

FAKTA (Flexible Automation of Kitting, Transport and Assembly)



Författare: Robin Hanson
Datum: 2023-05-31
Projekt inom Hållbar produktion

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	5
6 Resultat och måluppfyllelse	5
7 Spridning och publicering	6
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	6
7.2 Publikationer.....	7
8 Slutsatser och fortsatt forskning	8
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	8

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.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Inom industrin finns behov av kunskap som kan stödja effektiv design och styrning av automation i materialhanteringssystem. Med sådan kunskap skulle tillämpningen av automation i materialhanteringsprocesser kunna öka, vilket i sin tur skulle kunna förbättra flexibilitet, kostnadseffektivitet, tillförlitlighet, leveransledtid och ergonomi. FAKTA:s syfte har varit att stödja design och styrning av högpresterande automatiserade materialhanteringssystem med hög flexibilitet. Projektet har genomförts inom ramen för FFI:s delprogram "Hållbar produktion" och har på delprogramnivå främst bidragit till delmålet "resurseffektivitet i produktion för minskad miljöpåverkan och ökad konkurrenskraft". Projektet har inkluderat två akademiska parter samt nio företag. Ett stort antal forskningsstudier har genomförts inom ramen för projektet och totalt har fjorton vetenskapliga publikationer resulterat, varav en licentiatuppsats, fyra tidskriftsartiklar och nio konferensartiklar. Vidare har projektet genererat en sammanställning med designriktlinjer som ger konkret stöd till utformning av automatiserade materialhanteringssystem. Designriktlinjerna sammanställer mycket av projektets resultat och skapades med hjälp av en serie workshops där projektets samtliga parter deltog och kunde påverka både innehåll och utformning. Ambitionen bakom designriktlinjerna var att skapa en översikt över de automationslösningar som finns tillgängliga inom materialhanteringsområdet, samt att samtidigt ge en lättförståelig översikt över tillämpbarheten hos respektive lösning.

2 Executive summary in English

Automation holds a potential for improved performance in several areas, but still, the level of automation in materials handling processes is generally low. In particular, it is often challenging to automate processes where there are requirements for a high level of flexibility. At the same time, technological is progressing fast, which means that new possibilities arise. Within industry, there is need for knowledge that can support the effective design and control of automated materials handling systems.

The purpose of FAKTA is to support the design and control of high-performing automated material handling systems with a high level of flexibility. The project was further guided by four research questions: 1) What level and what type of automation are suitable to apply for in-plant transports, considering the context of the material handling system? 2) What level and what type of automation are suitable to apply for kitting and other picking operations, considering the context of the material handling system? 3) In an automated material handling system, how should interfaces be designed between processes of warehousing, kitting, transport and assembly? and 4) How should automated material handling systems be controlled?

Relating to the FFI programme, FAKTA contributes mainly to the objective of supporting resource efficient production with a high level of competitiveness, as defined within the sustainable production programme. The knowledge generated in the project contributes to the design and control of resource-efficient material handling systems, which in a balanced manner makes use of the potential of automation.

The project included two academic partners and nine companies. A large number of research studies were conducted within the project, which generated a total of fourteen scientific publications, including one licentiate thesis, four journal articles and nine conference articles. Furthermore, the project generated a compilation of design guidelines that provide concrete support for the design of automated material handling systems. The design guidelines compile much of the project's results and were created by use of a series of workshops where all project parties participated and were able to influence both content and design. The ambition behind the design guidelines was to create an overview of the automation solutions available in the field of material handling, and at the same time to provide an overview of the applicability of each solution.

Among other findings, the results generated in FAKTA highlighted the importance that the surrounding environment often has for how well a material handling system can perform. Consequently, it is of utmost importance to carry out a thorough analysis of the conditions before implementing a new material handling solution. Furthermore, it is important to note that there are a number of different performance areas that can be affected by a changed material handling solution and that it may be necessary to make trade-offs and to set priorities between different performance areas. Another insight gained in FAKTA was that many of the challenges that arise in the implementation and application of automation are not of a purely technical nature but are related to people and organisation. This is something that several of the parties in FAKTA would like to study further and have applied for further funding for.

