



CHALMERS

Simulering av intertransporter vid kitting och montering i Chalmers SII-lab

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskiningenjör

Deniz Akin
Ferhat Ayaz

INSTITUTIONEN FÖR Industri- och materialvetenskap
Avdelning för Produktionssystem

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2020
www.chalmers.se

Simulering av internt transporter vid kitting och montering i Chalmers SII-lab

Deniz Akin

Ferhat Ayaz

© Deniz Akin, Ferhat Ayaz, Sverige 2020

Examensarbete 2020

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Avdelningen för Produktionssystem

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon +46 31 772 1000

Handledare: Patrik Fager, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Examinator: Åsa Fasth Berglund, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Förord

Vi vill tacka Åsa Fasth Berglund som har gett oss möjligheten och förtroendet att göra detta examensarbetet på SII-labbet. Vi vill även tacka Patrik Fager som har varit vår handledare under projektet.

Abstract

This thesis focuses on various methods for transportation within production environments. In Chalmers University there is a laboratory called the SII-lab, the main goal of SII-lab is to create a factory that produces flying drones. Here, kitting and assembly processes need to be supplied with materials. This thesis deals with the internal transports within SII-lab that help supply the kitting and assembly processes with materials. The purpose of this thesis is to study indoors transportation methods through an appliance of digital aid. Before the simulation could be done there needed to be some background studies. In this paper both kitting strategies and transportation methods were studied in order for the group to dive deeper into the concept of indoor transportation. With the new information that had been gathered the two students went onto simulate the project and results were achieved. The results are presented in the report about which transportation method would be the most optimal with the current layout and some improvement proposals were also brought up in the end. It is also thought that the simulation model will be passed down for further research about the subject.

Table of Contents

1. Introduktion.....	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Precisering av frågeställningen	3
2. Teoretisk referensram.....	4
2.1 Bakgrundsundersökning.....	4
2.1.1 Kitting.....	4
2.1.2 Paper pick-list	4
2.1.3 Pick-by-Light.....	4
2.1.4 Pick-by-Voice.....	4
2.1.5 Pick-by-Vision	5
2.2 Produktion	5
2.3 Transport.....	5
2.3.1 Conveyor supported	5
2.3.2 Automated guided vehicle (AGV).....	6
2.4 Simulering.....	6
3. Metod	8
3.1 Nulägesanalys	8
3.1.1 Den blå ruten - Transport av material till kitting yta	8
3.1.2 Den gröna ruten - Transport av färdiga produkter till entré.....	9
3.1.3 Den röda ruten - Transport av kitt till montering	9
3.2 Partier för leverans av materiallådor till kitting station.....	9
3.3 Montering.....	10
3.4 Transport.....	11
3.4.1 Transportband.....	11
3.4.2 AGV	11
3.5 CAD.....	12
3.6 Simulering.....	12
4. Resultat	14
Försök 1	14
Försök 2.....	14
Försök 3.....	15
Försök 4.....	15
Försök 5.....	15
Försök 6.....	15

Försök 7	16
Försök 8	16
Försök 9	16
5. Diskussion.....	20
Sammanfattning om kitting.....	20
När krävs fler AGVer.....	20
Transport med AGV på den gula rutten.....	21
Transport med AGV på den röda rutten.....	21
Transportband mellan kitting yta och montering.....	21
Laddning för AGV.....	21
Riskzoner	22
Robot Supported (kollaborativ applikation).....	22
6. Slutsatser.....	24
AGV	24
Risk för kollisioner	24
Transportband.....	24
Referenser	25
Bilagor	27

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Det område där maskiner och robotar nyttjas mest i dagsläget är inom produktionsindustrin. Dessa maskiner kan idag göra en mängd olika arbeten, men det finns även områden där de inte utnyttjas lika mycket som till exempel internt transport. Ett stort område som robotar används till är transport, dock oftast i form av transportband. AGV (Automated guided vehicle) system är en av de mest växande marknaderna när det gäller intern transport av material inom produktionsindustrin. (De Ryck, Versteijhe & Debrouwere, 2019)

Kitting är ett steg i produktionsprocessen där olika komponenter plockas fram, sorteras och sedan skickas vidare i mindre kvantiteter för att underlätta nästa steg i processen (Andersson, M., Hovbjer, S., 2019). Det är enklare att arbeta med små kvantiteter av material, jämfört med stora kvantiteter, som i slutändan leder till slöseri av tid, plats och energi. Kitting kan ske på den egna arbetsplatsen eller så görs den tidigare av den egna organisationen innan leverans. De färdiga kätten ska föras vidare till montering och stationen ska förses med material för att kunna producera kätten. Detta ska göras på en mängd olika vis, på kortare sträckor kan transportband utnyttjas, det kan behövas truckar som kan lyfta pallar med tungt material och för mindre och lättare material kan en AGV vara den bästa lösningen. För att enkelt kunna se hur transporter av material kan påverkas av olika faktorer utan att göra stora omställningar i produktionen utnyttjas digitala simulations modeller. I simuleringsmodeller kan förändringar göras omedelbart och ger på så vis ett underlag för beslutsfattningar kring förändringar.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka och analysera automation av transporter av material och komponenter mellan en kitting och monteringsavdelning. Denna studie sker på uppdrag av Chalmers Stena Industry Innovation Laboratory. SII-labbet ska designa och undersöka produktion av drönare. Det är ett önskemål att denna studie använder den materialdata som krävs för produktionen av dessa drönare. Målet är att undersöka huruvida transport av material kan ske mellan kitting stationen och monteringslinan som finns inne på SII-labbet med hjälp av en digital simulering.

Transporten ska huvudsakligen genomföras av AGV. Det är främst flödet och hur transporten kommer att se ut som studeras. Förhoppningen är att en simulations modell ska kunna ge underlag för viktiga beslut ska behöver tas, bland annat hur många AGVer som krävs för transporten och vad den lägsta taktiden är innan det krävs fler AGVer för att kunna upprätthålla flödet.

1.3 Avgränsningar

I arbetet så kommer inte någon sorts underhåll att antagas. Detta då det inte går att tillförlitligt förutspå huruvida ett problem skulle kunna uppstå digitalt eller hur mycket tid detta skulle ta upp.

Faktorer för komponenter och material som ska kittas, såsom storlek och vikt, och vad dessa skulle ha för betydelse för arbetet, behandlas inte heller. Dessa faktorer är i nuläget inte möjliga att undersöka då en digital modell inte tillförlitligt kan simulera påverkan de skulle kunna komma att ha med hänsyn till det simuleringsprogram som ska användas. Hur det material som transporteras lastas på och av AGVn behandlas inte heller av samma anledning. Den AGV som ska användas är redan CE-märkt så ingen vikt läggs på att behandla denna del av säkerheten. Inga processer utöver transporten undersöks. Endast taktiden för produktionen och de individuella cykeltiderna kommer att vara en faktor för undersökningen.

1.4 Precisering av frågeställningen

- Vid vilken takt tid krävs mer än en AGV för att hinna med transport av allt material?
- När flera AGV:er används, finns det några zoner där det finns risk för kollision?
- Ska de kompletta kätten transporteras till det nuvarande transportband som binder samman alla monteringsstationer, ska de transporteras direkt till varje monteringsstation eller ska ett transportband föra kätten direkt från kitting till montering?

