

Etablera en alternativ linje för gods

Genom implementering och programmering av nödkörningssekvens

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet mekatronik

MOHAMAD ALFATEH FARWATI

AHMED MAHMOUD

EXAMENSARBETE 2024

Etablera en alternativ linje för gods

Genom implementering och programmering av nödkörningssekvens

MOHAMAD ALFATEH FARWATI

AHMED MAHMOUD



CHALMERS

Institutionen för elektroteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2024

Etablera en alternativ linje för gods
Genom implementering och programmering av nödkörningssekvens

MOHAMAD ALFATEH FARWATI

AHMED MAHMOUD

© MOHAMAD ALFATEH FARWATI, 2024.

© AHMED MAHMOUD, 2024.

Examinator: Veronica Olesen, Institutionen för Elektroteknik

Examensarbete 2024
Institutionen för elektroteknik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Göteborg 2024

Förord

Projektet är utfört och skrivet som ett avslutande examensarbete för högskoleingenjör inom mekatronik vid Chalmers tekniska högskola. Vi vill ge ett stort tack till vår examinator på Chalmers tekniska högskola, Veronica Olesen som har hjälpt oss med alla funderingar, frågor samt upplyst oss med sina goda kunskaper. Tack för vår handledare för all kunskap, råd och tips. Han har varit ett positivt stöd för oss under projektet genomgången.

Mohamad Alfateh Farwati, Ahmed Mahmoud, Göteborg, 2023

Etablera en alternativ linje för gods
Genom implementering och programmering av nödkörningssekvens
Mohamad Alfateh Farwati
Ahmed Mahmoud
Institutionen för elektroteknik
Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Projektet fokuserade på utvecklingen av en nödkörningssekvens för ett pallhanteringsystem i en industriell miljö. Målet var att säkerställa en oavbruten pallhantering och minska produktionsstopp. Genom att analysera systemet, programmera nödkörningssekvensen och vissa funktioner i en AGV uppnåddes framgångsrika resultat. Den implementerade lösningen möjliggjorde snabb och säker hantering av nödsituationer, vilket minskade riskerna för skador på utrustning och avbrott i produktionsflödet. Projektet bidrog till att skydda verksamheten och öka effektiviteten i pallhanteringsprocessen.

Nyckelord: Nödkörning, nödkörningssekvens, Single Point of Failure, AGV-robot, AGV, PLC, HMI, Automatisk roterande arm, Etikettmaskin, Inspektionmaskin.

Abstract

The project focused on the development of an emergency sequence for a pallet handling system in an industrial environment. The goal was to ensure uninterrupted pallet handling and reduce production stoppages. By analysing the system, programming the emergency driving sequence and certain functions in an AGV, successful results were achieved. The implemented solution enabled quick and safe handling of emergency situations, which reduced the risks of damage to equipment and interruption of the production flow. The project helped to protect the business and increase the efficiency of the pallet handling process.

Akronymer

Nedan är listan över akronymer som har använts i denna avhandling listade i alfabetisk ordning:

| | |
|---------|--------------------------------|
| AGV | Automated guided vehicle |
| FBD | Funktionsblockdiagram |
| HMI | Human-Machine Interface |
| PLC | Programmerbar Logic Controller |
| SPOF | Single Point of Failure |
| Skyttel | AGV |
| Svepare | Automatisk roterande arm |

Innehåll

| | |
|---|-------------|
| Akronymer | viii |
| Figurer | x |
| 1 Inledning | 1 |
| 1.1 Bakgrund | 1 |
| 1.2 Syfte | 3 |
| 1.3 Precisering av frågeställningen | 3 |
| 1.4 Avgränsningar | 3 |
| 2 Teknisk bakgrund | 4 |
| 2.1 PLC | 4 |
| 2.2 HMI | 5 |
| 2.3 Skyttel | 6 |
| 2.4 Svepare | 7 |
| 2.5 Nödkörningskvens | 8 |
| 2.6 Roterande pulsgivare | 8 |
| 2.7 Etikettmaskin | 10 |
| 2.8 Inspektionsmaskin | 10 |
| 2.9 Maskindirektivet | 11 |
| 3 Metod | 12 |
| 3.1 Systembeskrivning | 13 |
| 4 Genomförande | 21 |
| 5 Resultat och diskussion | 25 |
| 5.1 Hållbarhetsaspekter | 27 |
| Källor | 29 |
| List of figures (add to table of contents) | |

