



## MENS EN ROBOT IN MAGAZIJN

Een onderzoek naar de inzet van robotica in het magazijn en de implicaties voor medewerkers

FOTO BRON: SMART ROBOTICS /ROBOT ACADEMIE

## EINDRAPPORTAGE 'MENS EN ROBOT IN MAGAZIJN'

Een onderzoek naar de inzet van robotica in het magazijn en de implicaties voor medewerkers



**TKI DINALOG**  
Dutch Institute for Advanced Logistics



## SAMENVATTING

Met de intrede van allerlei soorten robots in het magazijn, is het de vraag wat dat betekent voor de mensen die er werkzaam zijn. Meer concreet:

- Wat betekent het voor de inhoud van hun werk en de werkomstandigheden?
- Wat betekent het voor de benodigde competenties van de magazijnmedewerker?
- Wat zijn effectieve strategieën als mens en robot intensief samen moeten werken?
- Hoe kan men bij robotiseren vroegtijdig rekening houden met de gevolgen voor de mens?

Op de achtergrond van deze vragen spelen een aantal zaken:

- De behoefte aan hoger opgeleid personeel en een opleiding die aansluit bij de praktischeisen;
- De noodzaak van goede werkomstandigheden ten behoeve van aantrekkelijke functies (gegeven de schaarste aan personeel in diverse regio's) en ten behoeve van duurzame inzetbaarheid (onder andere gegeven de verouderende arbeidspopulatie).



Bron foto: Probotics

Dit project richtte zich op bovenstaande vragen met de focus op specifieke robotvormen, namelijk pick-support AGVs (Automated Guided Vehicles) en flexibele robots. In een laatste werkpakket lag de focus op de nieuwe eisen en gevolgen voor het onderwijs.

Simulatie en experimenteel onderzoek is uitgevoerd naar pick-support AGVs en pickstrategie. In het experiment werd gepickt onder een conditie waarin de AGV respectievelijk de mens de leiding had. De resultaten geven inzicht in de verschillen tussen deze strategieën in termen van performance en gedrag en geven input voor het ontwerp en optimaliseren van deze strategieën. Door middel van bedrijfsbezoeken, praktijkobservaties en interviews hebben we aandacht besteed aan flexibele robots (cobots) en goods-to-person (G2P) systemen. Er zijn flexibele robots voor palletiseer- en inpakwerk, maar in de praktijk bevinden deze zich nog in een experimenteerfase. Een andere conclusie is dat de cobot door het wegnemen van repeterende taken niet automatisch leidt tot beter werk voor de werknemer. Waar taken worden overgenomen, krijgt de werknemer er nieuwe taken bij. Deze taakverschuiving is niet inherent verbonden aan de cobot maar wordt bepaald door de keuzes van leidinggevenden, die daarmee



dus in hoge mate de effecten van cobots op werknemers bepalen. Voor G2P zien we dat deze zowel kansen als bedreigingen voor de werknemers met zich mee kunnen brengen en dat het zaak is deze vroegtijdig te onderkennen.

Hoe houd je rekening met menselijk kapitaal (human capital) als je gaat robotiseren? In dit project is een leidraad ontwikkeld die per stap in het robotiseringsproces antwoord geeft op deze vraag.

Wat betreft de nieuwe skills en de match met opleidingen, hebben we geconstateerd dat veel personen die nu werkzaam zijn in de logistieke sector niet altijd een affiniteit met techniek hebben, maar dat die wel nodig is om met de steeds complexer wordende omgeving mee te groeien. IT en supply chain zijn nauw verweven gebieden geworden en er is behoefte aan mensen die op beide gebieden vaardig zijn. Deze mismatch wordt nu geadresseerd bij Fontys Hogescholen met de ontwikkeling van de nieuwe minor 'Business, Logistics & Robotics' (zie bijlage 1).

De digitalisering en robotisering gaat zich in de toekomst verder voltrekken. Tegelijkertijd zijn er nieuwe uitdagingen aan de orde (klimaat, energie, vergrijzing) naast de reeds bestaande (globalisering). Technologie kan helpen en menselijk kapitaal blijft onmisbaar. Dit vraagt om een integrale benaderingswijze en intensieve samenwerking tussen bedrijven, opleidingen, technologieontwikkelaars en kennisinstellingen.

Het project is uitgevoerd in opdracht van TKI Dinalog. Het onderzoeksteam bestaat uit TNO, Erasmus University Rotterdam (EUR) en Fontys Hogeschool. Andere consortium partners zijn Smart Robotics, Robot Academie, Probotics, Stichting Logistica en Kennis DC Logistiek.



Voor meer informatie neem contact op met Kim Kranenborg, TNO ([kim.kranenborg@tno.nl](mailto:kim.kranenborg@tno.nl)).



## BELANGRIJKSTE INZICHTEN

- Wanneer orders verzameld worden met behulp van PS-AGVs, kan het lonen om dynamisch (afhankelijk van samenstelling van de orderlijst) te switchen tussen parallel en zone-picking. Dit kan significante besparingen opleveren in doorlooptijd.
- De wijze waarop de robot wordt ingezet (de robot leidt, of de robot volgt de mens) en persoonlijkheidskenmerken van de verzamelaars hebben invloed op zowel de productiviteit, kwaliteit van het proces, als op werktevredenheid
- De keuzes die het management heeft omtrent inzet van technologie en organisatie van de arbeid daaromheen zijn (vaak meer nog dan de robot zelf) bepalend voor de impact die een robot heeft op werkbelasting en de aantrekkelijkheid van functies. (Wat men de medewerker bijvoorbeeld laat doen gedurende de tijd dat de robot taken overneemt, ligt niet altijd vast)
- Met de inzet van flexibele robots (cobots) in de magazijnwereld gaat het nog niet hard. Meeste toepassingen die bedacht worden zitten in experimenteel stadium.
- Het project heeft een netwerk in de logistiek en onderzoek en bekendheid opgeleverd voor de consortiumpartners, met name de bedrijven zoals Probotics. Mede door de verschillende bijeenkomsten zijn de partners met veel interessante grote en kleine bedrijven in contact gekomen, wat in sommige gevallen tot vervolggesprekken en – projecten heeft geleid.
- Voor de bedrijven zijn de contacten met de kennisinstellingen nuttig, omdat onderzoek raakt aan de praktijkvragen bij klanten. Ook hebben de bedrijven, zoals Probotics een beter beeld hebben gekregen van de mogelijkheden en ideeën om klanten te coachen.
- De scenario's order picken waren de kern van het project. De inzichten over de verschillende picking scenario's en de effecten op mensen en ervaring van mensen gemeten met een wetenschappelijk aanpak en ingelijst met mogelijkheden om modelmatig hieraan te rekenen is van belang voor de consortiumpartners en hun klanten.
- Beleving van de orderpickers staat centraal. De menselijke factor in het project de verschuiving in skills en wat mensen van robots (AGV's) verwachten zijn voor de consortiumpartners, met name de bedrijven heel relevant. Het is belangrijk om klanten niet alleen met technische oplossingen te helpen maar vooral de introductie bij de medewerkers goed te kunnen adviseren en begeleiden.
- Mede door dit project ontstaan bij diverse consortiumpartners ideeën voor nieuwe producten en projecten. Denk bijvoorbeeld aan het vervolgproject [Sharehouse](#) en een idee dat AGV's een bijdrage kunnen leveren om mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt in te kunnen zetten met behulp van een orderpickrobot en hier een prototype voor te ontwikkelen.



Bron: Sharehouse

- Omdat er meer technisch opgeleiden mensen in de logistiek sector nodig zijn, moeten opleidingen, waaronder hogescholen en universiteiten dat onder de aandacht brengen bij hun studenten. Door bijvoorbeeld de samenwerking te creëren tussen de opleiding Mechatronica en de opleiding Logistiek bij Fontys Hogeschool, verhogen zij bewustwording van studenten voor behoeftes van deze sector.
- Algemene perceptie is dat er meer robotisering binnen logistiek magazijnen word gebruikt, werkelijkheid laat zien dat er niet zo is.
- Dit project heeft bewustwording gecreëerd rondom opkomende nieuwe technologieën in de logistieke sector in het hoger onderwijs, waardoor verandering in de curricula belangrijk zijn.



## INHOUDSOPGAVE



AANLEIDING .....	1
UITDAGINGEN .....	2
PROJECTDOELEN .....	2
PROJECTOPZET .....	3
RESULTATEN IN ALGEMENE ZIN.....	9
ERVARINGEN .....	11
PROJECT PARTNERS.....	13
BIJLAGEN .....	17



Prof. Dr. Michiel de Looze

Prof Dr. Michiel de Looze, TNO

*“De impact van robots op de aantrekkelijkheid van het werk van magazijnmedewerkers is slechts ten dele afhankelijk van de robot zelf. De keuzevrijheid die het management heeft omtrent inzet van technologie en organisatie van de arbeid daaromheen, is vaak groter en heeft meer impact dan men denkt”*



## AANLEIDING

Technologie ontwikkelt zich snel: big data, vision, robotica, machine learning, kunstmatige intelligentie, etcetera. Nieuwe toepassingen stapelen zich op. De impact op ons dagelijks leven en de maatschappij is voelbaar en waarneembaar. Ook in het magazijn doen veel technologische toepassingen hun intrede: nieuwe communicatietechnologie (realtime analytics, automatic data capture, RFID), managementsystemen (WMS, Lean Management), robotisering van magazijnprocessen (AGVs, goods-to-person-systemen (G2P), palletizing robots) en technologie ter ondersteuning van medewerkers (smart glasses en exoskeletten). Wanneer we inzoomen op robots, dan zien we dat deze breed worden ingezet: voor intern transport, pallet handling, colli picking, piece-picking en verpakken.

Niemand twijfelt eraan dat deze trend zich verder door zal trekken. Tegelijkertijd zien we dat in veel magazijnen veel mensen aan het werk zijn. In 2017 waren er nog 942.000 werkzaam in een logistiek beroep. In zo'n 80% van de magazijnen gebeurt de material handling nog grotendeels manueel. Voorlopig is het de combinatie van robots en mensen die de dagelijkse eisen qua productiviteit, throughput en flexibiliteit zullen moeten realiseren.

Het efficiënter maken van het logistieke proces is doorgaans de drijfveer achter de robotisering. Een relevante vraag is: wat betekent de technologie voor de mensen die werken in het magazijn?

- Wat betekent het voor de inhoud van hun werk en de werkomstandigheden?
- Wat betekent het voor de benodigde competenties van de magazijnmedewerker?
- Wat zijn effectieve strategieën als mens en robot intensief samen moeten werken?
- Hoe kan men bij robotiseren vroegtijdig rekening houden met de gevolgen voor de mens?



## UITDAGINGEN



Robotisering leidt tot een verandering van taken van magazijnmedewerkers. Daarmee verandert ook de arbeidsbelasting. Het werk kan lichter worden, maar we zien ook dat het soms juist zwaarder wordt, zowel in lichamelijk als cognitief (mentaal) opzicht. (Bijvoorbeeld: een palletiseerrobot neemt het fysiek zwaar werk uithanden, een goods-to-person systeem leidt tot veel repeterende belasting leiden, cognitief wordt het werk lichter als beslissingen geautomatiseerd worden, cognitief wordt het zwaarder als men meer robots tegelijk moet monitoren.) Ook kan het werk minder aantrekkelijk worden, bijvoorbeeld minder afwisseling of minder controle mogelijkheden.