2. Teoretisk referensram

2.1 Bakgrundsundersökning

En bakgrundsundersökning skall göras. Det finns flera organisationer som idag utnyttjar manuella kitting stationer med endast operatörer, vilket leder till icke effektiva arbetsstandarder. Det blir då viktigt att undersöka de olika metoderna som används runt världen för att kunna göra en bedömning om vad som fungerar bäst.

2.1.1 Kitting

Enligt Bozer och McGinnis (1992) är kitting att leverera komponenter och annat material till värdeadderande processer i förutbestämda mängder, placerade tillsammans i specifika "materiallådor". Att plocka, sortera sedan skicka vidare material och komponenter på detta vis har blivit en viktig del inom produktionsmiljön. Det finns ett antal olika metoder som detta kan utföras på. Några av dessa strategier är bland annat Paper pick-list, Pick-by-Light, Pick-by-Voice och Pick-by-Vision. Det är viktigt att kunna alla dessa strategier och dess fördelar samt nackdelar för att kunna applicera dom i ett projekt. Om man skall införa en hållbar modell på stora mängder av kit är det viktigt att företaget har bra företagsekonomi samt att organisationen är aktiv och alltid arbetar framåt (Carlsson, O., Hensvold, B. 2008). Materiallådorna vid kitting stationen antas vara ett tvåbingesystem.

2.1.2 Paper pick-list

En gammal metod för att plocka material. Metoden går ut på en plockare har en papperslista där alla komponenter, kvantitet samt vart komponenterna är belägna (Fager, Hanson, Medbo & Johansson, 2019). Plockmoment som gjorts stryks av på listan. Dock så är detta systemet lite slarvigt och det händer ofta att man kan glömma en komponent men det betyder inte att den är dålig då den är snabbast om man jämför med dom andra systemen.

2.1.3 Pick-by-Light

Plockning av material sker genom att följa små lampor som lyser upp för att indikera nästa steg av arbetet som ska göras (Fager et. al., 2019). En röd lampa kan lyser upp med kvantiteten vid sidan om och efter plockmomentet ska den röda knappen tryckas in för att kvittera att plockningen har skett.

2.1.4 Pick-by-Voice

Att plocka med hörlurar samt mikrofon är definitivt det mest exakta systemet då det börjar med att en operatör får information genom hörlurarna om vart personen skall gå i fabriken. Därefter får operatören information om vad som skall plockas och hur mycket. Efter plockningen så bekräftar operatören med mikrofonen att plockningen har skett (Fager et. al., 2019).

2.1.5 Pick-by-Vision

Det är viktigt att fokuserar på precision, att använda ett augmented reality system i form av glasögon kan ge bättre resultat för operatörer information fås visuellt och på så vis undviker operatörerna att bli störda av omgivningen (Schwerdtfeger, B., Reif, R., Günthner, W.A., Klinker, G., 2011). Glasögonen fungerar på detta sättet där plocknings operatören ser vilket hyllplan materialet som ska plockas ligger och därefter skannas koden på hyllan för att se vad som skall plockas. Det smarta systemet kan neka plockningen om operatören befinner sig vid fel plats.

2.2 Produktion

Produktion är hela processen en produkt skapas genom bearbetning av råmaterial och komponenter. Detta stycke behandlar endast montering, en bearbetningsprocess som är värdeadderande genom monteringsmoment, alltså hopsättningen av komponenter. Montering är den del av produktionsprocessen där material matas in och efter ett visst antal arbetsprocesser så kommer det ut en ny, bearbetat slutprodukt. Dessa stationer arbetar alltså successivt och för vidare produkten till nästa arbetsstation (Nilsson, J., Hodzic, S. 2009). För att enklare förstå och kunna analysera detta steg i produktionen så används begrepp som taktid och cykeltid. Taktid baseras på efterfrågan av en produkt och definieras som den takt som krävs av produktionen för att hinna med efterfrågan (Liker, 2004). För att undvika slöseri så ska alla processers cykeltider anpassas efter taktiden. Cykeltid är den tid det tar en produkt att gå igenom en specifik process, från början till slut. Så för produktion så har alla processer separata cykeltider men en gemensam taktid (Liker, 2004).

2.3 Transport

Transporten av en produkt från en punkt till en annan punkt kan verka enkelt teoretiskt, dock är det inte så simpelt när det kommer till praktiken. Men ett effektiviserat transportsystem det uppstå väntetider och det kan även leda till onödiga stopp. Där det möjligt så ska de distanser, över vilka material ska transporteras, att förkortas så mycket som möjligt. (Brynzér och Johansson, 1995)

2.3.1 Conveyor supported

Innan transportband (conveyor) så användes mänsklig arbetskraft för att transportera material och komponenter. Transportbandet används nästan överallt ute i industrin, den uppkommer även i våra dagliga liv till exempel i matbutiker eller restauranger. Man använder transportband väldigt mycket när det gäller lean production. Lean production är ett system där produktionen av produkter går på efterfrågan (Liker, 2004). Det är även väldigt bra då allt med lean sker på en bana och ifall störningar skulle ske kan man enkelt svara snabbt (Dahl, J., Thuresson, E., 2011). Genom detta går det att konstatera att transportbandet är standardiserad och det mest optimala i dagsläget när det gäller lean produktion.

2.3.2 Automated guided vehicle (AGV)

AGV är en utav de teknologier som finns tillgängliga när det gäller transport inom fabriker. Dessa mobila robotar är både portabla och kan centraliserat programmeras för att enkelt anpassas till de logistiska förhållanden som existerar. Klassiskt så har AGVer förflyttas längst förutbestämda banor (Nayyar, Khator, 1993). Detta kan emellertid leda till problem om det finns fler än en AGV som kör på samma bana eller om de möts i en korsning. Däremot så minskar arbetstiden för varje moment när flera AGVer används (Kesen, Baykoc, 2007). Det är mer flexibelt med en AGV flotta som inte tar upp mycket med plats än med transportband. Det är även möjligt att bestämma ordningen AGV flottan ska arbeta i, till exempel först till kvarn eller minst avstånd till arbete (Nayyar, Khator, 1993). Dock så är nackdelen att stopp kan uppstå om något faller på fordonets bana vilket gör det viktigt att tydligt markera vart en AGV kör så att säkerheten inte kompromissas.

2.4 Simulering

Dagens produktionsindustri utvecklas allt mer med uppkomsten av Industri 4.0. För att kunna förbli konkurrenskraftiga krävs ständigt nya produkter, vilket kan leda till att organisationens produktionssystem kan behöva designas på nytt. Dessa förändringar är väldigt dyra vilket ger behov att kunna planera och testa förändringar i layout och produktionsplanering digitalt (Arndt, 2006). Simulering har även används flitigt för optimering av produktion och logistik. Det är då viktigt att förutsättningar replikeras exakt för ett existerande system följt av verifiering och validering av simuleringsmodellen (Uhlemann, Lehmann, Steinhilper, 2017).

Arndt påstår även att möjligheten att kunna simulera hela eller delar av produktionsflödet signifikant reducerar produktionskostnader och på så sätt revolutionerar planering inom produktion.

