

Framväxande digitala teknikers tillämpbarhet som plockstöd inom materialhantering

Publik rapport



Författare: Patrik Fager, Lars Medbo
Datum: 2018-04-30
Projekt inom **Delprogrammets namn** allt strategisk satsning exempelvis
Trafiksäkerhet och automatiserade fordon

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	7
4 Syfte, forskningsfrågor och metod.....	9
5 Mål	11
6 Resultat och måluppfyllelse	14
7 Spridning och publicering	16
8 Slutsatser och fortsatt forskning	18
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	19

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

En stor utmaning inom fordonsindustrin är att i produktionssystemen hantera det stora och ökande sortimentet av komponentvarianter. Materialhanteringsprocesser av olika slag, såsom kitting och sekvensläggning, används i ökande utsträckning för att kunna försörja monteringen med alla dessa komponentvarianter. Det arbetsplatsnära informationssystemet är en central aspekt i utformningen av materialhanteringsprocessen för att uppnå höga nivåer av effektivitet, kvalitet, flexibilitet och ergonomi i produktionen. Givet de snabba och kraftfulla framsteg som går att se både inom forskning och industri vad gäller digitalisering, genomförs denna konceptstudie med syftet att utvärdera potentialen för digital teknik att stödja materialhanteringsarbetet inom produktion. Konceptstudien fokuserar på hur digital teknik kan stödja två i industrin vanligt förekommande materialhanteringsprocesser – kit preparering och sekvensläggning – i manuella monteringsystem för blandad massproduktion. Fyra forskningsfrågor formuleras för att behandla syftet, där varje fråga behandlar hur olika typer av digital teknik kan stödja materialhanteringsaktiviteterna som utförs i samband med kit preparering och sekvensläggning.

Konceptstudien genomfördes i fyra faser. Fas 1 av konceptstudien innebar byggnation av en testmiljö som simulerar en industriell applikation för kit preparering av fordonskomponenter till ett produktionssystem för blandad montering, vilken baserades på resultat från en serie fallstudier och workshops. Fas 2 av konceptstudien innebar en screening av digitala tekniker som börjat etableras på marknaden, utifrån vilken ett urval av intressanta och relevanta tekniker upphandlades och installerades i testmiljön och en mjukvara utvecklades som tillät tekniker av olika slag från olika leverantörer att kommunicera sömlöst. Fas 3 av projektet innebar tester av teknikernas potentialer, där utfallet visade att principiellt nya tekniker – som smarta-glasögon och visir med augmented verklighet – och nya applikationer av redan etablerade digitala tekniker – som RFID-läsande armband – har potentialer att skapa både effektiv och kvalitetssäkrad materialplockning. I fas 4 av konceptstudien användes testmiljön som en plats där företag och universitet kunde förlägga såväl utbildning som egna projekt, vilket gav nya perspektiv kring teknikerna som kunde användas tillsammans med forskningsresultaten för att utveckla ansatser för fortsatt forskning.

Milstolpar och leverabler för konceptstudien kunde alla uppfyllas under konceptstudiens livslängd. Svaret på forskningsfråga 1 visade att nya digitala system – t.ex. pick-by-vision med RFID-scanning – uppvisar hög plockeffektivitet i jämförelse med etablerade typer av system, så som papperslista, pick-by-light och pick-by-voice. Dessutom indikerade testerna att pick-by-vision med RFID-scanning har potential att stödja hög kvalitet vid kit-preparering jämfört med etablerade tekniker. Svaret på forskningsfråga 2 visade att distribution av plockinformation med hjälp av augmented verklighet kan öka plockeffektiviteten vid kit-preparering av fordonskomponenter när kätten bereds i batch, och att det finns potential för att förbättra kvalitetsutfallen när plockinformation distribueras via augmented verklighet jämfört med papperslista. Svaret på forskningsfråga 3 visar att nya digitala applikationer av kvittentechniker i form av RFID-läsande armband överträffar streck-kodsscanning och röstkvittens med avseende på effektivitet vid kit-preparering, samt att RFID-läsande armband med fördel för prestanda kan kombineras med etablerade tekniker som knapptryckningar, streckkodsscanning och röstkvittenser för att kvittera plock från hylla eller placering i kit-behållare.

En av målsättningarna med konceptstudien – som även var fokus för forskningsfråga 4 - var att utveckla ansatser för fortsatt forskning kring potentialen för digital teknik att stödja materialhanteringsarbete inom produktion. En central aspekt för framtida forskning att behandla relaterar till hur den grafiska information som kan presenteras i olika former HUD-system (Head-Up Displays) bör vara utformad för att möjliggöra effektivt och ergonomiskt plockarbete. En annan aspekt berör hur systemintegrationen mellan system av olika typer från olika tillverkare kan integreras på ett flexibelt och kostnadseffektivt sätt i industrin, där det idag ofta råder stora svårigheter med att få olika former av informationssystem att effektivt kommunicera med varandra. En tredje aspekt för framtida forskning berör kopplingen mellan utformningen av informationssystemet och utformningen av plockprocessen, då det i industrin idag finns många olika typer av upplägg för materialplockning och valet av upplägg behöver göras med avseende på kontexten. Resultaten från projektet antyder att olika aspekter av informationssystemet är av olika vikt för olika former av plockning och mer forskning behövs för att tydliggöra när olika systemtyper är lämpliga att tillämpa.

2 Executive summary in English

2.1 Background, purpose and research questions

A major challenge in the automotive industry is to manage the large and increasing range of component variants in the production systems. Material handling processes of various kinds, such as kitting and sequencing, are increasingly used to support assembly in managing all these component variants. The information system that supports the materials handling activities is a key aspect in the design of the material handling process to achieve high levels of efficiency, quality, flexibility and ergonomics in the production system. The current technological trend towards digitisation presents a multitude of new technologies that can support materials handling activities, but research that explain the potential for performance associated with these new technologies is lacking in literature. Furthermore, there are many established technologies that supports materials handling activities in use in industry today – e.g. pick-by-light, pick-by-voice, barcode-scanning etc. – and industry has little knowledge of what to expect from the emerging digital technologies in relation to the current assortment of technologies. The purpose of the current concept study is:

... to assess the potential of digital technology to support material handling work related to production systems.