Vanwege de mogelijk onwenselijke effecten van (semi-) robotisering, is aandacht nodig voor arbeidsbelasting, werkomstandigheden en kwaliteit van arbeid in het magazijn. Dit is ook van belang in het licht van de **verouderende werknemers** en

duurzame inzetbaarheid. En in het licht van (regionale) **schaarste op de arbeidsmarkt** is het de uitdaging de aantrekkelijkheid van banen in het magazijn in tijden van robotisering te behouden c.q. te bevorderen. Een laatste uitdaging houdt verband met de verwachte toename aan **behoefte aan hoger opgeleid personeel** bij toenemende automatisering en robotisering. De uitdaging is om jaarlijks de instroom van adequaat opgeleide mensen naar de logistiek te verhogen.

## PROJECTDOELEN

De doelstelling van het project 'Mens en Robot in het Magazijn' was te verkennen of vast te stellen:

- Wat zijn de gevolgen van vormen van robotisering voor de inhoud van werk en werkomstandigheden?
- Wat zijn de gevolgen voor de benodigde competenties van de magazijnmedewerker?
- Wat zijn de effecten van werkstrategieën op mens en performance, daar waar mens en robot intensief samenwerken, met name bij het gebruik van pick-support AGVs?
- Hoe sluiten de opleidingen aan bij de benodigde competenties in de logistiek?

Daarnaast stelden we ons tot doel een leidraad te bieden 'Hoe houden we rekening met de gevolgen voor menselijk kapitaal bij robotisering?'



# PROJECTOPZET

Het project kende verschillende werkpakketten (WPs). Na het opstellen van onderzoeksmodel inclusief meetmethoden (WP1), lag de aandacht in de volgende werkpakketten bij specifieke vormen van mens-robot samenwerking, namelijk pick-support AGVs (WP2) en flexibele robots (WP3). In een 4de werkpakket lag de focus op benodigde nieuwe vaardigheden en de gevolgen voor het onderwijs.

## 1 Aan de slag met robotisering en rekening houden met 'menselijk kapitaal' (human capital)

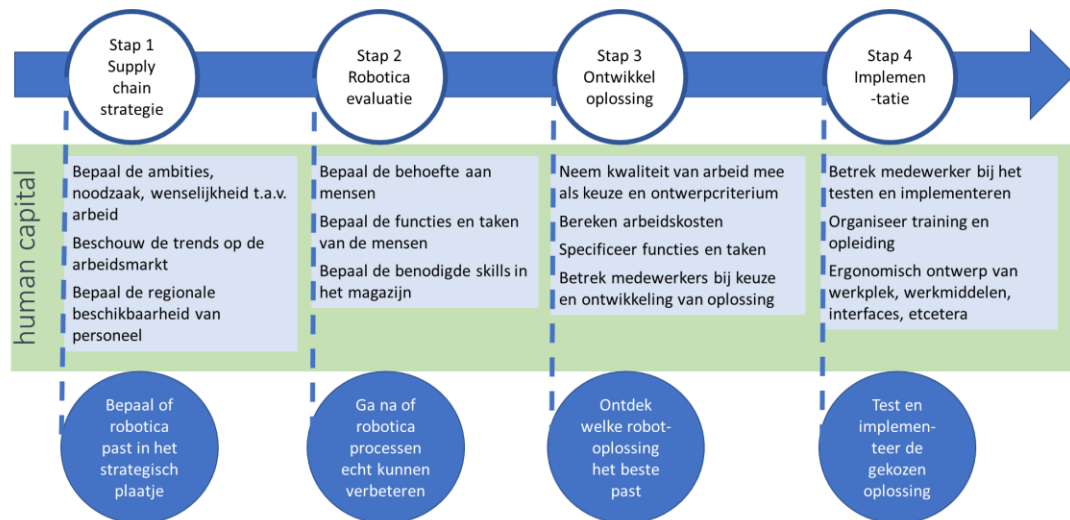
Meer en meer robots doen hun intrede in het magazijn. Wat betekent dat voor de mensen die er werken? Welke mensen zijn er binnenkort nog nodig en over welke kennis en vaardigheden moeten die mensen beschikken? Wat betekent robotisering voor de aantrekkelijkheid van functies? Bij robotisering is het zinvol om over dergelijke vragen tijdig na te denken.

Eerder verscheen de roadmap robotisering (<https://intern.logistiek.nl/whitepaper-roadmap-robotics-in-warehousing>), een leidraad voor robotisering in het magazijn in vier overzichtelijke stappen. In dit project is per stap aangegeven hoe rekening te houden met vraagstukken op het gebied van menselijk kapitaal. Onderstaand schema wordt toegelicht in onze whitepaper (<https://www.kennisdclogistiek.nl/publicaties/robotisering-en-human-capital-in-het-magazijn>).

Figuur: Leidraad voor robotisering in het magazijn

Human Capital is toegevoegd aan oorspronkelijke Roadmap Robotica;

Bron: <https://intern.logistiek.nl/whitepaper-roadmap-robotics-in-warehousing>





# 2

## Orderverzamenen met pick-support AGV's

In veel magazijnen is het de uitdaging om de productiviteit van het orderverzamenen te verhogen en tegelijkertijd flexibiliteit te behouden om de diversiteit aan ordergroottes te kunnen afhandelen. Bij manueel orderverzamenen is de flexibiliteit hoog, maar de snelheid van orderverzamenen is begrensd. Daarom neemt de aandacht toe voor manieren waarop mensen en robots kunnen samen werken. Zo zouden robots, AGVs, het transport van goederen op zich kunnen nemen en de mensen het picken van items. In een dergelijke opzet zijn diverse strategieën voor mens-robot samenwerking denkbaar.



Diverse strategieën van mens-robot samenwerking zijn bestudeerd bij de Erasmus Universiteit. De effecten van een 'pooled pickers' versus een 'dedicated pickers' strategie zijn bestudeerd aan de hand van simulatiemodellen. Ook is een laboratoriumexperiment uitgevoerd. Daarbij werden orders verzameld in twee gangen met 300 pick-locaties door 60 proefpersonen. Er werd gepickt onder twee condities: een conditie waarin de AGV de leiding had en één waarin de mens de leiding had. De resultaten geven inzicht in de verschillen tussen de diverse strategieën in termen van performance en gedrag en geven input voor het ontwerp

en optimaliseren van deze strategieën. Zie bijlage 4 voor meer detail.

De pick-support AGVs stonden ook centraal in een door Probotics georganiseerde workshop met geïnteresseerde bedrijven op de Brainport Industry Campus te Eindhoven. De workshop had tot doel om bedrijven die de inzet van AGV's overwegen van recente kennis te voorzien, niet alleen ten aanzien van technologische uitdagingen maar juist ook aan de menskant. Na presentaties door Henk Kiela (Probotics), Rene de Koster (EUR) en Frank Krause (TNO) over de technische aspecten van de AGVs en de implementatie, over het optimaliseren van de performance en over de 'menschkant', volgde ruime discussie. Uitkomsten: de aanwezige bedrijven waren tevreden over de verschaft 'menselijk kapitaal (human capital) informatie', die overigens niet kon voorkomen dat de focus van de discussie op de technologische uitdagingen kwam te liggen. Meerdere bedrijven wilden een AGV-pallets laten verplaatsen en wilden meer informatie over de mogelijkheden ontvangen. Eén bedrijf vond de uitleg over de manager die dit leidt heel interessant. 'Als de manager goed is in 'transformerend leiderschap' slaagt de automatisering beter' was waardevolle informatie, in lijn met 'de juiste man op de juiste plek'.



# 3

## Effecten van robotisering op de werkvloer

Ook is onze aandacht uitgegaan naar flexibele robots of collaborative robots (kortweg cobots) en goods-to-person-systemen (G2P). Met name naar de effecten van deze robotsystemen op de mens. Onze voornaamste ervaringen naar aanleiding van observaties tijdens bedrijfsbezoeken en interviews met managers en medewerkers volgen hieronder.

### *Cobots in de logistiek*



De cobots (zoals die van Universal Robots, de YUMI van ABB of de Baxter) verkeren nog in de experimenteerfase. Bedrijven die we spraken gaven aan dat het niet uit noodzaak was maar meer uit 'nieuwsgierigheid' dat men eerste ervaringen met de cobots wilde opdoen. De robuustheid van de toepassing bleek bij veel bedrijven een struikelblok. Bij The Greenery had men de medewerkers graag repeterend werk uit handen willen nemen door een cobot als 'inpakuitzendkracht' in te zetten. De cobot bleek echter om technische redenen niet eenvoudig flexibel in te zetten. Bij Chain Logistics was het doel de cobot op value-adding taken in te zetten, in dit geval lijm- en perstaken. De robot bleek echter slechts deels deze taken te kunnen overnemen vanwege

variërende maten van producten en zo werd de terugverdientijd te lang. Bij een bedrijf in de voedingsindustrie vertoonden de palletiseerrobots ten tijde van het onderzoek nog te veel storingen voor een rendabele inzet. De oorzaak bleek later onvoldoende getraind personeel.

De cobot leidt door het wegnemen van repeterende taken niet automatisch naar beter werk voor de werknemer. Waar taken worden overgenomen, krijgt de werknemer er nieuwe taken bij. Deze taakverschuiving is niet inherent verbonden aan de cobot maar bepaald door de keuzes van leidinggevendenden, die daarmee dus in hoge mate de effecten van cobots op werknemers bepalen.

### *Rol van juiste introductie en training*

Werknemers zien de komst van robots vaak met argusogen tegemoet: wat gebeurt er straks met mijn baan? Wat betreft cobots lijkt de angst voor baanverlies vooralsnog ongegrond. De Robot Academie ontwikkelde een training die medewerkers voorbereidt op de komst van cobots op de werkvloer.

Metafors bood deze training aan, aan het personeel, in dit geval medewerkers met een arbeidsbeperking. Het bedrijf merkte dat de terughoudendheid en bij sommigen ook angst voor de robot gaandeweg plaatsmaakte voor enthousiasme over de robot. Bovendien vonden medewerkers het fijn gehoord te worden over hun zorgen. Andere bedrijven die het belang van een goede introductie onderkennen, geven niet altijd een training. Zij losten



dit soms creatief op. Nedschroef vroeg hun medewerkers een lijst te maken van vervelende repeterende taken. Zij zouden namelijk een uitzendkracht gaan aannemen die gek genoeg dol was op deze taken. Pas later werd verteld dat het hier om een cobot ging maar de aanloop had het wantrouwen al goeddeels weggenomen.

#### *Goods-to-person systemen*

De drijfveer voor goods-to-person-systemen (G2P) is een verhoging van de productiviteit. Daarnaast geven bedrijven 'de krapte op de arbeidsmarkt' en 'reductie van zwaar en onaantrekkelijk werk' aan als argument. Op de laatste plaats maken bepaalde goods-to-person systemen (zoals Autostore) efficiënter gebruik van de kubieke meters in een magazijn. Wij bekeken wat G2P betekent voor orderverzamelaars.

Het reduceren van het aantal loopbewegingen leidt ontegenzeggelijk tot een verhoging van de productiviteit: als je loopt kun je niet picken. Bij de bedrijven die wij spraken, zoals Boston Scientific en Bausch Health, kwam G2P naast de al bestaande orderpickersystemen. Daarmee zijn meer mogelijkheden voor taakrotatie ontstaan: werknemers worden geacht op alle logistieke taken ingezet te kunnen worden, al wordt ook naar voorkeuren en bezwaren geluisterd. Een uitbreiding van het aantal mogelijke taken, biedt kansen om te leren. Wat er geleerd moet worden voor het orderpicken in de G2P-werkstations ligt ongeveer op hetzelfde niveau als voor de andere taken. De nieuwe systemen zoals Autostore bij Boston Scientific brengen verschillende veranderingen te weeg. De orderpickers blijven nu op één plek, werk wordt mogelijk iets complexer, maar tegelijk eentoniger en statischer. Voor de orderpickers komen er geen nieuwe functies bij, maar in bredere zin neemt de behoefte aan technische geschoold personeel wel toe.