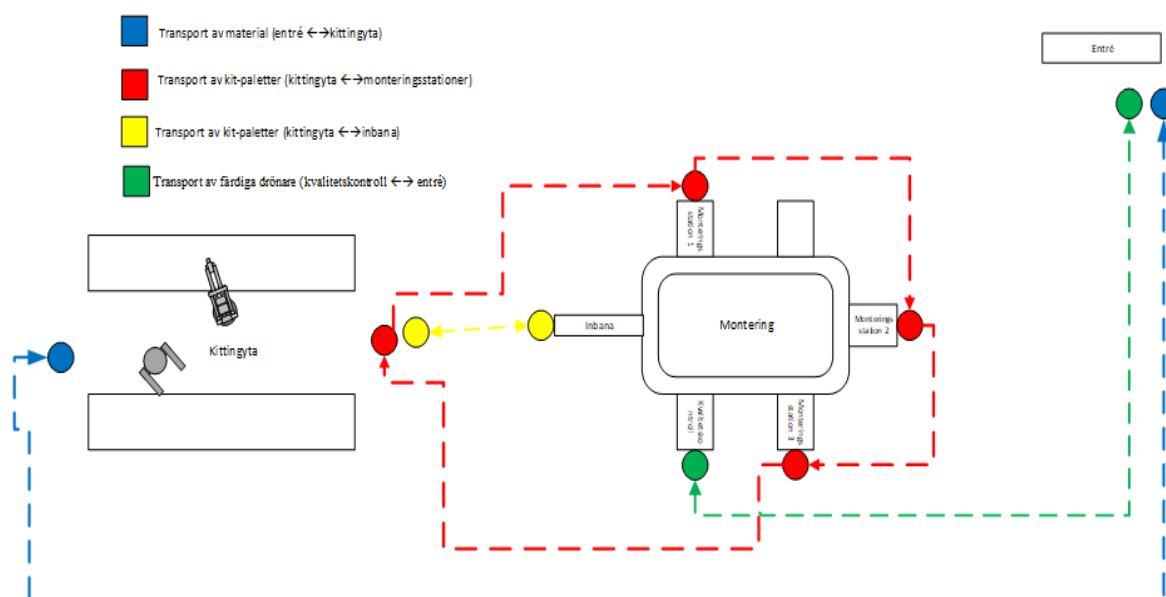
3. Metod

3.1 Nulägesanalys

Inne på labbet är en del av ytan avsedd för en kitting station och bredvid den ligger monteringslinan. Entrén är avsedd för både in- och utleverans.

Figuren nedan visar en skiss av SII-labbet och de olika rutter som ska simuleras. Mätningar gjorda, fysiskt, i SII-labbet och digitalt genom den virtuella rundturen av SII-lab, gav approximativa dimensioner för de sträckor över vilka material och produkter ska

Konceptbeskrivning – Interntransporter i SII-lab



Figur 1 Skiss layout av SII-labbet med rutter som ska simuleras

transporteras. Inga klara rutter har ännu fastställts inne på labbet så dimensioner för de diverse sträckorna stämmer överens med de nuvarande förhållandena, fast de kan komma att förändras efter behov. Blir det möjligt att effektivisera transportereringen genom en förändring av rutterna, utan påverkan på andra processer, så kommer detta att göras.

3.1.1 Den blå ruten - Transport av material till kitting yta

Den blå streckade ruten är vägen som ska tas när kitting stationen ska försörjas med material som ska sedan vidare ska kittas. En AGV ska hämta material från entrén till labbet och sedan transportera det till den sida av kitting stationen som inte är riktad mot monterings delen av labbet. Den totala sträckan är approximativt 42 meter lång, där den vertikala sträckan, i figuren, från entrén ner till labbet uppmättes till 13 meter, den horisontella delen var 26 meter och den minsta vertikala streckade linjen fram till kitting ytan var cirka tre meter.

3.1.2 Den gröna rutten - Transport av färdiga produkter till entré

Den grön streckade linjen är vägen som ska tas när en färdig produkt ska transporteras från kvalitetskontrollstationen, som är fäst till monteringslinan, till entrén för utleverans. Den horisontella delen mättes till 11 meter och den vertikala delen var ungefär 13,5 meter. Den gula linjen är sträckan mellan kitting ytan och inmatning av färdigpreparerade kitt till montering. Sträckan var approximativt två meter.

3.1.3 Den röda rutten - Transport av kitt till montering

Sist är det den röd streckade linjen som visar en annan metod till att leverera preparerade kitt till monteringsstationerna. Istället för ett transportband som ska matas med färdiga kitt så ska kätten levereras direkt till monteringsstationerna med hjälp av en AGV. Avstånden för detta blir på så sett mer teoretiska än de tidigare sträckorna och vissa antaganden får göras.

Avstånden, med ett transportband som levererar kätten till monteringsstationer, blev bredden uppmätt till 11 meter för monteringslinan. Längden uppmättes till fem meter. Med alla dimensioner som grund så kan en simulations modell att byggas med en liknande layout till SII-labbet.

3.2 Partier för leverans av materiallådor till kitting station

Tider för leverans av material som behövs av kittingstationen tas fram genom att dividera förbrukning av material med totala antalet komponenter i en materiallåda. Den siffran som framkommer multipliceras sedan med cykeltiden för kittingstationen. Det är sammanlagt 14 olika komponenter som ska levereras till kitting, från entrén. Dessa komponenter ska komma i lådor, i olika kvantiteter och även förbrukningen av dem är olika. Detta leder till att materiallådorna kommer att levereras ut i parti. Alltså kommer de materiallådor var förbrukning är lika att grupperas och plockas samman i väntan på leverans. Transporteringen som följer denna gruppering påverkas på så sätt att det minskar den tid som transportmediet får vänta på att allt är redo för transport (Brynzér och Johansson, 1995). Den materialdata som krävs för produktionen av de drönare vars produktion undersöks kan ses i tabell 1 nedan.

Tabell 1 Materiallista för kitting

Komponent	Hyllplats	Kvantitet per drönare	Kvantitet i full materiallåda	Antal kitt per materiallåda
Drone frame	A01	1	20	20
Drone leg	A02	4	50	12,5
Battery holder	A03	1	30	30

Motor distance	A04	4	100	25
Motor Z2207	A05	4	100	25
Control box Pixhawk	A07	1	50	50
Distance controller	A08	1	50	50
Pixhawk holder	A09	1	50	50
Battery	A10	1	30	30
Battery clamp	A11	1	100	100
Antenna	A12	1	50	50
Propeller CCW	A13	2	100	50
Propeller CW	A14	2	100	50
Top cover	A15	1	30	30

De exakta tiderna som material ska levereras beräknas genom att multiplicera antal kitt som kan prepareras per materiallåda med kitting stationens cykeltid. Den cykeltid som är sedan tidigare angiven är 250 sekunder per preparerat kitt. Många av dessa material kommer att förbrukas i samma takt. Vid en sådan situation kommer flera av dessa materiallådor att plockas fram från ett lager för att transporteras på samma gång, eftersom det förhållande som ska vill uppnås är ett dragande system, där det är förbrukningen som styr leveranser (Liker, 2004).

3.3 Montering

Monteringslinan består av tre monteringsstationer samt en station för kvalitetskontroll. Varje monteringsstation har en cykeltid på 300 sekunder, totalt blir det 900 sekunder för hela monteringslinan.

Monteringslinan som existerar på Chalmers SII-labb har en väldigt unik uppbyggnad där monteringsstationerna är vinkelräta mot huvud transportbandet som roterar de preparerade kiten mellan de olika stationerna. Tanken är att de preparerade kiten ska matas in på

monteringslinan, transporteras fram till en monteringsstation och sedan med hjälp av hiss flyttas fram till en operatör som ska utföra monteringsmomenten. När den gula ruten byggs upp i simulationsmodellen så kommer den inte att kunna kopplas till någon sorts monteringslina. Det saknas data och resurser vilket gör att en tillförlitlig modell kan konstrueras. Istället så kommer det finnas en resurs vars uppgift blir att samla alla de kitt som levereras. Det kommer också att skapas en ny produkt vid kvalitetskontrollstationen med den kumulativa cykeltiden för alla tre monteringsstationer som bas. På detta vis så kan hela monteringsmomentet bli en del av simulationen utan att monteringslinan är en del av simulationsmodellen.