The concept study focuses on how digital technology can support two industry-standard types of material handling processes – kit-preparation and part-sequencing – in mass-customised mixed-model and manual assembly systems. Four research questions were formulated to address the purpose, where each question deals with how different types of digital technology can support material handling activities performed in connection with kit-preparation and part-sequencing. The research questions were formulated as follows:

Research Question 1: *How do new digital alternatives of picking information systems - e.g. pick-by-vision – perform in relation to established alternatives of picking information systems – e.g. paper list, pick-by-light and pick-by-voice – when applied to kit preparation of vehicle components?*

Research Question 2: *Can augmented reality be used to convey picking information and support high-quality and time-efficient kit preparation of components in typical applications within the automotive industry?*

Research Question 3: *Can digital confirmation methods – for example automatic RFID-scanning – be used to support time-efficient and high-quality batch preparation of vehicle component kits?*

Research Question 4: *What propositions for further research should be adopted in order to assess the potential of digital technologies to support material handling work in production?*

2.2 Method

The concept study was carried out in four phases. Phase 1 of the concept study involved construction of a test environment that simulates an industrial application for kit preparation of vehicle components to a mixed-model assembly system. The design of the test environment was based on results from a series of case studies aimed at investigating how a typical design of a kit preparation process looks and works in industry, as well as a series of workshops where industry experts could provide feedback on the design of the test environment. Phase 2 of the concept study involved a screening of emerging digital technologies on the market, which ended a selection of interesting and relevant technologies that then were procured and installed in the test environment. In order to achieve enough flexibility to combine different types of technologies, to enable proper evaluation, a software was developed that allowed different types of technologies from different providers to communicate seamlessly. Phase 3 of the project involved tests of

technology's potentials. The tests were designed as controlled experiments where a number of experiment participants worked with the systems and data on system performance could be collected. In phase 4 of the concept study, the test environment was standardized to function as a place where companies and universities place both education and own projects. During the workshops conducted within the framework of the concept study, industry views on the various digital technologies have been gathered, which together with the research results led to efforts for continued research on the potential of digital technologies to support material handling work. The answers to the research questions were formulated during phases 3 and 4 of the concept study.

2.3 Results and objective fulfilment

Deriving the answers to the research questions also meant that the objectives and milestones that were stated in the concept study application (Dnr. 2016-05477) were achieved. The content of the concept study was organised in five work packages – that specified the methods and people involved – and was carried out in four phases (described in the method section). Three milestones were stated in association with the work packages, which are reported here:

- Milestone 1 aimed at constructing test-environment for kit preparation of vehicle components and was achieved during phase 1 of the concept study.
- Milestone 2 aimed at evaluating various digital technologies' potential in terms of performance and was achieved during phase 3 of the concept study.
- Milestone 3 aimed at deriving propositions for continued research and hypotheses about the tested digital technologies and was achieved during phase 4 of the concept study.

In summary, the deliverables and the milestones were achieved during the course of the concept study. The answers to the individual research questions are summarised below.

The answer to Research question 1 showed that new digital systems – e.g. pick-by-vision with RFID scanning - shows high pickup efficiency compared to established types of systems, such as paper list, pick-by-light and pick-by-voice. In addition, indications that pick-by-vision with RFID scanning have potential to support high-quality kit preparation compared to established technologies were observed.

The answer to Research question 2 showed that the distribution of pick information using augmented reality can increase the picking efficiency of kit preparation of vehicle components when the kit is prepared in batch, and that the effectiveness of the paper list and augmented reality is equivalent to single-kit preparation. In addition, indications that pick-up information via augmented reality has been observed has a potential to enhance the quality of kit preparation compared with the paper list.

The answer to Research question 3 shows that new digital applications of quartz techniques in the form of RFID read bracelets exceed barcode scanning and voicemail with regard to efficiency in kit preparation and RFID read bracelets can be advantageously combined with established techniques such as keystrokes, barcode scanning and voice quotes for receipt of pick from shelf or placement in kit containers. The RFID-reading bracelets that were evaluated were implemented simpler than existing systems, and the answer to Research Question 3 shows that while implementation is easier, the performance of the picking process can be maintained.

In relation to the purpose of the concept study, the answers to the three research questions provide evidence of the potential of emerging digital technologies to support materials handling activities in production systems. In particular, the answers show that emerging digital technologies have the potential to improve, or at minimum maintain, the performance levels in terms of quality and efficiency in current materials handling designs, while significantly increasing the flexibility at a potentially lower cost.

2.4 Dissemination and publications

The test environment further served as a place where companies and universities could carry out both education and own projects. Several workshops with various companies and organisations has been carried out since the test-environment was established, which have given the visitors hands-on experiences of using the digital information systems. During the various workshops, the results from the tests have been presented, resulting in a strong dissemination. Furthermore, the workshops have resulted in many new perspectives on the digital technologies that have been provided by the visitors.

2.5 Conclusions and further research

This concept study has studied the potential of emerging digital technologies to support materials handling work – in form of processes for kit preparation and part sequencing – related to production systems for mixed-model assembly. The industrial relevance of the study relates to the continual challenge of handling the multitude of component variants in modern assembly systems, which increases the use of materials preparation in form kit preparation and part sequencing, and the lacking knowledge about the performance potential of the new technological support systems that emerges from the current technological trend towards digitisation.

The purpose - ... *to assess the potential of digital technology to support material handling work related to production systems* - was fulfilled by building a test environment that simulates an industrial application for kit preparation of vehicle components for a mixed-model assembly system, in order to answer three research questions relating to various digital technologies and their potential to support materials handling activities. The research results contributes to industry by providing direct indications about the potential of emerging digital technologies to support performance of materials handling activities. The theoretical contribution of the concept study is in form of new evidence of what effects to expect when applying digital technologies in materials preparation, which is made available for other researcher by means of publications in scientific journals and will function as a basis for theory building around the digital technologies.

Part of the aim of the concept study was to develop propositions and hypotheses for further research. It was realised from the concept study that a central aspect for future research to deal with relates to how the graphic information presented by different forms HUD (Head-Up Displays) systems should be designed to enable efficient and ergonomic picking. Another aspect concerns how system integration between systems of different types from different providers can be integrated in a flexible and cost-effective manner in industry, where today there are great difficulties in getting different control systems to communicate effectively with each other. A third aspect relates to the link between the design of the information system and the design of the picking process. In industry, there is today many different forms of material picking, where the choice of how the materials picking work is carried out is largely made with regard to the context. The results of the project suggest that different aspects of the information system are of different importance for different forms of materials picking and more research is required to clarify when different forms of pick information are appropriate to apply.