Veel gehoord is dat bedrijven G2P 'ergonomischer' vinden want je wordt minder moe van het lopen en de orderpickwerkplekken worden vaak 'ergonomisch' genoemd. Daar zijn kanttekeningen bij te plaatsen. In G2P-systemen is de pickfrequentie vrijwel altijd hoger dan in traditionele orderpick processen. Bij zwaardere producten kan de belasting daardoor aanzienlijk zijn. Hoewel lopen vermoeiend kan zijn, is het zelden ongezond. De vervanging door plaatsgebonden orderpick werkstations is vrijwel altijd ongezonder, zeker bij minder ergonomische werkstations. Hoe hoger de pick frequentie, hoe sterker het effect van het werkstation-ontwerp.

G2P-werkstations staan over het algemeen op enige afstand van elkaar. Daardoor kunnen zij sociale contacten tijdens het werken bemoeilijken, en dat terwijl het sociale aspect van werk een belangrijke invloed op werktevredenheid heeft (Welfare et al, 2019).

Kortom, G2P biedt zowel kansen als bedreigingen voor de werknemers die met het systeem werken. Gezien het belang van het creëren van een aantrekkelijke werkomgeving, verdienen deze aspecten daarom aandacht in ontwerpprocessen.



# 4

## Toekomstige vaardigheden

Omschrijving werkpakket met doel, aanpak, beoogde resultaten



De verwachting is dat implementatie van robots in het algemeen en specifiek robots die hun werkplek met mensen delen, leidt tot een toename in de vraag naar hoger opgeleid personeel in de logistieke sector. Deze verwachting is getoetst bij managers, operators en leden van de OR bij een aantal grote partijen, waaronder een (1) Vanderlande, (2) Randstad, (3)

3PLThird Party Logistics (3PL) en (4) Boston Scientific. Bovenstaande verwachting wordt in zijn algemeenheid bevestigd: banen zoals die van planner en procesengineer, maar ook van de mensen op de werkvloer worden complexer en analytischer. Er is meer behoefte aan mensen met een HBO werk- en denkniveau die (minimaal) affiniteit hebben met technologie. Vaardigheden die belangrijker worden zijn onder meer systeem- en procesdenken, digitale vaardigheden zoals (eenvoudig) programmeren, probleem- en storingsanalyse en data-analyse (er wordt bijvoorbeeld heel veel data verzameld die voor procesoptimalisatie gebruikt kan worden). Ook bepaalde soft skills zoals samenwerken met verschillende disciplines en externe partners zoals de leveranciers, lerend vermogen en stressbestendigheid (in geval van storingen) worden belangrijker. Beknopte casebeschrijvingen van een Third Party Logistics (3PL), Boston Scientific en Vanderlande leest u in bijlage 5.

De workshop bij Fontys Hogeschool waarin de match van onderwijs met praktijkbehoefte centraal stond, leidde onder andere tot de constatering dat personen die nu werkzaam zijn in de logistieke sector op MBO en HBO-niveau niet altijd een affiniteit met techniek hebben, maar dat die wel nodig is om met de steeds complexer wordende omgeving mee te groeien. IT en supply chain zijn nauw verweven gebieden geworden en er is behoefte aan mensen die op beide gebieden vaardig zijn. Het benodigd analytisch denkvermogen moet omhoog, omdat werkprocessen en systemen gekoppeld worden, software veel belangrijker wordt en je als werknemer moet kunnen omgaan met de veranderingen en de hectiek in de sector. Tot slot werd genoemd dat algemeen werk- en denkniveau en persoonskenmerken (zoals leergierigheid) belangrijker zijn dan de (specifieke) opleidingsachtergrond. Belangrijk is dat iemand zich snel nieuwe dingen kan aanleren en snel op nieuwe situaties kan reageren en inspelen.

Om de mismatch te adresseren is de minor Business, Logistics & Robotics ontwikkeld voor HBO-studenten. In deze minor (30 studenten, groepsgrootte 6 studenten/groep) komen genoemde drie aspecten terug. Studenten worden uitgedaagd om een technische demonstrator te ontwikkelen waarbij de impact de organisatie en de business case is uitgewerkt (zie bijlage 1).



## 5 Kennisverspreiding

De opgedane kennis en ervaring over mens-robot samenwerking, de toekomstige vaardigheden die medewerkers nodig hebben en de benodigde verandering in hoger onderwijs hebben we gedeeld met bedrijven. Daarnaast is kennis toegepast in het HBO en universiteiten. In bijlage 3 vindt u een overzicht van rapporten, publicaties, presentaties en demonstraties, publiciteit in de pers en kennis in trainingen en opleidingen.

In het vervolgproject SHAREHOUSE – het Warehouse Innovation Learning Lab (WILL) zal gekeken worden naar de impact van arbeidsmarktwikkelingen en technologisering op de logistiek. In dit warehouse-lab zullen jong en oud, onderwijs, warehousing-technologieleveranciers, bedrijfsleven en onderzoek samen delen, leren en innoveren. Hiermee pakken we de belangrijkste uitdagingen in de logistieke sector aan op technologisch, organisatorisch en menselijk gebied.

- 5 rapporten & publicaties
- 8 wetenschappelijke publicaties
- 45 presentaties
- 3 workshops
- 3 persberichten
- 17 bijdragen aan opleiding op training



## RESULTATEN IN ALGEMENE ZIN

De impact op de mens en de verschuivende rol van de mens in deze tijd van robotisering heeft centraal gestaan in dit project. Daarmee hebben we een onderwerp geadresseerd dat vaak onderbelicht is als het gaat om robotisering van magazijnprocessen. Veel meer gaat de aandacht uit naar de techniek zelf, de technische haalbaarheid, technische aspecten van implementatie en uiteraard de effecten op het operationele proces, de performance en flexibiliteit. Door onze publicaties en presentatie op beurzen en symposia hebben we bijgedragen aan bewustwording op dit gebied en uitgedragen dat het loont om in een vroeg stadium van robotisering rekening te houden met het menselijk kapitaal.

Met de keuze voor pick-support AGVs en cobots hebben we enigszins voor de troepen uitgelopen. Deze robots zijn geen gemeengoed en verkeren slechts voor de 'early adopters' in de logistiek nog in een experimenteerfase (in tegenstelling tot bijvoorbeeld de hightech maak-industrie). Effecten van deze robots lieten zich dan ook niet in de praktijk onderzoeken. Wel leverde labonderzoek en interviews in de praktijk input op die benut kan worden voor optimalisatie en opschaling van AGVs en cobots in de nabije toekomst.

De verwachting dat robotisering om meer hoger opgeleiden vraagt wordt bevestigd door verschillende grote bedrijven. De geconstateerde mismatch die dreigt te ontstaan heeft bij Fontys Hogeschool geleid tot de ontwikkeling van een nieuwe minor voor haar HBO-studenten. Een minor waar aspecten van bedrijfsvoering, operationele logistiek en techniek samen worden gebracht. We constateren tot slot de behoefte aan een vervolgproject dat nodig is voor valorisatie en voor implementatie van kennis naar het onderwijs in de vorm van onderwijsmodules, minors en andere materialen. Ook zien we de noodzaak om deze door te vertalen worden naar MBO en naar 'non-degree-achtige' varianten van onderwijs en zij-instroom. Dat gaat namelijk niet vanzelf en hogescholen hebben hiervoor niet vanzelfsprekend de middelen.



Bron: Logistiek.nl



Bron: Publicatie Toekomstbestendig werken, kennisprogrammering gezond, duurzaam en productief werken, TNO 2019.

## Vervolgproject SHAREHOUSE



### MENS EN ROBOT IN HET MAGAZIJN

Binnen het project 'Mens en robot in het magazijn' (TKI Dinalog) staan vragen centraal als: 'Welke vaardigheden hebben magazijnmedewerkers nodig als ze straks samen met robots moeten werken? Wordt hun werk daardoor meer of juist minder aantrekkelijk?' SHAREHOUSE is het vervolg op dit project waar Fontys, Erasmus en TNO al in samenwerken. "Als TNO trekken we dit project en hebben we een aanpak ontwikkeld die bedrijven helpt om direct vanaf de start van een robotiseringsproject rekening te houden met de menselijke factor. Dat is iets waar het bij veel andere robotiseringsprojecten aan schort. We kijken vooral naar de taken van medewerkers. Welke taken verdwijnen, veranderen of komen erbij als ze samenwerken met robots of AGV's? Als we dat inzichtelijk hebben, weten we welke skills nodig zijn én gaan we onderzoeken wat dat voor opleidingen betekent", aldus TNO'er Michiel de Looze.

<https://www.dinalog.nl/over-ons/>

# SHAREHOUSE

## UNIEKE LEER- EN INNOVATIEOMGEVING

### LOGISTIEK

#### UITDAGING – SAMENWERKING MENS EN TECHNOLOGIE

Met de opkomst van nieuwe innovatieve technologieën verandert het werk in vele sectoren, zeker in de logistiek en warehousing. Studenten die de komende jaren een logistieke opleiding volgen, zullen later in een hoog geautomatiseerde, constant veranderende omgeving werken. Hoe kunnen ze hierop optimaal voorbereid worden? Wat betekenen nieuwe magazijntechnologieën, zoals automated guided vehicles (AGV's), exoskeletten, virtual en augmented reality (VR, AR) en wearables (zoals Google Glass, HoloLens en ProGlove) voor hun toekomstig werk? Hoe gaat de interactie tussen mens en technologie eruit zien? Hoe zit het met ethische en veiligheidsaspecten? En hoe kunnen bedrijven deze technologieën implementeren? Het wordt tijd antwoorden te vinden voor wellicht de belangrijkste uitdaging binnen de logistieke sector: optimale samenwerking tussen mens en technologie.

#### AANPAK – SAMEN EXPERIMENTEREN EN LEREN

Mens en technologie optimaal laten samenwerken vereist een nieuwe manier van denken, sociale innovatie, vernieuwend onderwijs en samenwerking tussen bedrijfsleven, beleidsmakers, onderwijs en onderzoek. Binnen het Warehousing Living Lab SHAREHOUSE pakken we deze uitdagingen aan. SHAREHOUSE is een door NWO en het ministerie van Infrastructuur & Milieu gefinancierd living lab met 25 partners waaronder onderwijsinstelling STC, Erasmus Universiteit, TU Eindhoven, Vanderlande Industries en de gemeente Rotterdam, en wordt door TNO gecoördineerd. Het testlab bevindt zich in de haven van Rotterdam bij STC. Aldaar gaat het consortium onderzoek doen naar de ontwikkeling en implementatie van nieuwe warehousestechnieken. Er

wordt een real-size warehouseomgeving gebouwd met een social-human-technology lab, een demonstratie- en oefenruimte voor studenten, bedrijven en medewerkers en een inspiratie-ontmoetingsplek. Daaromheen worden thematische en regionale learning communities opgericht en er wordt een online leerplatform ontwikkeld. De verwachting is dat vanaf collegejaar 2020-2021 studenten in het testlab aan de slag kunnen. "Het wordt een geweldige leer- en innovatieomgeving, uniek in Europa", aldus TNO'er en SHAREHOUSE-coördinator Paul Preenen.