3 Bakgrund

Automationsgraden i industriella materialhanteringsprocesser är generellt sett låg. Det finns visserligen exempel på automationstillämpningar från decennier tillbaka, men fortfarande genomförs materialhanteringsprocesser i mycket stor utsträckning antingen helt manuellt eller med användning av enkla hjälpmedel. Framför allt tycks det utmanande att automatisera processer där det föreligger behov av hög flexibilitet. Samtidigt sker en snabb teknisk utveckling inom många områden, vilket innebär att funktionalitet och flexibilitet i många avseenden ökar, samtidigt som investeringskostnader ofta sjunker. Inom industrin finns behov av kunskap som kan stödja effektiv design och styrning av automation i materialhanteringssystem. Med sådan kunskap tillgänglig skulle automationens inneboende förbättringspotential kunna realiseras inom svensk industri, vilket i sin tur skulle kunna förbättra flexibilitet, kostnadseffektivitet, tillförlitlighet, leveransledtid och ergonomi.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

I linje med bakgrunden ovan har FAKTA som syfte att stödja design och styrning av högpresterande automatiserade materialhanteringssystem med hög flexibilitet. Projektet innefattar fyra forskningsfrågor:

Forskningsfråga 1: Vilken nivå och vilken typ av automation är lämplig att tillämpa för interntransporter, med beaktande av materialhanteringssystemets kontext?

Forskningsfråga 2: Vilken nivå och vilken typ av automation är lämplig att tillämpa för kitting och andra plockprocesser, med beaktande av materialhanteringssystemets kontext?

Forskningsfråga 3: Hur bör gränssnitt utformas mellan processer för lagerhållning, kitting, transport och montering i ett automatiserat materialhanteringssystem?

Forskningsfråga 4: Hur bör automatiserade materialhanteringssystem styras?

5 Mål

Genom att besvara de fyra forskningsfrågorna och nå upp till projektets syfte, enligt formuleringarna ovan, var projektets övergripande mål att generera kunskap som kan bidra till ett ökat utnyttjande av automation i materialhantering och att därigenom stödja en förbättrad prestation inom områdena flexibilitet, kostnadseffektivitet, pålitlighet, leveransledtid och ergonomi. En viktig del i hur projektet uppnår detta är utvecklandet av riktlinjer för design av automatiserade materialhanteringssystem.

6 Resultat och måluppfyllelse

Baserat på sina forskningsstudier och sitt utvecklingsarbete i företagen har projektet genererat omfattande kunskap om tillämpning av automation i materialhanteringsprocesser. Genom denna kunskapsgenerering och tillhörande kunskapsspridning har projektet också nått sina mål.

Resultaten som har genererats i projektet har kommunicerats löpande bland projektets parter, och de har även sammanställts och kommunicerats vid konferenser och i skriftliga publikationer. Projektet har också genererat en sammanställning med designriktlinjer som ger konkret stöd till utformning av automatiserade materialhanteringssystem. Designriktlinjerna sammanställer mycket av projektets resultat och skapades med hjälp av en serie workshops där projektets samtliga parter deltog och kunde påverka både innehåll och utformning. Ambitionen bakom

designriktlinjerna var att skapa en översikt över de automationslösningar som finns tillgängliga inom materialhanteringsområdet, samt att samtidigt ge en lättförståelig översikt över tillämpbarheten hos respektive lösning.