Figurer

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Planritning för fabriken vid svepare1 och svepare2. | 2 |
| 2 | SIMATIC S7 PLC-enhet som användes i projektet. | 5 |
| 3 | SIMATIC HMI-enhet som användes i projektet. | 6 |
| 4 | Automatisk roterande arm. | 7 |
| 5 | Skiss för optisk roterande pulsgivare | 9 |
| 6 | Skiss för magnetisk roterande pulsgivare | 9 |
| 7 | Fabrikens områden. | 12 |
| 8 | Fabrikens flöde under normala förhållanden. | 14 |
| 9 | Fabrikens flöde under nödkörningen. | 15 |
| 10 | Planritning för fabriken som framhäver positioner 9, 10, 11, och 20. . | 16 |
| 11 | Planritning för fabriken som framhäver positioner 93. | 17 |
| 12 | Planritning för fabriken som framhäver positioner 13 och 17. | 18 |
| 13 | Planritning för fabriken som framhäver position 51. | 19 |
| 14 | Planritning för fabriken som framhäver positioner 80, 81, 82, och 83. . | 20 |
| 15 | Fabrik layout med flöde från bana 2 och 3 | 22 |

1

Inledning

I det följande avsnittet presenteras projektet kortfattat, med en beskrivning av den nödkörningssekvens som planeras att utvecklas. Avsnittet inkluderar även syftet, tydliggör frågeställningen samt fastställer vilka områden projektet kommer att fokusera på.

1.1 Bakgrund

Nödkörningssekvens har som uppgift att säkerställa ett system kan hantera oplanerade händelser eller nödsituationer på ett strukturerat och effektivt sätt [1]. En nödkörningssekvens är en serie instruktioner som skall utföras efter varandra, som aktiveras när ett nödläge inträffar i ett automatiserat system [2]. Syftet med nödkörningssekvensen är att skydda verksamhet, utrustning och processer genom att avbryta normal drift och implementera säkerhetsprocedurer. En väl utformad nödkörningssekvens kan minska risken för olyckor och skador samtidigt som effektiviteten för både människor och processer i ett automatiserat system ökar.

Under 2020 genomfördes en uppgradering av pallhanteringssystemet i företaget för att kunna transportera och förpacka pallar med varor på ett säkert sätt. Den gamla sveparen, Svepare 1 som visas i figur 1, byttes ut mot en nyare modell som uppfyllde moderna standarder. Som en del av uppgraderingen togs även den äldre sveparen, Svepare 2 som visas i figur 1, ur drift då den inte längre höll samma standard som resten av systemet.

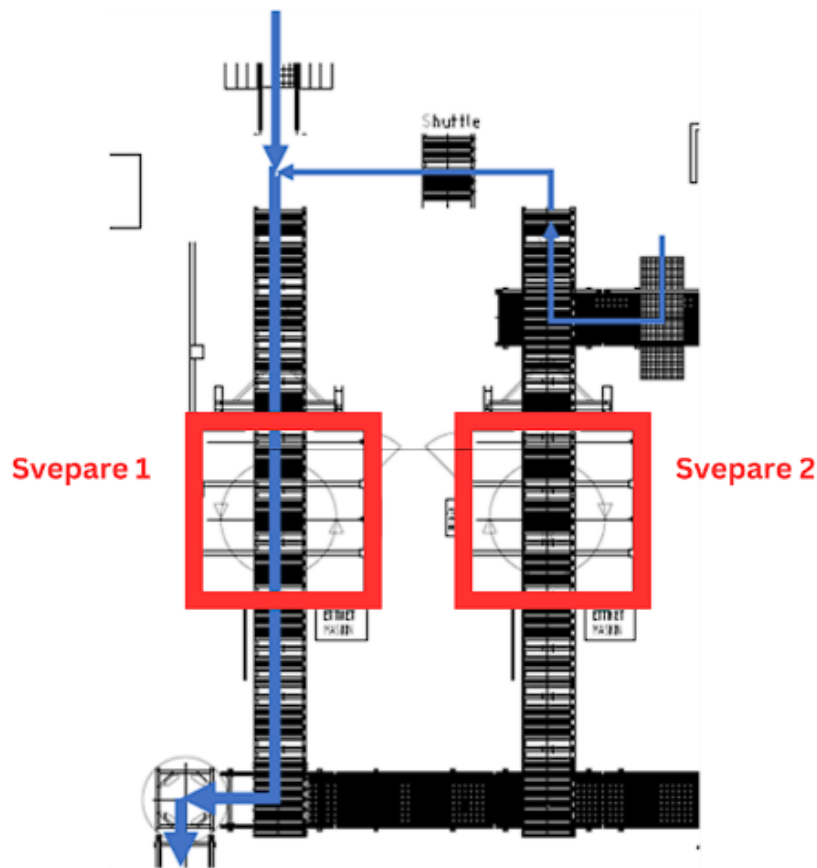


Fig. 1. Planritning för fabriken vid svepare 1 och svepare 2.