När den röda ruten konstrueras så kan däremot monteringsstationerna att kunna vara en del av beräkningarna. Monteringsstationerna kommer för denna modell att separeras från huvudtransportbandet som länkar samman dem. Det kommer snarare att vara AGV-systemet som transporterar material mellan varje station.

3.4 Transport

I detta projekt är det tänkt att transporten av material i SII-labbet ska simuleras och effektiviseras så att allt går så smidigt och snabbt som möjligt, för att undvika onödiga förluster. För att samtidigt kunna analysera flödet av produkter och upptäcka om det uppstår fel eller förseningar så kommer modellen att simulera ett enstycksflöde (Liker, 2003). Detta kan uppnås genom att använda sig av transportband eller en AGV-flotta. Det är även tänkt att man skall jämföra de olika metoderna i form av olika distanser för att se vart energiskillnaderna uppstår. I detta kapitlet är det tänkt att man framför allt lägger fokus på de olika metoderna och sedan väljer det mest optimala transportalternativet beroende på resultaten.

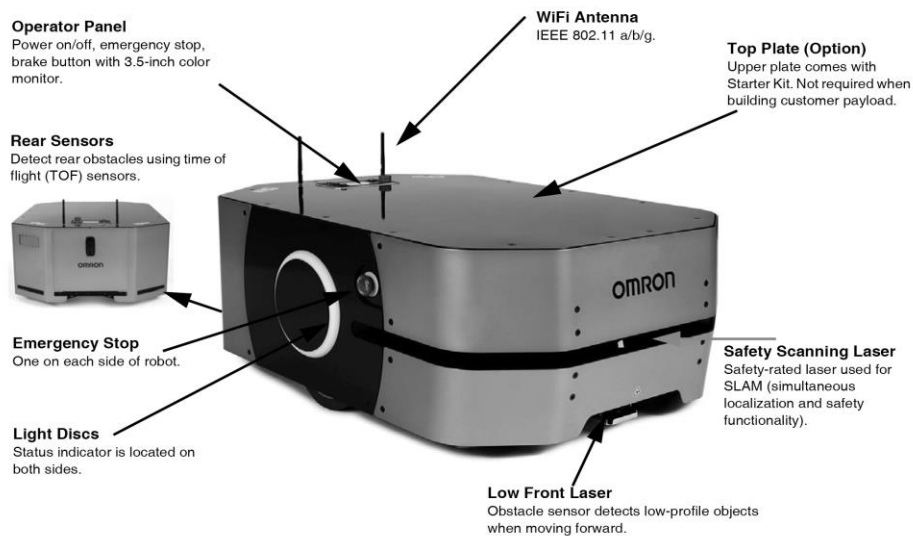
3.4.1 Transportband

Det är tänkt att användningsområdet för transportbandet i projektet skall vara från start till slut där roboten har en kittinglåda som går längs med plockoperatören och roboten plockar i takt med operatören för att sedan placera komponenterna i kittinglådan. Därefter är det tänkt att man kopplar ett transportband mellan kittingstationen och monteringsstationerna, detta leder då till att man får ett gott flöde i produktionen och operatörer inte behöver röra på sig för att transportera materialet. Detta görs tills materialet är redo för att transporteras ut ur fabriken. (May Conveyor, 2016)

3.4.2 AGV

Den AGV som ska användas på SII-labbet är en produkt av OMRON Corporation, LD-250, se Figur 1. Den finns dock inte med i modellbiblioteket i Visual Components Premium v. 4.1 så den kommer att representeras av AGVn MIR100 från Mobile Industrial Robots i simuleringsmodellen. MIR100 var den AGV vars dimensioner som mest efterliknar LD-250 av det som tillgängligt i modellbiblioteket. Specifikationerna för LD-250 OEM kommer att användas så mycket som möjligt så att så lite som möjligt skiljer sig mellan den digitala

modellen och verklighet. Det som påverkar simulations mest är hastigheten som AGVn kommer att arbeta med. LD-250 OEM kan uppnå en maxhastighet på 1200 mm per sekund men den rekommenderade hastigheten är 600 mm per sekund, för att maximera precision



Figur 2 OMRON AGV

(OMRON Corporation, 2020). Batteritiden för denna serie av robotar varar i cirka 13 timmar, beroende på belastningen som den arbetar med. Simulationer som ska göras kommer endast att vara virtuellt i åtta timmar, vilket gör att ingen laddning kommer att behövas under arbetstid.

3.5 CAD

För att en övergriplig och exakt simulering ska kunna genomföras är det viktigt att alla verktyg och arbetsmaterial finns replikerade i form av design filer, mer specifikt CAD. För de verktyg och material vars ritningar redan finns färdiga, från en pålitlig källa, importerar dessa. För allt annat som kan komma att behövas i en simulation av arbetet men som inte finns tillgängligt, designas en digital modell. Dessa digitala modeller kommer att designas i programmet CATIVA V5 med hjälp av mått alternativt ritningar på de arbetsmaterial som allokerats för denna studie.

3.6 Simulering

Ett system definieras på detta sättet där en mängd personer eller objekt har samlats ihop för att samverka mot ett mål. (Magnusson, 2009). Detta innebär då att simuleringen är den viktigaste fasen för detta arbete just för att man undersöker hur robotar transporterar material från start till slut. Simuleringen är den viktigaste fasen för detta arbete. En simulations modell kommer att leda till enkla justeringar samt tester kan genomföras då en fungerande digital layout genereras. Modellen kommer att konstrueras i programmet Visual Components Premium 4.1. Layouten som ska simuleras är baserad på Chalmers SII-labb. Den fullständiga simulations modellen ska ge en bild över

transporteringen av material och flödet av produkter. Material ska transporteras från inleverans till kitting stationen, färdiga kitt ska transporteras vidare till monteringslinan och slutligen ska de färdiga produkterna transporteras från montering till utleveransområdet. Det kommer att göras sex olika försök för den version av simulations modellen som representerade den gröna, blå och gula rutterna. I fem av dessa test ska endast en AGV utföra all transport och i det resterande försöket ska det finnas ett transportband som utför transporten av kitt till montering. Därefter ska ytterligare tre försök, med liknande förhållanden för den version av simulations modellen som representerade den grön, blå och röda rutterna, göras och undersökas. Alla dessa tester kommer att repeteras tre gånger, första gången för kontroll att modellen byggts upp på rätt vis och att allting fungerar. Den andra repetitionen är till för att observera och notera signifikanta händelser och förhållanden som uppstår. Den sista repetitionen som genomförs, med förhöjd hastighet på simulationen, är till för att notera värden och data från simulationen. Alla dessa försök kommer att simulera åtta timmars produktion virtuellt. AGVer som arbetar transporterar endast en kvantitet åt gången, alltså endast en färdig produkt, ett preparerat kitt eller en materiallåda.