3 Bakgrund

En stor utmaning inom fordonsindustrin är att i produktionssystemen hantera det stora och ökande sortimentet av komponentvarianter. Materialhanteringsprocesser av olika slag, såsom kitting och sekvensläggning, används i ökande utsträckning för att kunna försörja monteringen med alla dessa komponentvarianter. Det arbetsplatsnära informationssystemet är en central aspekt i utformningen av materialhanteringsprocessen för att uppnå höga nivåer av effektivitet, kvalitet, flexibilitet och ergonomi i produktionen. Utskrivna plocklistor, pick-by-light och pick-by-voice har tillsammans med plockverifieringstekniker som streckkodsscannern, knapptryckningar och röstkommandon (Battini et al., 2015) under många år utgjort de typer av plockinformationssystem som forskare har studerat och som industrin har haft att välja bland som stöd i plockprocessen. På senare år har dock nya system börjat framträda, baserade på principiellt nya tekniker som möjliggörs av nya teknologiska förutsättningar, t.ex. smarta glasögon (Reif et al., 2009; Schwerdtfeger et al., 2012; Guo et al., 2015) och RFID-teknik (Battini et al., 2015; Andriolo et al., 2016). Dessvärre råder en avsaknad av teoretiska ramverk för att förstå potentialen av digitala tekniker, vilket idag leder till att industrin håller fast vid etablerade tekniker för att försäkra sig om systemens driftsäkerhet, samtidigt som akademien inte kan förklara effekterna som en ny tillämpning förväntas ge. Ny kunskap om digitala teknikers potential att stödja materialhanteringsarbete behövs att förbättra industrins förutsättningar att fånga upp teknik i ett tidigt skede, och därmed minska risken att industrins införande av ny högpresterande teknik börjar släpa efter.

Tidigare forskning kopplad till materialplockning i lager och inom produktionssystem har lyft fram flera frågor kopplade till informationssystemets tillämpning i materialplockning, t.ex. hur viktig kvittentekniken är för plockeffektivitet och kvalitet (Guo et al., 2015), på vilket sätt informationen i gränssnittet mot plockaren bör utformas för att på bästa sätt guida plockaren (Grosse et al., 2015), huruvida effektivitetspotentialen i nya tekniker är tillräcklig för att väga upp investeringen (Battini et al., 2015), eller hur stor potentialen är av kombinationer mellan nya tekniker och väletablerade tekniker (Fager et al., 2016). Många frågor som behandlats i kontexten lagerplockning kvarstår också fortfarande inom materialpreparering, t.ex. vad gäller potentialen för tekniker som visat sig ha potential inom andra kontexter, där frågan kvarstår hur väl tekniken presterar i materialpreparering (se Fager, 2016, för en definition av materialpreparering).

En teknik som på olika håll visat potential för tillämpning i materialpreparering men vars potential ännu inte är kartlagd inom materialpreparering är system som går under samlingsnamnet pick-by-vision, vilket inkluderar olika former av HUD-baserade system. En variant av pick-by-vision som baseras på Google glass har visat goda potentialer tyska pilotstudier inom lagerplockning (DHL.com, januari 2015; Intralogistik, mars 2016). Tillämpning av informationssystem som stöd till materialplockning har uppmärksamhet från flera håll, t.ex. från Italien med Battini et al., 2015 och Andriolo et al. (2016), Tyskland med Reif et al. (2010) och Schwerdtfeger et al. (2012), samt från USA med Guo et al. (2015). Det är således extremt viktigt att svensk forskning inte tappar mark inom området utan att vi istället kan lägga oss i framkant för att kunna bidra till den akademiska diskussionen, samtidigt som svensk industri får underlag för att kunna fatta effektiva och effektgivande beslut.

Viktiga prestationsmått för att bedöma teknikers potential att stödja materialhanteringsarbete är teknikens bidrag till effektivitet, plockkvalitet, flexibilitet, ergonomi och kostnad. Effektivitet avser tidsåtgången i plockprocesser och kan modelleras med utgångspunkt i Battini et al. (2015) genom plockprocedurens 7 faser: ta emot plockinformation, sök plockplats, plocka material, kvittera plock, ta emot placeringsinformation, placera material, kvittera placering. Effektiviteten utvärderas som tidsåtgången för en given arbetsmängd med stöd av olika system. Ställtiden modelleras i samråd systemutvecklaren. Kvalitet modelleras som graden till vilken de färdiga kätten med material överensstämmer med orderspecifikationen, enligt t.ex. Guo et al. (2015) och Fager et al. (2016). Kvalitet kan mätas genom att jämföra det genomförda plockarbetet med order specifikationen. Flexibilitet betraktas utifrån den tid och kostnad som krävs för att förändra plockprocessen i syfte att hantera förändringar i produktionssystemet (Fager et al., 2015),

samt förmågan att hantera en given variant flora. Ergonomi beaktar plockarens upplevelse och välmående vid användning av systemen (Dul and Neumann, 2010). Hur digitala tekniker, t.ex. pick-by-vision baserad på mixad- eller augmented verklighet (se Milgram och Kishino, 1994), påverkar plockarens fysiska och psykiska välmående är viktig kunskap att härleda.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Det saknas forskning för att förstå nya digitala teknikers tillämpbarhet i materialhantering och industrin behöver underlag som påvisar potentialerna med nya digitala informationssystem jämfört med redan etablerade tekniker. Vidare forskning behövs, framförallt vad gäller kopplingen mellan ny digital teknik och de typiska upplägg av materialhanteringsprocesser som tillämpas i industrin, till exempel processer för kit-preparering och sekvensläggning. I avsnitt 4.1 till 4.3 redogörs projektets syfte, omfattning, forskningsfrågor och metod.

4.1 Syfte och omfattning

Syftet med konceptstudien är att identifiera potentialen för ny digital teknik att stödja materialhantering kopplat till produktion. Kontexten inom vilken syftet behandlas är materialpreparering inom fordonsindustrin, där bl.a. den ökande variantfloran och mindre förpackningar skapar en alltmer komplex plockning.

4.2 Forskningsfrågor

Den teoretiska utgångspunkten för konceptstudien härrör från den akademiska diskussionen om de nya teknikernas tillämpbarhet, samt från de två angränsande forskningsprojekten "Utformning av effektiva materialkonfigureringsprocesser" (Dnr. 2013-05626) samt AKTA (Dnr. 2016-03322).

Olika slag av tekniska system för att stödja materialhanteringsarbete har tillämpats i industrin sedan långt tillbaka i tiden (Brynzér och Johansson, 1995). Ett klassisk och än idag vanligt förekommande alternativ för att tillhandhålla plockinformation och för att guida plockaren är pappersplocklistan (Battini et al., 2015). Pappersplocklistan har dock sina begränsningar, där informationen om vad som ska plockas måste läsas inför varje plock och det finns oftast inget stöd för kvalitetssäkring av plocket. Pick-by-light är ett annat vanligt plockinformationssystem, vanligen tillämpat i kontexter med ett begränsat antal komponentvarianter. Då varje plats behöver en lampa kan investeringskostnaden med pick-by-light vara hög och elkablarna till varje lampa kan hindra flexibiliteten att förändra plockprocessen (Park, 2012, Fager et al., 2015). Pick-by-light brukar associeras med höga effektivitetsnivåer och knapptryckningarna eller sensorerna som ofta krävs för att släcka lamporna och för att komma vidare i plockrundan kan stärka kvalitetsutfallet av plockningen (Battini et al., 2015). Pick-by-voice är ett vanligt förekommande alternativ för plockinformationssystem där plockaren guidas av en datorgenererad röst och plockkvittenser görs när plockaren ger kommandon med rösten, ofta i form av check-siffror som går att utläsa vid platsen för plocket. Pick-by-voice har sagts kunna stödja både effektivitet och kvalitet vid plockarbete (Ludvig and Goomas, 2007). Det finns således sedan tidigare en rad olika tekniska system som tillämpas för att stödja materialplockning. För att bedöma potentialen av ny digital teknik att stödja materialhanteringsarbete behöver nyttan av de nya systemen ställas i relation till redan befintliga alternativ. Forskningsfråga 1 formuleras således som:

Forskningsfråga 1: *Hur presterar nya digitala alternativ av plockinformationssystem – t.ex. pick-by-vision – i relation till etablerade alternativ för plockinformationssystem – t.ex. papperslista, pick-by-light och pick-by-voice – vid applicering för kit-preparering av fordonskomponenter?*

En form av ny digital teknik som visat goda potentialer att stödja materialhantering i större lager är augmented verklighet. Information som presenteras via augmented verklighet innebär att grafiska objekt genereras i realtid på synfältet för att guida arbetet. Presentation av information som augmented verklighet möjliggörs av olika typer av HUD (Head-Up Displays) system som plockaren bär på huvudet. Då augmented verklighet visat potentialer att stödja effektiv materialhantering i större lager, är det av stort intresse att studera hur väl denna teknik kan stödja materialhanteringsarbete i typiska applikationer för fordonsindustrin, t.ex. kit-preparering, där plockningen ofta karaktäriseras av kortare gångsträckor och en högre plockningsfrekvens än i större lager. Det är i synnerhet med avseende på inverkan på effektivitets- och kvalitetsutfallet som tekniken är intressant att studera. Forskningsfråga 2 formuleras därför som:

Forskningsfråga 2: *Kan augmenterad verklighet användas för att tillhandahålla plockinformation för att stödja kvalitetssäkrad och tidseffektiv kit-preparering av komponenter i typiska applikationer för fordonsindustrin?*

Ett vanligt alternativ för att öka effektiviteten i materialprepareringsprocessen som flitigt tillämpas i industrin är batch-preparering. Vid batch-preparering plockas flera orders under samma plockrunda, vilket medför skalnings fördelar där flera komponenter av samma typ kan plockas till flera orders samtidigt (Hanson et al., 2015). Även om batch-preparering ökar effektiviteten i plockprocessen så medför det en ökad komplexitet i plockningen som kan riskera kvaliteten. Framförallt innebär batch-preparering att det finns en risk att göra placeringsfel, vilket i t.ex. kit-preparering innebär att komponenter av misstag läggs i fel kit-behållare. I industrin används vanligtvis kvittenser för att säkra att plocket sker från rätt plockplats, men när batch-preparering tillämpas så krävs ofta också en placeringskvittens när komponenter läggs i kit-behållaren för att säkerställa att komponenterna läggs på rätt plats. Tidigare forskning har pekat på att kvittenser – i plock- och placeringsläge – är viktiga för plockkvalitet (Hanson et al., 2015; Guo et al., 2015) och att plockkvittensen har en inverkan på effektivitet och kvalitetsutfall vid lagerplockning (Battini et al., 2015). Då materialpreparering oftast sker i kompaktare plockmiljöer än traditionell lagerplockning, utgör gångsträckan mellan plock en mindre komponent av den totala tiden för plockrundan, medan tiden som spenderas på att genomföra kvittenser utgör en större del (Hanson et al., 2017). Även om kvittenser i plock- och placeringsläge är vanligt förekommande i industrin för att kvalitetssäkra plockningen, är litteraturen bristfällig vad gäller kvittensens inverkan på effektiviteten vid materialpreparering. Framförallt har nya tillämpningar RFID-teknik i form av armband och handskar som automatiskt scannar en RFID-etikett vid plockplatsen visat goda potentialer som kvittenseteknik i lagerplockning, där användningen av dessa typer av system anses kunna eliminera tiden som krävs för att göra kvittenser (Battini et al. 2015). Potentialen för RFID-teknik att stödja batch-preparering av kit borde därmed vara stor, där tekniken även kan användas för att säkra placeringen i kit-behållaren. Forskningsfråga 3 uttrycks därför som:

Forskningsfråga 3: *Kan digitala kvittensetekniker – t.ex. automatisk RFID-scanning – användas för stödja tidseffektiv och högkvalitets batch-preparering av kit med fordonskomponenter?*

Teknikerna som beaktas i forskningsfrågor 1 till 3 utgör en ögonblicksbild av teknikfronten vid tiden då frågorna studeras, i linje med konceptstudiens syfte. För framtiden, då ytterligare nya tekniker kommer att framträda, behövs direktiv för fortsatt forskning kring de nya teknikernas potential att stödja materialhanteringsarbete. Med potentialer avses de skillnader som nya typer av tekniker, t.ex. pick-by-vision, och nya lösningar av etablerade tekniker, t.ex. RFID, medför när de introduceras i materialhanteringsprocesser. Utifrån perspektivet av potentialer är inte enbart den pågående akademiska debatten viktig, men också industrins utmaningar och förutsättningar för att tillgodose sig de digitala teknikernas möjligheter. Forskningsfråga 4 riktar in sig på denna potentialbild för akademien och industrin och formuleras som:

Forskningsfråga 4: *Vilka ansatser bör formuleras för fortsatt forskning för att kunna bedöma potentialerna för framträdande digitala tekniker att stödja materialhanteringsarbete inom produktion?*

Svaren på forskningsfrågor 1, 2 och 3 indikerar potentialerna för ny digital teknik att stödja materialhanteringsarbete och ger en grund för att formulera direktiv för fortsatt forskning inom området för att besvara forskningsfråga 4. Tillsammans ger svaren på de fyra forskningsfrågorna en nulägesbild av vad teknikfronten, i form av digitala tekniker, har för potential att stödja materialhanteringsarbete, samt en riktning för framtida forskning att tillgodose industrin med relevanta underlag för beslutsfattning. Syftet att "identifiera potentialen för ny digital teknik att stödja materialhantering kopplat till produktion" adresseras genom att söka svar på forskningsfrågorna som dels beaktar de unika förutsättningar som kontexten materialhantering kopplad till produktion medför, och dels de aspekter som ny digital teknik möjliggör.

4.3 Metod

Konceptstudien syftade till att konstruera en testmiljö där nya tekniker kan studeras med avseende på dess potentialer som plockstöd. Testmiljön utformades efter högpresterande exempel på materialhanteringsprocesser för kit av fordonskomponenter, där teknikintegrationen med testmiljön skedde med hjälp av en mjukvara som samordnar hårdvaror för plockinformationssystemets delfunktioner: plockinformation, plockkvittens, placeringsinformation och placeringskvittens. Projektets genomförande innebar att digitala tekniker kunde integreras i testmiljön för att utvärderas med avseende på potential som plockstöd, och att företag kunde besöka miljön för att prova. Konceptstudien genomfördes i fyra faser, vilka beskrivs i delavsnitten 4.3.1 till 4.3.4.