Behovet av en nödkörningssekvens uppstod på grund av att detta specifika område av fabriken var en SPOF (Single Point of Failure). En SPOF innebär att om en enskild komponent eller process skulle falla, kan hela systemet kollapsa [3]. För företaget kan konsekvenserna av en SPOF vara allvarliga och skadliga. I detta fall innebar SPOF att om svepare 1 skulle stöta på problem, kunde hela pallflödet påverkas och avbrytas. Detta skulle leda till betydande produktivitetsförluster och störningar i verksamheten. Tillverkningsprocessen skulle kunna bli försenad eller avbruten, vilket i sin tur skulle resultera i förlorade intäkter och negativ påverkan på kundnöjdheten. Dessutom skulle det medföra ökade kostnader för att åtgärda felet och återställa normal drift. För att undvika dessa negativa konsekvenser och upprätthålla ett obrutet produktionsflöde var det avgörande att implementera en fungerande nödkörningssekvens. Denna sekvens skulle aktiveras vid fel på svepare 1 och säkerställa en smidig övergång av flödet från bana 1 till bana 2 med hjälp av en AGV.

AGV står för 'Automated Guided Vehicle' det är en typ av robot som förflyttar material eller produkter inom en fabrik eller lager, etc [5].

1.2 Syfte

Målet med detta projekt är att etablera en alternativ leveransväg för varor med hjälp av PLC. Denna beredskapsplan är utformad för att mildra potentiella materialförluster som kan uppstå i händelse av ett stopp i den primära produktionslinjen. Det syftar till att säkerställa det mest effektiva förebyggandet av eventuell förlust av material.

1.3 Precisering av frågeställningen

Projektet fokuserades på att besvara fyra centrala frågor för att kunna implementera en effektiv nödkörningssekvens för företaget:

1. Hur fungerar en nödkörningssekvens?
2. Vad är det bästa sättet att skapa en alternativ linje?
3. Vilket är det bästa stället att skapa en alternativ linje?
4. Vilka är riskerna förknippade med SPOF (Single point of failure)?

1.4 Avgränsningar

Projektet kommer inte att omfatta installation av hårdvara, utbyte av trasig hårdvara eller beställning av material. Eftersom projektet är inriktat på mjukvaruutveckling och processförbättringar är hårdvaruaspekter inte relevanta.

2

Teknisk bakgrund

I detta avsnitt ges en översikt av de system, mjukvaror och komponenter som har använts under projektets gång.

2.1 PLC

En PLC står för “Programmerbar Logic Controller“ är ett styrsystem som används inom industriell automation. Den är programmerbar för att övervaka och styra maskiner, med fördelar som tillförlitlighet och flexibilitet. PLC spelar en avgörande roll i industriella processer eftersom de bidrar till att öka effektiviteten och produktiviteten [4]. Genom att automatisera och styra olika moment i produktionsprocessen. Genom att exekvera förprogrammerade instruktioner och logiska beslut kan PLC:er övervaka och styra maskiner, sensorer och andra enheter i realtid. PLC kan programmeras med FBD, SFC och Ladder, men det finns också andra programmeringsspråk som kan användas för att programmera PLC-systemet, som inte nämns här.

FBD står för “Function Block Diagram“ och är ett grafiskt programmeringsspråk som används för att designa och implementera styralgoritmer i automationssystem. Den är baserad på principen att sammankoppla flera funktionselement för att representera den avsedda styrlogiken. In-/utsignaler, matematiska operationer, timers, räknare och logiska operationer kan alla representeras av funktionsblock. FBD erbjuder en grafisk representation av styrlogiken.