Tabell 2 Signifikanta faktorer för försöken

Försök	Cykeltid för kitting (sekunder)	Cykeltid för montering (sekunder)	Maximal hastighet för AGV (mm/s)	Version med röd eller gul rutt
1	250	300	1000	Gul
2	250	300	1000	Gul
3	200	250	1000	Gul
4	200	250	600	Gul
5	150	200	1000	Gul
6	150	200	600	Gul
7	250	300	600	Röd
8	250	300	600	Röd
9	150	200	600	Röd

Tabell 2 visar de faktorer som anses vara signifikanta för de olika försöken. Det är dessa faktorer som gör varje försök unikt och ger upphov till de resultat som nu kommer att presenteras.

4. Resultat

Här presenteras de olika försök, samt observationer som gjorts. Vissa av resultaten presenteras individuellt för varje försök med det finns även sammanställningar av resultat i tabeller för samtliga försök i slutet av kapitlet.

Följande punktlista beskriver förhållanden som är gemensamma för flera av försöken, framtagna med observation under flera försök:

- AGV prioriterar det arbete som uppkommer först och inte det som är närmast. Alla hastigheter som tas upp för AGV system menar på maximala hastigheter.
- Den blå ruten tar en AGV 60 sekunder med en hastighet på 1000 mm/s och 92 sekunder med en hastighet på 600 mm/s, från det att AGVn når entrén för att plocka upp material, tills dess att materialet levererats och AGVn inväntar en ny arbetsuppgift.
- Den gröna ruten tar AGVn 33 sekunder, med en hastighet på 1000 mm/s, och 60 sekunder, med en hastighet på 600 mm/s, från det att AGVn når kvalitetskontroll för att plocka upp en färdig produkt, tills dess att den färdiga produkten levererats och AGVn inväntar en ny arbetsuppgift.
- Det tar 10 sekunder samt 14 sekunder för AGVn att hämta ett kitt från kitting och att mata in den i monteringslinan, med en hastighet på 1000 mm/s respektive 600 mm/s.

Försök 1

Det första testet som utfördes i simulations modellen. Endast en AGV som sköter all transporter av material.

Utnyttjandegrad för AGV: 53%

Färdad sträcka: 9 815,7 meter

Observationer

Det var tydligt att det var för stor skillnad i cykeltid mellan kitting och montering. I början av simulationen innan produktionen innan allt arbete kommit igång så står AGVn stilla under långa perioder. Detta förändras cirka 3 timmar in i simulationen, då material behövde tillföras till kitting stationen. Det var då AGVn arbetade som mest.

Försök 2

Det andra testet som utfördes i simulations modellen. Finns ett transportband som transporterar preparerade kitt mellan kitting och montering, AGV utförde resterande transporter av material. Transportbandet opererade med en hastighet på 250 mm/s

Utnyttjandegrad för AGV: 38,1%

Färdad sträcka: 7 579,9 meter

Observationer

Betydligt mycket lägre arbetsbelastning för AGV när transportbandet implementerats.

Försök 3

Tredje testet i simulations modellen. Endast en AGV som sköter all transporterering av material.

Utnyttjandegrad för AGV: 61,5%

Färdad sträcka: 11 310,6 meter

Observationer

Vid tre timmar in så börjar det uppstå situationer där material behöver transporteras så tätt inpå varandra att det uppstår mycket eftersläpande arbete. Flödet återställs innan samma situation återkommer. Kommer i samband med stora partier av material som ska transporteras till kitting.

Försök 4

Fjärde testet i simulations modellen. Endast en AGV som sköter all transporterering av material.

Utnyttjandegrad för AGV: 85,6%

Färdad sträcka: 10 968,9 meter

Observationer

AGV är pressad till att hinna med allt arbete. Det uppstår eftersläpande arbete vilket ger upphov till förseningar. Kommer i samband med stora partier av material som ska transporteras till kitting.

Försök 5

Femte testet i simulations modellen. Endast en AGV som sköter all transporterering av material.

Utnyttjandegrad för AGV: 80,8%

Färdad sträcka: 15 014,2 meter

Observationer

När material ska transporteras till kitting så uppstår det eftersläpande arbete, när cirka 4,5 timmar av arbetstiden har gått. Det är den låga cykeltiden för kitting stationen i samband med att det kommer ett stort parti med material som ger upphov till detta. Förseningarna berör transportereringen av allt men under en kort tidsperiod.

Försök 6

Sjätte testet i simulations modellen. Endast en AGV som sköter all transporterering av material.

Utnyttjandegrad för AGV: 96,1%

Färdad sträcka: 12 464,3 meter

Observationer

AGV arbetar konstant när hela produktionen väl kommit igång. Mycket eftersläpande arbete uppstår när material behöver transporteras till kitting stationen, vilket blockerar arbetet från att utföras. AGV hinner inte med allt arbete.

Försök 7

Sjunde testet i simulations modellen. En AGV som sköter all transporter av material.

Utnyttjandegrad för AGV: 94,2%

Färdad sträcka för AGV: 10 859,2 meter

Observationer

AGV arbetar konstant genom hela simulationen. Det är endast små uppehåll i början. Mycket eftersläpande arbete uppstår i samband med att material ska levereras till kitting ytan. AGVn jobbar konstant, utan uppehåll men hinner aldrig ikapp.

Försök 8

Åttonde testet i simulations modellen. Två AGVer som sköter all transporter av material, båda med samma hastighet, AGV 1 sköter transporter av material på de blå och gröna rutten och AGV 2 sköter transport av material kring den röda rutten

Utnyttjandegrad för AGV 1: 54,8%

Färdad sträcka för AGV 1: 7389,8 meter

Utnyttjandegrad för AGV 2: 36,9%

Färdad sträcka för AGV 2: 3463,8 meter

Observationer

AGV arbetar nästan konstant genom hela simulationen. Återigen mycket eftersläpande arbete men inga indikationer på att det påverkar produktion.

Försök 9

Nionde testet i simulations modellen. Två AGVer som sköter all transporter av material, båda med samma hastighet, AGV 1 sköter transporter av material på de blå och gröna rutten och AGV 2 sköter transport av material kring den röda rutten

Utnyttjandegrad för AGV 1: 77,4%

Färdad sträcka för AGV 1: 10 351,5 meter

Utnyttjandegrad för AGV 2: 61,1%

Färdad sträcka för AGV 2: 5 996,3 meter

Observationer

AGV arbetar nästan konstant genom hela simulationen. Återigen mycket eftersläpande arbete men inga indikationer på att det påverkar produktion.

För att se layouten för försöken 1–6 se bilaga 2. Bilaga 3 har den layout som konstruerades för den röda rutten, alltså försök 7–9.

Följande tabell beskriver de totaltiderna då AGVn var i rörelse under olika försöken. Den totala tiden en AGV kan arbeta är 28 800 sekunder, åtta timmar, men tiderna i tabellen har inte med de tiderna som krävdes för pålastning och avlastning av material. Alltså är detta endast en indikator på den tid som en arbetande AGV vart i rörelse.

Tabell 3 Förflyttningstider för AGV (sekunder)

Försök	Tid spenderad på leverans	Tid spenderad på att färdas till arbetsuppgifter	Total förflyttningstid
1	7343	3431,2	10 774,3
2	6306,8	1780,5	8087,3
3	8643,9	3833,0	12 476,9
4	11 779,4	7863,0	19 642,4
5	10 993,8	5489,2	16 483,0
6	13 176,9	9028,9	22 205,8
7	14 006,8	5918,2	19 925,0
AGV 1	9321,4	3637,8	12 959,2
8 AGV 2	5740,8	1466,3	7207,1
AGV 1	13 818,1	4381,4	18 199,5
9 AGV 2	8926,4	3316,0	12 242,4

Som det redan nämnts i observationerna tidigare så uppstod det en mängd eftersläpande arbete och förseningar under vissa av försök. Detta skedde under försök 4, 5, 6 och 7. Förseningar definieras här som den tid, utöver stationens cykeltid, som en produkt får vänta på transporter. Alltså anses inte väntan på transport som en försening om produkten transporteras innan en produkt till är färdig för transporter. Tabell 4 visar den maximala tiden en produkt fått vänta på transporter. För jämförelse så är även den genomsnittliga tiden som produkter väntat på transport angiven.