Fas 1 – Uppbyggnad av testmiljön

Fas 1 i konceptstudien involverade konstruktion av en testmiljö som simulerar en industriell applikation för kit-preparering av fordonskomponenter till ett produktionssystem för blandad montering. Utformningen av testmiljön baserades på resultat från en serie fallstudier som syftade till att undersöka hur en typisk konstruktion av en kit-prepareringsprocess ser ut och fungerar inom industrin, samt en serie workshops där experter från industrin kunde ge feedback på utformningen av testmiljön.

Fas 2 – Upphandling och installation av informationssystem

Fas 2 i konceptstudien involverade en screening av framväxande digitalteknologi på marknaden, vilket avslutade ett urval av intressant och relevant teknik som sedan förvärvades och installerades i testmiljön. För att uppnå tillräcklig flexibilitet för att kombinera olika typer av teknik för att möjliggöra en korrekt utvärdering utvecklades en mjukvara som möjliggjorde olika typer av tekniker från olika leverantörer att kommunicera sömlöst.

Fas 3 – Tester av teknikpotentialer

Fas 3 av projektet innebar tester av teknikens potentialer. Testerna utformades som kontrollerade experiment där ett antal experimentdeltagare arbetade med systemen och data om systemprestanda kunde samlas in.

Fas 4 – Disseminering och ansatser för fortsatt forskning

I fas 4 i konceptstudien standardiserades testmiljön för att fungera som en plats där företag och universitet placerar både utbildning och egna projekt. Under de workshops som genomfördes inom ramen för konceptstudien har branschvisningar om olika digitala teknologier samlats, vilka tillsammans med forskningsresultaten ledde till insatser för fortsatt forskning om potentialen i digital teknik för att stödja materialhanteringsarbete. Svaren på forskningsfrågor formulerades under faser 3 och 4 i konceptstudien.

5 Mål

Arbetsinnehållet i projektet fördelades i fem arbetspaket, vilka återges i samma form som i projektansökan i Tabell 1. Arbetspaket 1 syftade till projektledning och koordinering av projektet och leddes i sin helhet av docent Lars Medbo, tillsammans med de ansvariga för arbetspaketen. I arbetspaket 2 tillämpades fallstudier för att modellera testmiljön, som utgjorde underlag i förhandlingarna om de digitala plockstöden i arbetspaket 3. I arbetspaket 4 testades teknikernas potential som plockstöd som utgångspunkt för det analytiska arbetet i arbetspaket 5. Efter arbetspaket 5 har testmiljön använts som demonstrator där företag och studenter har provat och utvärderat olika varianter av plockstöd. Budget och tidsplanen för projektet följdes som planerat, där en projektförlängning på tre månader ansöktes om och beviljades för att ge mer tid åt analys och disseminering av resultaten. Måluppfyllelsen i förhållande till arbetspaketen och tidsplan beskrivs i mer detalj i avsnitten 5.1 till 5.6.

Tabell 1. Beskrivning av arbetspaketen. Milstolpar indikeras med M1-M3.

Arbetspaket 1: Projektledning och koordinering
Deltagare: Lars Medbo (ansvarig), ansvariga för övriga arbetspaket och företagsrepresentanter Metod: Se avsnitt "Arbetsinnehåll och projektorganisation" Leverabler: Formell organisering och administration av projektet
Arbetspaket 2: Utformning av testmiljö
Deltagare: Lennart Lundgren (ansvarig), Chalmers, projektföretagen Förutsättningar: Basutrustning (hyllor, emballage, komponenter), samt goda kontakter mot utrustningsleverantörer Metod: Fallstudier, samt inköp och installation av materialhanteringsutrustning Leverabler: Uppbyggd testmiljö för kit preparering av fordonskomponenter (M1)
Arbetspaket 3: Utformning och installation av digitala plockstöd
Deltagare: Mats Johansson (ansvarig), Chalmers och företagsrepresentanter Förutsättningar: Goda kontakter med systemleverantörer inom teknikfronten Metod: Initial screening av tekniker, förhandling med systemutvecklare och anpassning av tekniker Leverabler: Utformade och installerade digitala system för plockstöd
Arbetspaket 4: Test av teknikpotentialer
Deltagare: Patrik Fager (ansvarig), Chalmers Förutsättningar: Erfarenhet från tidigare experimentstudier och god tillgänglighet på deltagare via Chalmers och projektföretagen Metod: Experimentell design utifrån litteratur (Montgomery, 2013; Box et al., 2005), samt rekrytering av experimentdeltagare via Chalmers och projektföretagen Leverabler: Utvärdering av teknikers potential med avseende på prestation (M2)
Arbetspaket 5: Ansatser för fortsatt forskning
Deltagare: Robin Hanson (ansvarig), Chalmers, projektföretagen Förutsättningar: Ramverk för väletablerade tekniker (t.ex. pick-by-light, plocklista), samt kontakter inom akademien, nationellt som internationellt, inom ämnesområdet Metod: Formulering av hypoteser och ansatser för fortsatt forskning. Presentation av resultat i olika forum (se avsnitt "exploatering och nyttiggörande till industrin generellt") Leverabler: Ansatser för fortsatt forskning och hypoteser om testade tekniker (M3); demonstrator

5.1 Arbetspaket 1 – Projektledning och koordinering

Projektledaren, Lars Medbo, har fullgjort rollen som projektledare under projektets gång. Ansvaret för de fem arbetspaketen har fullgjorts enligt planen i tabell 1. Lennart Lundgren ledde arbetet med utformningen av testmiljön i arbetspaket 2, Mats Johansson översåg utformningen och installationen av de digitala plockstöden i arbetspaket 3, Patrik Fager planerade och genomförde testerna av teknikpotentialerna i arbetspaket 4, och Robin Hanson ledde arbetet med sammanställning av resultaten till ansatser för fortsatt forskning i arbetspaket 5.

5.2 Arbetspaket 2 – Utformning av testmiljö

Innehållet i arbetspaket 2 genomfördes som planerat. Leverabeln och milstolpe 1 – uppbyggd testmiljö för kit preparering av fordonskomponenter – uppnåddes som planerat.

5.3 Arbetspaket 3 – Utformning och installation av digitala plockstöd

Innehållet i arbetspaket 3 genomfördes som planerat, men krävde ytterligare en månad jämfört med tidsplanen i ansökan (se Figur 1). Den extra månaden tillkom för att optimera av mjukvaran som möjliggjorde systemintegration av mjukvaror från olika leverantörer. Leverabeln om utformade och installerade digitala system för plockstöd uppnåddes och teknikerna fungerade som önskat.