Sequential Function Chart (SFC) är också ett grafiskt programmeringsspråk som används i industriell automation. Den är utvecklad för att representera sekventiella styrlogik. SFC delar upp styrlogiken i steg, med en eller flera åtgärder som utgör varje fas. Dessa stadier representeras av sammankopplade rektanglar, med pilar som anger övergångarna mellan dem. SFC erbjuder en distinkt och strukturerad representation av styrsekvensen, vilket underlättar design och analys av komplexa styrsystem.

LD, Ladder Logic är ett programmeringsspråk som används inom industriell automation. Den är uppkallad efter dess grafiska representation, som liknar stegpinnarna på en steg. Ladder Logic baserar sin programmering på relästegdiagram och represen-

terar styrlogik med hjälp av stegsteg som består av kontakter och spolar. Kontakter representerar ingångsförhållanden och spolar representerar utgångar. Ladder Logic är bra för att representera digital logik och sekventiella styrsystem. Figur 2 visar en PLC av typ SIMATIC S7 som användes i projektet.



Fig. 2. SIMATIC S7 PLC-enhet som användes i projektet.

Den beslutade implementeringen av SIMATIC S7 som PLC-val förstärks av dess kompatibilitet med företagets befintliga system, vilket underlättar smidig integration och minskar övergångsbarriärer. Dessutom erbjuder SIMATIC S7 avancerade funktioner och flexibilitet, vilket gör den till ett optimalt val för att möta företagets specifika automations behov.

2.2 HMI

HMI, även känt som Human-Machine Interface, omfattar ett brett utbud av hård- och mjukvarulösningar som underlättar kommunikation och interaktion mellan människor och maskiner. Dess primära syfte är att tillhandahålla ett intuitivt och användarvänligt gränssnitt för att styra och övervaka komplexa system, processer eller enheter [4].

HMI-hårdvara inkluderar fysiska enheter som pekskärmar, tangentbord, mus, knappar och andra in-/utdataenheter. Dessa komponenter är ofta integrerade i maskiner eller kontrollpaneler. HMI-mjukvara består av grafiska användargränssnitt (GUI) och applikationer som gör det möjligt för användare att interagera med maskinen

eller systemet. Dessa gränssnitt kan skräddarsys för att passa specifika applikationer.

HMI-system används i stor utsträckning inom tillverkning och industriella miljöer. De ger operatörerna realtidsdata om maskinstatus, produktionshastigheter och eventuella problem. Arbetare kan göra justeringar eller felsöka problem med hjälp av HMI-gränssnittet. Figur 3 visar en SIMATIC HMI-enhet som användes i projektet.

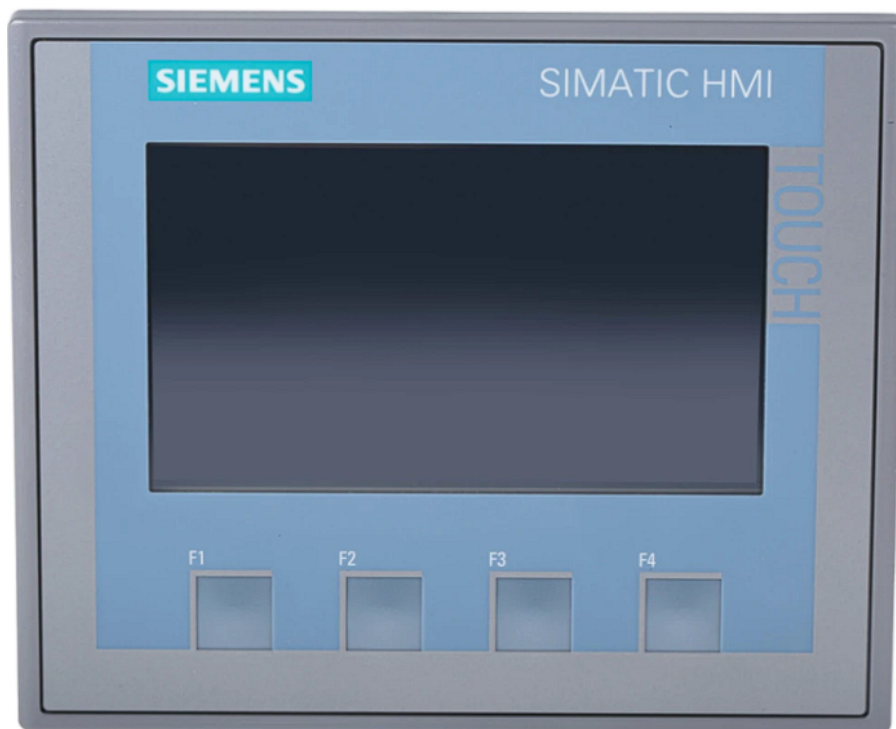


Fig. 3. SIMATIC HMI-enhet som användes i projektet.