#### IMPACT – VOORBEELD VOOR ANDERE REGIO'S EN SECTOREN

SHAREHOUSE is een geavanceerde omgeving waarin jong en oud, student en onderzoeker, leveranciers en klanten samen onderzoeken, kennis delen en leren innoveren. "Bovendien hebben bedrijven en TNO flink geïnvesteerd, dat is ongekend en zegt wel wat over de potentie van onze aanpak. Partijen zien de meerwaarde van het multidisciplinair experimenteren op een onderwijslocatie in een praktijksetting en van het combineren van onderzoek naar de samenwerking tussen mens en technologie, de impact daarvan op onderwijs, het werk, de veiligheid en andere aanpalende vraagstukken. Deze opzet zal ongetwijfeld veel spin-offs opleveren en geniet al veel interesse van andere regio's en sectoren. Landelijk uitrollen zit er op termijn zeker in", benadrukt Preenen. ■

15



## Minor Business, Logistics & Robotics

In deze minor gaan we niet aan de slag met grote maatschappelijke transitie, maar ligt de focus op flexibele automatisering/robotisering binnen een bestaande bedrijfscontext uit de praktijk.

Het programma kent in principe twee differentiaties:

- A. Bedrijfskunde en logistiek (business & logistics): Deze differentiatie wordt gevolgd door studenten uit een technische studierichting
- B. Technologie (robotics): Deze differentiatie wordt gevolgd door studenten uit een niet technische studierichting

Thema's:

1. Robotica in de industrie en logistiek: Inzicht in relevante (robotica)technologieën, wat is robotica in de industrie & logistiek?
2. Design for Flexible Manufacturing: Hoe werkt Flexibel Produceren?
3. System Engineering: Complexe vraagstukken aanpakken, hoe doe je dat?
4. Processen en variabiliteit: Hoe om te gaan met bestaande processen en variabiliteit?
5. Operational Excellence: Hoe passen de technologische ontwikkeling bij Operational Excellence?
6. Organisatieontwikkeling en verandermanagement: Wat voor impact en consequentie hebben deze nieuwe technologieën?
7. Business cases en besluitvorming: Is er een business case?



*Fontys zet een nieuwe minor op "Business, Logistics & Robotics. High tech meets High Touch". Zie bijlage 1.*

## ERVARINGEN

Onze projectgroep was gemêleerd samengesteld opdat resultaten van onderzoek ook hun weg zouden vinden naar de logistieke sector en het onderwijs. Samenwerking is daarbij niet altijd even eenvoudig gegeven de verschillende achtergronden van de partners. We kijken terug op een goede samenwerking, ook gezien de bovenstaande resultaten.

Gesteund door Stichting Logistica en KDC Logistiek hebben we in dit project samen kunnen werken met verschillende bedrijven in de logistieke sector. De openheid waarin bedrijven hun ervaringen en verwachtingen en vragen met ons deelden was opvallend en behulpzaam. Onze wereld en de rol van technologie verandert snel. Het is voor vele partijen zoeken. Daarin is het open innovatie model zoals toegepast in dit project, de enige mogelijkheid om gezamenlijk verder te komen.

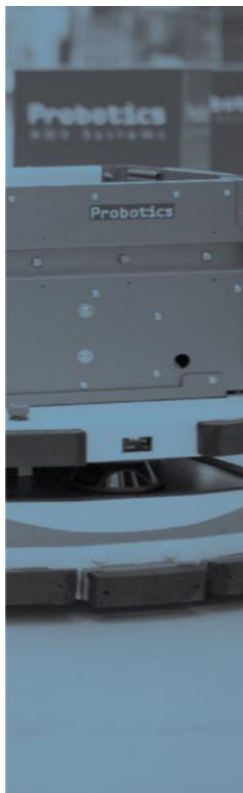


Bron: MHF Toyota 4 april 2019





## TOEKOMSTVISIE



De logistieke sector is en blijft essentieel voor de Nederlandse economie en wordt tegelijkertijd geconfronteerd met een aantal nieuwe uitdagingen, vooral op het gebied van duurzaamheid, energieschaarste en arbeidsmarkt. Nieuwe technologie kan oplossingen bieden, maar bestaande en nieuwe uitdagingen zouden in beginsel niet los van elkaar moeten worden gezien.

Op het gebied van technologie is al veel 'geland' in diverse magazijnen. Tegelijkertijd zien we een zekere traagheid in de implementatie van innovatieve oplossingen die ontwikkeld worden voor de logistieke sector. Een van redenen is er een op *menselijk kapitaal (human capital)* gebied. Het is al langer duidelijk dat digitalisering en robotisering nieuwe eisen stelt en dat de opleiding daar achteraanloopt. De komende tijd vereist daarom een nauwere samenwerking tussen logistieke bedrijven, opleidingen, technologie-ontwikkelaars en kennisinstellingen. Fieldlabs kunnen daar een belangrijke rol in spelen.

Het succes van de logistieke sector is mede afhankelijk van ontwikkelingen op de arbeidsmarkt. Het is zaak dat de logistieke sector aantrekkelijke functies blijft c.q. gaat bieden op verschillende opleidingsniveaus. Aandacht voor aantrekkelijkheid van werk en andere menselijk kapitaal vraagstukken in de digitalisering en automatiseringstrend is tot op heden gering en weinig systematisch. Die zal toenemen naarmate de afhankelijkheid van menselijk kapitaal duidelijker is.

Nieuwe technologie en veranderende markten vragen om nieuwe business en organisatiemodellen. Supply chains worden steeds meer 'cross-linked' relaties tussen netwerken, waardoor logistieke bedrijven steeds meer flexibel moeten zijn en bijvoorbeeld minder bureaucratisch en meer adaptief moeten worden georganiseerd. Nieuwe organisatiemodellen werken door op de werkvloer in termen van werkomstandigheden en aantrekkelijkheid van functies.

***“Zorg voor een (grootschalige) systematische aanpak om het werk en andere menselijk kapitaal vraagstukken aantrekkelijk te maken in de digitalisering en automatisering.”***



## PROJECT PARTNERS

Het onderzoeksteam bestaat uit TNO, Erasmus University Rotterdam (EUR) en Fontys Hogeschool. Andere consortium partners zijn Smart Robotics, Robot Academie, Probotics, Stichting Logistica en Kennis DC Logistiek.

### PRIVATE PARTNERS

#### Probotics

Probotics AGV Systems bouwt en verkoopt AGV's en is systeem integrator voor dit soort mobiele robot systemen. De modulaire voertuig van Probotics maakt het mogelijk om klein en grote voertuigen te bouwen maar ook speciale versies voor toepassing buiten en versies voor natte omgevingen. De belangrijkste klanten zitten in de maakindustrie en logistiek, maar ook in de agro sector. [www.probotics-agv.nl](http://www.probotics-agv.nl)



#### Smart Robotics

Smart Robotics ontwikkelt en zet modulaire robots in die geconfigureerd kunnen worden voor specifieke taken. Smart Robotics adresseert de behoefte aan flexibele robots in de logistiek en maakindustrie. De robots configuraties die Smart Robotics produceert zijn flexibel, toepasbaar voor verschillende handelingen en activiteiten, eenvoudig te configureren, goedkoop en veilig in gebruik. De palletiseerrobot is een van de robot oplossingen die op de markt gezet wordt. Smart Robotics levert een palletiseer robot, installeert de robots bij klanten en ontwikkelt een specifiek trainingsprogramma voor werkenden om hen te ondersteunen in het werken met de palletiseerrobot.



#### Robot Academie

Initiatief van Smart Robotics, het uitzendbureau voor robots. De Robotacademie is inmiddels een zelfstandige organisatie waar trainingen en workshops worden aangeboden om medewerkers laagdrempelig te laten kennismaken met collaboratieve robots (cobots) en het samenwerken op de werkvloer.



#### Stichting Logistica

Stichting Logistica: Stichting Logistica, representeert de Nederlandse interne logistieke industrie en is betrokken bij het ontwikkelen en verspreiden van kennis over nieuwe interne logistieke technologieën. Haar afgeleide "Material Handling Forum" vertegenwoordigt een groep van (momenteel > 20) bedrijven die actief zijn in het ontwikkelen van innovaties in material handling en stimuleren (in samenwerking met universiteiten) academische onderzoeksprojecten. De brancheorganisatie BMWT vertegenwoordigt de Nederlandse leveranciers van material handling en steunt actief de Stichting Logistica.



#### Kennis DC Logistiek

Het Center of Expertise Logistiek / KennisDC Logistiek en de 7 regionale logistieke kennisDC's vormen een landelijk dekkend netwerk van (logistieke) Kennis Distributie Centra met een slimme complementaire onderlinge samenhang en samenwerking. Het doel hiervan is een betere en intensievere interactie te realiseren tussen het werkveld, maar ook tussen de logistieke HBO (en MBO) kennisinstellingen onderling én het - in ieders belang - samenhangende speelveld van kennis, onderwijs & innovatie en



(new)business development. Via dit netwerk komt kennis slimmer beschikbaar voor het werkveld (MKB) en de kennisinstellingen en kan talent (reguliere studenten, zij-instromers en huidige werknemers van de bedrijven) verder ontwikkeld worden en behouden blijven voor de branche.

Het KennisDC Logistiek wordt gesteund en mede gefinancierd door het Topteam Logistiek via middelen vanuit het Ministerie van I&W en wordt direct of indirect in projecten door de regionale overheden / provincies ondersteund. Naast de 7 HBO-instellingen (Fontys Hogescholen, Hogeschool Rotterdam, Breda University, HAN University, NHL Stenden, Hogeschool Utrecht en Hogeschool Zeeland) nemen tevens deel aan dit initiatief de landelijke en regionale brancheorganisaties, regionale ontwikkelingsmaatschappijen en economische samenwerkings- en stimuleringsverbanden.

## PUBLIEKE PARTNERS

### TNO

TNO Sustainable Productivity and Employments is de TNO afdeling van waaruit dit project is uitgevoerd en geleid. Deze afdeling bestaat uit 20 academische onderzoekers met ervaring in toegepast onderzoek op het gebied van 'arbeid en technologie' en op verschillende niveaus: werknemer, organisatie (bedrijf) en sector niveau. Relevante expertises binnen onze groep voor dit voorstel zijn vooral: 'human robot interaction', 'ergonomics and job quality', en 'technology and skills'.



### Erasmus Universiteit Rotterdam (EUR)

De EUR heeft verschillende MSc programma's op het gebied Logistics & Supply Chain Management (totaal ongeveer 130 MSc studenten per jaar bij RSM (Rotterdam School of Management) en 70 bij ESE (Erasmus School of Economics)). Het gros van de studenten vindt een baan binnen 3 maanden na afstuderen - 80% voor RSM, voor ESE ligt dat percentage hoger). Daarnaast zijn er binnen RSM 12 verschillende pre-experience master en executive programma's waarvan logistiek een onderdeel is. Facility logistics en data analytics vakken vormen onderdeel van het MSc SCM curriculum en robotisering komt daarbinnen expliciet aan bod.



### Fontys Hogeschool

Fontys Hogeschool Engineering, Lectorate Mechatronics and Robotics is de onderzoeksgroep die aan dit voorstel deelneemt. De belangrijkste focus van deze groep is engineering, systeemintegratie en implementatie van mobiele en/of collaboratieve robotsystemen. De activiteiten van de groep zijn specifiek gericht op ondersteuning van het MKB en onderwijs op HBO-niveau, met name de onderwijsprogramma's: werktuigbouwkunde, elektrotechniek, mechatronica en auto-engineering.



# BIJLAGE 1

## Opzet minor Business, Logistics & Robotics Fontys Hogeschool

Titel: Minor Business, Logistics & Robotics

Subtitel: High tech meets High Touch



### Aanleiding

Technologie-, bedrijfskundige en logistieke vraagstukken zijn niet langer op zichzelf staande thema's. Voor veel bedrijven gaat het tegenwoordig niet enkel over optimalisatie van bedrijfsprocessen door het verschuiven van mensen en machines. Innovatie met behulp van technologie (waaronder robotica) wordt steeds belangrijker om te kunnen blijven concurreren en business te blijven behouden in een globaliserende markt. Ontwikkelingen op het gebied van Smart Industry en Smart Manufacturing worden langzaam maar zeker zichtbaar in organisaties, echter dit gaat onvermijdelijk gepaard met sociale veranderingen voor alle medewerkers in die organisaties.

