order picking systemen wandelen of rijden de order pickers door de gangen van het magazijn om producten uit rekken of van palletten af te halen om aan een order te voldoen (Dallari, Marchet, & Melacini, 2009). De keerzijde hiervan is echter dat wegens het hoge aantal herhaaldelijke manuele bewegingen, order pickers een hoog risico hebben op gezondheidsproblemen, zeker op musculoskeletale aandoeningen. Deze gezondheidsproblemen kunnen leiden tot lange termijn kosten doordat werknemers afwezig zijn, nieuwe werknemers aangenomen moeten worden... (Koningsveld, Dul, Van Rhijn, & Vink, 2005; Meerding, Ijzelenberg, Koopmandschap, Severens, & Budorf, 2005).

2.1.3 Managementdoel bij order picking

Het belangrijkste doel bij order picking is om de afstand die een order picker aflegt, te minimaliseren. Andere doelen die managers soms willen bereiken zijn het minimaliseren van de totale kosten of het optimaal gebruiken van de beschikbare ruimte van het magazijn (De Koster et al., 2007). Onderstaande elementen bepalen de manier waarop order picking gepland kan worden:

- Lay-out design: bepaalt het aantal zones binnen het order picking gebied, het aantal, de lengte en de breedte van de gangen in elke zone. Daarnaast bepaalt het ook hoe de rekken waarin de goederen gestockeerd worden, eruitzien.
- Voorraadtoewijzing: bepaalt waar de goederen gestockeerd worden in het order picking gebied op basis van bepaalde criteria. Zo kan er bijvoorbeeld gekeken worden naar hoe vaak het product gepickt moet worden. Een vaak gepickt product kan dan op een tactischere plaats gestockeerd worden, bijvoorbeeld dicht bij het depot.
- Zonering: verdeelt het order picking gebied in verschillende zones en wijst order pickers toe aan één specifieke zone.
- Order batching: neemt orders samen of splitst orders op als ze te klein of te groot zijn.
- Routing: bepaalt de volgorde van de producten die gepickt moeten worden en bepaalt dus ook de route die de order picker moet volgen doorheen de gangen van het magazijn. (Grosse, Glock, & Neumann, 2015)

Bovenstaande elementen kunnen ervoor zorgen dat het werk van de order pickers belemmerd wordt want er wordt geen rekening gehouden met de kenmerken van de order picker die mogelijks botsen met die van het magazijn (Neumann & Dul, 2010).

Veel managers van magazijnen willen de tijd die een order picker besteedt aan het verplaatsen doorheen het magazijn verminderen (De Koster et al., 2007). Ondanks dat er verschillende studies zijn die aantonen dat ook andere activiteiten bijdragen aan de totale tijd van het order picking proces, zoals het picken van het product, wordt het verplaatsen toch nog steeds gezien als de meest dominante component. In de praktijk wordt echter waargenomen dat de opstarttijd, het zoeken naar het juiste product en het picken van het product, een grote impact heeft op de kwaliteit van order picking omdat deze elementen afhankelijk zijn van menselijke factoren. Wanneer een order picker bijvoorbeeld niet gewend is aan de manier waarop een product in de rekken ligt gesorteerd, kan deze order picker meer tijd nodig hebben om het juiste product te nemen dan iemand die wel ervaring heeft met deze opslagmethode (Grosse & Glock, 2013). Dit wordt ook waargenomen wanneer de order picker moe is, zich niet goed voelt of pijn heeft (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015).

De processen in magazijnen moeten efficiënt beheerd worden zodat er minder tijd gependeed wordt aan een order, er veel producten beschikbaar zijn en er snel geleverd kan worden. Dit zijn belangrijke elementen om een goede service te bieden aan klanten (Richards, 2014). Elke mindere uitvoering in het order picking proces kan leiden tot een slechte service of een storing in de volledige supply chain. Het is dus noodzakelijk dat order picking efficiënt en correct gebeurt (De Koster et al., 2007).

2.2 Menselijke factoren

In deze sectie zal eerst een beeld geschetst worden van het belang van mensen in bedrijfsprocessen. Er wordt een voorbeeld aangehaald uit de auto-industrie om dit te verduidelijken. Daarna wordt er toegespitst op menselijke factoren in order picking en worden deze elk apart ontleed. Dit alles zal een antwoord bieden op de tweede deelvraag: wat wordt er verstaan onder menselijke factoren, welke aspecten zijn er en wat is het belang ervan bij order picking?

2.2.1 Belang van mensen in processen

De domeinen van productie en Human Resource Management (HRM) zijn lange tijd gescheiden geweest. Het was vreemd voor een productiemanager om zich bezig te houden met human resource en vice versa. Studies hebben echter aangetoond dat een link tussen beiden kan leiden tot verschillende opportuniteiten waarbij beide zaken sterk verbeterd kunnen worden. Een voorbeeld uit een productieomgeving om dit aan te tonen: denk aan een grote autofabrikant met een geautomatiseerde bandwerking die er om bekend staat haar budget slecht te beheren en een lage efficiëntie vertoont. In plaats van op zoek te gaan naar een manier om de efficiëntie te verhogen, bleef het bedrijf lange tijd slecht presteren tot er een nieuwe manager kwam. De nieuwe manager stelde onmiddellijk vast dat de belangrijkste kost was dat de auto's niet tijdig geproduceerd werden en dat er veel dure overuren nodig waren. Een maatregel die hij nam was dat de band niet meer stilgelegd mocht worden. Dit was namelijk de grootste oorzaak van het niet tijdig produceren. De manager wist echter ook dat de meerderheid van deze bandonderbrekingen veroorzaakt werden door fouten van de werknemers en hij legde de focus op zijn werknemers zodat zij beter konden presteren. De werknemers kregen enkele maanden opleiding om te leren wat de belangrijkste fases zijn in de productie en hoe ze problemen kunnen voorkomen of oplossen. In minder dan een jaar tijd werd de

fabriek omgevormd door te focussen op zowel productie, als ook op het menselijke aspect. De werknemers waren niet alleen beter op de hoogte van wat ze moesten doen, ze werden ook meer gemotiveerd om het werk juist uit te voeren in een goed tempo (Boudreau, Hopp, McClain, & Thomas, 2003). HRM is echter nog wel verschillend van menselijke factoren. HRM focust meer op het selecteren van de juiste mensen of het ontwikkelen van werknemers zodat zij in het systeem passen. Menselijke factoren focussen zich meer op het aanpassen van het systeem zodat het goed is voor de werknemers (Neumann & Dul, 2010).

2.2.2 Aspecten menselijke factoren

Menselijke factoren, of ergonomie, is de wetenschappelijke discipline die betrekking heeft op het begrijpen van de interacties tussen mensen en andere elementen van een systeem. Het begrijpen van deze interacties helpt om processen en mensen in termen van hun behoeftes, mogelijkheden en beperkingen, te harmoniseren (IEA, 2016). Menselijke factoren kunnen worden opgedeeld in perceptuele, mentale, fysieke en psychosociale aspecten. Deze aspecten hebben allemaal een directe invloed op de resultaten van het order picking proces zoals tijd, kwaliteit en de gezondheid en veiligheid van de order picker op het werk (Neumann & Dul, 2010).

In de volgende paragrafen worden alle menselijke factoren die hierboven opgesomd staan, verder toegelicht.

2.2.2.1 Perceptuele aspecten

Perceptie gaat over het verwerken van informatie door de hersenen. Bij order picking is het essentieel dat de order picker de picklijst leest om te weten welke producten hij/zij moet ophalen. Het design van de picklijst heeft dan ook een invloed op de totale tijd van het order picking proces. Wanneer alles bijvoorbeeld heel klein geschreven staat en de nummers van de goederen klein en onduidelijk zijn om te lezen, heeft de order picker mogelijk meer tijd nodig om de juiste informatie uit de picklijst te halen. Ook wanneer de labels op de producten en/of rekken onduidelijk zijn, kan dit problemen veroorzaken. Het belangrijkste is om te onthouden dat wanneer order pickers dingen slecht kunnen zien of lezen, zij mogelijk vreemde houdingen gaan aanhouden om de productidentificatie toch te kunnen lezen. Dit kan op lange termijn leiden tot nek- en rugklachten (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Langs de andere kant kan dit er ook toe leiden dat de foute producten uit de rekken worden genomen (Brynzér & Johansson, 1995).

2.2.2.2 Mentale aspecten

Wanneer er gekeken wordt naar mentale of cognitieve aspecten, wordt er waargenomen dat order pickers onderworpen kunnen worden aan het learning-by-doing principe. Door te leren zullen de capaciteiten van de order picker verbeteren en zal hij/zij minder tijd nodig hebben om een order te vervullen. Het zoeken naar items in de rekken en het aanduiden van deze goederen op de picklijst is iets wat geleerd kan worden. Andere taken zoals het verplaatsen doorheen het magazijn en het uiteindelijke pakken van de goederen, vergen minder leertijd (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015).

Verschillende studies tonen een potentiële relatie aan tussen hoe bekend een order picker is met een opslaglocatie, en dus eigenlijk wat deze order picker geleerd heeft, en de mogelijk afgenomen tijd naar het zoeken van het product. Wanneer goederen een vaste locatie hebben in het magazijn, zal de tijd van het zoeken naar het product afnemen. Wanneer dit echter niet het geval is, zullen order pickers meer tijd nodig hebben om het juiste product te vinden. Logisch gezien worden dezelfde producten altijd op eenzelfde plaats gestockeerd. Indien het productassortiment vaak verandert, kan het zijn dat de producten random gestockeerd worden. Hierbij valt het leeraspect van de order picker dus weg en zal de totale picktijd toenemen (Bindi, Manzini, Pareschi, & Regattieri, 2009; Chuang, Lee, & Lai, 2012; Van Zelst, Van Donselaar, Van Woensel, Broekmeulen, & Fransoo, 2009; Wäscher, 2004). Een ander gerelateerd aspect is dat complexe pickroutes kunnen leiden tot verwarring en dat de order picker de routes daardoor niet goed vindt (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Hierdoor is het mogelijk dat de order picker zelf bewust gaat afwijken van de route. Dit heeft een negatieve impact op de prestatie van de order picker en het order picking proces in het algemeen. Het afwijken van de optimale routes door de order picker wordt ook maverick picking genoemd (Glock et al., 2016).

2.2.2.3 Fysieke aspecten

Wanneer een order picker manueel bezig is met het behandelen van goederen, zijn er bij het order picking proces fysieke activiteiten betrokken. Denk hierbij aan het verplaatsen tussen de rekken en de gangen, het duwen of trekken van karren, buigen, goederen optillen... Te veel repetitieve, manuele handelingen kunnen leiden tot vermoeide en stramme spieren, wat kan leiden tot een slechtere prestatie van de order picker (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Een mogelijke oplossing is dat de producten die veel besteld worden in het rek geplaatst worden tussen de order picker zijn taille en schouders. Dit is de zogenaamde gouden zone en kan de prestatie van de order picker verbeteren en de vermoeidheid verlagen (Petersen, Siu, & Heiser, 2005).

Order picking brengt veel ergonomische risico's met zich mee omwille van volgende redenen:

- Order picking is een herhaaldelijke taak. Naar schatting worden er in verschillende magazijnen tussen de 12 tot 480 picks per persoon per uur gedaan. Dus ondanks dat één pick op zich weinig risico's met zich mee lijkt te brengen, kunnen picks die vaak herhaald worden op lange termijn leiden tot grote ergonomische risico's (Marras, Lavender, Ferguson, Splittstoesser, & Yang, 2010).
- Het optillen en neerzetten van producten gebeurt vaak in ongemakkelijke houdingen (Otto et al., 2017).
- In sommige industrieën krijgen order pickers te maken met zware en ongemakkelijke goederen. Een goed voorbeeld van zware en ongemakkelijke producten om te pakken zijn grote autoramen. Deze worden ook meestal niet machinaal gepickt vanwege de breekbaarheid (Boysen, Emde, Hoeck, & Kauderer, 2015). Daarnaast kan ook de verpakking van het product het pick proces vermoeilijken. Zo kan de verpakking niet makkelijk zijn om vast te houden of breekbaar zijn. Hierdoor hebben de order pickers dus extra spierkracht nodig om het product op een juiste manier te pakken en stabiel te houden (Otto et al., 2017).

Fysieke handelingen zoals het verplaatsen van goederen en het duwen of trekken van karren zijn noodzakelijk wanneer een order picker zich door een magazijn verplaatst. Bij deze handelingen zijn de beperkingen van de fysieke capaciteit van de order picker en/of de beperkingen op wat hij/zij kan pikken, belangrijke factoren. Herhaaldelijk foute lichaamshoudingen, te veel gewicht heffen of verplaatsen en te lange afstanden afleggen, kan leiden tot musculoskeletale aandoeningen. Er is bewezen dat het energieverbruik tijdens het verplaatsen door het magazijn lineair toeneemt met het gewicht dat de order picker meedraagt. Dit kan leiden tot vermoeidheid (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015).

Tot dusver is de beperking van wat een order picker kan vervoeren enkel toegepast geweest op een order batching probleem (Gu, Goetschalckx, & McGinnis, 2007). Bij order batching worden orders samengevoegd en/of verdeeld in stukken zodat er een enkele pick route gevormd kan worden waarbij er rekening wordt gehouden met de hoeveelheid die gepickt kan worden. Het doel hiervan is de totale tijd van het verplaatsen doorheen het magazijn, om de goederen te pikken en te sorteren, te verminderen (Gademann & Van De Velde, 2005). Onderzoek naar order batching hield dus rekening met het feit dat een order picker slechts een beperkt aantal producten met zich mee kan nemen (Bozer & Kile, 2008; Glock & Grosse, 2012; Henn & Schmid, 2013). Dit is echter een onrealistische situatie aangezien producten vaak heterogeen zijn en sommige producten met gevolg een grotere impact hebben op de order picker (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015).

2.2.2.4 Psychosociale aspecten

Psychosociale aspecten omvatten niet-fysieke dimensies zoals tevredenheid over het werk, hoe uitdagend de job is, werkdruk, relaties met oversten... (Karasek & Theorell, 1990; Smith, 1997).