Tabell 4 Förseningar

Försök		Kitting station	Kvalitetskontroll	Materiallådor till kitting
4	Max	361,5	418,6	390,7
	Genomsnitt	53,7	30,9	136,4

5	Max	229,5	224,1	287,6
	Genomsnitt	28,9	23,0	100,4
6	Max	345,4	392,8	371,3
	Genomsnitt	130,5	111,8	158,5
7	Max	580,1	809,9	766,0
	Genomsnitt	117,8	146,7	218,6

Simulations modellerna antog ett perfekt förhållande för produktionen på labbet. Alltså uppstod inga fel eller problem som skulle kunna förhindra produktionen. Detta gjorde att det blev möjligt att få fram den maximala kvantitet som transporteras från och till varje avdelning, se tabell 4.

Tabell 5 Antal färdiga produkter färdiga för transporterering

Försök	Preparerade kitt transporterade till montering	Färdiga produkter transporterade till utleverans	Materiallådor transporterade till kitting
1	115	92	45
2	115	92	45
3	142	112	51
4	132	111	47
5	181	139	67
6	129	116	58
7	95	81	37
8	AGV 1	-	93
	AGV 2	115	-
9	AGV 1	-	138
	AGV 2	191	-

5. Diskussion

Enligt resultaten som vi har kommit fram till går det att konstatera att de olika försöken som genomförts besvarar på de frågeställningar som presenterats tidigare i rapporten.

En förändring i omfattningen för projektet, vilket skedde sent under arbetets gång, var det som skiftade fokuset från att undersöka specifika förhållanden och signifikanta faktorer för transporter inom en produktionsmiljö till en undersökning av interna transporten på SII-labbet. Detta gjorde att en del av arbetet som gjort tidigare, som digitala modeller (CAD) och undersökning av kitting varken har behövts eller använts lika mycket som förväntat i början av projektet.

Sammanfattning om kitting

Ingen vikt lades på hur kitting gick till, det är främst cykeltiden som är det viktiga med hänsyn till simulations modellen. De olika kitting metoderna har påverkan på cykeltiden, och avvikelser i tid som kan uppstå på grund av hur de skiljer sig. Det som påverkar de tester som gjorts är materialåtgången samt antal kitt som prepareras åt gången. Ingen specifik metod har tagits hänsyn till, då en mer generell överblick var efterfrågad. Implementation och anpassning efter en specifik metod kan göras i efterhand om så önskas men det kräver omställningar i simulations modellen.

När krävs fler AGVer

Produktionen har ingen uniform takttid. Kitting stationen har en cykeltid på 250 sekunder och varje monteringsstation har en cykeltid på 300 sekunder. Under verkliga produktionsförhållanden så hade antagligen kitting stationens cykeltid anpassats så att en gemensam takt tid hade uppstått. Men då detta inte var vad vi hade att arbeta med så fick vi anpassa oss hitta andra metoder. Vi hade ingen aktuella data om hur en reduktion av cykeltiderna skulle kunna se ut i verkligheten, vilket ledde till beslutet att successivt sänka båda cykeltider med 50 sekunder fram tills det blev tydligt att en AGV inte räckte till för att utföra alla transporter. En procentuell sänkning av cykeltiderna skulle även kunna vara ett alternativ. Men en uniform procentuell reduktion av cykeltider är högst osannolik vilket stärkte vårt förtroende att successivt reducera istället. När vi i våra försök nått en reduktion på 100 sekunder av cykeltiden för både kitting stationen och alla monteringsstationer så blev det tydligt att det inte räckte att endast sänka cykeltiderna och det var då ett beslut togs att även sänka hastigheten för AGV systemet, vars initiala hastighet var 1000 mm per sekund, till 600 mm per sekund.

En uppenbar observation var att ingen klar takttid hade bestämts. Det ledde till att det bildades väldigt mycket produkter i arbete (PIA). Det här bör påverka produktionen, specifikt så hade produktionen av kitt då det antagligen inte finns någon buffert innan monteringslinan med tillräcklig kapacitet för den stora mängden kitt. Det bör dock inte påverka våra resultat då under en ideal situation, med en buffert som har oändlig kapacitet innan monteringslinan, så hade transportereringen av material aldrig upphört. Ett sådant förhållande pressar transportereringen mer och ger oss på så vis bättre resultat.

Transport med AGV på den gula ruten

Majoriteten av försöken som genomfördes gjordes endast med en AGV. Resultaten som framkom visar att det är möjligt att endast en AGV klarar av transportereringen av allt material i SII-labbet. Även om produktionen skulle förbättras och cykeltiderna för kitting och montering skulle reduceras så går det att klara av all transport med en AGV. Men detta kommer på bekostnad av precisionen. LD-250 har en rekommenderad hastighet på 600 mm per sekund. När den arbetar snabbare än detta så gör den det med lägre precision. Men då denna AGV saktar ner och bromsar då den kommer allt närmare sitt mål så borde den kunna användas med högre hastigheter om materialet som transporteras säkras så det inte faller av. Alla försök som gjorts tyder på att det inte endast var cykeltiderna på kitting och montering som avgjorde när en AGV inte räckte till. Hastigheten i samband med reducerade cykeltider är vad som är avgörande. Alla försök där cykeltiderna reducerats med 100 sekunder, med en AGV som transporterade material med hastighet på 600 mm per sekund var fulla med förseningar och eftersläpande arbete. Detta visar på att det kommer att behövas mer än en AGV då takttiden är lägre än 200 sekunder.

Transport med AGV på den röda ruten

För den röda ruten var resultaten mycket enklare att tyda och vi fick svar på våra frågor nästan omedelbart. Det är ett måste att använda mer än en AGV. Det första försök på den röda ruten med endast en AGV gav ett tydligt resultat på att en ensam AGV inte hinner med alla arbetsmoment som krävs. Under dessa försök var det fler punkter som material skulle transporteras till vilket ledde till beslutet att sätta den maximala hastigheten för AGV systemet till 600 mm per sekund, av säkerhetsskäl. AGVer som kör på denna bana kommer att vara mycket närmare mänskliga operatörer än på den andra banan. För denna rutt måste det finnas mer än en AGV, oavsett taktid.

Transportband mellan kitting yta och montering

För att få en bild av hur implementationen av ett transportband skulle påverka transporten så kopplades ett transportband in mellan kitting ytan och montering i ett av försöken som gjordes. Återigen blev det mycket PIA men det var också uppenbart att ett transportband arbetsbelastningen för den AGV hade hand om resterande transport. AGVn behövde då inte åka fram och tillbaka lika mycket utan spenderade mer tid på att bara stå still och vänta. Alltså är det fullt möjligt att kunna upprätthålla transporten av material vid låga cykeltider om ett transportband implementeras mellan kitting och monteringsstationerna.