Bovenstaand was in het kort reden genoeg voor Fontys om te verkennen of en hoe een multidisciplinaire minor die dit vraagstuk adresseert er uit moet komen te zien.

In deze minor gaan we niet aan de slag met grote maatschappelijke transitie's, maar ligt de focus op flexibele automatisering/robotisering binnen een bestaande bedrijfscontext uit de praktijk. Echter het gevoel van de aspecten uit de VUCA world zijn ook hier herkenbaar. Op kleinere schaal kijken we naar relevante inhoudelijke onderwerpen, zoals:

- Impact op de organisatie (o.a. personeel, organisatie(besturing), leiderschap, processen, informatie, werkwijzen etc.)
- De veranderkundige aanpak en de mate van het absorptievermogen van de organisatie
- De technische (on)mogelijkheden m.b.t. flexibilisering van de productie
- Bruikbare technologieën en ontwikkelingen om oplossingen te realiseren

### De minor binnen Fontys

De minor Business, logistics & robotics past binnen de ontwikkelingen van TEC for Society (TEC4S) en Smart Industry & Manufacturing waarin o.a. het onderwerp Robotics is opgenomen als één van de aspecten om te komen tot slimme fabrieken en manieren van produceren. Maar ook in de logistieke dienstverlening speelt automatisering en het werken met Automated Guided Vehicles (AGV) en andersoortige automatiseringstechnieken in toenemende mate een belangrijke rol om distributie van goederen efficiënter in te regelen. Tot slot is deze minor bedoeld om de samenwerking tussen verschillende opleidingen/instituten binnen Fontys te intensiveren. Zie onderstaande links voor de visie van Fontys Hogescholen

- <https://fontys.nl/Over-Fontys/TEC-for-Society.htm>
- <https://www.fontys.nl/nieuws/toekomstige/>

Uiteindelijk kan de minor ook als basis dienen van verschillende onderzoeksprogramma's binnen de lectoraten Business Entrepreneurship (FHBMKB), Smart Manufacturing (FHENG) en Mechatronics & Robotics (FHENG) naar technological innovation and social change.



## Programma

Het programma kent in principe twee differentiaties:

- Bedrijfskunde en logistiek (business & logistics)
  - Deze differentiatie wordt gevolgd door studenten uit een technische studierichting
- Technologie (robotics)
  - Deze differentiatie wordt gevolgd door studenten uit een niet-technische studierichting

**Uitgangspunten** in het programma zijn

- Opdrachten in samenwerking met en bij bedrijven
- Multidisciplinaire samenstelling van projectgroepen
- Deels zelf in te vullen vrije keuzemodules
- Aan de slag met het implementeren van veranderingen bij een bedrijf
- Gastlezingen bij bedrijven op locatie of verzorgt door bedrijven
- Project-coaching door ervaren docenten op school en bij de bedrijven
- Flexibiliteit en diversiteit in inhoud en niveau

**Thema's** die aan bod komen in deze minor zijn als volgt geclusterd. Binnen een cluster worden meerdere modules aangeboden:

- 1. Robotica in de industrie en logistiek**
  - a. Inzicht in relevante (robotica)technologieën, wat is robotica in de industrie & logistiek?
- 2. Design for Flexible Manufacturing**
  - a. Hoe werkt Flexibel Producteren?
- 3. System Engineering**
  - a. Complexe vraagstukken aanpakken, hoe doe je dat?
- 4. Processen en variabiliteit**
  - a. Hoe om te gaan met bestaande processen en variabiliteit?
- 5. Operational Excellence**
  - a. Hoe passen de technologische ontwikkeling bij Operational Excellence?
- 6. Organisatieontwikkeling en verandermanagement**
  - a. Wat voor impact en consequenties hebben deze nieuwe technologieën?
- 7. Business cases en besluitvorming**
  - a. Is er een business case?

Binnen de thema's zijn verplichte en keuze onderdelen opgenomen. Vooral de keuze onderdelen moeten de studenten zelf afstemmen met het vraagstuk bij het bedrijf. In de diverse bedrijfscases worden deze thema's sterk met elkaar verbonden in multidisciplinaire studententeams. Projecten worden in principe in samenwerking met bedrijven uit ons netwerk uitgevoerd waarbij het doel is om een voor het bedrijf positief implementatie resultaat te behalen.

## Instroom

Te verwachten is een tweeledige instroom:

- Studenten met interesse in techniek
  - (commerciële) economie, logistics engineering, logistics management, Bedrijfsmanagement MKB, Technische Bedrijfskunde etc.
- Studenten met interesse in niet-technische aspecten van technische oplossingen
  - Automotive, elektrotechniek, werktuigbouwkunde, mechatronica, IPO etc.

Binnen de minor werken studenten zelfstandig in projectgroepen van +- 6 studenten. Ideaal is een multidisciplinaire samenstelling van de projectgroep, dus "business" studenten en "techniek" studenten. De studenten zullen in groepen projecten uitvoeren voor bedrijven in een productie en/of logistieke omgeving.

## Opbouw minor

De beoogde minor kent een modulaire opbouw en is opgebouwd uit 4 fases:

1. Kick-off [2 weken]
2. Oriëntatie [3 tot 5 weken]
3. Kern & project [12 tot 14 weken]
4. Wrap-up [1 week]



## BIJLAGE 2

### Training Robot Academie



**ROBOTACADEMIE**  
SMART ROBOTS SMARTER PEOPLE



**MOTIVEER UW MEDEWERKERS,  
INNOVEER UW ORGANISATIE!**

Eenvoudig kennismaken met de nieuwe generatie slimme robots



**SMART ROBOTICS**  
MASTERS IN FLEXIBLE AUTOMATION

[www.robot-academie.nl](http://www.robot-academie.nl)



## BIJLAGE 3

### a. Rapporten en publicaties



- Flyer Robotics Academy (december 2018)
- [Website Robotics Academie](#) (december 2018)
- Flyer Mens en Robot (november 2017)
- Powerpoint Format “Classification framework for HRC in warehousing and performance metrics, job quality metrics and methodology” door TNO/EUR. (januari 2018)
- KennisDC Logistiek, Whitepaper: [Robotisering en Human Capital in het Magazijn](#), Tijdschrift voor toegepaste logistiek 2019 nr. 7, Michiel de Looze & Frank Krause (april 2019)

### b. Wetenschappelijke publicaties

- Publicaties van een aantal promovendi volgen in 2020, onder anderen over “impact of control strategies on performance of PSAGVs” en “pseudo-algorithms for deploying PS-AGVs for optimal performance”.
- B. Zou, Y. Gong, M.B.M. de Koster & X. Xu (2018). [Evaluating battery charging and swapping strategies in a robotic mobile fulfilment system](#). *European Journal of Operational Research*, 267 (2), 733-753
- T. van Gils, K. Ramaekers, A. Caris & M.B.M. de Koster (2018). [Designing Efficient Order Picking Systems by Combining Planning Problems: State-of-the-art Classification and Review](#). *European Journal of Operational Research*, 267 (1), 1-15.
- Y. Gong, T. Liu & M.B.M. de Koster (2018). Optimal travel time models for split platform automated storage and retrieval systems. *International Journal of Production Economics* 197, 197-214, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.12.021>
- M.B.M. de Koster (2018). Automated and Robotic Warehouses: Developments and Research Opportunities. *Logistics and Transport*, 38 (2), 33-40. doi: <https://doi.org/10.26411/831734-2015-2-38-4-18>
- Azadeh, K., R. de Koster, D. Roy (2019), Robotized and Automated Warehouse Systems: Review and Recent Developments, *Transportation Science*, 53(4), 917-945, <https://doi.org/10.1287/trsc.2018.0873>.
- Azadeh, K., R. de Koster, D. Roy (2019) Design, Modeling, and Analysis of Vertical Robotic Storage and Retrieval Systems, *Transportation Science*, to appear, <https://doi.org/10.1287/trsc.2018.0883>
- Kaveh Azadeh: PhD thesis and defense planned Summer 2020.
- 

### c. Presentaties & demonstraties

- [Topsector Logistiek](#) HCTL Human and Robot in Warehouses. Presentatie door Michiel De Looze. April 2018



- [Logistieke dag Limburg 2018](#), Presentatie “Human Capital i.r.t. robotisering en logistiek” door Michiel de Looze. December 2018, Roermond
- [Logistica](#) Beurs, Presentatie Mens en Robot door Michiel de Looze en René de Koster & robot demonstratie door SmartRobotics. November 2017, Jaarbeurs Utrecht
- [Logistica & ICT en Logistiek beurs](#). November 2019, Jaarbeurs Utrecht. De volgende presentaties:
  - o [Mens en robot in magazijn](#) - Michiel De Looze
  - o [De \(mis\) match van taken van taken en vaardigheden met betrekking tot de introductie van collaborative robots](#) – Agnes Berendsen
  - o [Orderpicking with the autonomous mobile robots](#) – René de Koster



#### Michiel de Looze

- [Material Handling Forum, seminar “People and Robots”](#). Presentatie Human Capital and robots in the warehouse door Michiel de Looze, Toyota Material Handling. April 2019, Ede.
- [Interim Meeting TKI Dinalog NWO](#), Presentatie Man and Robot in the Warehouse door Michiel de Looze en René de Koster. Maart 2019, Utrecht.



Bron: [logistiekprofs.nl](#)

#### Agnes Berendsen

- [Material Handling Forum, seminar “People and Robots”](#). Presentatie Collaboration in the warehouse. Impact in job quality and skills and education of people door Agnes Berendsen, Toyota Material Handling. April 2019, Ede.
- Landelijk Platform Logistiek. December 2019, Amersfoort.





*Phd candidate Kaveh Azadeh*

- Presentatie van zijn werk op CEMS Research Seminar on Supply Chain Management. Januari 2019, Riezlern te Oostenrijk
- Presentatie op LOGMS conferentie, Augustus 2019, Singapore
- Robotized warehouses in the Logistics of Autonomous vessels workshop, Mei 2019, Bergen te Noorwegen.

*PhD kandidaat Alexandros Pasparakis*

- ERS2018 conferentie, Presentatie over co-botics, 19 May 2018, WTC Rotterdam,
- Behavioral Operations Conferentie, YSW, presentatie "Human & AGV Cooperation in Warehouse Order Picking", 29 June 2018, University of Texas te Dallas,
- [Material Handling Forum, seminar "People and Robots"](#). Presentatie Experimental evidence on co-operative order picking with pick-support AGV systems, Toyota Material Handling. April 2019, Ede.
- NWO "Human Future of Work", Juni 2019, Utrecht
- Presentatie op MSOM conferentie, Juli 2019, Singapore,
- Presentatie op BOC conferentie, Juli 2019, Eindhoven,
- Presentatie op INFORMS conferentie, Oktober 2019, Seattle,

*PhD Debjit Roy*

- Het analytische model m.b.t. het pick-AGV human-robot collaborative systeem is gepresenteerd op de volgende conferenties:
  - o Presentatie op POM Conferentie, Washington DC, 2019
  - o Presentatie op IISE Conferentie, Orlando FL, 2019 (dit paper is ook beschikbaar in de proceedings)
  - o Organisatie van een sessie over robotic Technology innovations in Material Handling op INFORMS conferentie, Seattle, October 2019
  - o Eerste Nationale Conferentie over Operations Management and Logistics (OML), Presentatie over Modeling parallel resource movements in intra-logistics systems, 12-13 April 2018.
  - o Presentatie op Data-driven Order Fulfillment in Warehouses: New Estimation and Optimization Opportunities with PI, 19 Juni 2018.