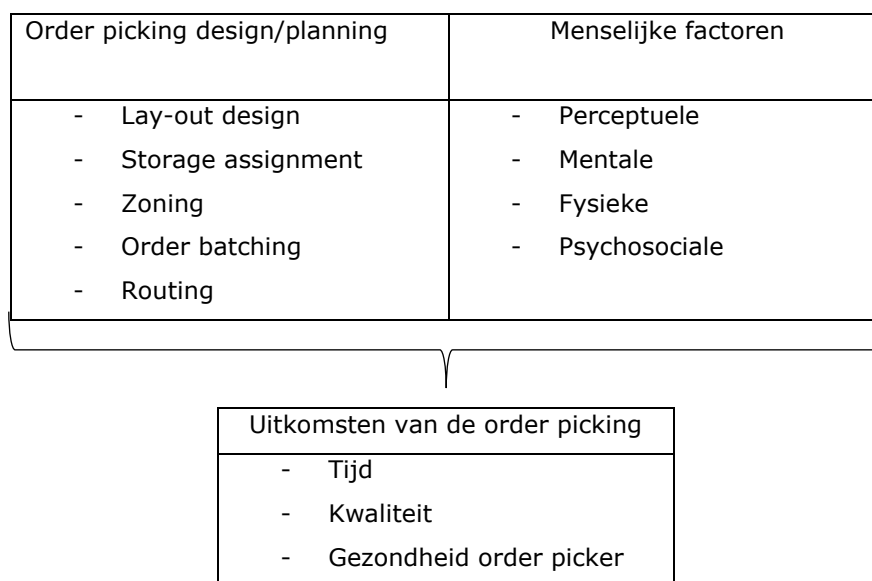
De motivatie van de order picker is essentieel wanneer er een goede prestatie nagestreefd wordt (Lodree, Geiger, & Jiang, 2009). Een goede motivatie verbetert de effectieve prestatie van de order picker. De motivatie kan verhoogd worden door bijvoorbeeld bonussen, aandelen of andere beloningen te geven (Goomas & Ludwig, 2007). Werkgevers kunnen de motivatie ook verhogen door feedback te geven (Shikdar & Das, 2003) of door bijvoorbeeld extra vrije dagen te geven indien er goed gepresteerd wordt (Lodree et al., 2009). De motivatie van order pickers kan daarentegen aangetast worden wanneer er geen of onvoldoende rekening wordt gehouden met de menselijke factoren. De order picker ervaart dit dan als slechte werkomstandigheden (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015).

De prestaties en gezondheid van de order picker wordt ook beïnvloed door de stress, werkdruk en vermoeidheid die hij/zij ervaart (Lodree et al., 2009; Marras, Davis, Heany, Maronitis, & Allread, 2000). Stress en werkdruk kunnen veroorzaakt worden door tijdsdruk (St-Vincent, Denis, Imbeau, & Trudeau, 2006) en omgevingsfactoren zoals licht, temperatuur, lawaai, luchtkwaliteit, hygiëne en veiligheid op de werkvloer (De Koster et al., 2007; Navqi, King, & Rook, 2001). Wanneer order pickers vermoeidheid en tijdsdruk voelen, is er een grotere kans dat zij het foute item uit de rekken zullen nemen (Jaber, Givi, & Neumann, 2013). Het is ook bewezen dat personen die zich vervelen op het werk of de taak niet uitdagend genoeg vinden, slechter zullen presteren. Dit kan verholpen

worden door er voor te zorgen dat de order picker vaak verschillende opdrachten krijgt (Azizi, Zolfaghari, & Liang, 2010). Wanneer arbeiders weinig controle hebben over hun werk en er dus weinig ruimte is voor eigen initiatieven, en er hoge verwachtingen zijn, zoals tijdsdruk, krijgen ze vaak te maken met negatieve gezondheidsgevolgen (Häusser, Mojizisch, Niesel, & Schulz-Hardt, 2010). Psychosociale gezondheidsproblemen kunnen voorkomen onder de vorm van stress, burn-out en een hoog verloop van werknemers (Eatough, Way, & Chang, 2012). Daarnaast kunnen deze problemen er tevens toe leiden dat het bedrijf in het algemeen slechter presteert (Layer, Karwowski, & Furr, 2009).

2.3 Samenvattend schema

Uit secties 2.1 en 2.2 kan volgend samenvattend schema worden samengesteld:



Figuur 1: Elementen die de uitkomsten van order picking beïnvloeden en bepalen. Figuur gebaseerd op Grosse, Glock en Neumann (2015).

Wat uit dit schema blijkt is dat de uitkomst van het order picking proces afhankelijk is van verschillende factoren. Enerzijds is er de technische kant van het proces. Hierbij worden de lay-out en de kenmerken van het magazijn bepaald, welke zones er gehanteerd worden, wat de routes van de order pickers moeten zijn... Aan de andere kant staan de menselijke factoren waarmee rekening gehouden moet worden bij het plannen van het proces en de elementen aan de linkerkant van de tabel. Een juiste match tussen de twee zijdes kan een order picking proces opleveren waarbij er efficiënt en goed gepickt wordt en waarbij de order picker zich mentaal en fysiek goed voelt.

2.4 Oorzaken en gevolgen van het fout integreren van menselijke factoren in planningsmodellen bij order picking

In deze sectie zullen de oorzaken en de gevolgen van het fout integreren van menselijke factoren bij de planning van order picking besproken worden. In eerste instantie zal er een beeld geschetst worden van de oorzaken. Ten tweede worden de gevolgen onder de loep genomen en zal er ook een case studie besproken worden om de gevolgen weer te geven met een voorbeeld uit de praktijk.

2.4.1 Oorzaken

Een eerste reden waarom menselijke factoren vaak niet of fout geïntegreerd worden in planningsmodellen bij order picking is dat bedrijven te weinig kennis hebben over menselijke factoren. Een onderzoek uit Ierland toont aan dat 36% van de bedrijven geen kennis heeft over menselijke factoren (James, Grennan, & Mulhern, 1994). In ontwikkelingslanden bedraagt dit percentage maar liefst 88%. Bedrijven die hier geen kennis van hebben, kunnen dus niet profiteren van het juist toepassen van menselijke factoren in hun processen (Neumann & Dul, 2010).

Een tweede reden waarom menselijke factoren vaak niet goed toegepast worden, bestaat uit het feit dat bedrijven dit vaak zien als een onderdeel van het Human Resource Management (Hägg, 2003). Het probleem is eigenlijk dat menselijke factoren door het management nog vaak gezien wordt als iets om blessures en dergelijke te vermijden, zonder dat het extra opbrengsten met zich meebrengt. Doordat er zo over gedacht wordt, laten bedrijven kansen liggen om de efficiëntie te verhogen en de productiekost te verlagen (Jenkins & Rickards, 2001).

Een derde mogelijke oorzaak is dat onderzoek naar management niet meer focust op het dienen van bedrijven en de maatschappij, inclusief het welzijn van de mensen. Er wordt nu vooral gefocust op de winstgevendheid van een bedrijf, zonder echt rekening te houden met ethische implicaties (Walsh, Weber, & Margolis, 2003). Er kan wel gesteld worden dat er veel onderzoek gedaan wordt naar maatschappelijk verantwoord ondernemen, maar ook dit wordt vaak uitgedrukt in termen van winstgevendheid (Salzmann, Ionescu-Somers, & Steger, 2005; Weber, 2008).

Een vierde belangrijk probleem dat managers van logistiek tegenkomen bij het plannen van order picking, is dat zij vaak niet bekend zijn met de order pickers hun taken en daarom geen weet hebben van wat allemaal bij order picking komt kijken en wat order picking al dan niet succesvol maakt. Dit wordt ook wel eens een black box genoemd rond menselijke factoren in order picking. (Vandevelde & van Dierdonck, 2003). Veel managers weten vaak niet veel over menselijke factoren en hoe ze deze moeten inpassen in het design van het order picking proces. De managers moeten dus als het ware een extra inspanning leveren om hier meer over te weten te komen en dat laten ze vaak aan hen voorbijgaan. Toch zou het beter zijn als managers rekening houden met menselijke factoren in de opstartfase van het design van het order picking proces want op dat moment zijn de kosten om het te implementeren het laagst en zijn de mogelijkheden aan oplossingen het grootst (Alexander, 1998; Miles & Swift, 1998).

2.4.2 Gevolgen

Order pickers passen zich meestal aan naar de order picking systemen die enkel en alleen gepland zijn om zo productief mogelijk te zijn. De systemen zijn minder gericht op het vermijden van gezondheidsproblemen die zich kunnen voordoen bij de order pickers. Wanneer order pickers dan toch problemen krijgen met hun gezondheid, proberen ze dit op te lossen door een tijd afwezig te zijn of een andere job te zoeken. Order pickers worden meestal niet betrokken bij het herorganiseren van het werk zodat het comfortabel is. Bedrijven en managers zien vaak niet in dat verbeterde technologieën kunnen bijdragen aan een betere werkomgeving die goed is voor de gezondheid van

de order pickers en die ook de productiviteit ten goede komt, wat dan weer voordelig is voor het bedrijf (Gajsek et al., 2017).

Er is een risico dat er fouten ontstaan wanneer er manueel gepickt wordt, zogenaamde pick fouten. Bij pick fouten neemt de order picker verkeerde producten uit de rekken en/of is het aantal producten niet correct. Deze fouten kunnen leiden tot vertraagde leveringen en/of financiële verliezen. Daarnaast hebben ze ook een negatieve invloed op de tevredenheid van de klanten (Battini, Calzavara, Persona, & Sgarbossa, 2015; Berger & Ludwig, 2007; Grosse & Glock, 2013). Pick fouten zijn een slechte kwaliteit van het order pick proces. Wanneer er gekeken wordt naar een productieomgeving, is er een verband aangetoond tussen kwaliteit en menselijke factoren. In een productieomgeving is al meer onderzoek gebeurd naar kwaliteit en wordt kwaliteit als een belangrijk competitief domein beschouwd (Ghobadian & Galleary, 2001) en lijkt kwaliteit ook belangrijke linken te hebben met menselijke factoren (Carayon, Sainfort, & Smith, 1999; Drury, 2000; Eklund, 1995). "Kwaliteit is een functie van technologie en menselijke factoren en wordt sterk beïnvloed door ergonomie. Fouten in het proces kunnen leiden tot een onbetrouwbaar product, een slechte productiviteit of zelfs een blessure bij het personeel of gebruikers van het product" (Drury, 2000). Producten waarbij werknemers een ergonomisch slechte houding moeten aannemen tijdens het produceren, hebben 10 keer meer kans om een kwaliteitsstoring te hebben dan producten die gemaakt worden onder goede ergonomische omstandigheden (Axelsson, 2000).

De uitkomsten van het order picking systeem hangen vaak af van de karakteristieken van de order pickers, het design van het magazijn, het materiaal waarmee de order pickers de goederen uit de rekken moeten halen, met machines of manueel, en hoe alles gepland is binnen het magazijn. In de praktijk beginnen menselijke factoren steeds meer aandacht te krijgen. Verschillende opslagvormen en machines die het manuele order picking proces eenvoudiger maken, werden geïntroduceerd om herhaaldelijke handelingen te verlichten. Deze herhaaldelijke handelingen kunnen leiden tot musculoskeletale aandoeningen (Gajsek, Dukic, & Opetuk, 2015).

In totaal lijden 100 miljoen Europeanen aan musculoskeletale aandoeningen (Lidgren, Gomez-Barrena, Duda, Puhl, & Carr, 2014). Het nog altijd groeiende aandeel van musculoskeletale aandoeningen bedraagt meer dan 2% van het bruto nationaal product in de Europese Unie (Schneider & Irastorza, 2010). In de Europese Unie worden ongeveer 80 miljoen mensen, wat overeenkomt met 40% van de Europese bevolking, blootgesteld aan factoren die nadelig kunnen zijn voor de fysieke gezondheid (Eurostat, 2009). In order picking zijn deze factoren en gerelateerde risico's voor het ontwikkelen van musculoskeletale aandoeningen meestal bepaald door het design van het order picking systeem (Neumann & Village, 2012). Voorbeelden van aspecten bij het order picking design die een fysieke impact kunnen hebben op de order pickers zijn de hoogte en diepte van de rekken of de verlichting in het magazijn (Grosse, Glock, & Neumann, 2015). De grootte, het gewicht en de locatie van een item dat gepickt moet worden, heeft een invloed op het welzijn van de order picker. Wanneer zij zware en onhandige voorwerpen moet tillen, kan dit gevolgen hebben voor het musculoskeletale stelsel van de order picker (Norman et al., 1998). Dit blijft een groot probleem aangezien deze aandoeningen gerelateerd zijn met afwezigheid op het werk wat dan weer zorgt voor hoge kosten op de lange termijn (Punnett & Wegman, 2004). Musculoskeletale aandoeningen zijn de

meest voorkomende redenen voor afwezigheid op het werk. In 2013 waren musculoskeletale aandoeningen goed voor 34% van alle afwezigheden op het werk en hadden werknemers van magazijnen hier het grootste aandeel in (BLS, 2013). Lage rugpijn is de meest voorkomende aandoening binnen magazijnen (Marras, Davis, Kirking, & Bertsche, 1999). Order pickers hebben in vergelijking met het gemiddelde van een Europese werknemer 75% meer kans op het krijgen van musculoskeletale aandoeningen (Schneider & Irastorza, 2010). Een ergonomische werkomgeving heeft niet enkel effect op het welzijn van de order pickers, maar heeft ook een effect op de kosten. Zo kunnen er kosten bespaard worden doordat bedrijven minder moeten uitgeven aan medische kosten, zullen de afwezigheden van het personeel afnemen, zal de productiviteit toenemen en zullen er minder fouten optreden in het pick proces (Otto et al., 2017).

Gajsek et al. (2017) hebben een praktijkonderzoek gedaan naar menselijke factoren bij order picking. Het onderzoek vond plaats in 2016 in twaalf verschillende magazijnen in Slovenië. Ze stelen een vragenlijst op die gebaseerd was op zes verschillende topics. Order pickers werden bevraagd over hun demografie, de karakteristieken van hun werk, het voorkomen van gezondheidsproblemen, de impact die verschillende werkuitrustingen hebben op hun gezondheid en op hun prestatie en de perceptie die ze hebben op de mate waarin hun werkgever begaan is met hun gezondheid. Antwoorden werden gegeven in de vorm van een vijf-punten schaal. In totaal werden 132 vragenlijsten afgenomen binnen de 12 magazijnen, waarvan 73% als compleet werd beschouwd, wat dus staat voor 112 volledige antwoorden.

De order pickers uit het onderzoek van Gajsek et al. (2017) maken meestal gebruik van het scannen van de barcodes om te weten over welk product het gaat. Een kleine 60% in dit geval. Dit wordt gevolgd door 9 order pickers die enkel gebruik maken van de papieren die ze ter beschikking hebben en dus zelf moeten controleren of het over de juiste producten gaat. Nieuwe technologieën, zoals pick by voice waarbij order pickers naar het juiste product gestuurd worden op basis van een headset en pick to light waarbij er een lampje gaat branden bij de juiste producten, worden slechts door een klein deel van de ondervraagden gebruikt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het te duur is om te implementeren in de andere magazijnen. 7,5% van de order pickers neemt geen goederen boven schouderhoogte uit de rekken, terwijl 10% niets anders doet. Van deze 10% is er 60% die steeds producten pikt die zwaarder zijn dan 20 kilogram. De order pickers associëren sommige van hun gezondheidsproblemen met hun werk in het magazijn. Bijna één op drie order pickers geeft aan constante lage rugpijn te hebben. Dit wordt gevolgd door nekpijn, pijn in de schouders, spierpijn in de benen en de armen, mentale vermoeidheid, pijn aan de polsen, het zwellen van de benen en een zicht dat afgenomen is. Er wordt een significante correlatie waargenomen tussen hoe vaak order pickers goederen boven het hoofd, de schouders en de knieën moet tillen en lage rugpijn. Hoe meer er op deze hoogte getild wordt, hoe meer kans een order picker heeft op lage rugpijn. Daarnaast is het zeer opvallend dat mentale vermoeidheid gecorreleerd is met hoe vaak een order picker een vorklift gebruikt en hoe vaak ze op en neer moeten wandelen tussen de verschillende plaatsen waar een order gepickt moet worden. Een afgenomen zicht is gecorreleerd met de leeftijd van een order picker en het aantal jaren dat hij/zij werkt als order picker (Gajsek et al., 2017).