FAKTA har i första hand bidragit till FFI:s övergripande program mål att stärka svensk konkurrenskraft. Projektet genomfördes inom ramen för delprogrammet "Hållbar produktion" och har på delprogramnivå främst bidragit till delmålet "resurseffektivitet i produktion för minskad miljöpåverkan och ökad konkurrenskraft". Den kunskap som har genererats i projektet bidrar till resurseffektivare materialhanteringssystem som på ett väl avvägt sätt använder sig av potentialen inom automationsteknologi. Som ett konkret exempel på hur projektet har bidragit till ökad hållbarhet och resurseffektivitet samt minskad miljöpåverkan kan Väderstads nya högautomatiserade plåtverkstad nämnas. Genom ett principiellt nytt sätt att tillverka och kitta komponenter, vilket bygger på en hög grad av automation och digitalisering, har Väderstad, utöver att nå påtagliga kostnadsbesparingar, kraftigt kunna minska sina behov av lagerhållning och, inte minst, mängden utskrotat, obsolet material. Utvecklingen av plåtverkstaden har följts under projektet och finns beskrivet i artikeln "Hybrid digital manufacturing: Capturing the value of digitalization", vilken publicerades i Journal of Operations Management.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultat spridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Ökning av kunskap inom området har varit ett centralt mål för projektet. Ambitionen har varit att öka kunskapen både inom projektparternas organisationer och i industrin generellt.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	En projektansökan har skickats in till FFI-utlysningen inom Cirkularitet, vilken stängde i mars 2023, med förhoppning om att kunna fortsätta på forsknings- och utvecklingsarbetet från FAKTA, nu med tydligare fokus mot cirkularitet och social hållbarhet.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

FAKTA har bidragit till ett stort antal publikationer. En licentiatuppsats har resulterat från projektet, liksom fyra publikationer i högt rankade vetenskapliga journaler samt nio konferenspublikationer. Nedan följer en lista över dessa publikationer:

- Fager, P., Rossi, S., Hanson, R., Medbo, L., Salunkhe, O., Johansson, M. I., & Fast-Berglund, Å. (2020). Gripper types and components in robotic bin picking. In *Advances in Production Management Systems. The Path to Digital Transformation and Innovation of Production Management Systems: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2020, Novi Sad, Serbia, August 30–September 3, 2020, Proceedings, Part I* (pp. 267-274). Springer International Publishing.
- Fager, P., Hanson, R., & Fasth-Berglund, Å. (2020). Dual Robot Kit preparation in batch preparation of component kits for mixed model assembly. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 10627-10632.
- Fager, P., Hanson, R., Fasth Berglund, Å., Ekered, S. (2021). Supervised and unsupervised learning in vision-guided robotic bin picking applications for mixed-model assembly. *Procedia CIRP*, 104: 1304-1309. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.219>.
- Fager, P., Sgarbossa, F., & Calzavara, M. (2021). Cost modelling of onboard cobot-supported item sorting in a picking system. *International Journal of Production Research*, 59(11), 3269-3284.
- Fasth Berglund, Å., Salunkhe, O., Åkerman, M. (2020). Low-cost Automation – changing the traditional view on automation strategies using collaborative applications. *IFAC-PapersOnLine*, 53: 10285-10290. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2762>
- Fasth Berglund, Å., Thorvald, P. (2021). Variations in cycle-time when using knowledge-based tasks for humans and robots. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 54(1): 152-157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.017>
- Jaghbeer, Y., Hanson, R., & Johansson, M. I. (2020). Automated order picking systems and the links between design and performance: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(15), 4489-4505.
- Salunkhe, O., Fager, P., & Fast-Berglund, Å. (2020). Framework for identifying gripper requirements for collaborative robot applications in manufacturing. In *Advances in Production Management Systems. The Path to Digital Transformation and Innovation of Production Management Systems: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2020, Novi Sad, Serbia, August 30–September 3, 2020, Proceedings, Part I* (pp. 655-662). Springer International Publishing.
- Stark, A., Ferm, K., Hanson, R., Johansson, M., Khajavi, S., Medbo, L., Öhman, M. & Holmström, J. (2022). Hybrid digital manufacturing: Capturing the value of digitalization. *Journal of Operations Management*.
- Thylén, N., Hanson, R. & Johansson, M. I. (2020). Requirements Affecting the Design of Automated Guided Vehicle Systems. *Plans forsknings- och tillämpningskonferens, Södertälje*.
- Thylén, N. (2022). *Supporting the Design of Automated Guided Vehicle Systems in Internal Logistics*. Licentiatuppsats, Chalmers Tekniska Högskola.
- Thylén, N., Wänström, C., & Hanson, R. (2023). Challenges in introducing automated guided vehicles in a production facility—interactions between human, technology, and organisation. *International Journal of Production Research*, 1-21.
- Zuin, S., Hanson, R., Battini, D., & Persona, A. (2020). Design of AGV systems in working environments shared with humans: a multi case study. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 10603-10608.
- Åkerman, M., Fager, P., Fasth Berglund, Å. (2020). How to design a smart factory? *CEUR Workshop Proceedings*, 2900.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