Valet av SIMATIC S7 HMI förstärks av att systemet redan används i olika avdelningar inom fabriken. Detta underlättar för operatörer som är bekanta med gränssnittet, vilket skapar en smidig och enhetlig arbetsmiljö.

2.3 Skyttel

Skyttel är en (Automated Guided Vehicle), allmänt känd som AGV, och fungerar som ett autonomt robotfordon för att transportera material eller utföra uppgifter inom industri- och lagermiljöer [5]. Jämfört med manuella transportsystem eller andra automationsalternativ, som traditionella gaffeltruckar, erbjuder AGV ökad effektivitet och minskade arbetskostnader. Genom att navigera med hjälp av sensorer och följa fördefinierade vägar elimineras behovet av manuell styrning. Denna automatisering ökar precisionen, minskar risken för fel och ökar produktiviteten.

Säkerheten är av största vikt i AGV-design, och dessa robotar är utrustade med en mängd säkerhetsfunktioner, inklusive kollisionundvikande sensorer och nödstoppmekanismer. Detta säkerställer att AGV:er kan arbeta säkert i delade arbetsutrymmen och runt mänskliga arbetare. Dessutom gör deras anpassningsförmåga och skalbarhet dem till en värdefull tillgång för företag, eftersom de enkelt kan programmeras och omkonfigureras för att möta förändrade produktionsbehov och layouter.

2.4 Svepare

Svepare, allmänt känd för automatiska roterande arm, är en typ av förpackningsmaskin som används inom industrin för att effektivt paketera pallade varor med olika typer av förpackningsmaterial, såsom plast i sträckfilm. I figur 4 visar den Svepare som användes av företaget.



Fig. 4. Automatisk roterande arm.

Huvudsyftet är att applicera ett skydd för varor som placeras på pallar för att säkerställa en smidig transport utan skador på varorna. Dessa armar fungerar i samordning för att omsluta lasten som har placerats på en pall. De armarna roterar runt lasten som är placerad på antingen ett vridbord eller ett transportband. Användningen av roterande rörelse i denna procedur säkerställer en homogen och tillförlitlig inneslutning. Maskinerna i figur 4 är välkända för sin enastående snabbhet och effektivitet i uppgiften att förpacka pallgods. Att använda dubbelarmade svepare ökar effektiviteten jämfört med enarmade svepare och ger en mer homogen inplastning.

2.5 Nödkörningskvens

Nödkörningssekvens har som uppgift att säkerställa ett system kan hantera oplanerade händelser eller nödsituationer på ett strukturerat och effektivt sätt. En nödkörningssekvens är en åtgärd som aktiveras när ett nödläge inträffar i ett automatiserat system. Syftet med nödkörningssekvensen är att skydda verksamhet, utrustning och processer genom att avbryta normal drift och implementera säkerhetsprocedurer. En väl utformad nödkörningssekvens kan minska risken för olyckor och skador samtidigt som effektiviteten för både människor och processer i ett automatiserat system ökar [3].

2.6 Roterande pulsgivare

En roterande pulsgivare är en typ av sensor som används för att mäta rotationshastigheten eller varvtalsändringarna hos en roterande komponent, såsom en axel eller ett hjul. Den genererar pulser eller elektriska signaler i takt med rotationen [7]. Dessa pulser används sedan för att beräkna den faktiska rotationshastigheten eller varvtalsändringarna.

Denna typ av givare är vanligtvis magnetisk eller optisk. optiskt roterande pulsgivare består vanligtvis av en roterande skiva med jämnt fördelade spår eller hål som visas i figur 5.