5.4 Arbetspaket 4 – Test av teknikpotentialer

Innehållet i arbetspaket 4 genomfördes som planerat, men andra testrundor senarelades med en månad till följd av förlängningen av arbetspaket 3. Milstolpe 2 uppnåddes enligt plan och leverabeln för arbetspaketet - utvärdering av teknikers potential med avseende på prestation – kunde fullföljas.

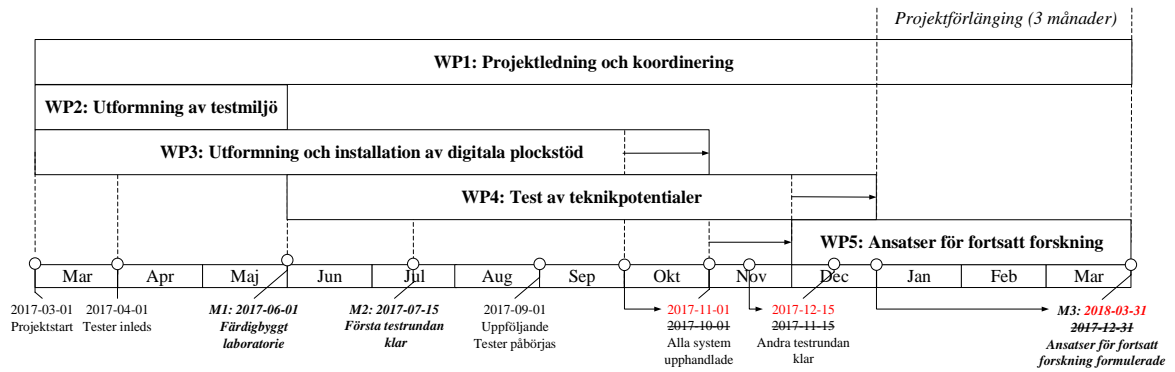
5.5 Arbetspaket 5 – Ansatser för fortsatt forskning

Innehållet i arbetspaket 5 genomfördes som planerat men fick förlängas med två månader jämfört med planen i ansökan för att kunna erhålla ytterligare synpunkter från industrin kring teknikernas

potential. Detta och förskjutningen av tidsplanen i och med förlängning av arbetspaket 3 med en månad gjorde att arbetspaket 5 först kunde avslutas i mars 2018 (se Figur 5.1). Milstolpe 3 – ansatser för fortsatt forskning och hypoteser om testade tekniker – samt leverabeln demonstrator var uppnådda när arbetspaket 5 avslutades.

5.6 Tidsplan

Projektet planerades i projektansökan för 10 månader, från 2017.02.01 till 2017.12.31, men förlängdes med tre månader till nytt slutdatum 2018.03.31 (se avsnitt 5.1 till 5.5 för förklaring till förlängningen). Figur 5.1 visar arbetsgången i projektet.



Figur 5.1. Projektets arbetsgång. WP betyder Arbetspaket. Milstolpar indikeras med "M" i fet stil. Datum i röd färg indikerar nya slutdatum jämfört med den i ansökan angivna tidsplanen.

6 Resultat och måluppfyllelse

Konceptstudien har förhållit sig till FFI-programmet Hållbar Produktions färdplansmål genom att studera digitala teknikers potential, med avseende på effektivitet, kvalitet, flexibilitet och ergonomi, i materialhanteringsaktiviteter kopplade till kit preparering och sekvensläggning. I förhållande till de övergripande programmålen bidrar konceptstudien bidragit med kunskap som kan leda till en ökad resurseffektivitet i logistiksystemet och därigenom bidra till en minskad miljöpåverkan, vilket tillsammans stärker den globala konkurrenskraften för svensk industri, samtidigt som resultaten medför en potential att förbättra arbetsmiljön för de som utför materialhanteringen. Bättre kunskap om teknikernas lämplighet i olika kontext kan bidra till att minska antalet plockfel och på så sätt öka kvaliteten och därmed säkerheten för slutprodukten, samt bidra till minskad omarbetning och felsökning av färdiga produkter vilket höjer produktiviteten – två viktiga aspekter inom fordonsindustrin. I förhållande till delprogrammålen för programmet Hållbar Produktion, bedöms konceptstudien göra ett bidrag till programområde 1 genom sitt fokus på plockinformationssystem (vars nytta beror på hur väl systemet hanterar en rik variantflora), till programområde 2 genom att studera teknikfronten (TRL-klassificering mellan 1 till 4), samt bedöms ge direkta bidrag till programområden 4, 5 och 6. Nyhetsvärdet anses stort, baserat på tidigare erfarenheter inom FFI-projektet "Utformning av processer för effektiv materialkonfigurering" (Dnr. 2013-05626), där den digitala tekniken har skapat intresse i olika forum (t.ex. Intelligent Logistik, November 2016). Resultaten i form av svaren på forskningsfrågorna presenteras i avsnitten 6.1 till 6.4.

6.1 Svar på forskningsfråga 1

Forskningsfråga 1 beaktade prestationen av nya digitala tekniker i förhållande till etablerade tekniker som används i industrin idag. Den empiriska grunden för svaret härrör från en experimentstudie (Fager et al., 2016) där prestationen från tre etablerade plockinformationssystem i form av papperslista och avböckning med tusch-penna, pick-by-light med knapptryckningar, samt pick-by-voice med röstkvittenser, jämfördes med prestationen av ett mer nyligen framträdande digitalt plockinformationssystem i form av pick-by-vision med RFID-scanning. Det digitala systemet – pick-by-vision med RFID-scanning – utgjordes av en enhet smarta glasögon, i form av ett par Google glass, där plockinformationen presenteras monokulärt (för ett öga) utan att blockera synfältet. Kvittensstekniken som användes tillsammans med Google glass var ett RFID-läsande armband som plockaren bar på en armen, och som registrerade när handen var vid plockplatsen i hyllan eller vid placeringsplatsen på plockvagnen.

Studien beaktade i huvudsak två aspekter i utformningen av plockområdet: batch-storleken och plockdensiteten. Batch-storleken avsåg hur många plockorders som hanterades under samma runda och hade två nivåer: 1 kit eller 4 kit; plockdensiteten avsåg hur långt gångavståndet var mellan plocken (modellerades med hjälp av att använda olika hylltyper och olika förpackningstyper) och studerades också i två nivåer, hög (små lådor, tre hyllnivåer) och låg (stora lådor, två hyllnivåer). Resultaten visade den nya digitala systemet var jämförbart med pick-by-light i effektivitet (oavsett batch-storlek) och effektivare än både papperslista och pick-by-voice när 1 kit hanterades under plockrundan. Vid batchning av fyra kit visade sig papperslistan ha den högre effektivitet än både pick-by-vision och pick-by-light, till följd av att papperslistan inte kräver någon kvittens vid placeringen, men plockfelsnivåerna för papperslistan var väldigt höga också till följd av att systemet inte använde kvittenser. Vad gäller plockdensitet visade det nya digitala systemet vara mer fördelaktigt när densiteten är hög, vilket förklaras med det effektivare och grafiska informationsgränssnitt som denna typ av teknik möjliggör. Studien indikerade också att denna typen av ny digital teknik kan möjliggöra en högre grad av kvalitetssäkring i plockningen, då pick-by-vision med RFID-kvittens var det enda system i studien som inte medgav några plockfel.