*René de Koster*

- College en seminar "Warehouse Robotics" (laatste deel openbaar), Julianazaal, Jaarbeurs, Utrecht door Rene de Koster (Wo 29 nov, 9:00-13:00, 150 mensen aanwezig)
- Seminar "Warehouse robotics. Research and developments", University of Padua, Italy. Host: Prof. Fabio Sgarbosa. (Wo 13 December 2017, 110 mensen aanwezig)
- PhD Research colloquium on "Warehousing and robotics", University of Padua, Italy. Host: Prof. Fabio Sgarbosa door Rene de Koster. (Do 14 December 2017, 7-8 PhD candidates present)
- LDE Winter school, Rotterdam, "Automation in container terminals" door Rene de Koster (Wo 20 December 2017, 9:00-13:00, 14 PhD candidates present)
- R. de Koster, Invited presentatie, Robotized warehouses, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, PRC, April 2018.



- R. de Koster, Inaugural address: warehouse robotization: state of the art and research opportunities, University of Hasselt, 26 April 2018, [\[link\]](#)
- R. de Koster, presentatie on Robotics in container terminals, 15 July 2018, CSAMS2018 conferentie, Ningbo, PRC
- Presented 'Developments in robotic order picking, presentaties op de volgende events:
- TKI project "Mens en Robot", BIC Campus, Eindhoven, 8 April 2019
- Presentatie op 35. Logistiekdialog, BVL, Austria, Vienna, 11 April 2019
- NTNU Trondheim, 25 April 2019, <https://www.ntnu.no/smartlog/creating-value-from-digitalization-in-logistics>
- Presentatie op IISE2019 Annual conferentie, Orlando, May 2019 5
- Presentatie op Implement, Copenhagen, May 2019
- Presentatie op University of Cologne, Sept 2019
- Presentatie op Material handling forum, Utrecht Nov 2019



#### *Presentaties Robot Academie*

- Waar gaan robots ons bij helpen en hoe bereiden we medewerkers daar op voor?  
Presentatie SER - Jads Jheronimus Academy of of Data Science Mariënborg monastery, 22 maart 2018-
- In werkatelier komen tot nieuwe beroepsbeelden voor het MBO, Met ASML, VDL, CSI, Raak Staal en docenten, presentatie Robot Academie, mei 2018
- Woman in Tech op High Tech Campus Eindhoven 300 vrouwen in de techniek werkzaam. 23 oktober 2018
- Talkshow Stadsleven van Tracy Metz in Eye Filmmuseum thema: man machine. 24 oktober 2018
- Presentatie Robot Academie bij Material Handling forum, 8 november 2018





#### d. Workshops & seminars

- Material Handling Forum on Tour “[Workshop “cobotics/AGVs in warehouses”](#)”, inclusief demo van het experiment door A. Pasparakis, R. de Koster, 15 juni, STC, Rotterdam, ca. 20 deelnemende bedrijven,
- Een workshop over AGVs Orderpicking in de logistiek georganiseerd door Probotics, TNO en Erasmus University inclusief demonstratie van het experiment met 12 deelnemers. (8th April, Brainport Industry Campus Eindhoven)
- Seminar ‘[People and robots](#)’, initiatief Material Handling Forum (4 april 2018, Toyota Material Handling in Ede). [\[link\]](#)

#### e. In de pers

- Logistiek.nl: “[Mensen en robots centraal bij Material Handling Forum](#)” - Michiel de Looze
- Logistiek.nl: “[Toepassing robots in magazijnen. Denk groot, maar begin klein.](#)” – Steven Dhondt
- Warehouse totaal: “[Mensen in het magazijn worden blij van een robot](#)” – Rene de Koster

#### f. (Implementatie in) Training & onderwijs

- [Trainingsprogramma Robot Academie](#) (juni 2018): Interactieve online trainingsmateriaal is deels ingebracht bij het open learning platform van Fontys
- Ontwikkeling van een minor Business, Logistics & Robotics, Fontys Hogescholen



- R. de Koster, PhD course USTC, Hefei, PRC, April 2018.



- R. de Koster, MSc course in Facility Logistics Management, EUR Rotterdam, najaar 2017, 135 students
- R. de Koster, MSc course in Facility Logistics Management, EUR Rotterdam, najaar 2019, 130 students
- R. de Koster, PhD course in Facility Logistics Management, Utrecht, Spring 2019, 8 students
  
- Fontys heeft een dag voor studenten georganiseerd voor studenten van verschillende HBO afdelingen (Mechatronica, Logistiek en Toegepaste psychologie), waarin zij aan een case werkten. De uitkomsten van deze studie geeft ons meer informatie over de (mis)match van vaardigheden van studenten met betrekking tot werking, ontwerp en implementatie van robots.
- Presentatie Smart Robotics aan de MBO raad (directeuren en opleidingsmanagers) ROC's Logistiek en Transport- 5 maart 2018
- HBO docentendag (presentatie door Fontys), 7 november
- Een workshop met Fontys logistiek & curriculum eigenaren is georganiseerd in mei 2019. De resultaten worden besproken tijdens de HBO bijeenkomst Nationaal Platform Logistiek (met training/opleiding managers HBO) in het najaar van 2019.
- Presentatie at LPL (Landelijk Platform Logistiek), netwerk van opleidingsmanagers van 18 verschillende logistieke programma's op 9 HBO's, 12 december 2018,
  
- Presentatie Smart Robotics aan MBO raad (directeuren en opleidingsmanagers) ROC's Logistiek en Transport- 5 maart 2018
- Robot Academy: training given to 30 job market experts (UWV) about robotization
- Inspiratietraining Robot Academie. (27 september 2018 - Koning Willem I college 27)
- VNO NCW enquête onder 300 Brabantse bedrijven om de stand van zaken en behoefte te inventariseren op het gebied van robotica door Robot Academie.
  - o 30 geïnteresseerde bedrijven kunnen vervolgens een training volgen of een gratis inspiratietraining
- Agro Food Robotica wordt door o.a. Josje Verbeeten op de kaart gezet voor Wageningen University & Research
- Waar gaan robots ons bij helpen en hoe werken we daar mee samen? Metafors kennismakingstraining, 11 en 18 april 2018, Jorg Duitsman en Josje Verbeeten van Robotacademie



## BIJLAGE 4 A

### Dynamic Human-Robot Collaborative Picking Strategies (Kaveh Azadeh, Erasmus Universiteit)

#### A. Dynamic Human-Robot Collaborative Picking Strategies (Kaveh Azadeh, Erasmus University)

In an omni-channel warehouse not only the order sizes vary across different channels (e-commerce vs. retail), but also there is a high expectation of responsiveness, particularly from the e-commerce channel. Therefore, warehouses are facing tremendous pressure to improve their order picking productivity, while maintaining an operational flexibility to adapt to the different order sizes. Manual picking systems have high operational flexibility, resilient to system failures, and can handle complex situations with intuition; however, they lack the throughput responsiveness to meet the speed of the customer demands. Furthermore, there is a shortage of human pickers in many parts of the world. The recent innovation in robotized order fulfillment system addresses these complexities by creating an environment where robots collaborate with human pickers to fulfill the orders more efficiently and ergonomically. In these systems, Autonomous Mobile Robots (AMRs) carry items over large distances in warehouses and rely on humans only to pick items. Therefore, the pick productivity increases by reducing pickers travel times. These systems also provide the ability to simultaneously pick for retail store replenishment, wholesale, and e-commerce orders on a single robot, which makes them a suitable candidate in an omnichannel warehouse.

Collaborative systems are also flexible enough to adopt different picking strategies. In this study, we investigate two picking strategies, no zoning which we call Pooled Pickers (PP) strategy and progressive zoning which we call Dedicated Pickers (DP) strategy. In the PP strategy, each robot is paired with any available picker, and together they pick all the required items for the robot from the whole warehouse, i.e., the pickers are pooled. Once the picking is done, the robot brings items back to the depot, and the picker becomes available for the next robot. In the DP strategy, the warehouse is divided into multiple zones, and each zone is assigned to one or multiple pickers. In this strategy, pickers only pick items from their dedicated zones. In every zone, a robot is paired with a picker from that zone, and together they pick all the required items from the zone. Then, the robot moves to another zone, or if all the required items are picked, it travels back to the depot, and the picker becomes available for the next robot.

Due to the heterogeneous order sizes in an omnichannel warehouse, we contest that a dynamic combination of both picking strategies can potentially result in a better performance than operating either in isolation.

In this study we first answer the following research questions: RQ1: which picking strategy have a higher throughput rate depending on the order size? Then, we investigate whether the throughput capacity can be adapted to the different order size by only dynamic adjustments of the picking strategy without changing the number of pickers or robots. Particularly we answer the following question: RQ2: is it possible to achieve a higher throughput rate with lower costs by dynamically changing the picking strategies depending on the order size?

To answer the first question, we use a novel Queueing Network (QN) model to calculate the performance of the system under a given picking strategy and order size. For the second question, we develop a Markov Decision Process (MDP) model based on the estimated throughput from the QNs to find the optimal picking strategy which minimizes the operational costs.

RQ1: We observe that If the order size is small enough (less than five lines per order in our



experiment), the average travel distance from one zone to another zone is relatively large. Therefore, by using the DP picking strategy, and letting the robot travels this distance one can achieve a higher throughput rate. On the other hand, if the order size is large enough (more than 12 lines per order in our experiment), the expected travel distance from one zone to another zone is not substantial anymore. In this case, using the PP picking strategy has the edge over the DP picking strategy since it reduces the waiting for the robots to find an available picker compared to the DP picking strategy. Practical Insights: The PP picking strategy has a higher throughput when the incoming orders have large number of lines per order, e.g., in a retail warehouse. The DP picking strategy has a higher throughput when the incoming orders have small number of lines per order, e.g., in an e-commerce warehouse.

RQ2: We analyze an omnichannel warehouse that operates with a fixed number of pickers and robots. Orders arrive in the system with the rate  $\lambda$  and with probability  $p$  the order is small, and with probability  $1-p$  the order is large. The cost function in our analysis consists of three components, the postponement cost, the order waiting cost, and the picking strategy switching cost. The postponement cost is the cost associated to not being able to fulfill an incoming order since the system has reached its fulfilment capacity, so the order is postponed to a later time; other costs are self-explanatory. We investigate the PP picking strategy and DP picking strategy with two zones and an equal number of pickers per zone. We set up a numerical experiment and calculate the Optimal Dynamic (OD) strategy that minimizes the average cost depending on the number of small- and large-sized orders in the system. Then, we compared the performance of OD with PP and DP picking strategies. We run the experiment for different warehouse shapes (D/W) and a different number of robots. The term W is a function of the number of aisles and D is the function of the length of the aisles. With set the number of pickers to six,  $\lambda$  to 100 orders an hour, and  $p$  to 0.75. Figures 1 and 2 present the magnitude of cost reduction under OD policy depending on D/W ratio and the number of robots. For instance, in a warehouse with eight robots and D/W=0.04, OD strategy, which is illustrated in Figure 3, reduces cost by 1.37% compared to DP strategy and 38.54% compared to PP strategy. In this case, the OD strategy recommends using DP more often than PP, since the pickers' travel time reduction due to the zoning of the warehouse, results in a more significant cost saving.