Hoofdstuk 3 : Classificatie van de literatuur

In dit hoofdstuk zal het effectieve doel van dit onderzoek in kaart worden gebracht. Dit hoofdstuk zal een antwoord formuleren op de vierde en laatste deelvraag: Hoe kunnen bedrijven menselijke factoren integreren bij de planning van het order picking proces? Eerst zal er een classificatietabel weergegeven worden met een overzicht van de literatuur die menselijke factoren trachten op te nemen in planningsmodellen bij order picking. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat er enkel wordt gekeken naar literatuur die effectief als doel heeft om menselijke factoren te integreren in de context van een magazijn. Onderzoeken die opmerken dat het opnemen van menselijke factoren in planningsmodellen bij order picking van belang is, maar geen doorgezet onderzoek voeren naar het effectief integreren van deze menselijke factoren in een planningsprobleem, worden ook niet opgenomen. Gedurende dit onderzoek is gebleken dat er in de literatuur vaak enkel gekeken wordt naar het verbeteren van de efficiëntie van het order pick proces en dat daaruit soms toevallig ergonomische verbeteringen voortkomen. Er is voor gekozen om deze literatuur niet mee op te nemen in de classificatietabel omdat het doel van dit onderzoek is om literatuur in kaart te brengen die menselijke factoren bewust integreert of tracht te integreren in de planningsmodellen.

3.1 Classificatietabel

De opbouw van de classificatietabel is als volgt tot stand gekomen. Eerst werd er gekeken naar bestaande elementen in planningsmodellen waarop steeds gefocust wordt, zonder noodzakelijk correct rekening te houden met menselijke factoren. Deze elementen zijn het lay-out design, voorraadtoewijzing, zonering, order batching en routing en werden reeds besproken in sectie 2.1.3. In de classificatietabel worden deze elementen gelinkt aan de menselijke factoren die besproken werden in sectie 2.2. Deze menselijke factoren zijn perceptuele, fysieke, mentale en psychosociale factoren. Hieronder kan in tabel 1 het aantal bestudeerde werken per element en per menselijke factor worden waargenomen. Het is mogelijk dat er in een onderzoek meerdere aspecten bekeken worden en deze worden dan ook meerdere keren opgenomen in de classificatietabel. In tabel 2 wordt aangegeven welke onderzoeken zich toespitsen op welk element en menselijke factor bij het inplannen van de planningsmodellen bij manuele order picking. Daarna zal er een kritische analyse gegeven worden met betrekking tot de inhoud van de classificatietabel.

	Lay-out design				Voorraad-toewijzing				Zonering				Order batching				Routing			
	Perceptueel	Mentaal	Fysiek	Psychosociaal	Perceptueel	Mentaal	Fysiek	Psychosociaal	Perceptueel	Mentaal	Fysiek	Psychosociaal	Perceptueel	Mentaal	Fysiek	Psychosociaal	Perceptueel	Mentaal	Fysiek	Psychosociaal
Aantal papers	3	3	6	1	0	2	6	0	0	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	2

Tabel 1: Classificatietabel betreffende het aantal papers per planningsprobleem en bestudeerde menselijke factor.

Planningselementen	Menselijke factor	Aantal artikels	Auteurs en datum
Lay-out design	Perceptueel	3	De Vries et al. (2016b) ; Weaver et al. (2010) ; Winkelhaus et al. (2018)
	Mentaal	3	Grosse en Glock (2013) ; Grosse et al. (2013) ; Winkelhaus et al. (2018)
	Fysiek	6	Calzavara et al. (2016) ; Calzavara et al. (2017) ; Glock et al. (2018) ; Grosse et al. (2015) ; Hanson et al. (2016) ; Hanson et al. (2018)
	Psychosociaal	1	De Vries et al. (2016b)
Voorraadtoewijzing	Perceptueel	0	
	Mentaal	2	Grosse et al. (2013) ; Winkelhaus et al. (2018)
	Fysiek	6	Battini et al. (2014) ; Battini et al. (2016) ; Larco et al. (2017) ; Otto et al. (2017) ; Sadiq et al. (1996) ; Weiser en Deuse (2014)
	Psychosociaal	0	
Zonering	Perceptueel	0	
	Mentaal	2	Grosse en Glock (2015) ; Winkelhaus et al. (2018)
	Fysiek	2	Otto et al. (2017) ; Winkelhaus et al. (2018)
	Psychosociaal	1	De Vries et al. (2016a)
Order batching	Perceptueel	0	
	Mentaal	0	
	Fysiek	1	Grosse et al. (2014)
	Psychosociaal	0	
Routering	Perceptueel	0	
	Mentaal	0	
	Fysiek	0	
	Psychosociaal	2	Elbert et al. (2017) ; Glock et al. (2016)

Tabel 2: Classificatietabel betreffende het aantal papers per planingsprobleem en bestudeerde menselijke factor met toevoeging van de auteurs en datum.

Studies die ergonomische problemen opnemen in planingsmodellen voor order picking zijn, ondanks dat er geweten is dat dit van belang is, nog steeds zeldzaam (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015) en de kennis met betrekking tot relevante menselijke factoren in order picking is beperkt. Deze kennis kan bekomen worden door het gebruik van kwalitatief onderzoek naar menselijke factoren in order

picking (Grosse et al., 2016). Mogelijks is deze kennis beperkt doordat er in de literatuur ook maar weinig kwantitatief onderzoek is gedaan naar ergonomische evaluaties van specifieke taken bij order picking. Een andere reden is dat ergonomische indicators moeilijk te kwantificeren en bevestigen zijn. Dit alles zorgt ervoor dat het vertalen van menselijke factoren in planningsmodellen een moeilijke taak is (Calzavara, Glock, Grosse, Persona, & Sgarbossa, 2016).

Wat opvalt is dat er zoals reeds aangehaald wordt in de literatuur, nog steeds maar weinig onderzoek gevoerd wordt naar menselijke factoren in order picking en het merendeel van de uitgevoerde onderzoeken gebeurd is in de laatste jaren. Dit maakt wel duidelijk dat het besef van het belang van menselijke factoren in order picking is toegenomen maar dat het nog lang niet op punt staat. Daarnaast is het ook opvallend dat de onderzoeken worden uitgevoerd door een beperkt aantal Europese onderzoekers. Een mogelijke reden hiervoor is dat er in Europa veel gecentraliseerde distributiecentra gevestigd zijn waar er een toenemende werkdruk wordt ervaren.

Een mogelijke oorzaak waarom menselijke factoren in planningsmodellen bij order picking tot op heden vaak nog niet bestudeerd worden, is doordat er in bedrijven en waarschijnlijk ook door onderzoekers het idee heerst dat het implementeren van menselijke factoren in planningsmodellen extra kosten met zich mee zal brengen en dat bedrijven hier sceptisch tegenover staan. Zoals aangehaald focussen bedrijven vaak enkel op efficiëntie en snelheid in het order picking proces om zo een competitief voordeel te hebben op de huidige markt. Snelle levertijden en flexibiliteit zijn van toegenomen belang.

Opvallend is ook dat het meeste onderzoek gebeurd is naar het design van de lay-out en naar voorraadtoewijzing. Daarnaast is het ook opvallend dat er naar zonering toch nog relatief veel onderzoek is gevoerd. Zonering wordt in de literatuur vaak weggelaten als vijfde planningsprobleem. Bijkomend valt het ook op dat fysieke factoren het meest bestudeerd worden. Een reden hiervoor is dat musculoskeletale aandoeningen worden gezien als een belangrijke oorzaak voor langdurige afwezigheid op het werk. Voor lange tijd werd er met mentale problemen, zoals een burn-out, weinig of geen rekening gehouden.

3.2 Bespreking van de desbetreffende literatuur

In deze sectie zal de literatuur besproken worden waarin getracht wordt om menselijke factoren mee op te nemen in planningsmodellen bij order picking. De meest opmerkelijke resultaten, analyses en werkwijzen zullen per onderzoek kort besproken worden. Voor meer gedetailleerde informatie over de onderzoeken wordt er verder verwezen naar de desbetreffende paper. Een volledige analyse geven van elk onderzoek zou te ver afwijken van het doel van dit onderzoek. Deze sectie zal verder opgedeeld worden in secties waarin achtereenvolgend de vijf planningsproblemen besproken worden. Deze zijn het design van de lay-out, voorraadtoewijzing, zonering, order batching en routing. Per onderverdeling zal er, na het bespreken van de resultaten van de onderzoeken, een samenvattende tabel worden weergegeven waarin wordt aangetoond welk onderzoek nu waar juist op focust. In de bijlagen kan de volledige tabel van alle secties samen worden teruggevonden, dit is tabel 8.

Daarnaast zal er in deze sectie ook een korte samenvatting en analyse gegeven worden over de besproken literatuur.

3.2.1 Lay-out design

Deze sectie omvat elementen over het design van de lay-out. Zoals waargenomen kan worden in de classificatietabel is dit het meest onderzochte element binnen order picking waarbij rekening wordt gehouden met menselijke factoren. Het lay-out design heeft bijvoorbeeld betrekking op de vormgeving van rekken en gangen, de order pick tools die gebruikt worden en de invulling van het personeelsbestand. In onderstaande paragrafen kan meer informatie teruggevonden worden over de betreffende onderzoeken.

Studies van Calzavara, Hanson, Sgarbossa, Medbo en Johansson (2017), Hanson, Medbo, Jukic en Assaf (2016) en Hanson, Medbo, Berlin en Hansson (2018) onderzoeken de effecten van het gekanteld plaatsen van palletten in rekken en bijhorende fysieke factoren. Palletten worden vaak volledig in rekken geplaatst (De Koster et al., 2007; Glock & Grosse, 2012) en hierdoor gebeurt het nog vaak dat er manueel gepickt moet worden van palletten en dit is problematisch wat efficiëntie en ergonomie betreft. Er wordt nog vaak rechtstreeks vanaf palletten gepickt doordat producten vaak op palletten getransporteerd worden omdat het product zeer groot is of om het transport zo efficiënt mogelijk te laten verlopen (Hanson et al., 2016). De order pickers moeten zich bij het picken van producten vanaf palletten uitstrekken en hun rug, nek, handen en armen worden zwaarder belast dan wanneer er met kleinere opslagmethodes gewerkt kan worden. Studies tonen aan dat het voor de flexibiliteit, efficiëntie en ergonomie beter is om gebruik te maken van kleinere opslagmethodes (Hanson et al., 2018). Opvallend is dat bij de analyses naar het gevolg voor de ergonomische omstandigheden bij het kantelen van palletten ook steeds een analyse gemaakt wordt naar het verschil in picktijd. Het blijft duidelijk dat het reduceren van de picktijd nog steeds een, zo niet het hoofddoel, is van analyses en verbetervoorstellen bij order picking. Doordat er in dit onderzoek enkel gefocust wordt op het verbeteren van de werkomgeving door het correct implementeren van menselijke factoren in planningsmodellen zal enkel het resultaat van de picktijd worden aangehaald, zonder hier verder diep op in te gaan.

Het onderzoek van Hanson et al. (2016) naar het kantelen van palletten maakt gebruik van de NIOSH index, een index die werd opgesteld door het National Institute for Occupational Safety and Health. Deze index houdt rekening met de belasting van de lage rug. Uit het onderzoek blijkt dat bij het kantelen van de palletten evenveel of meer belasting optreedt dan wanneer de pallet horizontaal gestockeerd wordt. Dit komt doordat wanneer de pallet gekanteld wordt, er steeds langs de voorzijde van de pallet gepickt wordt. Wanneer een pallet horizontaal gestockeerd is, zullen de achterste delen van de pallet langs de zijkant gepickt worden. Er wordt in dit onderzoek wel van uit gegaan dat producten die zich op de achterste zone van een pallet bevinden, daar ook blijven liggen. In de realiteit zal het echter zo zijn dat wanneer een pallet gekanteld wordt, de producten die aan de achterzijde liggen naar voor schuiven indien er eerst aan de voorkant van de pallet gepickt wordt. De picktijd is steeds korter wanneer er gebruik gemaakt wordt van gekantelde palletten. Doordat de

assumptie gemaakt wordt dat producten niet zullen schuiven, is de kans reëel dat de resultaten van dit onderzoek een vertekend beeld geven ten opzichte van de werkelijkheid.

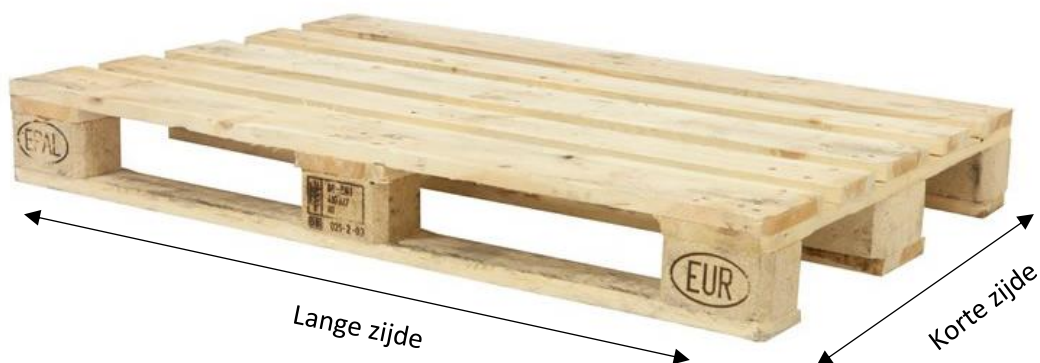
Bij het kantelen van de palletten maakt het onderzoek van Calzavara et al. (2017) gebruik van de Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) index om de ergonomische omstandigheden te meten. De OWAS index is gebaseerd op evaluaties van lichaamshoudingen die nodig zijn om een bepaalde activiteit, order picking in dit geval, uit te voeren. De verschillende delen van het lichaam en de gepickte producten worden onderverdeeld in klassen. Aan de hand van deze klassen kan er een overall risk index berekend worden. De lichaamsdelen waar rekening mee gehouden worden zijn de rug, de benen en de armen. Er wordt in dit onderzoek waargenomen dat de overall risk index hoger ligt bij palletten die horizontaal gestockeerd zijn en dus niet gekanteld worden. Het is wat ergonomische inspanningen betreft dus beter om palletten gekanteld te stockeren. In dit onderzoek werd de achterkant van de palletten op 45° gekanteld naar de order picker toe. Ook de picktijd zal afnemen bij het kantelen van de palletten.