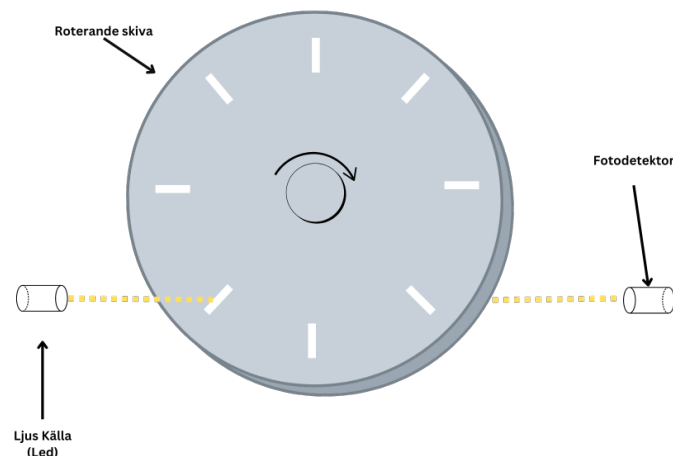


Fig. 5. Skiss för optisk roterande pulsgivare

På motsatta sidor av skivan finns en ljuskälla, ofta en lysdiod, och en fotodetektor. När axeln som är ansluten till skivan roterar, får den skivan att snurra, vilket intermitterent exponerar och blockerar ljuset för fotodetektorn. Dessutom genereras en serie elektriska pulser, där varje puls motsvarar en liten rotation eller rörelse av axeln [7].

Till skillnad från optiska givare, som använder ljuskälla och fotodetektor, använder magnetiska roterande pulsgivare magneter och magnetiska sensorer. I kärnan av en magnetisk roterande pulsgivare finns en magnetisk skiva, denna skiva innehåller magnetiska mönster. Runt skivan finns magnetiska sensorer eller Hall-effektsensorer som visas i figur 6. Hall-effekten är en fysikalisk fenomen där en spänning genereras över en ledare när den exponeras för ett magnetfält.

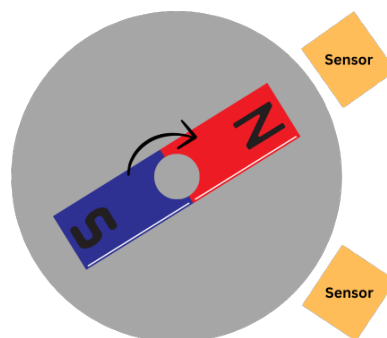


Fig. 6. Skiss för magnetisk roterande pulsgivare

När axeln roterar passerar den magnetiska skivan förbi de magnetiska sensorerna. sensorerna upptäcker förändringar i det magnetiska fältet och genererar motsvarande elektriska signaler. Dessa signaler bearbetas sedan för att bestämma rotationshastighet hos axeln.

Roterande pulsgivare används i olika tillämpningar, inklusive hastighetsmätare i fordon, industriella maskiner, och andra system där det är viktigt att övervaka rotationshastigheten hos en komponent. Informationen som genereras av pulsgivaren kan också användas för att styra eller reglera systemet baserat på dess rotationshastighet.

2.7 Etikettmaskin

En industriell etikettmaskin är en maskin eller enhet som används för att automatiskt applicera etiketter på olika produkter eller förpackningar inom industriella miljöer [9]. Denna typ av utrustning är vanlig inom olika branscher, inklusive livsmedelsindustrin, läkemedelsindustrin, logistik och produktion. Applikatorn kan arbeta med olika typer av etiketter och applicera dem på produkter i olika former och storlekar. Funktionerna hos en industriell etikettapplikator kan variera, men de inkluderar vanligtvis etikettmatning, etikettapplicering, justering för olika storlekar och former, hastighetskontroll och integration med annan utrustning. Huvudsyftet med en industriell etikettmaskin är att effektivisera och automatisera processen för etikettering, vilket sparar tid och minskar risken för mänskliga fel [10]. Användningen av industriella etikettapplikatorer bidrar till ökad effektivitet och noggrannhet inom industriella etiketteringsprocesser och är särskilt användbara i situationer där det krävs hög genomströmning och konsistent etikettering av produkter [11].

2.8 Inspektionsmaskin

En inspektionsmaskin även känd som en kvalitetskontrollmaskin är en enhet som används för att granska färdiga produkter. Dess roll är avgörande för att säkerställa hög produktkvalitet genom att upptäcka defekter eller avvikelser från kvalitetsstandarder, potentiellt förbisedda av mänskliga inspektörer [12]. Dessa maskiner använder avancerade sensorer, kameror eller liknade teknik för att utvärdera produkter med hög precision och identifierar små brister.