Laddning för AGV

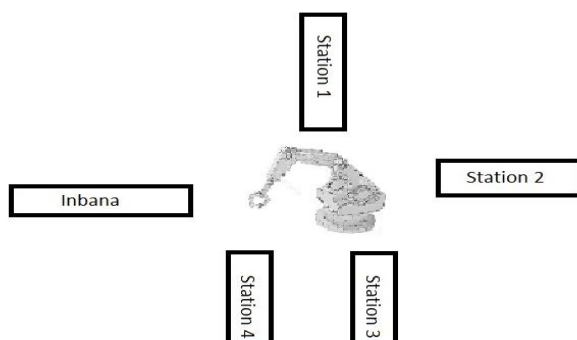
Som tidigare nämnts så har OMRON LD-250 batteritid på 13 timmar. Enligt tillverkarna kan denna batteritid bli lägre om den utför arbete med hög belastning. Detta kunde tyvärr inte undersökas då ingen tillförlitlig vikt kunde anges på de olika material och produkter som transporterades.

Riskzoner

Riskzoner uppstår endast vid försök där två AGVer används. Det skapar en risk för kollision och det stör även flödet då banorna som de åker på inte är separerade. Detta leder till att när båda AGVer har samma riktning och de hamnar i led med varande får en utav dem företräde, genom att den andra saktar ner, vilket kan leda till förseningar i produktionen. Oftast så uppstod det inga problem i produktionen när det var två AGVer. Den största, och enda riskzonen, var i den korsning där den röda ruten och den gröna ruten sammanfaller. Medan detta skapar en risk för kollision så uppstod det inga problem i simulations modellen då en AGV alltid stannade upp och gav den andra AGVn företräde. Detta kan ses som en av begränsningarna av den digitala simuleringen men det räcker för att identifiera riskzonen. Inga försök gjordes med två eller flera AGVer på simulation med den gula ruten. Men informationen som framkom från de försök med två AGVer på den röda ruten gav tillräckligt med information för att kunna identifiera riskzoner för även den versionen av layouten. I den gula ruttens version så är det främst den vertikala vägen fram till entrén som kan ses som en riskzon, men detta beror främst på av hur arbetet är fördelat mellan AGVer som arbetar. Om en AGV, på egen hand, sköter transport på den gröna och blå ruten så upphör risken för kollision på denna versionen av layouten.

Robot Supported (kollaborativ applikation)

Denna modellen är ett alternativ man kan använda på den röda ruten. Det är uppbyggd på detta sättet där det är tänkt att man skall ha en robot i mitten som skall föra vidare materialet med någon slags robothandfunktion. Basen till roboten skall vara låst och bara lederna skall kunna manipuleras i både cirkulära och linjära rörelser. Roboten skall plocka material från en bana, som förmodligen kan vara ett transportband och sedan skall den föra vidare materialet till Station 1, där monteringsprocessen skall börja. Det är tänkt att roboten skall förflytta material och produkter till alla stationer tills den når Station 4, vilket är kvalitetskontrollen. Detta blir då ett varv med retur till startpositionen, vilket är första steget. Detta repeteras om igen och skulle det vara så att material behöver levereras till flera stationer samtidigt eller i någon annan ordning, bör det inte bli ett problem då roboten helt enkelt kan rotera åt båda hållen. Figur 3 visar ett exempel på hur detta skulle kunna se ut. Efter att processen är klar ska materialet lastas på en AGV och föras vidare till entrén. Denna metod togs fram av gruppen då det tycktes att man kunde använda sig av en unik lösning för att lösa problemet av



Figur 1 Kollaborativ applikation

transport kring monteringslinan. Förhoppningen är att detta reducerar energiförbrukningen genom att eliminera ett område där en AGV skulle behövas. Det är en lösning som eliminerar transportbanden mellan monteringsstationerna eller behovet av en AGV som transporterar material och produkter mellan stationerna. Det blir då endast roboten i mitten som transporterar material vidare. Det var en förhoppning att denna unika lösning skulle simuleras dock i mån av tid blev det inte möjligt.

6. Slutsatser

Simulations modellen som skapades har genererat väldigt mycket data. De frågeställningar som i början av projektet ställdes upp blev genom analys av de resultat som framtagits besvarade.

AGV

Det är tydligt från den data som finns i resultatkapitlet att transporterering av material påverkas av distans, hastighet på AGV och de separata cykeltiderna för de två avdelningarna (kitting och montering). Om en gemensam takt tid bestäms så kommer det att krävas mer än en AGV om den skulle hamna mellan 150 och 200 sekunder, givet att AGVn arbetar med den rekommenderade hastigheten på 600 mm/s. Vår rekommendation är att det används två AGVer om takttiden är 200 sekunder och den maximala hastigheten sätt till 600 mm per sekund, på den versionen av layouten med den gula ruten. Om den hastigheten är högre än 600 så kan takttiden sänkas ytterligare men fler tester krävs för en mer exakt siffra. För den röda ruten är det ett måste att det finns två AGVer som arbetar samtidigt. En AGV som hanterar transporten kring den röda ruten och den andra arbetar på den gröna och blå ruten. En AGV hinner inte med allt arbete som ska göras på egen hand.

Risk för kollisioner

Det måste finnas flera AGVer beroende hur man utformar produktionen på den röda ruten. Detta med risk för kollision. Följer man den röda ruten så finns det alltid en risk för kollision där den röda och gröna ruten sammanfaller, men med hjälp av sensorer och programmering av AGV systemet så kan denna risk reduceras.

Transportband

Transportband kan endast användas på den gula ruten. På det försök som gjordes med ett transportband på den gula ruten så blev det en betydligt lägre beläggning för AGVn. Dessutom kom vi fram till att transportband endast minskar arbetsuppgifterna som AGVn har. Implementeras ett transportband mellan kitting och montering så finns då möjligheten för att ytterligare sänka takttiden.

Referenser

Andersson, M., Hovbjer, S. (2019) Från manuella monteringsstationer till människa-robot samarbete. Examensarbete, Högskolan i Skövde, Skövde. Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1331658/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR2fDmTbr8cgLWCKySfSqdMbGISKhGY4dux8wsddAU0e3W74dwBpJoyqDKE>

Arndt F.W. (2006) THE DIGITAL FACTORY Planning and simulation of production in automotive industry. In: BRAZ J., ARAÚJO H., VIEIRA A., ENCARNACÃO B. (eds) INFORMATICS IN CONTROL, AUTOMATION AND ROBOTICS I. Springer, Dordrecht. Hämtad från https://doi.org/10.1007/1-4020-4543-3_3

Bozer, Y. A., McGinnis, L. F. (1992). "Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model." *International Journal of Production Economics* 28(1992)

Brynzér, H., Johansson, M.I. (1995) *Design and performance of kitting and order picking systems*, *Int. J. Production Economics*, 41 (1995) 115-125. Hämtad från https://www.researchgate.net/profile/Mats_Johansson6/publication/4915220_Design_and_performance_of_kitting_and_order_picking_systems/links/5a870200f7e9b1a954c8eca/Design-and-performance-of-kitting-and-order-picking-systems.pdf

Carlsson, O., Hensvold, B. (2008). Kitting in a high variation assembly line. Master's thesis, Luleå tekniska universitet, Luleå. Hämtad från http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1018623/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR0LTWruwl-G5JZY2WUKUSmMdTq-VC5sxJF5N1Oaw_rK0hRMfhA3ewmV01k