Het onderzoek van Hanson et al. (2018) is het derde onderzoek naar het kantelen van palletten. Het onderzoek maakt gebruik van de Rapid Entire Body Analysis (REBA) om de ergonomische gevolgen voor de order picker te meten. De REBA is een tool die de lichaamshoudingen probeert te classificeren in verschillende risico's voor musculoskeletale aandoeningen. Belangrijk verschil in dit onderzoek in vergelijking met dat van Calzavara et al. (2017) is dat bij het onderzoek van Hanson et al. (2018) ook nog diepteverschillen zijn bij de palletten. Er wordt onderzoek gedaan naar palletten met twee dieptezones. Deze vorm van opslag is op figuur 2 weergegeven. De REBA score is sterk afhankelijk van de persoonlijke lichaamsbouw van de order picker. Hierdoor kan er niet gesproken worden van een gemiddelde score per palletzone. Met de palletzone wordt bedoeld of een product bijvoorbeeld op de voorkant of op de achterkant van de pallet gestockeerd is. Er kan wel gekeken worden naar extreme houdingen die mogelijks moeten worden aangehouden en die kritisch kunnen zijn voor order pickers. Zowel het picken vanaf palletten die horizontaal gestockeerd zijn als picken vanaf gekantelde palletten brengen lichamelijke risico's met zich mee. In alle gevallen was de REBA score aan de hoge kant. Er wordt waargenomen dat wanneer order pickers goederen moeten picken van dit soort palletten met dieptelagen er extra evenwicht gezocht moet worden en er een gebogen rug moet worden aangehouden, zeker bij het picken op de onderste laag. Wanneer dit het geval is bij zware of ongemakkelijke goederen, kan dit voor order pickers leiden tot veiligheids- en fysieke problemen. Een oplossing hiervoor zou kunnen zijn om order pickers op een correcte manier te leren hoe goederen het best gepickt kunnen worden, rekening houdend met de eigen veiligheid. Daarnaast kunnen er ook praktische oplossingen geboden worden zoals het afbreken van de dieptezones tijdens het picken van de goederen zodat er een makkelijkere toegang is tot de onderste lagen. Het risico hierbij is echter wel dat de order picker zich kan kwetsen door het afbreken van de lagen of dat de goederen hierdoor beschadigd geraken. Nog een mogelijke oplossing die door Hanson et al. (2018) wordt aangehaald is om er voor te zorgen dat de verschillende dieptezones ook langs de zijkant toegankelijk zijn. Een laatste oplossing die geformuleerd wordt om de ergonomische omstandigheden van de order picker te verbeteren is om hoe verder of hoe dieper er op de pallet gepickt moet worden, hoe verder de pallet gekanteld moet worden. De gemiddelde picktijden zijn in alle gevallen korter indien er gewerkt wordt met gekantelde palletten.



Figuur 2 (Palletwest, 2016): Een pallet met twee dieptelagen zoals besproken in het onderzoek van Hanson et al. (2018)

Het onderzoek van Hanson et al. (2016) dat eerder omschreven werd bij de studies over het kantelen van palletten haalde al aan dat er een verschil is tussen het picken van goederen langs de korte of de lange zijde van een pallet. Momenteel is het zo dat palletten meestal met de korte zijde naar voor worden gestockeerd in een magazijn. Op figuur 3 kan het onderscheid tussen de korte en de lange zijde van een pallet worden waargenomen. Grosse et al. (2015) en Hanson et al. (2018) doen meer onderzoek naar het draaien van palletten en de fysieke gevolgen hiervan, rekening houdend met een onderscheid tussen de korte en de lange zijde van een pallet. Zowel Grosse et al. (2015) als Hanson et al. (2018) concluderen dat het op fysiek vlak beter is om langs de lange kant van een pallet te picken. Het is moeilijk om aan alle producten op de palletten te geraken wanneer de korte kant van de pallet naar voor staat (Hanson et al., 2018). Nadelig hierbij is wel dat er meer ruimte nodig is om de palletten te stockeren en dat de totale wandelafstand van de order picker toeneemt.



Figuur 3 (Palletplaza, 2019): Het onderscheid tussen de lange zijde en de korte zijde van een pallet.

In een onderzoek van Glock, Grosse, Abedinnia en Emde (2018) wordt ook de mogelijkheid aangehaald om palletten te draaien. Er wordt in dit onderzoek geen onderscheid gemaakt tussen de lange en de korte zijde van een pallet. Er wordt wel onderzocht of het fysiek gezien een goede mogelijkheid is om palletten 180° te draaien wanneer de voorste zijde van de pallet leeg is. Zoals reeds eerder vermeld, is het mogelijk dat wanneer de order picker iets moet picken wat op de achterkant van de pallet ligt, hij/zij diep moet buigen en/of ver moet uitstrekken. Dit kan een overbelasting van de rug met zich meebrengen. De voorkant van een pallet is makkelijker te bereiken dan de achterkant. De pallet 180° draaien nadat de voorkant leeg is, helpt om het buigen en strekken van de order picker te verminderen. Een verminderde belasting op de order picker leidt tot een lagere vermoeidheid van de order picker en vermindert het risico op blessures bij deze order picker. Daarnaast zal ook de picktijd verminderen door het draaien van de palletten, ondanks dat er extra tijd gependend moet worden door het draaien van de palletten. Ook de extra belasting door het draaien van de pallet weegt niet op tegen het constant aan de voorzijde van de pallet kunnen picken.

In een onderzoek van Calzavara et al. (2016) worden verschillende vormen van opslag op palletten met elkaar vergeleken op vlak van fysieke gevolgen. De opties die vergeleken worden zijn: een pallet dat volledig vol gestapeld is wat de hoogte betreft, een pallet dat half vol gestapeld is wat de hoogte betreft en een pallet dat half vol gestapeld is wat de hoogte betreft en die via een systeem uit het rek getrokken kan worden. Uit de analyses van het onderzoek kan geconcludeerd worden dat, zowel in termen van energieverbruik als kosten, het opslaan van producten op palletten die volledig vol gestapeld zijn slechts in een paar gevallen een goede oplossing is. Dit is vooral het geval wanneer het gaat over grote producten die frequent gepickt moeten worden en wanneer de picklijst in totaliteit beperkt is. Wanneer het een kleiner product is of het aantal te picken items hoog ligt, scoren de andere vormen van palletten beter. Het gebruik maken van half volgestapelde palletten die uit de rekken getrokken kunnen worden is op ergonomisch gebied steeds de beste oplossing. Deze oplossing zal echter vrij kostelijk zijn. Er werd in dit onderzoek ook gekeken naar twee verschillende hoogtes in de opslagzone. De eerste zone is de effectieve pickzone en deze is niet hoger dan twee meter. De tweede zone bevindt zich hier boven en wordt enkel gebruikt als opslagplaats. Er worden in deze zone dus geen goederen gepickt. Dit is een indeling die vaak teruggevonden wordt in de context van een magazijn. Volgens het onderzoek is het op economisch en ergonomisch perspectief het beste om gebruik te maken van een half volgestapelde pallet die uitgetrokken kan worden in de onderste zone en half volgestapelde pallet in de bovenste zone.

In onderzoeken van Grosse en Glock (2013), Grosse, Glock en Jaber (2013) en Winkelhaus, Sgarbossa, Calzavara en Grosse (2018) wordt aandacht besteed aan leereffecten, dit is een vorm van een mentaal aspect. Leereffecten worden omschreven als verbeterde prestaties naarmate het aantal uitgevoerde orders toeneemt (Grosse & Glock, 2013). Leren is het proces dat zich voordoet in het lange termijn geheugen van mensen (Winkelhaus et al., 2018). Grosse en Glock (2013) maken aan de hand van leereffecten een onderscheid tussen vaste werknemers en tijdelijke werknemers. Er wordt aangehaald dat order pickers die tijdelijk ingezet worden meer tijd nodig hebben om dezelfde prestaties te behalen dan een vaste order picker. Dit komt door het leereffect. Bij tijdelijke werknemers ligt de picktijd en het aantal pickfouten hoger (Grosse et al., 2013). Wanneer onervaren arbeidskrachten ingezet worden in order picking, kan het noodzakelijk zijn om veel order pickers aan

te nemen in het begin van het order picking proces om alle orders verwerkt te krijgen. Na een tijd zullen de order pickers echter ervaring opgedaan en geleerd hebben waardoor het aantal order pickers terug verminderd kan worden (Grosse & Glock, 2013). Managers van magazijnen moeten bij het opstellen van picklijsten rekening houden met het design van de picklijsten. Dit met als doel om de complexiteit van order picken te verminderen. Complexiteit bij order picking kan leiden tot mentale vermoeidheid van de order picker en heeft een negatief effect op de leereffecten van de order picker (Winkelhaus et al., 2018).

Weaver, Baumann, Starner, Iben en Lawo (2010) doen net als De Vries et al. (2016b) onderzoek naar verschillende vormen van picklijsten, dit kan gelinkt worden aan perceptuele factoren. Winkelhaus et al. (2018) stelt daarbij dat picklijsten minder complex gemaakt kunnen worden door picklijsten te maken waarin een grafische schets van het magazijn verwerkt is zodat order pickers zich eenvoudiger kunnen oriënteren. De soorten picklijsten die in het onderzoek van Weaver et al. (2010) onderzocht worden zijn traditionele picklijsten, picklijsten met een grafische schets, pick by voice en een headset die gebruik maakt van virtual reality. De virtual reality headset is een bril die de order picker draagt waarop ook een grafische schets van het magazijn wordt afgebeeld. De virtual reality headset scoort op vele vlakken beter dan de andere soorten picklijsten. De picktijd is korter wanneer er gebruik gemaakt wordt van virtual reality. De headset met virtual reality was ook sneller dan de papieren picklijst met grafische schets, dit wijst er op dat er ook nog andere voordelen aan verbonden zijn. Een ander duidelijk voordeel dat wordt waargenomen bij virtual reality is dat er gepickt kan worden met twee handen. Bij papieren picklijsten wordt de picklijst in één hand vastgehouden en is er maar één hand vrij om te picken. Soms wordt de papieren picklijst ook aan de kant gelegd tijdens het picken, maar dan worden er veel pick fouten gemaakt. Daarnaast zal de order picker ook minder belasting hebben wanneer er gebruik gemaakt wordt van een headset met virtual reality in vergelijking met een papieren picklijst.

Het onderzoek van De Vries et al. (2016b) richt zich bij de lay-out van het magazijn en de tools die er gebruikt worden op persoonlijke kenmerken van de order picker. De Vries et al. (2016b) focust met andere woorden op perceptuele en psychosociale factoren. Er wordt in dit onderzoek gekeken naar de Big Five persoonlijkheidskenmerken om analyses te maken van verschillende order picking tools. De Big Five persoonlijkheidskenmerken zijn één van de belangrijkste modellen die gebruikt worden om individuen te onderscheiden in termen van persoonlijkheid. Dit model beschrijft persoonlijkheid op basis van vijf dimensies: openheid, stiptheid, extraversie, vlotheid en emotionele instabiliteit (Digman, 1990). Verschillende van deze dimensies zijn goede voorspellingen voor prestaties op professioneel vlak (Barrick & Mount, 1991; Hurtz & Donovan, 2000). Hierdoor is het aan te nemen dat de prestatie van de order picker deels voorspeld kan worden door zijn of haar persoonlijkheid. Twee persoonlijkheidskenmerken worden al voor een lange tijd gelinkt aan prestaties op de werkvloer. Het eerste kenmerk is emotionele instabiliteit, deze heeft een negatieve invloed. Het tweede kenmerk is stiptheid en deze heeft een positieve invloed. In de context van order picking zullen extraversie en vlotheid ook een positieve invloed hebben op het proces omdat deze kenmerken gelinkt zijn aan interactie en teamprestaties (Barrick, Mount, & Judge, 2001; Barrick, Stewart, Neubert, & Mount, 1998). De order picking tools waarnaar in dit onderzoek een analyse gevoerd wordt op basis van de Big Five persoonlijkheidskenmerken zijn RF-terminal picking, pick by

voice en pick to light. Deze worden met elkaar vergeleken op vlak van productiviteit en kwaliteit. RF-terminal picking is een papierloze variant op de traditionele papieren picklijst waarbij de order picker het te picken product op een display te zien krijgt. Bij pick by voice draagt de order picker een headset en wordt hij/zij naar de juiste locatie en het juiste product gestuurd. Bij pick to light gaat er een lichtje branden bij het te picken product. Pick by voice scoort over het algemeen beter dan RF-terminal picking. Extraversie, emotionele instabiliteit en leeftijd zijn bij beiden wel gerelateerd aan het aantal pick fouten. Hoe hoger hierop gescoord worden, hoe hoger het aantal pick fouten (De Vries et al., 2016b). Oudere order pickers hebben vooral problemen bij pick by voice doordat zij over het algemeen minder goed horen (Liu & Yan, 2007) en minder goed kunnen multitasken (Riby & Perfect, 2004). Bij pick to light wordt er een significante negatieve relatie waargenomen tussen emotionele instabiliteit en kwaliteit. Het feit dat er voor de rest geen invloeden zijn van andere persoonlijkheidskenmerken op de kwaliteit bij pick to light suggereert dat iedereen eigenlijk effectief met dit hulpmiddel aan de slag kan. Dit kan verklaard worden doordat pick to light een eenvoudig systeem is waarbij weinig complexiteit en combinaties mogelijk zijn. De resultaten geven managers inzicht in welk type persoon het meest geschikt is voor bepaalde order picking tools. Managers die in de planningsmodellen voor order picking rekening houden met de juiste persoonlijkheden te linken aan de juiste tools, kunnen een hogere kwaliteit en productiviteit van het order pick proces bekomen. De juiste personen linken aan de juiste tools hoeft zeker en vast niet gepaard te gaan met hogere kosten (De Vries et al., 2016b).

In tabel 3 wordt een samenvatting gegeven van de besproken literatuur in deze sectie met een overzicht op welke menselijke factor er gefocust wordt en de inhoud van het betreffende onderzoek.

Auteurs en datum	Menselijke factor	Inhoud
Calzavara et al. (2016)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Lay-out palletten en rekken
Calzavara et al. (2017)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Kantelen van palletten
De Vries et al. (2016b)	Perceptueel Psychosociaal	<ul style="list-style-type: none"> • Vormen van picklijsten • Big Five persoonlijkheidskenmerken
Glock et al. (2018)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • 180° draaien van palletten
Grosse en Glock (2013)	Mentaal	<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Onderscheid vaste en tijdelijke werknemers
Grosse et al. (2013)	Mentaal	<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Onderscheid vaste en tijdelijke werknemers
Grosse et al. (2015)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Draaien van palletten, korte en lange zijde
Hanson et al. (2016)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Kantelen van palletten
Hanson et al. (2018)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Kantelen van palletten • Draaien van palletten, korte en lange zijde
Weaver et al. (2010)	Perceptueel	<ul style="list-style-type: none"> • Vormen van picklijsten
Winkelhaus et al. (2018)	Mentaal Perceptueel	<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Design picklijst

Tabel 3: Literatuuroverzicht lay-out design gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Opmerkelijk is dat bij het kantelen van de rekken de onderzoeken niet volledig overeenkomen wat de invulling ervan betreft, maar wel wat het resultaat betreft. Over het algemeen kunnen fysieke gevolgen voor de order picker verbeterd worden door het kantelen van palletten. Dit wordt in de onderzoeken gestaafd en er wordt in elk onderzoek een andere methode gebruikt om dit na te gaan dus dit lijkt een betrouwbaar verbetervoorstel. Een eenvoudigere en goedkopere verbetering kan echter zijn om palletten simpelweg te draaien. Ook leereffecten zijn een belangrijke factor om rekening mee te houden bij de invulling van het magazijn, dit lijkt vooral te zijn om een onderscheid te maken tussen tijdelijke en vaste werknemers. Het gebruik van alternatieve picklijsten kan een verbetering zijn op vlak van efficiëntie van het magazijn en de order picker. Het is hierbij echter wel belangrijk om rekening te houden met de persoonlijke kenmerken van de order picker.