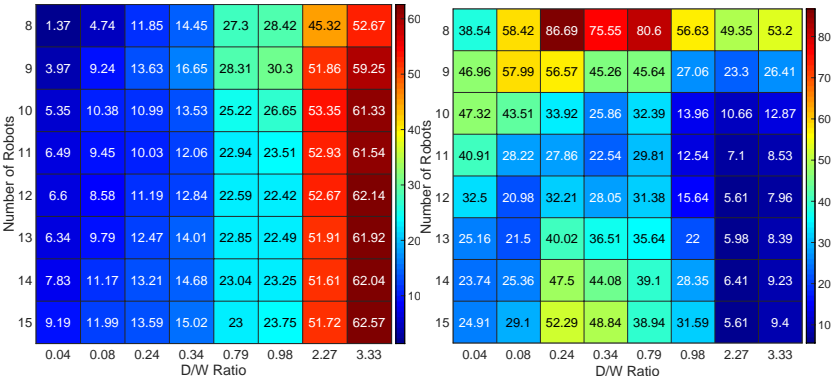


Figure 1: Percentage Cost Reduction, Dynamic Strategy vs. DP Strategy  
 Figure 2: Percentage Cost Reduction, Dynamic Strategy vs. PP Strategy

On the order extreme, in a warehouse with 15 robots and D/W = 3.33, OD strategy, which is illustrated in Figure 4, reduces cost by 62.56% compared to the DP strategy and 9.4% compared to the PP strategy. In this case, OD strategy recommends using PP more often than DP, since the



reduction of waiting time of a robot to access an available picker results in a more significant cost saving.

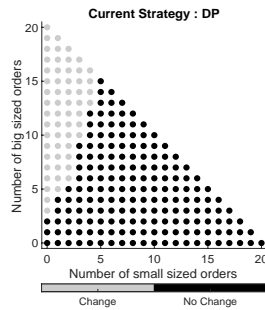
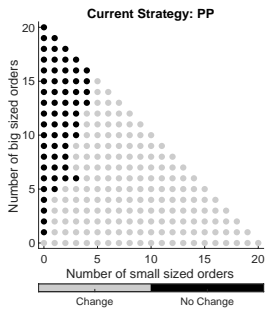


Figure 3: Dynamic Strategy for Small D/W and Small No. Robots

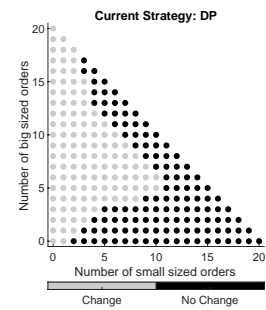
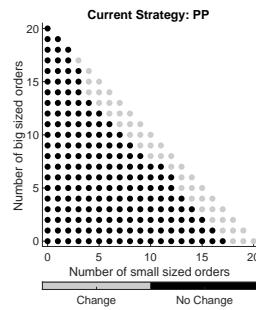


Figure 4: Dynamic Strategy for Large D/W and Large No. Robots

### PRACTICAL INSIGHTS

In an omnichannel warehouse, the performance of the DP picking strategy is good enough when the number of robots and D/W is small, i.e., when the warehouse has many aisles. The performance of the PP picking strategy is good enough when the number of operating robots and D/W is large, i.e., when the warehouse has very long aisles. For all other cases, adopting the dynamic picking strategy will significantly reduce the operating cost.



## BIJLAGE 4 B

### Order picking with pick-support AGVs - Alexandros Pasparakis, Erasmus University

Robotic material handling technologies are being increasingly adopted in warehouses. Automated guided vehicle (AGV) systems supporting the order picking process, called pick support AGVs, are one such example. By combining the human flexibility in performing complex tasks with the robot tirelessness in performing repetitive tasks, human and robot collaboration (HRC) is disrupting the ways manual order picking is traditionally performed. In order to prepare for this new reality, we investigate both objective and subjective outcomes of HRC: (i) how do order pickers perform (order picking productivity and accuracy) in HRC settings, as well as (ii) which behavioral implications this robotized environment implies for order pickers (user adoption behavior, task satisfaction, self-evaluation).

A fundamental attribute of HRC is the assignment of active or passive roles to the collaboration partners. Pick support AGVs can adopt either an active role or a passive role, causing the pickers to assume the complementary passive or active role respectively. The fundamental difference between an active and passive AGV role lies in the way that the process of moving from one picking location to the next is initiated. When the AGV has an active role, it automatically initiates the movement, goes to the pick location and waits for the picker to arrive. Then the picker finds the AGV, puts the requested items in the AGV's load carrier, and searches for another AGV at the next picking location. Therefore, the picker assumes a supportive/passive role of fulfilling an activity that the AGV is not able to perform (locating and picking an item). In contrast, when the picker has an active role, he initiates the movement from one location to the other, performing order picking with traditional methods (pick by voice, light etc.). In this setup, the robot plays the supportive/passive role of following the picker in close proximity, so that the picker can drop off the retrieved items on it. In both setups, the AGVs carry complete orders automatically to the depot point, relieving the picker from unnecessary traveling. Nonetheless, being the active or passive partner in a collaboration may lead to differences in the performance as well as the behavioral implications for pickers.

Apart from the engineering design characteristics of a robot, the success of industrial robots lies also in the perception of the user. To quantify the user's perception of robots we use the "Godspeed" indices, which are a standardized perception measurement tool for human/robot interaction. The measurements address five key characteristics of robot design: anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots.

#### RESULTS: OBJECTIVE OUTCOMES

Collaborative picking productivity (correct lines picked in 20 min)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Active human (passive robot)</li> <li>• Manual picking competence</li> <li>• Anthropomorphism (movement synchrony)</li> <li>▪ Likeability</li> </ul>
Human picking productivity (inv. average time to pick)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual picking competence</li> </ul>
Picking accuracy (inv. errors in 20 min)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Active robot (passive human)</li> <li>▪ Prior robot experience</li> <li>▪ Ease of use</li> </ul>

#### RESULTS: SUBJECTIVE OUTCOMES

User adoption (technology acceptance model)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Likeability</li> <li>• Perceived intelligence</li> </ul>
Task satisfaction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HRC</li> <li>• Likeability</li> <li>• Usefulness</li> </ul>
Robot efficacy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ease of use</li> </ul>
	<span style="color: green;">beneficial</span> <span style="color: red;">detrimental</span>

The anthropomorphism scale measures the perception of movement elegance and is used to assess HRC synchrony of movements. Animacy measures how lifelike the robots are, and is used to assess





the potential to emotionally involve a user. Likeability measures how pleasant the interaction is, with positive impressions having the potential to lead to smoother collaboration. Perceived intelligence measures the extent to which the robot patterns of behavior resemble human-like intelligent behavior. Perceived safety measures the user's level of comfort during the interaction by the robot's autonomous movement. Variability in robot perceptions may evoke different feelings across users, which then translate to difference in the performance and behavioral implications.



We designed and ran an extensive controlled experiment, to test the effects of collaboration dynamics and robot design perceptions on both objective and subjective HRC outcomes. In order to realistically emulate the order picking process, we erected a dedicated small-scale warehouse behavioral lab with two and a half aisles with racks (ten rack sections in each aisle) and 300 picking locations (products) to pick. Sixty students (trainees for logistics professions) each participated in a 2.5hrs session, during which they trained, practiced, and performed an order picking task in collaboration with AGVs for twenty minutes in randomly assigned scenarios. Their performance (in terms of productivity and quality) was tightly monitored and assessed, and questionnaires to draw the behavioral profile of the participants, as well as assess their psychological states that the experiment induced, were administered before and after the

experiment.

To simulate the active/passive robot dynamic, we hold scenarios where workers collaborated with AGVs in two experimental settings:

1. AGV in the lead (active), order picker following (passive);
2. Picker in the lead (active), AGV following (passive). All scenarios were setup in a way that picking performance was impacted by factors only attributable to participants, and not to varying performance of the robots.

The objective outcomes may be utilized for choosing the design characteristics of an HRC solution. Our findings suggest that the collaborative order-picking productivity (correct order lines picked in 20min) is greater when the humans assume an active role and the robots a passive role. This suggests that humans are more engaged in such settings, and the efforts they exert are not hindered by the robots setting pace. HRC order-picking productivity may also be augmented by naturalistic robot movement patterns that allow for instinctive synchrony with the picker, but may be halted by higher levels of robot likeability. This implies that for best performance AGVs need to be designed with smooth, naturalistic and elegant movements, as well as a professional industrial design that avoids extensively comely characteristics. As for the pure human picking productivity (inv. average time to pick), we found that the base competence of an order picker is directly transferable to the new robotized environment. Order picking accuracy (inv. errors in 20min) is greater when the humans are in passive roles, as active robots allow less room for mistakes by humans. Additionally, prior experience with different robotic systems as well as the ease of robot use may prove detrimental to the accuracy of order picking. This may be explained as a by-product of over confidence by the pickers in their ability to use robots. Hence, order pickers need to be thoroughly instructed to the specific system at hand in order to avoid this. Subjective outcomes may be used as proxies for the long-term success of HRC systems. Regarding user acceptance of the HRC, likeability and perceived intelligence have an important positive effect. Users are also more satisfied working with HRC systems (compared to manual order picking). Task satisfaction is additionally boosted by the likeability and how useful the robot is for the specific task. Lastly, the robot ease of use positively affects the user's levels of robot efficacy (competency they feel regarding HRC).



## Bijlage 5

### Resultaten per case

#### 1. Robot- & automatiserings bedrijf Vanderlande

*Vanderlande is een van de hoofdleveranciers van transportbanden aan luchthavens en grote logistieke spelers, zoals UPS. Sinds een paar jaar hebben ze ook een team die zich specifiek op de robotica richt ten behoeve van het flexibeler inrichten van logistieke werkprocessen.*



#### MENS-ROBOT SAMENWERKING

Momenteel werken er ongeveer 40 personen van Vanderlande aan robotica projecten. Zo werken ze aan systemen met bestaande robotarmen voor 24/7 productie, en bouwen ze een eigen AGV. Hun visie op die laatste categorie is dat het alleen werkt als het kan samenwerken met mensen, omdat je robots alleen wil implementeren wanneer deze 24/7

actief zijn. Als robots met mensen kunnen samenwerken, kan je vervolgens de piekuren met mensen overbruggen.

#### TRANSITIE NAAR INDUSTRIE 4.0 EN 24/7-MAGAZIJNEN

Door de opkomst van 24/7 activiteit in magazijnen zal de logistiek volgens hen veranderen door:

1. Meer just-in-time deliveries.
2. Een complexere keten (van pallet naar stuk, vraagt om veel meer flexibiliteit en batchoptimalisatie).
3. Processen en producten zullen meer met elkaar verweven worden om bovenstaande twee punten te realiseren.

Door de transitie naar industrie 4.0 en de mogelijkheden die het met zich meebrengt, zullen flexibiliteit en het vermogen om consumentengedrag te voorspellen (zoals de enorme koopgecte voor de kerst en de drastische retourcijfers na de feestdagen) steeds belangrijker worden voor bedrijven in de logistieke sector. Om competitief te blijven zullen ze op het juiste moment de juiste capaciteit ter beschikking moeten hebben op de werkvloer. Dit is de enige manier om een "service - cost ratio" aan te houden die klanten doet terugkomen.

Het consumentgedrag gerelateerd aan de specifieke producten wordt zo belangrijk dat de planning van het systeem en de processen een grotere rol gaan vervullen, daardoor zal software een steeds grotere rol in het logistieke proces krijgen. Introductie van robots



kan hierbij helpen maar vraagt flexibiliteit van medewerkers op pieken te opvangen. De ondersteunende technische systemen worden steeds complexer en met name de software zal steeds sneller vernieuwd en verbeterd worden. Dat vraagt voor medewerkers met goede aanpassingsvermogen, die met meer complexiteit kunnen omgaan en daarop adequaat kunnen reageren in een snel veranderende omgeving.

#### TOEKOMSTIGE VAARDIGHEDEN

Die consumentgedrag gerelateerd aan de specifieke producten zorgt ook ervoor dat er artificiële intelligentie (AI) achter de planning en processen geïmplementeerd moet worden. In de toekomst het updaten en aanpassen van input parameters zal in-house plaats moeten vinden. Dat vraagt om werknemers met kennis van bijvoorbeeld neurale netwerken (AI).