FAKTA genererade mycket kunskap, i linje med vad som har angivits ovan. Bland annat betonade projektets resultat vikten som den omgivande miljön ofta har för hur väl ett materialhanteringssystem kan prestera. Följaktligen är det av yttersta vikt att genomföra en noggrann analys av förutsättningarna innan en implementering av en ny materialhanteringslösning genomförs. Bland potentiellt utslagsgivande faktorer märks produktionsvolymerna och produktmix, samt eventuella övriga processer och materialflöden som kan ha en påverkan, exempelvis i form av korsande trafik i samband med transportprocesser. Vidare är det viktigt att uppmärksamma att det finns ett flertal olika prestationsområden som kan påverkas av en förändrad materialhanteringslösning och att det kan vara nödvändigt att göra avvägningar och prioriteringar mellan olika prestationsområden.

En av de insikter som nåddes i FAKTA var att många av de utmaningar som uppstår vid implementering och tillämpning av automation inte är av enbart teknisk karaktär utan är relaterade till människa och organisation. Baserat på detta finns det bland flera av parterna i FAKTA en vilja att fortsätta att arbeta med frågor relaterade till samverkan mellan automationsteknologi och människa och organisation. Därför skickades en ansökan med projekt titeln "Materialhantering 5.0" in till FFI-utlysningen inom Cirkularitet. Projekt namnet anspelar på konceptet "Industri 5.0", inom vilket automation och digitalisering kompletteras med en betoning på hållbarhet och ett tillvaratagande av människans kreativitet och färdigheter. Vi ser en stor potential för kunskapsutveckling inom det här området, och vi ser vidare att en ökad kunskap skulle kunna ge stora vinster i industrin.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Följande tabell visar vilka parter som deltog i projektet samt anger kontaktpersoner hos respektive part.

Projektpart	Kontaktperson	Kontaktuppgifter
Chalmers TME (Technology Management and Economics)	Robin Hanson	robin.hanson@chalmers.se
Chalmers IMS (Industrial and Materials Systems)	Omkar Salunkhe	omkar.salunkhe@chalmers.se
ABB AB	Pia Sandström	pia.sandstrom@se.abb.com
Cejn AB	Henrik Holmberg	henrik.holmberg@cejn.com
FlexLink AB	Anders Ek	anders.ek@flexlink.com
Scania CV AB	Lennart Lundgren	lennart_a.lundgren@scania.com
Schenker Logistics AB	Tobias Karlsson	tobias.karlsson@dbschenker.com
Schunk Intec AB	Daniel Lutzov	daniel.lutzov@se.schunk.com
Virtual Manufacturing Sweden AB	Eric Gustafsson	eric.gustafsson@virtual.se
Volvo Lastvagnar AB	Lena Palm	lena.palm@volvo.com
Väderstad AB	Andreas Stark	andreas.stark@vaderstad.com