3.2.2 Voorraadtoewijzing

In deze sectie zal een antwoord geformuleerd worden op de vraag welke producten nu best op welke locatie gestockeerd worden. Er wordt in de onderzoeken die hier een antwoord op proberen te bieden niet enkel rekening gehouden met de algemene efficiëntie van het order pick proces, maar ook met het welzijn van de order picker. Wanneer goederen aan een bepaalde opslaglocatie worden toegewezen louter met als doel om de totale reisafstand van de order picker te verminderen, kunnen zware en moeilijk te behandelen producten op plaatsen opgeslagen zijn die moeilijk bereikbaar zijn voor de order picker. Dit kan er toe leiden dat de order picker onnatuurlijke en pijnlijke bewegingen moet maken bij het picken van deze goederen (Grosse, Glock, Jaber, et al., 2015). Petersen et al. (2005) stellen dat goederen in de zogenoemde gouden zone geplaatst moeten worden. Zij stellen dit in hun onderzoek niet voor als ergonomische oplossing, maar louter als reden om de picktijd te verminderen. Daardoor wordt dit onderzoek niet mee opgenomen in de classificatietabel. Het is echter wel aannemelijk dat deze suggestie ook een ergonomische verbetering met zich meebrengt doordat order pickers zich minder moet buigen en wordt in de rest van de literatuur als relevante oplossing beschouwd om ergonomische risico's te verminderen.

Weisner en Deuse (2014) doen ook onderzoek naar fysieke gevolgen die voorkomen bij verschillende houdingen van de order picker. Er wordt in het onderzoek rekening gehouden met de belasting op musculoskeletale stelsel, de duur van de activiteiten en de afstand die de order picker aflegt. Er wordt gebruik gemaakt van de Multiple Loads Tool (MultiPLa) om deze gevolgen in kaart te brengen. De MultiPLa kijkt naar de lichaamshouding, het gewicht dat de order picker met zich mee draagt, de positionering van de order picker tegenover het product, het trekken aan de producten, de frequentie waarop de order picker goederen moet tillen, de tijd dat het picken in beslag neemt of de afstand die de order picker moet afleggen en factoren van het magazijn zoals de veiligheid. Er wordt na analyses aan de hand van de MultiPLa methode gesteld dat goederen die het minst vaak gepickt worden en veel wegen best in de onderste zone van een rek worden geplaatst. Goederen die vaak gepickt worden moeten op een hoogte tussen 85 centimeter en schouderhoogte geplaatst worden. Indien er bij het plannen van het pickingproces met deze factoren rekening gehouden zal worden, zal dit leiden tot een vermindering van de fysieke belasting van de order picker.

De fysieke risico's zullen het laagst zijn wanneer alle producten gestockeerd worden in de gouden zone. Natuurlijk is dit niet mogelijk door plaatsgebrek. Omwille van plaatsgebrek raden Otto et al. (2017) aan om lichte en makkelijk te behandelen producten van de gouden zone te verplaatsen naar een andere zone. Dit zal slechts een kleine toename van de ergonomische risico's met zich mee brengen.

Larco, De Koster, Roodbergen en Dul (2017) ontwikkelen een heuristiek om producten aan een locatie toe te wijzen, rekening houdend met twee doelen. Deze doelen zijn de picktijd zo laag mogelijk houden en het welzijn van de order picker zo hoog mogelijk houden. Dit is een bi-objectief toewijzingsmodel, een analyse waarbij meer dan één doel geoptimaliseerd moet worden, waarbij elk product wordt toegewezen aan een locatie. Om het comfort van de order picker te meten, wordt in het onderzoek gebruik gemaakt van Borg's CR-10 schaal (Borg, 1982; Dul, Douwes, & Smitt, 1994).

In deze schaal staat 0 voor geen ongemak, 2 voor weinig ongemak, 3 voor gemiddeld ongemak, 5 voor veel ongemak en 10 voor maximaal ongemak. Een score van 10 wilt zeggen dat de werknemer onmiddellijk zijn of haar werkactiviteit moet stopzetten. Deze waardes kunnen direct verkregen worden door feedback van de order picker. Op basis van een trade-off analyse concludeert het onderzoek dat enkel het optimaliseren van het welzijn en het comfort van de order picker een kostelijke optie kan zijn in verband met de cyclustijd. Een optimalisatie die enkel rekening houdt met de cyclustijd lijkt minder negatieve gevolgen te hebben voor het comfort van de order picker. Op basis van het onderzoek wordt de volgende eenvoudige heuristiek voorgesteld die de twee criteria, picktijd en welzijn van de order picker, en de populariteit van het product combineert om goederen aan een locatie toe te wijzen.

- 1) Rangschik elke locatie met betrekking tot de afstand tot aan het depot
- 2) Locaties die in de gouden zone gelegen zijn, krijgen een 1, locaties buiten de gouden zone een 2.
- 3) Voor elke rang in stap 1 en 2, deel de rang door de maximum rang die bekomen wordt voor elke stap. Daarna moeten beide ratio's opgeteld worden (voor stappen 1 en 2) om een score voor de locatie te bekomen.
- 4) Rangschik de scores van de locaties in oplopende volgorde. Sorteert hierna de producten in dalende volgorde. Wijs de populairste producten ten slotte toe aan de locaties met de laagste scores.

Deze heuristiek heeft echter zijn beperkingen doordat er geen goederen boven de drie kilogram worden bekeken en er telkens gewerkt wordt met maar één order. Het kan dus mogelijk een vertekend beeld geven wanneer dit wordt toegepast in de context van andere magazijnen (Larco et al., 2017) .

Battini, Glock, Grosse, Persona en Sgarbossa (2016) doen ook een onderzoek naar het toewijzen van producten aan locaties rekening houdend met twee factoren, zijnde de picktijd en het energieverbruik van de order picker. Er wordt een trade-off onderzocht tussen de picktijd en het energieverbruik voor verschillende opslagmethodes. Om deze analyses te doen werd er ook een bi-objectief model ontwikkeld. Het energieverbruik wordt in dit onderzoek gemeten aan de hand van de hartslag van de order picker. De tijd die nodig is om een order te picken van een locatie en de energie die hierbij verbruikt wordt, kan verschillen van locatie tot locatie. Om een afweging te maken tussen beide doelen, maakt het onderzoek gebruik van een methode van Pareto waarbij de verzameling van optimale oplossingen wordt weergegeven. Er wordt na het vergelijken van de trade-off tussen picktijd en energieverbruik een model ontwikkeld waarbij er rekening wordt gehouden met het energieverbruik om een order te picken aan de hand van de locatie waar het product opgeslagen ligt. Aan de hand van een concept dat ontwikkeld werd voor energieverbruik bij manuele activiteiten (Garg, 1986), kunnen aan de hand van de rusttijd functie (Price, 1990), ergonomische aspecten op een kwantitatieve manier worden opgenomen in het model waarbij er gekeken wordt naar de tijd om een order te picken. Er wordt in dit onderzoek geconcludeerd dat het in alle omstandigheden beter is om rekening te houden met het energieverbruik van de order picker. Dit heeft als reden dat hierdoor minder rusttijden nodig zijn, waardoor ook de totale picktijd lager zal zijn.

Een onderzoek van Sadiq, Landers en Don Taylor (1996) stelt een dynamische Stock Location Assignment Algoritme (SLAA) voor. Dit is een algoritme dat producten per periode aan een locatie gaat toewijzen wanneer het vraagpatroon naar de producten verandert. Producten zullen dus van plaats verwisseld worden. SLAA maakt hierbij gebruik van vraagpatronen uit het verleden en voorspellingen van de toekomstige vraag. Er moet hierbij wel rekening gehouden worden met ergonomische omstandigheden. Zware producten of goederen die vaak gepickt worden, zullen geplaatst worden op een hoogte tussen de taille en de schouders van de order picker. Petersen et al. (2005) verwijzen later naar deze zone als de gouden zone.

Battini, Persona, Sgarbossa (2014) stellen een innovatief systeem voor om de manuele handelingen van de order picker en de bijhorende ergonomische gevolgen ervan te evalueren. Er wordt een analyse gemaakt op basis van de gevolgen voor het hele lichaam, daar waar andere methodes vaak focussen op enkele lichaamsdelen. Deze analyses worden gemaakt aan de hand van een speciaal pak dat de proefpersonen dragen waarin zich zeventien sensoren bevinden. Een voorstel dat het onderzoek formuleert is om goederen te stockeren op basis van een classificatie. Frequent gepickte goederen moeten bij voorkeur dicht bij het depot gestockeerd worden omwille van ergonomische en economische aspecten. Dit zou de totale af te leggen afstand en de fysieke belasting voor de order picker verminderen. Het is daarnaast ook beter om goederen steeds op een vaste locatie op te slaan in plaats van goederen op een willekeurige en veranderende plaats op te slaan.

Om de efficiëntie van order picking te verhogen, raadt de literatuur managers aan om af en toe de opslaglocaties van de producten te veranderen wanneer dit er voor kan zorgen dat de afstand die de order picker dient af te leggen, kan verminderen. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn wanneer er nieuwe producten in het gamma komen en de verdeling van de vraag naar de producten anders kan zijn (Weisner & Deuse, 2014). Doordat order pickers, naast het verplaatsen doorheen het magazijn, het meeste tijd besteden aan het zoeken naar de juiste producten, heeft het leren en onthouden van de opslaglocaties een impact op de efficiëntie binnen order picking als zijnde een mentale factor. Dit maakt dat het veranderen van de locaties waar producten opgeslagen liggen negatieve gevolgen kan hebben voor de efficiëntie van het order picking proces. Het veranderen van de opslaglocaties kan er toe leiden dat de order picker eerder opgedane kennis in verband met de locatie van het product gaat vergeten. Zoals aangehaald brengen leereffecten een verschil tussen vaste en tijdelijke werknemers met zich mee. Wanneer er in verhouding meer gewerkt wordt met tijdelijke order pickers, zal een verandering van de opslaglocatie sneller leiden tot een verlaagde picktijd. Dit komt doordat deze tijdelijke werknemers nog niet bekend zijn met de eerdere opslaglocaties en nog geen leereffecten hebben. Ten tweede moeten managers van magazijnen ook rekening houden met de trade-off tussen de tijdwinst die ze proberen te behalen en de kosten door het aanpassen van de opslaglocaties. Wanneer opslaglocaties gewijzigd worden door seizoensinvloeden in de vraag, zullen producten die tijdelijk meer gevraagd worden dicht bij het depot geplaatst worden. Dit zal leiden tot hogere picktijden doordat er een impact is op de menselijke factoren van de order picker doordat leereffecten wegvallen en er verwarring kan optreden (Grosse et al., 2013).

De kenmerken en de locatie van de opgeslagen goederen hebben een belangrijke invloed op de mentale vermoeidheid van de order picker. Het herinneren van een locatie van een zekere

productfamilie, dit zijn producten die op elkaar lijken of aan elkaar gelinkt zijn, kan makkelijker zijn wanneer deze op een specifieke locatie liggen en niet steeds random worden toegewezen in het magazijn (Winkelhaus et al., 2018).

In tabel 4 wordt een samenvatting gegeven van de besproken literatuur in deze sectie met een overzicht op welke menselijke factor er gefocust wordt en de inhoud van het betreffende onderzoek.

Auteurs en datum	Menselijke factor	Inhoud
Battini et al. (2014)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Classificatie goederen
Battini et al. (2016)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Bi-objectief model, energieverbruik
Grosse et al. (2013)	Mentaal	<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Vaste plaats producten • Effect op tijdelijke en vaste werknemers
Larco et al. (2017)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Bi-objectief model en heuristiek, Borg's schaal
Otto et al. (2017)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Gouden zone en zones er rond
Sadiq et al. (1996)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Stockeren naar gelang de vraag, SLAA • Gouden zone
Weiser en Deuse (2014)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Meest gepickte goederen in gouden zone
Winkelhaus et al. (2018)	Mentaal	<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Vaste locatie producten

Tabel 4: Literatuuroverzicht voorraadtoewijzing gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Bij fysieke factoren komt vaak terug dat producten het best in de gouden zone, de zone tussen de taille en de schouders, geplaatst worden. Alle producten hier plaatsen is echter niet mogelijk. Lichte producten of producten die niet vaak gevraagd worden, kunnen daarom naar een andere zone verplaatst worden zonder dat dit veel invloed zal hebben op de gevolgen voor de werknemer. Bij de twee analyses waarbij bi-objectieve modellen worden gehanteerd, is er geen overeenkomst in het resultaat. Verdere analyses zijn hier noodzakelijk. Het kan ook een fysiek voordeel opleveren om producten die het meest gevraagd worden, dicht bij het depot te stockeren waardoor order pickers minder afstand moeten afleggen. Deze classificatie kan per seizoen bijvoorbeeld aangepast worden. Dit zal echter wel negatieve gevolgen hebben op het mentale aspect van de order picker doordat leereffecten aangetast worden. Dit kan dan weer een daling van de efficiëntie van de order picker met zich mee brengen.

3.2.3 Zonering

In deze sectie zullen onderzoeken aangehaald worden waarbij menselijke factoren bestudeerd worden bij zonering. Zonering is het opsplitsen van een magazijn in verschillende zones en order pickers worden meestal aan één bepaald gebied toegewezen.

Zonering kan er voor zorgen dat de fysieke vermoeidheid van de order pickers verminderd wordt doordat er minder afstand afgelegd moet worden. Dit komt door het feit dat de order pickers zich enkel in hun eigen zone moeten verplaatsen in plaats van door het hele magazijn. Mentale vermoeidheid kan verminderd worden door order pickers te laten roteren van zone. Dit kan echter wel leiden tot verwarring bij de order picker en dit effect dient dus zeker in acht genomen te worden (Winkelhaus et al., 2018).

Otto et al. (2017) stellen dat het een dure, maar eenvoudige oplossing is om fysieke risico's te verminderen door meer order pickers in te zetten. Hierdoor wordt dezelfde belasting verdeeld over meer order pickers. Dit komt overeen met het aantal zones in een magazijn te vermeerderen waardoor de zones van de order pickers kleiner worden. Het is aannemelijk dat slechts een klein aantal order pickers toevoegen aan het personeelsbestand al zeer gunstige gevolgen kunnen hebben voor ergonomische risico's.

Er wordt in een onderzoek van Grosse en Glock (2015) gekeken naar het effect van leren bij ABC zonering waarbij frequent gepickte goederen in zone A gestockeerd worden. Dit is de zone die zich het dichtst bij het depot bevindt. Goederen die niet frequent gepickt dienen te worden, bevinden zich in zone C. Zone C bevindt zich het verste weg van het depot. Het grootste leereffect wordt waargenomen in zone A. Grosse en Glock (2015) stellen dat het niet mee opnemen van de leereffecten in planningsmodellen er voor kan zorgen dat de manager verkeerde beslissingen neemt bij het opstellen van het order picking proces. Deze verkeerde beslissing kan bijvoorbeeld zijn dat er een verkeerde werknemer aan de pickopdracht wordt toegewezen. Het is met andere woorden mogelijk dat order pickers niet aan de juiste zone toegewezen worden. Order pickers met de laagste leergraad, dus order pickers die de locaties nog niet goed kennen, worden best toegewezen aan zone A. Zoals reeds vermeld hebben tijdelijke werknemers minder leereffecten. Het toewijzen van tijdelijke arbeidskrachten aan zone A is eigenlijk tegen de intuïtie in. De reden waarom dit toch zo gesteld wordt, komt door het feit dat hier minder producten opgeslagen zijn dan in de andere zones en de producten frequenter gepickt moeten worden. In deze zone is bijgevolg de mogelijkheid om snel te leren het grootst. Wanneer leereffecten worden opgenomen in de planningsmodellen, zal de accuraatheid van het plan en de efficiëntie van het proces verhogen. Dit kan bijgevolg ook een positief effect hebben op de klanttevredenheid doordat de levertijden mogelijk afnemen.