Dahl, J., Thuresson, E. (2011). Produktionslayout och förbättring av produktionsflöde för Purus AB. Examensarbete, Lunds tekniska högskola, Lund. Hämtad från <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1883003&fileOid=1883012&fbclid=IwAR2e5aVcli1wSE1OEFPeYWJMBW32MbxITjVaLTpvU32DF1fu8ZAtAYOoFQ>

Fager, P. Hanson, R., Medbo, L., Johansson, M.I. (2019). Kit preparation for mixed model assembly: Efficiency impact of the picking information system, / Dessouky M. (Red.) *Computers & Industrial Engineering* Hämtad från <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.034>

Jeffrey Liker, 2004, *The Toyota Way – 14 Management Principles*, McGraw-Hill

Kesen S. E., Baykoc Ö. F. (2007) Simulation of automated guided vehicle (AGV) systems based on just-in-time (JIT) philosophy in a job-shop environment | Karatza H., *Simulation Modelling Practice and Theory* Hämtad från <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2006.11.002>

M. De Ryck, M. Versteyhe, F. Debrouwere (2019) Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques *Faculty of Engineering Technology*, KU Leuven, Spoorwegstraat 12, 8200 Bruges, Belgium

Magnusson, N. (2009). Flödessimulering, ett standardiserat arbetssätt. Examensarbete, Luleå tekniska universitet, Luleå. Hämtad från http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1027140/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR31O8Fv6XCzC1SMXFkYie3AGKBv3y3-YSUntt0SURSBtsa_UeaMXt2W2_k

Nayyar P., Khator K.S. (1993) Operational control of multi-load vehicles in an automated guided vehicle system, *Computers and Industrial Engineering*, 25 (1–4), pp. 503-506 Hämtad från [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(93\)90330-Z](https://doi.org/10.1016/0360-8352(93)90330-Z)

Nilsson, J., Hodzic, S. (2009). Effektiviserad materialhantering genom förbättrat flöde. Examensarbete, Högskolan i Jönköping, Jönköping. Hämtad från http://hj.diva-portal.org/smash/get/diva2:222764/FULLTEXT01?fbclid=IwAR1zi8PO9vp7hC4s6-GX5CBcn1KsEOXngenyPGsl_zr0MMjDBIzewxNjOJg

OMRON Corporation. (2020). Mobile Robots LD Series [Datablad]. Kyoto: OMRON Corporation. Hämtad från https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/en/v7/i828_ld-series_mobile_robot_datasheet_en.pdf

Schwerdtfeger, B., Reif, R., Günthner, W.A., Klinker, G. (2011) Pick-by-vision: there is something to pick at the end of the augmented tunnel. *Virtual Reality* **15**, 213–223 Hämtad från <https://doi.org/10.1007/s10055-011-0187-9>

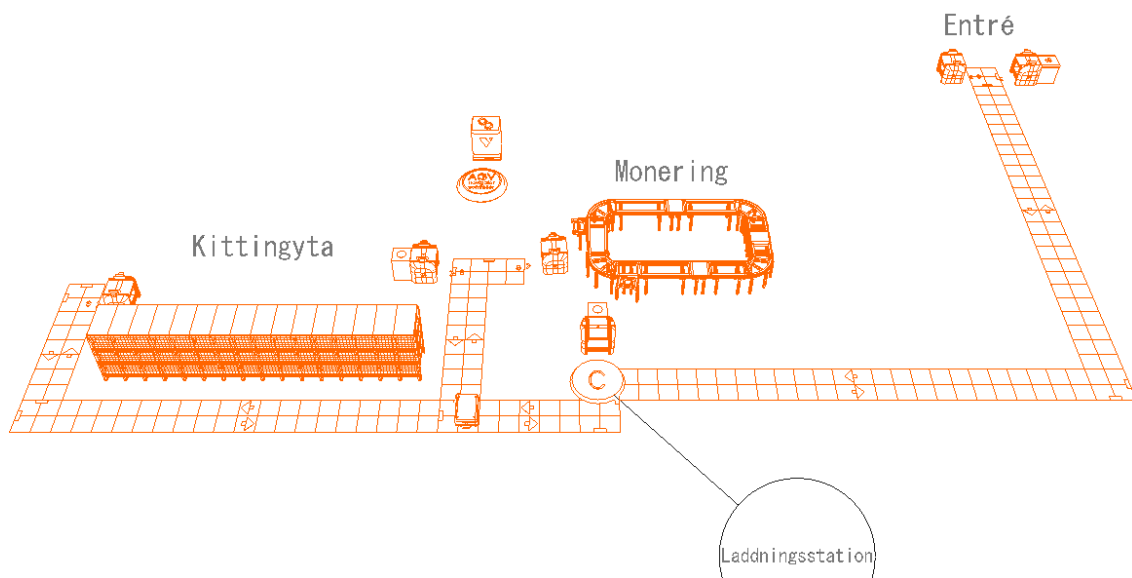
Uhlemann T. H. J., Lehmann C., Steinhilper R. (2017) The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0 Fraunhofer Project Group Process Innovation at the Chair of Manufacturing and Remanufacturing Technology (Licentiatavhandling, Bayreuth University, Bayreuth) Hämtad från <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.152>

Bilagor

Bilaga 1

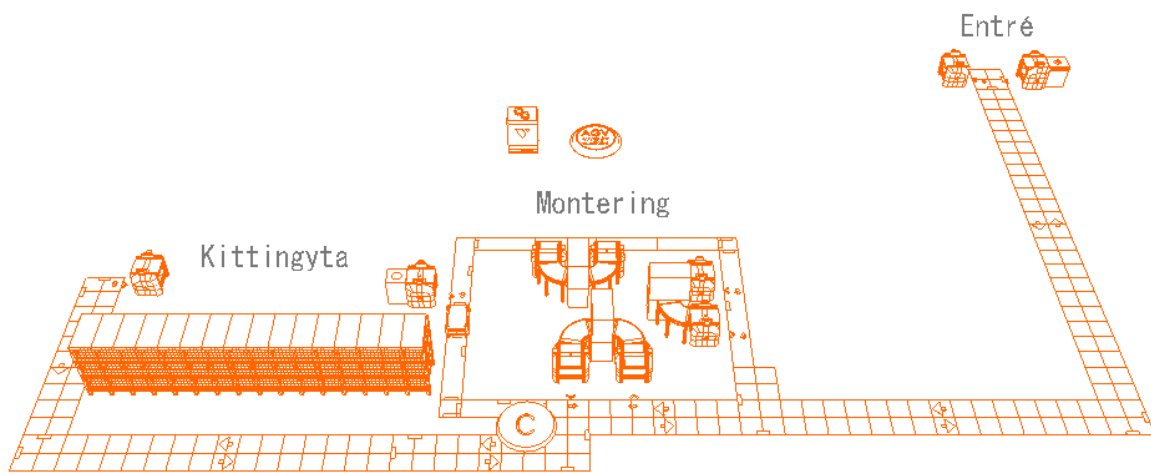
	v.4	v.5	v.6	v.7	v.8	v.9	v.10	v.11	v.12	v.13	v.14	v.15	v.16	v.17	v.18	v.19	v.20	v.21	v.22	v.23	
Planeringsrapport																					
Bakgrundstudie																					
Komplettering av CAD-filer																					
Simulering																					
Sammanställning av data																					
Rapport skrivning																					
Redovisning																					

Bilaga 2



Figur av layouten från simulationsmodellen med den gula, gröna och blå rutten.

Bilaga 3



Figur av layouten från simulationsmodellen med den röda, gröna och blå rutten.



CHALMERS