Svaret på forskningsfråga 1 visar att nya digitala tekniker har potential att stödja effektiv materialhantering och indikationer att ny typ av teknik bättre kan stödja kvalitetsutfallet vid plockning. De likheter med avseende på effektivitet som det digitala systemet uppvisade i jämförelse med pick-by-light är i synnerhet intressanta, då investeringskostnaden för pick-by-light beror av antalet plockplatser (en lampa per plockplats). Ett digitalt system som pick-by-vision med

RFID-kvittens kräver endast en enhet per plockare, vilket ger en helt annan investeringskalkyl i de flesta plockscenarion.

6.2 Svar på forskningsfråga 2

Forskningsfråga 2 fokuserade på om en speciell form av plockinformationsöverföring som möjliggörs av nya digitala teknikframsteg – i form av augmenterad verklighet – kan användas för att stödja effektiv kit-preparering med ett högt kvalitetsutfall. Den empiriska basen för svaret utgjordes av en experimentstudie där en applikation baserad på augmenterad verklighet utvecklades i hårdvaran Microsoft HoloLens och sedan jämfördes med avseende på effektivitet och kvalitetsutfall med pappersplocklista för två olika batch-storlekar – 1 och 4 kit. Jämförelsen visade att augmenterad verklighet har en potential att öka effektiviteten vid batch-plockning jämfört med papperslistan, samt att augmenterad verklighet har en potential att stödja kvalitetsutfallet av kit-preparering.

6.3 Svar på forskningsfråga 3

Forskningsfråga 3 beaktade hur nya varianter av RFID-teknik påverkar effektiviteten och kvalitetsutfallet när den tillämpas som plockkvittens vid materialplockning. Den empiriska grunden för svaret till forskningsfråga 3 utgörs av en ytterligare experimentstudie där olika typer av kvittensmetoder kombinerades och studerades med avseende på effektivitet och kvalitetsutfall. Totalt studerades fyra olika tekniker för plock- och placeringskvittens – där RFID-kvittens var en av teknikerna – när de tillämpades för batch preparering av kit med fordonskomponenter i en tät plockmiljö. De andra tre teknikerna som studerades var knapptryckningar, röstkvittens, streckkodsscanning. Resultaten visade att användning av dubbla RFID-läsande armband – där plockaren bär ett armband på varje arm – möjliggör hög effektivitet och kvalitetssäkring jämfört med andra tekniker och att prestationsnivåerna liknar de som uppnår när knapptryckningar används.

En viktig aspekt vid batch-preparering av kit är själva placeringen i kit-lådorna, där en kvittens behöver göras varje gång en komponent placeras i ett kit. Både knapptryckningar och RFID-band möjliggör att två kvittenser görs samtidigt – vilket inte är möjligt med vare sig röstkvittenser eller streckkodsscanning – vilket är en central aspekt av förklaring till den signifikant högre effektivitet som uppvisades av både knapptryckning och RFID-banden. Liksom för ett pick-by-light system så kräver knapptryckningar att det finns en knapp-enhet kopplad till varje plockplats, vilket blir problematiskt i miljöer med många plockplatser. De RFID-läsande armbanden kräver endast att en RFID-etikett finns fastklistrad någonstans i närheten av plock eller placeringsplatsen och innebär således ett enklare upplägg än knapptryckningar, som ändå levererar likvärdig prestation. Dessutom visade studien att kombinationer mellan knapptryckningar och RFID-armband också är associerade med en högre effektivitet, vilket möjliggör praktiska kombinationer där t.ex. RFID-scanning används för att kvittera plock från de många platserna på hyllorna, och där knapptryckningar kan användas för att kvittera de betydligt färre placeringsplatserna på vagnen.

Sammantaget visar svaret på forskningsfråga 3 att nya digitala tekniker för kvittensmetoder uppvisar liknande prestationspotential som de bästa nuvarande lösningarna, men att dess prestationsnivåer kan nås med enklare upplägg av plockprocessen när de nya digitala teknikerna tillämpas.

6.4 Svar på forskningsfråga 4

Forskningsfråga 4 inriktade sig på vad framtida forskning bör fokusera på när det gäller att bedöma nya teknikers potential att stödja materialhantering inom produktion. Svaret på fråga 4 framgår i avsnitt 8 av rapporten, i samband med att slutsatserna och ansatserna för fortsatt forskning presenteras.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Konceptstudien har genomförts i tätt samarbete med projektföretagen och resultaten har presenterats i olika sammanhang för både akademiker och praktiker. Testmiljön som byggdes upp för att genomföra studierna som ligger till grund för projektresultaten har mellan studierna och efter studiernas fullbordande använts som en demonstrator där flertalet företag har kunnat prova de olika teknikerna som finns installerade. Vid de olika prövningstillfällena har resultaten från de empiriska studierna presenterats och på så sätt disseminerats effektivt, samtidigt som input på resultaten har kunnat tillgodoseas konceptstudien. Exempel på de konferenser och workshops, som varit inriktade både mot industrianvändare och mot akademiker, där projektresultaten har disseminerats framgår nedan:

- Logistik och Transportmässan 2018, Titel: "Riktlinjer för utformning av plocking", presenterat av Patrik Fager, 8 November, 2017.
- Workshop med Monteringsforum, Titel: "Plockstödsworkshop", 11 Januari, 2018.
- Workshop med Xylem, Titel: "Plockworkshop i testmiljön", 1 Mars, 2018.
- Workshop med Volvo Personvagnar, Titel: "Plockworkshop i testmiljön", 8 April, 2018.
- EurOMA 2018, Titel: "The role of picking confirmations for efficient batch-preparation of component kits", Kommer att presenteras i Budapest, Ungern, 24-26 Juni 2018.

Målet vad gäller disseminering av konceptstudiens utfall bortom studiens livslängd (2018.03.31) summeras i Tabell 7.1.

Tabell 7.1: Mål för disseminering bortom konceptstudiens livslängd

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Presentationer vid vetenskapliga konferenser, publikationer i vetenskapliga journaler, och underlag till avhandlingsprojekt
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Resultaten från konceptstudien kommer att användas som ansatser för fortsatt forskning
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Vissa av de i studierna beaktade systemen (t.ex. systemet för augmented verklighet kopplad till forskningsfråga 2) bearbetas vidare för att utvecklas till färdig produkt.
Introduceras på marknaden	X	Handboken med designriktlinjer som utvecklats är fritt tillgänglig för industrin. Demonstrator av plockinformationssystem som används av industrin. Resultaten ingår i kurser på masters-nivå och i professionella utbildningar, samt presenteras vid branschkonferenser etc.
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut	X	Projektets resultat har potential att användas i ramverk och protokoll för utvärdering av plockinformationssystem tillämpade för materialhanteringsaktiviteter.