In de literatuur worden drie verschillende vormen van zonering aangehaald. Ten eerste is er parallel picking waarbij order pickers van begin tot eind werken aan een order en dus eigenlijk geen specifiek toegewezen zones hebben. Ten tweede is er zone picking, waarbij order pickers aan een vaste zone worden toegewezen. Ten derde is er dynamische picking waarbij er geen vaste grens is aan de zones en de order picker aan het order werkt in zijn zone, en eventueel een volgende zone, tot op het moment dat de order picker van de volgende zone het order kan overnemen en verderzetten in diens

zone. De Vries, De Koster en Stam (2016a) onderzoeken in welke mate een beloningssysteem voor order pickers een invloed heeft op de prestatie van de order pickers in de context van de verschillende zones die hier worden aangehaald. Dit is een psychosociale factor. Compensaties en beloningssystemen worden als meest effectieve strategieën beschouwd om het gedrag, de motivatie en de prestatie van een werknemer te beïnvloeden (Guzzo, Jette, & Katzell, 1985). Er wordt echter wel verondersteld dat de link tussen de beloning en de verschillende zones afhankelijk is van de attitudes van de order picker (De Vries et al., 2016a). Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen personen. Dit onderscheid bestaat uit het feit of individuen hun eigen ambities nastreven of dat ze enkel hun plichten willen vervullen (Higgins, 1998). Onderzoek toont aan dat de eerste groep gevoeliger is voor individuele beloningen en dat de tweede groep gevoeliger is voor groepsbeloningen (Beersma, Homan, G.A., & De Dreu, 2013). Er wordt door de Vries et al. (2016a) geconcludeerd dat het optimaal combineren van een zone methode met het juiste beloningssysteem voor een stijging van de productiviteit van het order pick proces kan zorgen. Daarnaast kan er een nog hogere productiviteit bekomen worden door de juiste beloningen aan het type order picker te koppelen. Het implementeren van bonussen kan gebeuren op basis van de opbrengsten van het bedrijf. Een voorbeeld hiervan is dat er een bonus bekomen kan worden voor elk order dat correct wordt uitgevoerd, gebaseerd op een deel van de opbrengst dat het bedrijf bekomt aan dit order. Het kan echter ook effectief zijn om bonussen in te voeren waar geen financieel voordeel aan verbonden is (Jeffrey & Shaffer, 2007). Meestal zullen bedrijven die nog geen beloningssysteem hebben grote voordelen halen uit het invoeren van bonussen. Beloningssystemen leveren gemiddeld 22% productiviteitswinst op in vergelijking met een situatie waarbij geen bonussen of beloningen uitgegeven worden (Condly, Clark, & Stolovitch, 2003). Bedrijven kunnen inspelen op de twee types van order pickers. Bij order pickers die focussen op eigen belang en promotie, kunnen orders bijvoorbeeld uitgedrukt worden in potentiële winsten. Bij order pickers die hun plicht willen doen, kunnen orders bijvoorbeeld uitgedrukt worden in mogelijke verliezen. Dit kan de focus van de order picker beïnvloeden, zonder dat er geschoven moet worden met order pickers om ze bij het juiste order pick proces te doen passen (Crowe & Higgins, 1997).

In tabel 5 wordt een samenvatting gegeven van de besproken literatuur in deze sectie met een overzicht op welke menselijke factor er gefocust wordt en de inhoud van het betreffende onderzoek.

Auteurs en datum	Menselijke factor	Inhoud
De Vries et al. (2016a)	Psychosociaal	<ul style="list-style-type: none"> • Verschillende soorten zones • Bonussen • Individuele verschillen
Grosse en Glock (2015)	Mentaal	<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Tijdelijke tegenover vaste werknemers
Otto et al. (2017)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Meer zones, meer order pickers
Winkelhaus et al. (2018)	Fysiek Mentaal	<ul style="list-style-type: none"> • Minder afstand afleggen • Rotatie tussen zones

Tabel 5: Literatuuroverzicht zonering gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Order pickers toewijzen aan zones kan leiden tot mentale vermoeidheid. Dit kan veroorzaakt worden doordat order pickers bij zonering steeds in dezelfde omgeving actief zijn. Een manier om dit te voorkomen is door order pickers te laten roteren tussen verschillende zones. Dit kan echter wel weer het negatieve effect hebben dat order pickers verward geraken. Een eenvoudige maar dure oplossing om de fysieke belasting van de order pickers te verminderen is door meer order pickers in dienst te nemen. Tijdelijke werknemers worden het best toegewezen aan de zones waar de meest frequent gepickte producten liggen. Bonussen kunnen een positieve invloed hebben op de prestatie van een order picker. Belangrijk hierbij is om in acht te nemen dat niet iedereen hetzelfde reageert op een bepaalde bonus.

3.2.4 Order batching

Grosse, Glock en Ballester-Ripoll (2014) stellen dat er in de literatuur over het algemeen wordt aangenomen dat order pickers slechts een beperkt aantal goederen kunnen picken doordat de hoeveelheid producten die ze mee kunnen dragen beperkt is. Realistischer is echter om te spreken dat de order picker een limiet heeft op wat hij kan meedragen omwille van het totale gewicht dat de order picker kan meenemen. Rekening houden met het gewicht in plaats van met de hoeveelheid zal er voor zorgen dat het risico op musculoskeletale aandoeningen afneemt. Er moet bij order batching dus rekening gehouden worden met het gewicht dat een order picker met zich mee kan dragen.

In tabel 6 wordt een samenvatting gegeven van de besproken literatuur in deze sectie met een overzicht op welke menselijke factor er gefocust wordt en de inhoud van het betreffende onderzoek.

Auteurs en datum	Menselijke factor	Inhoud
Grosse et al. (2014)	Fysiek	<ul style="list-style-type: none"> • Totaal draagbaar gewicht

Tabel 6: Literatuuroverzicht order batching gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

3.2.5 Routing

Wanneer bedrijven werkschema's proberen te implementeren in magazijnen waar manueel gepickt wordt, komt het probleem vaak voor dat order pickers deze schema's zelf aanpassen door bijvoorbeeld opgelegde routes te veranderen. In veel situaties leiden afwijkingen ten opzichte van de opgelegde routes tot negatieve gevolgen wat de efficiëntie van de order picker en het magazijn in het algemeen betreft. Bedrijven proberen deze afwijkingen dan ook te vermijden maar er is echter weinig geweten welke kenmerken en gedragingen van order pickers er voor zorgen dat deze afwijkingen voorkomen. De afwijkingen op de vooropgestelde routes wordt ook maverick picking genoemd. Er wordt verondersteld dat maverick picking een positieve en negatieve impact heeft op order picking en dat de mogelijke oorzaken en gevolgen mee opgenomen moeten worden in de planningsmodellen bij order picking. In dit onderzoek worden drie belangrijke redenen aangehaald waarom maverick picking voorkomt. Ten eerste zijn er de persoonlijke doelen en het gedrag van de order picker. Ten tweede zijn er de gedragingen van de order pickers als groep. Ten derde zijn er ook factoren in de werkomgeving die een invloed hebben. Maverick picking kan zowel een positieve als negatieve invloed hebben op de efficiëntie binnen een magazijn. Positieve gevolgen kunnen zijn dat de order picker een proces kan verbeteren. De gevolgen zijn echter meestal negatief. De belangrijkste negatieve gevolgen zijn langere levertijden, lagere servicelevels en ongelukken op de werkvloer. Managers moeten duidelijk communiceren aan de order pickers wat de gevolgen van maverick picking kunnen zijn. Om maverick picking te voorkomen kunnen bedrijven maatregelen nemen zoals het aanpassen van traditionele picklijsten naar nieuwe technieken zoals pick to light of pick by voice. Het doel van deze aanpassingen is om te voorkomen dat order pickers verward gaan worden en dus een belangrijke oorzaak van maverick picking gaan uitschakelen. Er kunnen ook kwaliteitsbonussen gegeven worden aan order pickers die hun werk goed doen. Hierdoor gaan order pickers nauwkeuriger te werk gaan. Een bedrijf kan ook een route voorstellen en bonussen geven wanneer order pickers deze route kunnen verbeteren. De order pickers gaan hierdoor eerst naar het management om deze voorstellen te doen zonder de veranderingen zelf door te voeren (Glock et al., 2016).

Elbert, Franzke, Glock en Grosse (2017) spreken ook over het afwijken van routes door de order picker. Er wordt gesteld dat het gedrag van de order picker niet genegeerd mag worden bij het opstellen van de routes. Afwijkingen kunnen voorkomen uit persoonlijke kenmerken van de order picker, medewerkers en omgevingsfactoren. De studie toont ook aan dat het toch wordt aangeraden om te werken met optimale routes, zelfs wanneer dit met zich meebrengt dat er extra inspanningen geleverd moeten worden om de order picker wegwijs te maken en er grotere risico's zijn op afwijkingen. Enkel wanneer er een groot aantal producten gepickt moet worden op een route, in dit

geval wordt er gesproken van meer dan 50 producten per order, is het beter om de route te bepalen aan de hand van eenvoudige heuristische en gevoel dan gebruik te maken van een optimale route.

In tabel 7 wordt een samenvatting gegeven van de besproken literatuur in deze sectie met een overzicht op welke menselijke factor er gefocust wordt en de inhoud van het betreffende onderzoek.

Auteurs en datum	Menselijke factor	Inhoud
Elbert et al. (2017)	Psychosociaal	<ul style="list-style-type: none">• Afwijkingen tegenover route
Glock et al. (2016)	Psychosociaal	<ul style="list-style-type: none">• Maverick picking• Oorzaken en gevolg maverick picking• Bonussen

Tabel 7: Literatuuroverzicht routing gesorteerd per auteur met bijhorende menselijke factor en inhoud van het onderzoek.

Afwijkingen ten opzichte van vooropgestelde routes hebben vooral negatieve gevolgen voor de efficiëntie van het magazijn. Order pickers gaan afwijken van routes omwille van eigen initiatief, andere order pickers en factoren in de omgeving. Het verstrekken van bonussen kan maverick picking beperken en correct gedrag van de order picker stimuleren.

Hoofdstuk 4 : Conclusies

Er wordt in de literatuur omtrent manuele order picking vooral gefocust op het reduceren van picktijden en pick fouten. Hierbij worden de menselijke factoren die een invloed hebben op de belangrijkste actoren, mensen, in manuele order picking vaak als een constant gegeven beschouwd en niet correct mee opgenomen in de planningsmodellen van order picking. Dit onderzoek laat echter duidelijk inzien dat het niet correct implementeren van menselijke factoren in planningsmodellen kan leiden tot negatieve gevolgen voor de efficiëntie en de gezondheid van de order picker, maar ook voor de efficiëntie van het magazijn in het algemeen. Een veel voorkomend gevolg voor de gezondheid van de order picker heeft te maken met fysieke belasting en schade aan het musculoskeletale stelsel van de order picker. Toch mag ook het belang van mentale gezondheidsproblemen zoals stress en burn-out niet genegeerd worden.

In dit onderzoek worden oplossingsmethoden en onderzoeken uit de literatuur aangehaald waarbij menselijke factoren in acht worden genomen bij het inplannen van het order picking proces. De menselijke factoren waar rekening mee gehouden moeten worden zijn perceptuele, mentale, fysieke en psychosociale factoren. Momenteel wordt in de planningsmodellen vooral rekening gehouden met het lay-out design, voorraadtoewijzing, zonerings, order batching en routing. Deze elementen worden zo ingekleed om de picktijd te verminderen. Dit is het hoofddoel van veel onderzoeken en managers. Een combinatie van deze elementen met overeenstemmende menselijke factoren kan echter leiden tot een verbetering van het welzijn van de order picker en de efficiëntie van het magazijn doordat een gelukkiger medewerker ook efficiënter te werk zal gaan.

Wetenschappelijk onderzoek waarbij menselijke factoren in planningsmodellen geïntegreerd worden, is tot op heden vrij schaars. Er moet nog meer onderzoek gebeuren naar alle combinaties van planningsfactoren en menselijke factoren. Huidig onderzoek spitst zich vooral toe op het lay-out design en voorraadtoewijzing en hierbij zijn fysieke en mentale aspecten de meest onderzochte menselijke factoren.

Bij het design van de lay-out van het magazijn kan het op fysiek vlak een goede oplossing zijn om palletten gekanteld in rekken te plaatsen (Calzavara et al., 2017; Hanson et al., 2018; Hanson et al., 2016). De vraag hierbij is echter wel of bedrijven deze ingreep gaan willen doorvoeren doordat er naar alle waarschijnlijkheid geïnvesteerd gaat moeten worden in nieuwe rekken die het mogelijk maken om de palletten te kantelen. Een belangrijke factor die mee kan spelen in deze beslissing om al dan niet te investeren in nieuwe rekken, is dat bij het implementeren van dit systeem niet alleen vooruitgang geboekt wordt wat de fysieke belasting van de order picker betreft, maar dat er ook altijd een vooruitgang geboekt wordt wat de picktijd betreft. Het reduceren van de picktijd is nog altijd het hoofddoel van managers om zo een kortere levertijd te kunnen garanderen en de competitiviteit van het magazijn te verhogen. Ook het draaien van palletten leidt tot een verbetering van de fysieke gevolgen voor de order picker en de picktijd (Glock et al., 2018; Grosse & Glock, 2015; Hanson et al., 2018)

Bij het lay-out design is het ook belangrijk om rekening te houden met psychosociale, persoonlijke kenmerken van order pickers (De Vries et al., 2016b). Momenteel is het vaak dat order pickers aan een order pick systeem worden toegewezen en dat zij zich moeten aanpassen aan dit systeem. Wanneer er bij de selectieprocedure al rekening gehouden wordt met de kenmerken van de order picker, kan dit in het verdere gevolg van het proces voor minder problemen zorgen. Indien er sneller rekening gehouden wordt met de persoonlijke kenmerken van de order picker, is de kans op een mismatch tussen de order picker en het systeem kleiner.

Er wordt in onderzoeken naar leereffecten vaak een onderscheid gemaakt tussen tijdelijke arbeidskrachten en vaste arbeidskrachten (Grosse & Glock, 2013; Grosse et al., 2013; Winkelhaus et al., 2018). Dit kan een belangrijk onderscheid zijn doordat de logistieke sector gekenmerkt wordt door een relatief hoog personeelsverloop en er redelijk vaak ingezet moet worden op tijdelijke werkkrachten.