Predictive maintenance houdt in dat met behulp van sensoren en data redelijk nauwkeurig kan worden ingeschat wanneer een onderdeel onderhoudsbeurt moet krijgen of vervangen moet worden. Maintenance zal ook meer op basis van data interpretatie en acquisitie preventief gepland moeten worden om tijdens de piektijden alle systemen optimaal laten benutten. Dat vraagt om sterke analytische vaardigheden.

De rol van de orderpicker zal verschuiven van picken naar het overzien en eventuele troubleshooting van robot stations. (bijvoorbeeld door moeilijk grijpbaar product te picken)

Hoewel de warehousemanager het warehouse met robots draaiende zal houden en meer technisch onderlegde mensen in het team zal hebben, zal zijn/haar takenpakket minimaal veranderen. Dat komt doordat de robot als

voorspelbare “medewerker” kan worden gezien, die zijn taak met constante snelheid 24/7 kan uitvoeren. Warehousemanager ziet meer technisch geschoolde mensen in zijn team, maar zijn taken zijn niet veranderd.



Bron foto's: Vanderlande



## 2. Uitzendbureau Randstad

*Volgende Case is gebaseerd op een interview met de commercieel manager van Randstad Nederland. Randstad levert veel uitzendkrachten aan de logistiek sector en heeft daardoor een overzicht van de vraag en aanbod balans in de logistieke sector, maar ook inzichten in de keuzes die uitzendkrachten maken op basis de vacatures die er zijn.*



**DE MOEIZAME DOORBRAAK VAN ROBOTISERING IN DE LOGISTIEKE SECTOR**  
Veel bedrijven in de logistieke sector houden zich bezig met Industrie 4.0, maar er zijn twee dingen die de toevlucht op robotisering tegenhouden:

1. De grote investering die het aan de voorkant vergt.  
De verandering in soort personeel dat nodig is na introductie van robotisering.

De investering is met name voor logistiek dienstverleners een probleem, omdat de terugverdientijd niet op een lijn ligt met de korte termijn contracten met klanten. Voor bedrijven die hun eigen logistiek doen geldt dat minder, daar zullen sneller grotere robotiseringsprojecten geïmplementeerd worden.

Vaak is 90% van de werkzaamheden in de logistiek op de werkvloer te leren, maar er is nog niet veel robotica gerelateerde kennis in deze sector om over te dragen. Ook vraagt robotisering, in tegenstelling tot automatisering, een affiniteit met technologie die bij de mensen die nu werk zoeken in deze sector vaak ontbreekt. Door robotisering wordt er ook meer naar HBO gevraagd. Eigenlijk zou er een soort combinatie tussen logistiek en ICT/elektronica moeten bestaan.

### BEREIDHEID TOT OPSCHOLING

Bedrijven zijn wel bereid tot opscholing van hun werknemers, maar er wordt ook veel gewerkt met uitzendkrachten en dat maakt het ingewikkeld, omdat je bij die laatste groep het risico loopt dat ze na de investering vertrekken. Een werknemer waarin je investeert houdt een bedrijf het liefst tien jaar vast, maar dat is lastig voor een logistiek dienstverlener vanwege de duur van contracten. De instelling van huidige werknemers is ook anders dan generaties daarvoor, het is niet meer gebruikelijk om tien jaar bij eenzelfde werkgever te werken.

### SCHAARSTE OP DE ARBEIDSMARKT EN AANTREKKELIJKER MAKEN VAN DE LOGISTIEKE SECTOR

Uit het interview komt naar boven dat robotisering het werk niet per se interessanter of aantrekkelijker maakt voor mensen, maar wel andere soort mensen aantrekt.

Op het sector zijn lager dan in andere gebied van personeel heeft logistiek sector een groot uitdaging, want aan de ene kant vraag naar mensen met technische achtergrond is groter dan het aanbod en aan de andere kant de lonen binnen deze sectoren.

Men kiest bij voorkeur voor werkgever waar meer kan verdiend worden.

De groep mensen die voor de logistiek sector kiest, hebben zelf ook weinig interesse in opscholing, ook wanneer ze dat door het uitzendbureau kosteloos aangeboden krijgen. In het leidinggevend middenkader is er geen invloed van robotisering op de uit te voeren taken geconstateerd. Om de logistiek sector aantrekkelijker te maken moeten de salarissen en de uitdaging voor de hoger opgeleiden omhoog, zodat een baan meer omvat dan alleen het oplossen van storingen en marginale verbeteringen.



### 3. Een Logistieke dienstverlener/Third Party Logistics (3PL)

*Deze casebeschrijving is gebaseerd op drie verschillende interviews bij een innovatieve 3PL, Business Unit Technology, de site van 3PL op locatie A die technologie gerelateerde producten distribueert en op een interview met OMR.*

*Op de site op locatie A zijn er drie robots aanwezig: (1) een industriële pickrobot, (2) een AGV en (3) een cobot.*

#### ROBOTISERING BIJ 3PL

De robots op locatie A zijn gekocht voor kennisontwikkeling op de vestiging. 3PL blijft minimaal 15 jaar op een locatie, daarom is zulke investering zijn geld waard. Op de lange termijn heeft dat 3PL voorsprong op de markt en trekt nieuwe klanten aan.

Bij andere vestigingen, bijvoorbeeld op locatie B, wordt er geëxperimenteerd met mogelijke implementatie van het follow-me systeem en op locatie C met de implementatie van een compleet goods-to-person-systeem (G2P).

Volgens management, zegt negen van de tien werknemers open te staan voor nieuwe technologieën en ontwikkelingen, zolang er geen gedwongen ontslagen zijn. Deze uitspraak wordt bevestigd tijdens gesprek met OMR leden.

#### ENGINEERS OP DE SITE OP LOCATIE A

10 Jaar geleden waren er nog maar 5 engineers werkzaam op locatie A, inmiddels zijn dat er 15 op de ca. 900 medewerkers. Zij houden zich vooral bezig met procesoptimalisatie die, over de jaren, veel meer technische inzicht vereist. Het warehousemanagement systeem wordt

steeds complexer en Proces Engineers moeten:

- processchema's kunnen maken;
- logica kunnen gebruiken (besturingsregels);
- data-analyse kunnen doen (koppelingen en queries kunnen schrijven etc.).

#### HET KEY-USER SYSTEEM

3PL werkt met een key-user systeem voor de robots. Key-users (MBO+) zijn verantwoordelijk voor de programmering en het oplossen van algemene storingen. Om de meerwaarde die robots bieden ten opzichte van harde automatisering optimaal te benutten, moeten de key-users van een systeem out-of-the-box kunnen denken.

Naast creativiteit is, voor het werken met robots, systeemdenken vereist en de vaardigheid om een probleem integraal te benaderen. Bijvoorbeeld het kunnen inschatten van batch size speelt hierin een rol, want het herschrijven van de programmering voor een week werk is het nu nog niet waard.

#### TOEKOMSTIGE VAARDIGHEDEN

Met de introductie van robots moet er op MBO+ niveau sneller kennis en oplossingsvaardigheid worden ontwikkeld. Opleiding is niet zozeer relevant, houding en vaardigheid daarentegen wel.

In het 3PL breed kwaliteitsbeleid staat dat er meer wordt verwacht van een leidinggevende, meer inhoudelijke kennis en meer overzicht. Dat is van belang omdat ze moeten weten hoe het systeem werkt (wat zijn de regels die het systeem gebruikt) en hoe de werkprocessen geïntegreerd worden.



Systeeminzicht en procesmatig denken zijn belangrijke eigenschappen geworden.

Nieuwe medewerkers zijn steeds moeilijker te vinden. Langzaam zal de lat hoger komen te

#### **4. Distributiecentrum Boston Scientific**

*Deze case beschrijving is gebaseerd op een interview met technologie manager bij het Europese distributiecentrum van Boston Scientific in Kerkrade. Op deze locatie werken 400 mensen, waarvan 120 in het magazijn. Voor Boston Scientific is logistiek niet de core business, waardoor hun innovaties daarin niet concurrentiegevoelig zijn.*



#### **ROBOTISERING**

Bij Boston Scientific is een paar jaar terug, samen met leverancier Swisslog, het autostore systeem geïmplementeerd. Dit goods-to-person-systeem wordt ingezet voor de opslag van een deel van hun producten. Voor de sneldraaiers, de grote volumes en producten groter dan 60cm is de traditionele opslag nog steeds efficiënter. De aanleiding voor deze implementatie was een behoefte naar meer magazijnruimte. Van twee opties: (1) uitbreiden in m2 of (2) uitbreiden in m3 was de tweede optie goedkoper. Bijkomende voordelen zijn dat er minder fouten worden gemaakt en de productiviteit toeneemt. De doorlooptijd van producten is ongeveer gelijk gebleven, maar het verkorten daarvan zou ook geen voordelen opleveren voor deze productcategorie, want dat is niet nodig.

liggen. Voorlopig is de site op locatie A alleen nog opzoek naar engineers. Volgens de geïnterviewde zullen over 10-15 jaar lager opgeleiden moeten bijscholen om mee te gaan met de ontwikkelingen.

Voor implementatie van het systeem is eerst een demo-opstelling gemaakt waarmee hun werknemers laagdrempelig kennis konden maken. Er is veel aandacht geweest voor communicatie. Mede omdat er geen banen geschrapt werden, waren velen direct positief ende mogelijkheid om op de traditionele manier te blijven werken bleef.

#### **IMPACT VAN HET NIEUWE SYSTEEM OP HET WERK IN HET MAGAZIJN**

Het grote verschil is te zien bij orderpickers, de producten komen naar hun werkstation in plaats van dat ze zelf door het magazijn lopen. Verder valt deze groep medewerkers buiten de scope van dit rapport.

#### **GROEI IN AUTOMATISERING EN BENODIGDE COMPETENTIES**

Op de afdeling hebben ze zowel mensen nodig die breed inzetbaar zijn als specialisten op een aantal deelgebieden (bijvoorbeeld de software van de autostore). Het allerbelangrijkste volgens de geïnterviewde van afdeling Technology Management is dat de mensen een bepaald werk- en denkniveau hebben, ze moeten analytisch zijn. Productkennis is niet vereist, samenwerking en teamspirit is wel van belang. Mensen moeten proactief zijn en "vooraan staan als er paniek is".





*Bron foto's: Boston Scientific*

Procesengineers en de technische dienst doen de eerste lijn ondersteuning (storingen) en onderhoud. In 2004 waren er 2 mensen voor project & software support en dat zijn er nu 12. De technische dienst valt buiten deze getallen, die min of meer gelijk gebleven, alleen is de inhoud van de taken veranderd. Door de groei in automatiseringsprocessen die hieraan ten grondslag ligt, is in die tijd ook het volume van de producten verdubbelt. Procesengineers en monteurs moeten affiniteit met technologie hebben, een drive om te begrijpen hoe het systeem werkt en storingen op te lossen. Probleemanalyse is daarvoor belangrijk competentie. Wanneer het systeem een storing heeft moet een monteur of procesengineer het proces kunnen opdelen om het probleem te lokaliseren en daarop kunnen acteren.

Boston Scientific werkt ook samen met MBO en HBO opleidingen in Heerlen en Kerkrade, onder andere om mensen die vanuit het magazijn verder willen groeien daarbij te ondersteunen.





## **DUTCH INSTITUTE FOR ADVANCED LOGISTICS**

TKI Dinalog is het topconsortium kennis en innovatie waarin bedrijven, kennisinstellingen en overheid werken aan het innovatieprogramma van de topsector logistiek ter bevordering van innovatie in de logistieke sector.

Publicatiedatum: december '19

[www.dinalog.nl](http://www.dinalog.nl)