7.2 Publikationer

Projektet har resulterat i ett antal publikationer, i form av artiklar i vetenskapliga journaler, konferensartiklar, och en handbok som är fritt tillgänglig för industrin. Publikationerna presenteras nedan i alfabetisk ordning:

Fager, P., Hanson, R., Medbo, L. and Johanson, M. I. (2018). "The impact of confirmation methods on order batching efficiency in kit preparation for mixed-model assembly", *To be presented at the 25th EurOMA conference*, Budapest, Hungary.

Fager, P. (2018). "Picking and placing in mixed-model assembly: the impact of confirmation methods in batch preparation of component kits". *Work in progress paper to be submitted to the International Journal of Production Research in June 2018*.

Fager, P., Hanson, R., Medbo, L. and Johanson, M. I. (2018). "Kit preparation for mixed-model assembly – efficiency impact of the picking information system", Under review in the scientific journal *Computers and Industrial Engineering*, Submitted on March 11, 2018.

Fager P. "*Design of Materials Preparation Processes*", Handbok med riktlinjer för utformning av materialprepareringsprocesser, publiceras i Juni, 2018.

Hanson, R., Falkenström, W. and Miettinen, M. (2017), "Augmented reality as a means of conveying picking information in kit preparation for mixed-model assembly", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 113, pp. 570-575.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Svaren på forskningsfrågor 1, 2 och 3 kopplade till vilken potential ny digital teknik har för att stödja dagens materialhanteringsprocesser, men då teknikutvecklingstakten fortfarande är hög och många nya tekniker och applikationer av dessa tekniker rimligen går att förvänta inom snar framtid, finns ett behov att sätta upp ramar för hur kommande tekniker kan bemötas av både forskning och industrin. Forskningsfråga 4 fokuserade på detta behov och besvaras utifrån en sammanställning av svaren på forskningsfrågor 1, 2 och 3 samt de lärdomar och perspektiv från framkommit under konceptstudien gång vid interaktioner dels forskare emellan, och dels mellan forskare och industri-expert. En viktig del av svaret till forskningsfråga 4 är också ett hänsynstagande till de tekniker som väntas komma, både som kommer kunna stödja manuell materialhantering – som varit ett fokus i denna konceptstudie – samt automatiska lösningar för materialhantering som möjliggörs av framsteg inom robotik.

Svaret på forskningsfråga 1 visade att nya digitala plockinformationssystem medger en prestationspotential för manuell kit-preparering av fordonskomponenter jämfört med etablerade system. De två aspekterna av kit-prepareringsmiljön som varierades – batch-storlek och plockdensitet – visade att potentialen för den nya digitala tekniken att stödja god prestation var olika beroende på vilken miljö som jämförelsen med de andra systemen gjordes i. Denna prestationsvariation för olika system beroende på miljö är viktig att förstå för att kunna göra rätt val av system att tillämpa. Åt andra hållet, kan det finnas möjligheter att välja hur miljön utformas för att optimera prestationen av den valda tekniken, varför kopplingen mellan utformningen av plockmiljön i förhållande till tekniken som används är ett område som i framtiden är viktigt att kartlägga för nya framträdande tekniker.

Svaret på forskningsfråga 2 visade att distribution av plockinformationen via augmented verklighet kan främja både kvalitet och effektivitet vid kit-preparering av fordonskomponenter. Vid utvecklingen av gränssnittet för det augmented informationssystemet fanns många olika upplägg att välja bland och upplägget som slutligen studerades valdes därför att tidigare forskning på lagerplockning hade indikerat detta upplägg som lämpligt. Men då andra upplägg är tänkbara, och eventuella förbättringar av upplägget som studerades kan vara möjliga, återstår frågan vilken utformning av gränssnittet som informationssystem som är baserade på CGI (Computer-Generated Imagery) som effektivast stödjer manuell materialplockning.

Svaret på forskningsfråga 3 visade att nya digitala tekniker kan tillämpas effektivt som kvittensmetod vid materialplockningsarbete, och att teknikerna med fördel kan kombineras med etablerade tekniker för prestationshöjande effekter. En följeffekt av digitaliseringen är att olika tekniker enklare kan kombineras med varandra, vilket utformningen av studien som ligger till grund för svaret till forskningsfråga 3 visar. Möjligheten att kombinera tekniker av olika slag, från olika leverantörer, är en aspekt av IoT (Internet-of-Things) som kan ha enorm betydelse för framtidens materialhanteringssystem och logistikflöden. Mjukvarorna och kommunikationssystemen som möjliggör teknikintegration börjar framträda i andra delar av försörjningskedjan, t.ex. inom transport (REF), och informationsdelning via molnbaserade lösningar blir allt vanligare i industrin.

Svaret på forskningsfråga 4 utgör en delmängd av diskussionerna runt svaren på forskningsfrågor 1 till 3 ovan, men innefattar också möjligheterna runt teknikintegration som kommer att öka i takt med teknikutvecklingen. Studier som adresserar implikationerna av den ökade teknikintegrationen för materialhanteringssystemet kommer att behövas. När dessutom automationslösningar för materialhantering baserade på robotar och automata stödtekniker blir allt vanligare i industrin, är kunskap om teknikintegration en allt mer relevant aspekt att få grepp om vad gäller materialhantering. Fortsatt forskning behövs för framtagandet av teoretiska modeller som förklarar nyttan som den snabba tekniska utveckling vad gäller digitalisering möjliggör, och som förklarar varför och hur dessa möjligheter kan tas tillvara för att stödja materialhantering inom produktion.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner



Tabell 9.1: De i konceptstudien deltagande parterna.

Organisation	Namn	E-mail
Scania CV	Lennart Lundgren	lennart_a.lundgren@scania.com
Volvo Car Corporation	Henrik Brynzér	henrik.brynzer@volvocars.com
AB Volvo	Lena Palm	lena.palm@volvo.com
Volvo Group Trucks Operations	Jonas Hansson	jonas.f.hansson@volvo.com
Schenker Logistics	Lina Åkesson	lina.akesson@dbschenker.com
VBG Group Truck Equipment	Camilla Warås	camilla.waras@vbgroup.com
IAC	Robert Boffey	robert.boffey@iacgroup.com
Chalmers Tekniska Högskola AB	Lars Medbo (project leader)	lars.medbo@chalmers.se
	Mats Johansson	mats.johansson@chalmers.se
	Robin Hanson	robin.hanson@chalmers.se
	Patrik Fager	fagerp@chalmers.se