Bij een voorraadtoewijzing waarbij rekening gehouden wordt met menselijke factoren focussen zowel Battini et al. (2016) en Larco et al. (2017) op het reduceren van de picktijd en negatieve fysieke gevolgen voor de order picker. Opmerkelijk is dat de resultaten verschillen en dat er dus eigenlijk geen conclusie getrokken kan worden waarop nu het best gefocust wordt. Battini et al. (2016) stelt dat het in alle gevallen, dus zowel voor het welzijn van de order picker als de picktijd, beter is om rekening te houden met de fysieke gevolgen voor de order picker. Larco et al. (2017) stelt daarentegen dat indien er enkel rekening wordt gehouden met de fysieke impact en het welzijn van de order picker, dit zeer negatieve gevolgen zal hebben voor de picktijd. Reden voor deze afwijking kan zijn dat de fysieke gevolgen door de twee onderzoeken op verschillende manieren gekwantificeerd worden. In beide onderzoeken wordt ook gewerkt met zeer oude en misschien wel verouderde concepten om de fysieke gevolgen in kaart te brengen.

Een oplossing die vaak terugkeert waarbij rekening wordt gehouden met fysieke factoren, is om goederen in de zogenoemde gouden zone te plaatsen (Petersen et al., 2005). Dit is een logische oplossing aangezien order pickers zich hierdoor minder zullen moeten buigen en uitstrekken. Het veranderen van voorraadlocaties naargelang veranderingen in de vraag kan een goede oplossing zijn om de fysieke belasting van de order picker te verminderen (Sadiq et al., 1996). Bij seizoensveranderingen is het bijvoorbeeld mogelijk dat er andere producten populairder worden, deze populaire producten die dan meer gepickt moeten worden in de gouden zone plaatsen, zullen fysieke voordelen met zich meebrengen. Nefast is echter wel dat de leereffecten van de order pickers hierdoor zullen afnemen doordat zij de locaties opnieuw moeten aanleren. Dit kan leiden tot stress en ergernissen en een toename van de picktijd (Grosse et al., 2013). Stress en ergernissen kunnen mogelijk leiden tot mentale klachten zoals een burn-out en de gevolgen hiervan kunnen ook zeer negatief zijn voor de order picker. Het is aan bedrijven om te beslissen waar ze het meeste belang aan hechten, het fysieke aspect of het mentale aspect.

Het magazijn opdelen in zones kan de vermoeidheid van de order picker verminderen doordat er minder afstand afgelegd moet worden dan wanneer de order picker over heel het magazijn actief is.

Order pickers laten roteren tussen zones kan leiden tot een positieve stimulans, maar kan ook negatieve gevolgen hebben (Winkelhaus et al., 2018).

Een eenvoudige maar dure oplossing is om meer zones te creëren en meer werknemers aan te nemen (Otto et al., 2017). Rekening houdend met leereffecten is het op vlak van efficiëntie en mentale factoren aangeraden om tijdelijke werknemers tewerk te stellen in de zone waar de meest frequent gepicke producten opgeslagen liggen. Deze zone is over het algemeen kleiner waardoor de order picker de goederen sneller weet liggen en sneller leereffecten geniet (Grosse & Glock, 2015).

Juiste beloningssystemen en compensaties naar order pickers toe kunnen leiden tot een stijging van de efficiëntie van de order picker. Belangrijk is wel om bij beloningssystemen rekening te houden met persoonlijke kenmerken van de order picker. Niet elke order picker zal hetzelfde reageren op een vorm van beloning. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen personen die eigen doelen nastreven, deze zullen vooral gestimuleerd kunnen worden door beloningen uit te drukken in termen van winsten, en personen die enkel en alleen hun plicht willen voldoen. Dit laatste type van personen zullen vooral gemotiveerd kunnen worden door bonussen uit te drukken in termen van verliezen (De Vries et al., 2016a).

Het invoeren van bonussen kan mogelijk een goede manier zijn om huidige problematieken bij vooropgestelde routes tegen te gaan. Order pickers wijken vaak af van vooropgestelde routes (Elbert et al., 2017; Glock et al., 2016). Dit is mogelijk doordat zij de routes te complex vinden of doordat de order pickers door het afwijken van de routes denken efficiënter te werk kunnen gaan. Afwijkingen ten opzichte van vooropgestelde routes zullen meestal een negatief effect hebben op de efficiëntie van het order pick proces. Hierdoor is het belangrijk dat de persoonlijke redenen waarom order pickers afwijken van de routes mee opgenomen worden in de planningsmodellen bij order picking. Een mogelijke oplossing kan ook zijn om bonussen te geven aan order pickers wanneer zij een verbetering kunnen doorvoeren aan een voorgestelde route. De order pickers moeten hiervoor dan eerst naar het management gaan om dit voor te stellen alvorens ze de veranderingen doorvoeren.

Naar order batching wordt tot op heden nog niet veel onderzoek gedaan met betrekking tot het implementeren van menselijke factoren. Het enige wat gesteld wordt door Grosse et al. (2014) is dat het belangrijk is om rekening te houden met het gewicht dat een order picker in één batch kan meedragen in plaats van met de hoeveelheid goederen die hij/zij kan dragen.

4.1 Beperkingen en suggesties voor verder onderzoek

Dit onderzoek heeft zijn beperkingen. Eén beperking is dat er enkel toegespitst wordt op order picking in magazijnen en distributiecentra. Ook binnen assemblagelijnen kan het manueel picken van producten om deze in de assemblagelijnen in te voeren, voorkomen. Een andere beperking is dat er enkel wordt gekeken naar wetenschappelijk onderzoek en geen studie is gevoerd naar de werkelijke omstandigheden binnen een magazijn en de opmerkingen van de order pickers op de werkplaats.

Er zijn nog zeer veel onderzoeksmogelijkheden binnen dit thema. Enkele mogelijke verdere onderzoeken kunnen zich meer toespitsen op de planningsproblemen die minder aan bod komen in huidige onderzoeken zijnde zonering, order batching en routing. Daarnaast moet er ook nog meer onderzoek gebeuren bij alle elementen waarin in een link gelegd moet worden met perceptuele en psychosociale factoren. Deze twee menselijke factoren worden in verhouding nog het minst onderzocht maar zijn zeker niet minder belangrijk. Er werd in deze conclusie reeds aangehaald dat het kantelen van palletten een goede oplossing kan zijn om fysieke ongemakken bij order pickers te verminderen en dat dit bovendien een positief effect kan hebben op de picktijd, maar dat dit mogelijks dure investeringen voor bedrijven met zich mee kan brengen. Het is interessant om een analyse uit te werken waarin de kosten van de investering afgewogen worden tegenover de winst in termen van picktijd en verbeterde ergonomische omstandigheden voor de order picker. Het kan daarnaast ook interessant zijn om een onderzoek te doen naar welke persoonlijke kenmerken het best passen bij een job als order picker en/of order pickers die minder goed aanleunen bij dit profiel meer last hebben van negatieve effecten dan order pickers die dicht aanleunen bij dit profiel. Tot slot kunnen er ook diepte-interviews worden afgenomen met order pickers over wat zij werkelijk ervaren en van belang beschouwen.

Hoofdstuk 5 : Lijst van geraadpleegde werken

- Alexander, D. C. (1998). Strategies for cost justifying ergonomic improvements. *IIE Solutions*, 30(3), 3035.
- Axelsson, J. R. C. (2000). *Quality and ergonomics: towards successful integration*: Linköping University.
- Azizi, N., Zolfaghari, S., & Liang, M. (2010). Modeling Job Rotation in Manufacturing Systems: The Study of employee's Boredom and Skill Variations. *International Journal of Production Economics*, 123(1), 69-85.
- Barrick, M. R., & Mount, M. K. (1991). The Big Five Personality Dimensions and Job Performance: A Meta-analysis. *Personnel Psychology*, 44(1), 1-26.
- Barrick, M. R., Mount, M. K., & Judge, T. A. (2001). Personality and Performance at the Beginning of the New Millennium: What Do We Know and Where Do We Go Next? . *International Journal of Selection and Assessment*, 9(1-2), 9-30.
- Barrick, M. R., Stewart, G. L., Neubert, M. J., & Mount, M. K. (1998). Relating Member Ability and Personality to Work-Team Processes and Team Effectiveness. *Journal of Applied Psychology*, 83(3), 377-391.
- Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2015). A comparative Analysis of Different Paperless Picking Systems. *Industrial Management & Data Systems*, 115(3), 483-503.
- Battini, D., Glock, C. H., Grosse, E. H., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2016). Human energy expenditure in order picking storage assignment: A bi-objective method *Computers & Industrial Engineering*, 94, 147-157.
- Battini, D., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2014). Innovative real-time system to integrate ergonomic evaluations into warehouse design and management. *Computers & Industrial Engineering*, 77, 1-10.
- Beersma, B., Homan, A. C., G.A., V. K., & De Dreu, C. K. W. (2013). Outcome interdependence shapes the effects of prevention focus on team processes and performance.
- Berger, S. M., & Ludwig, T. D. (2007). Reducing warehouse Employee Errors Using Voice-assisted Technology that Provided Immediate Feedback. *Journal of Organizational Behavior Management*, 27(1), 1-31.
- Bindi, F., Manzini, R., Pareschi, A., & Regattieri, A. (2009). "Similarity-based Storage Allocation Rules in an Order Picking System: An Application to the Food Service Industry. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 12(4), 233-247
- BLS, B. o. L. S. (2013). Nonfatal occupational injuries and illness requiring days away from work. 2012. *USDL-13-2257*.
- Borg, G. (1982). A category Scale with Ratio Properties for Intermodal and Interindividual Comparisons. *Psychological Judgment and the Process of Perception*.
- Boudreau, J., Hopp, W., McClain, J. O., & Thomas, L. J. (2003). On the Interface Between Operations and Human Resources Management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 5(3), 179-202.

- Boysen, N., Emde, S., Hoeck, M., & Kauderer, M. (2015). Part logistics in the automotive industry: decision problems, literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*, 242(1), 107-120.
- Bozer, Y. A., & Kile, J. W. (2008). Order Batching in Walk-and-pick Order Picking Systems. *International Journal of Production Research*, 46(7), 1887-1909.
- Brynzér, H., & Johansson, M. I. (1995). Design and Performance of Kitting and Order Picking Systems. *International Journal of Production Economics*, 41(1-3), 115-125.
- Burinskiene, A. (2010). Order picking process at warehouses. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 6(2), 162-178.
- Calzavara, M., Glock, C. H., Grosse, E. H., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2016). Analysis of economic and ergonomic performance measures of different rack layouts in an order picking warehouse. *Computers & Industrial Engineering*.
- Calzavara, M., Hanson, R., Sgarbossa, F., Medbo, L., & Johansson, M. I. (2017). Picking from pallet and picking from boxes: a time and ergonomic study *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 6888-6893.
- Carayon, P., Sainfort, F., & Smith, M. J. (1999). Macroergonomics and total quality management: how to improve quality of working life? . *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 5(2), 303-334.
- Chuang, Y.-F., Lee, H.-T., & Lai, Y.-C. (2012). Item-associated Cluster Assignment Model on Storage Allocation Problems. *Computers & Industrial Engineering*, 63(4), 1171-1177.
- Condly, S. J., Clark, R. E., & Stolovitch, H. D. (2003). The effects of incentives on workplace performance: A meta-analytic review of research studies 1. *Performance improve. Quart.*, 16, 46-63.
- Crowe, E., & Higgins, E. T. (1997). Regulatory focus and strategic inclinations: Promotion and prevention in decision-making. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.*, 69, 117-132.
- Dallari, F., Marchet, G., & Melacini, M. (2009). Design of order picking system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(1-2), 1-12.
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481-501.
- De Vries, J., De Koster, R., & Stam, D. (2016a). Aligning order picking methods, incentive systems, and regulatory focus to increase performance. *Production and operations management*.
- De Vries, J., de Koster, R., & Stam, D. (2016b). Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking *International journal of production research*, 54(8), 2260-2274. doi:10.1080/00207543.2015.1064184
- Digman, J. M. (1990). Personality Structure: Emergence of the Five-Factor Model. *Annual Review of Psychology*, 41(1), 417-440.
- Dijkhuizen, B. (2018). Geen plaspauze voor Amazon-orderpickers in Groot-Britannië
- Drury, C. G. (2000). Global quality: linking ergonomics and production. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4007-4018.
- Dukic, G., & Oluic, C. (2007). Order-picking methods: improving order picking efficiency. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 3(4), 451-460.
- Dul, J. (2006). Orderpicken: op de automatische piloot *Transport & opslag*. Retrieved from <https://www.logistiek.nl/warehousing/artikel/2006/06/orderpicken-op-de-automatische->

piloot-10112298?vakmedianet-approve-cookies=1&_ga=2.63919398.885068587.1539608862-535636734.1539608862

- Dul, J., Douwes, M., & Smitt, P. (1994). Ergonomic Guidelines for the Prevention of Discomfort of Static Postures based on Endurance Data. *Ergonomics*, 37(5), 807-815.
- Eatough, E. M., Way, J. D., & Chang, C.-H. (2012). Understanding the link between psychosocial work stressors and work-related musculoskeletal complaints. *Applied Ergonomics*, 43(3), 554-563.
- Eklund, J. A. E. (1995). Relationships between Ergonomics and Quality in Assembly Work. *Applied Ergonomics*, 26(1), 15-20.
- Elbert, R. M., Franzke, T., Glock, C. H., & Grosse, E. H. (2017). The effects of human behavior on the efficiency of routing policies in order picking: The case of route deviations. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 537-551.
- Eurofond. (2015). *Eurofond yearbook 2015: Living and working in Europe*. Retrieved from <https://www.eurofound.europa.eu/publications/annual-report/2016/eurofound-yearbook-2015-living-and-working-in-europe>
- Eurostat. (2009). *8,6% of workers in the EU experienced work-related health problems*. Retrieved from
- Gademann, N., & Van De Velde, S. (2005). Order Batching to Minimize Total Travel Time in a Parallel-aisle Warehouse. *IIE Transactions*, 37(1), 63-75.
- Gajsek, B., Dukic, G., & Opetuk, T. (2015). *Review of ergonomic solutions to protect from injuries of lower back in case of forklifts drivers*. Paper presented at the Conference Proceedings, Zagreb.
- Gajsek, B., Herzog, N. V., Butlewski, M., & Dukic, G. (2017). Research opportunity: Incorporation of Human Factors in Order Picking System Models. *i-Perception*, 72, 45-61. doi:10.21008/j.0239-9415.2017.072.04
- Garg, A. (1986). Biomechanical and Ergonomic Stresses in Warehouse Operations. *IIE Transactions*, 18(3), 246-250.
- Ghobadian, A., & Gallear, D. (2001). TQM implementation: an empirical examination and proposed generic model. *Omega*, 29, 343-359.
- Glock, C. H., & Grosse, E. H. (2012). Storage Policies and Order Picking Strategies in U-shaped Order-picking Systems with a Movable base. *International Journal of Production Research*, 50(16), 4344-4357.
- Glock, C. H., Grosse, E. H., Abedinnia, H., & Emde, S. (2018). An integrated model to improve ergonomic and ergonomic performance in order picking by rotating pallets. *European Journal of Operational Research*, 273, 516-534.
- Glock, C. H., Grosse, E. H., Elbert, R. M., & Frankze, T. (2016). Maverick picking: the impact of modifications in work schedules on manual order picking processes. *International Journal of Production Research*. doi:10.1080./00207543.2016.1252862
- Goomas, D. T., & Ludwig, T. D. (2007). Enhancing Incentive Programs with Proximal Goals and Immediate Feedback. *Journal of Organizational Behavior Management*, 27(1), 33-68.
- Grosse, E. H., Dixon, S. M., Neumann, W. P., & Glock, C. H. (2016). Using qualitative interviewing to examine human factors in warehouse order picking: technical note. *INternational Journal of Logistics Systems and Management*, 23(4), 499-518.

- Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2013). An Experimental Investigation of Learning Effects in Order Picking Systems. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(6), 850-872.
- Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2015). The effect of worker learning on manual order picking processes. *International Journal of Production Economics*, 170, 882-890.
- Grosse, E. H., Glock, C. H., & Ballester-Ripoll, R. (2014). A simulated Annealing Approach for the Joint Order Batching and Order Picker Routing Problem with Weight Restrictions *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 20(2), 65-83.
- Grosse, E. H., Glock, C. H., & Jaber, M. Y. (2013). The effect of worker learning and forgetting on storage reassignment decisions in order picking systems. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 653-662.
- Grosse, E. H., Glock, C. H., Jaber, M. Y., & Neumann, W. P. (2015). Incorporating human factors in order picking planning models: framework and research opportunities. *International journal of production research*, 53(3), 695-717. doi:10.1080/00207543.2014.919424
- Grosse, E. H., Glock, C. H., & Neumann, W. P. (2015). Human Factors in Order Picking System Design: A Content Analysis. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 320-325.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1-21.
- Guzzo, R. A., Jette, R. D., & Katzell, R. A. (1985). The effects of psychologically based intervention programs on worker productivity: A meta-analysis. *Personnel Psychology*, 38, 275-291.
- Hägg, G. M. (2003). Corporate initiatives in ergonomics - an introduction. *Applied Ergonomics*, 34(1), 3-15.
- Hanson, R., Medbo, L., Berlin, C., & Hansson, J. (2018). Manual picking from flat and tilted pallet containers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 64, 199-212.
- Hanson, R., Medbo, L., Jukic, P., & Assaf, M. (2016). Manual Picking from Large Containers - Time Efficiency and Physical Workload. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1703-1708.
- Häusser, J. A., Mojzisch, A., Niesel, M., & Schulz-Hardt, S. (2010). Ten years on: a review of recent research of the job demand-control (-support) model and psychological well-being. *Work & Stress: An international Journal of Work, Health & Organisations*, 24(1), 1-35.
- Henn, S., & Schmid, V. (2013). Metaheuristics for Order Batching and Sequencing in Manual Order Picking Systems: A Tertiary Study. *International Journal of Integrated Supply Management*, 7(4), 215-245.
- Higgins, E. T. (1998). Promotion and prevention: Regularity focus as a motivational principle *adv. exp. soc. psychol.*, 30, 1-46.
- Hurtz, G. M., & Donovan, J. J. (2000). Personality and Job Performance: The Big Five Revisited. *Journal of Applied Psychology*, 85(6), 869-879.
- IEA. (2016). Retrieved from <https://www.iea.cc/whats/index.html>
- Jaber, M. Y., Givi, Z. S., & Neumann, W. P. (2013). Incorporating Human Fatigue and Recovery into the Learning-Forgetting Process. *Applied Mathematical Modelling*, 37(12-13), 7287-7299.
- James, D., Grennan, S., & Mulhern, G. (1994). Ergonomics in Northern-Ireland - a Survey of Knowledge, Attitudes, and Implementation in Industry and the Public-Services. *Ergonomics*, 37(5), 953-963.
- Jeffrey, S. A., & Shaffer, V. (2007). The motivational properties of tangible incentives. *Compens. Benefits Rev.*, 39(44).

- Jenkins, S., & Rickards, J. (2001). The economics of ergonomics: three workplace design case studies. *Applied Ergonomics*, 336.
- Karasek, R. A., & Theorell, T. (1990). *Healthy Work: Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life*.
- Koningsveld, E. A. P., Dul, J., Van Rhijn, G. W., & Vink, P. (2005). Enhancing the impact of ergonomics interventions. *Ergonomics*, 5(559-580).
- Larco, J. A., De Koster, R., Roodbergen, K. J., & Dul, J. (2017). Managing warehouse efficiency and worker discomfort through enhanced storage assignment decisions. *International journal of production research*, 55(22), 6407-6422. doi:10.1080/00207543.2016.1165880
- Layer, J. K., Karwowski, W., & Furr, A. (2009). The effect of cognitive demands and perceived quality of work life on human performance in manufacturing environments. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 441-421.
- Lidgren, L., Gomez-Barrena, E., Duda, G. N., Puhl, W., & Carr, A. (2014). European musculoskeletal health and mobility in Horizon 2020. Setting priorities for musculoskeletal research and innovation. *Bone and Joint Research*, 3(3), 48-50.
- Liu, X. Z., & Yan, D. (2007). Ageing and Hearing Loss. *The Journal of Pathology*, 211(2), 188-197.
- Lodree, E. J., Geiger, C. D., & Jiang, X. (2009). Taxonomy for Integrating Scheduling Theory and Human Factors: Review and Research Opportunities *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 39-51.
- Marras, W. S., Davis, K. G., Heany, C. A., Maronitis, A. B., & Allread, W. G. (2000). The Influence of Psychosocial Stress, Gender, and Personality on Mechanical Loading of the Lumbar Spine. *Spine*, 25(23), 3045-3054.
- Marras, W. S., Davis, K. G., Kirking, B. C., & Bertsche, P. K. (1999). A Comprehensive Analysis of Low-back Disorder Risk and Spinal Loading during the Transferring and Repositioning of Patients Using Different Techniques. *Ergonomics*, 42(7), 904-926.
- Marras, W. S., Lavender, S. A., Ferguson, S. A., Splittstoesser, R. E., & Yang, G. (2010). Quantitative biomechanical workplace exposure measures: distribution centers. *J Electromyogr Kinesiol*, 29, 813-822.
- Meerding, W. J., Ijzelenberg, W., Koopmanschap, M. A., Severens, J. L., & Budorf, A. (2005). Health problems lead to considerable loss at work among workers with high physical load jobs. *Journal of Clinical Epidemiology*, 58(5), 517-523.
- Miles, B. L., & Swift, K. (1998). Design for manufacture and assembly. *Manufacturing Engineer*, 77(5), 221-224.
- Misztal, A., & Butlewski, M. (2012). *Life improvement at work*. Paper presented at the Publishing Home of Poznan University, Poznan.
- Navqi, S. A., King, A., & Rook, C. (2001). *Engineering Standards Development and Ergonomics - A Literature Perspective with Special Focus on Warehousing*. Paper presented at the Proceedings of the SELF-ACE 2001 Conference - Ergonomics for Changing Work., Montreal
- Neumann. (2004). *Production Ergonomics: Identifying and Managing Risk in the Design of High Performance Work Systems*. .
- Neumann, & Dul, J. (2010). "Human Factors: Spanning the Gap between Om and Hrm.". *International Journal of Operations & Production Management*, 30(9), 923-950.

- Neumann, & Village, J. (2012). Ergonomics action research II: A framework for integrating HF into work system design. *Ergonomics*, 55(10), 1140-1156.
- Norman, R., Wells, R., Neumann, P., Frank, J., Shannon, H., & Kerr, M. (1998). A Comparison of Peak vs Cumulative Physical Work Exposure Risk Factors for the Reporting of Low Back Pain in the Automotive Industry. *Clinical Biomechanics*, 13(8), 561-573.
- NRC. (2001). Musculoskeletal Disorders and the Workplace: Low Back and Upper Extremities. .
- Otto, A., Boysen, N., Scholl, A., & Walter, R. (2017). Ergonomic workplace design in the fast pick area. *OR Spectrum*, 39(4), 945-975.
- Palletplaza (Producer). (2019). Gebruikte Europallet A keus eerste kwaliteit belasting 1500kg HT. Retrieved from <https://www.palletplaza.nl/gebruikte-europallet-a-keus-eerste-kwaliteit/>
- Palletwest (Producer). (2016). 1165 x 1165mm 1 Tonne Pallet Collar Crate – 2 Collars. Retrieved from <https://www.palletwest.com.au/product/1165-x-1165mm-1-tonne-pallet-collar-crate-2-collars/>
- Petersen, C. G., Siu, C., & Heiser, D. R. (2005). Improving Order Picking Performance Utilizing Slotting and Golden Zone Storage. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(10), 997-1012.
- Price, A. D. (1990). Calculating relaxation allowances for construction operatives - Part 1: Metabolic cost. *Applied Ergonomics*, 21(4), 311-317.
- Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). Work-related Musculoskeletal Disorders: The Epidemiologic Evidence and the Debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(1), 13-23.
- Riby, L., & Perfect, T. S., B. (2004). The Effects of Age and Task Domain on Dual Task Performance: A Meta-Analysis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(6), 863-891.
- Richards, G. (2014). Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. *Kogan Page*.
- Routroy, S., & Kodali, R. (2008). Development of decision framework for warehouse decisions in supply chain network. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 4(2), 207-218.
- Sadiq, M., Landers, T. T., & Don Taylor, G. (1996). An assignment Algorithm for Dynamic Picking Systems. *IIE Transactions*, 28(8), 607-616.
- Salzmann, O., Ionescu-Somers, A., & Steger, U. (2005). The Business Case for Corporate Sustainability: Literature Review and Research Options. *European Management Journal*, 23(1), 27-36.
- Sanders, & McCormick, E. J. (1993). Human factors in Engineering and Design. 7.
- Sanders, Reid, R. D., Taylor, B. W., & Russel, R. S. (2017). *Introduction to logistics*
- Schneider, E., & Irastorza, X. (2010). Osh in Figures: Work-related Musculoskeletal Disorders in the Eu - Facts and Figures.
- Shikdar, A., & Das, B. (2003). A Strategy for Improving Worker Satisfaction and Job Attitudes in a Repetitive Industrial Task: Application of Production Standards and Performance Feedback. *Ergonomics*, 46(5), 466-481.
- Smith, M. J. (1997). Psychosocial Aspects of Working with Video Display Terminals (Vdts) and Employee Physical and Mental Health *Ergonomics*, 40(10), 1002-1015.

- St-Vincent, M., Denis, D., Imbeau, D., & Trudeau, R. (2006). Symptoms of Stress Related to the Characteristics of Customer Service in Warehouse Superstores *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(4), 313-321.
- Tompkins, J. A., White, Y. A., Bozer, E. H., & Tanchoco, J. M. A. (2010). Facilities planning. *International journal of production research*, 49(24), 7519-7520. doi:10.1080/00207543.2011.563164
- Van Zelst, S., Van Donselaar, K., Van Woensel, T., Broekmeulen, R., & Fransoo, J. (2009). Logistic Drivers for Shelf Stacking in Grocery Retail Stores: Potential for Efficiency Improvement. *International Journal of Production Economics*, 121(2), 620-632.
- Vandevelde, A., & van Dierdonck, R. (2003). Managing the design-manufacturing interface. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(11), 1326-1348.
- Walsh, J. P., Weber, K., & Margolis, J. D. (2003). Social issues and management: our lost cause found. *Journal of Management*, 24(6), 859-881.
- Wäscher, G. (2004). Order Picking: A Survey of Planning Problems and Methods *Supply Chain Management and Reverse Logistics* (pp. 323-347). Berlin.
- Weaver, K. A., Baumann, H., Starner, T., Iben, H., & Lawo, M. (2010). An Empirical Task Analysis of Warehouse Order Picking Using Head-Mounted Displays *CHI 2010: Interactions in the World* Atlanta, GA.
- Weber, M. (2008). The business case for corporate social responsibility: a company-level measurement approach for CSR. *European Management Journal*, 26(4), 247-261.
- Weisner, K., & Deuse, J. (2014). Assessment methodology to design an ergonomic and sustainable order picking system using motion capturing systems. *Procedia CIRP*, 17, 422-427.
- Winkelhaus, S., Sgarbossa, F., Calzavara, M., & Grosse, E. H. (2018). The effects of human fatigue on learning in order picking: an explorative experimental investigation. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 832-837.

Hoofdstuk 6 : Bijlagen

6.1 Bijlage 1 : Samenvattende tabel

In tabel 9 wordt een samenvatting weergegeven van alle onderzoeken die opgenomen zijn in de classificatietabel en besproken zijn. Om de tabel niet te omslachtig te maken wordt de volgende legende aangereikt:

Planningsproblemen:

- Lay-out design = 1
- Voorraadtoewijzing = 2
- Zonering = 3
- Order batching = 4
- Routing = 5

Menselijke factoren:

- Perceptueel = A
- Mentaal = B
- Fysiek = C
- Psychosociaal = D

Auteur en datum	Planningsprobleem					Menselijke factor				Inhoud
	1	2	3	4	5	A	B	C	D	
Battini et al. (2014)		X						X		• Classificatie goederen
Battini et al. (2016)		X						X		• Bi-objectief model, energieverbruik
Calzavara et al. (2016)	X							X		• Lay-out palletten en rekken
Calzavara et al. (2017)	X							X		• Kantelen van palletten
De Vries et al. (2016a)			X						X	• Verschillende soorten zones • Bonussen • Individuele verschillen
De Vries et al. (2016b)	X X					X			X	• Vormen van picklijsten • Big Five
Elbert et al. (2017)					X				X	• Afwijkingen tegenover route
Glock et al. (2016)					X				X	• Maverick picking • Bonussen
Glock et al. (2018)	X							X		• 180 ° draaien palletten

Grosse en Glock (2013)	X						X			<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Onderscheid vaste en tijdelijke werknemers
Grosse en Glock (2015)			X				X			<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Tijdelijke tegenover vaste werknemers in zones
Grosse et al. (2013)	X						X			<ul style="list-style-type: none"> • Leereffecten • Onderscheid vaste en tijdelijke werknemers • Leereffecten • Vaste plaats producten • Effect op tijdelijke en vaste werknemers
Grosse et al. (2014)				X				X		<ul style="list-style-type: none"> • Totaal draagbaar gewicht
Grosse et al. (2015)	X							X		<ul style="list-style-type: none"> • Draaien van palletten, korte en lange zijde
Hanson et al. (2016)	X							X		<ul style="list-style-type: none"> • Kantelen van palletten
Hanson et al. (2018)	X							X		<ul style="list-style-type: none"> • Kantelen van palletten • Draaien van palletten, korte en lange zijde
Larco et al. (2017)		X						X		<ul style="list-style-type: none"> • Bi-objectief model en heuristiek, Borg's schaal
Otto et al. (2017)		X						X		<ul style="list-style-type: none"> • Gouden zone en zones er rond • Meer zones, meer order pickers
Sadiq et al. (1996)		X						X		<ul style="list-style-type: none"> • Stockeren naar gelang de vraag, SLAA • Gouden zone
Weaver et al. (2010)	X						X			<ul style="list-style-type: none"> • Vormen van picklijsten
Weisner en Deuse (2014)		X						X		<ul style="list-style-type: none"> • Meest gepickte goederen in gouden zone
Winkelhaus et al. (2018)	X X		X				X X		X	<ul style="list-style-type: none"> • Design picklijst • Leereffecten • Leereffecten • Vaste locatie producten • Rotatie tussen zones • Minder afstand afleggen

Tabel 8: Samenvattende tabel van literatuur in classificatietabel met besproken planningsprobleem en bestudeerde menselijke factor