Inspektionsmaskiner samlar ofta in värdefulla data om varornas kvalitet, vilket kan användas för att förbättra produktionsprocesser. Denna information hjälper till att identifiera mönster av defekter och möjliggör nödvändiga justeringar av tillverkningsprocesserna [13]. På så sätt förhindrar inspektionsmaskiner att undermåliga eller defekta produkter når kunderna. Genom att upptäcka och åtgärda defekta föremål i tid under produktionen bidrar inspektionsmaskiner till att minska materialspill och behovet av omarbetning, vilket i sin tur leder till kostnadsbesparingar.

Inspektionsmaskiner har fördelen att snabbt och konsekvent kunna granska stora volymer varor, något som skulle vara tidskrävande och utmanande för mänskliga arbetare [14]. Denna effektivitet resulterar i minskade arbetskostnader och ökad produktionsgenomströmning.

Denna utrustning är oundgänglig inom olika branscher för att noggrant utvärdera kvaliteten och precisionen hos varor.

2.9 Maskindirektivet

Maskindirektivet är en lagstiftning inom europeiska ekonomiska som syftar till att säkerställa säkerheten för maskiner som säljs inom det europeiska ekonomiska området. Den lagstiftning syftar till att skydda arbetstagare och användare från risker som kan uppstå vid användning av maskiner[17]. Den lagstiftning som finns, EU-direktiv 2006/42/EG [19] ersätter EU-direktiv 98/37/EG [18] och i Sverige har Arbetsmiljöverket tillsyn över maskindirektivet som överförts till svensk lag genom föreskrifterna om maskiner (AFS 2008:3)[20].

Maskindirektivet är inte precist definierat i [2], men den aktuella maskinen är försedd med både nödstopp och gränslägesbrytare. Nödstoppknappen inleder inte nödkörning. Istället aktiveras nödkörningsfunktionen endast om någon av gränslägesbrytarna triggas. I sådana situationer begränsas motorn på maskinen till endast bakrörelser. Dessa åtgärder är implementerade för att säkerställa att inga felaktigheter angående drifriktningen kan inträffa.

3

Metod

Projektet syftade till att utveckla en nödkörningssekvens för ett pallhanteringssystem i en fabrik. Systemet använde en omfattande FBD-kod, som noga granskades för att identifiera den mest effektiva lösningen. Efter att ha samlat all nödvändig information framgick det tydligt att vissa positioner i systemet var av större intresse än andra, med särskilt fokus på skytteln, skannern och området där två flöden möttes, samt den roterande positionen.

Skytteln är en AGV för att transportera pallarna från en plats till en annan.

Skannern är en maskin för att kontrollera pallarna "Inspektionmaskin".

Området är ett namn för varje plats dit pallar transporteras. Det finns två områden som är avvisningsområdet och lagerområdet som visas i figur 7.

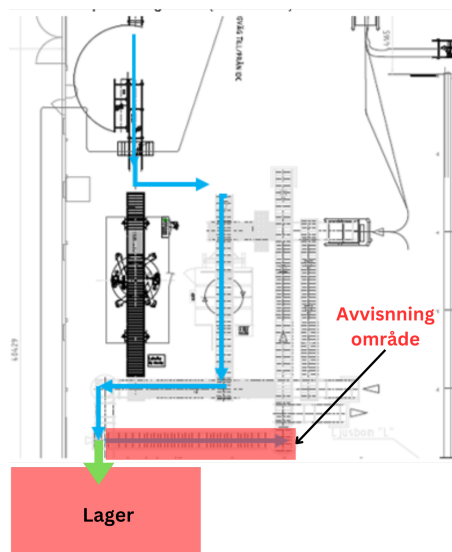


Fig. 7. Fabrikens områden.

3.1 Systembeskrivning

Fabriken fungerar med handskakningsmetoden för att överföra information mellan olika positioner på ett effektivt och pålitligt sätt. Handskakning är en kommunikationssekvens som används för att etablera och verifiera en anslutning mellan två enheter eller system. I detta fall används handskakning för att föra över information om vilken typ av pall som används och var den kommer ifrån, samt vart den ska transporteras. Handskakningssekvensen i fabriken kan se ut så här: När en pall är redo att transporteras till en annan position eller avdelning, initierar den enheten som ansvarar för transporten en handskakningsförfrågan till målenheten. Målenheten mottar handskakningsförfrågan och svarar genom att begära information om pallen.

Detta kan inkludera information som paltyp, vikt, dimensioner, och var den hämtades från. Efter att ha fått förfrågan om information, överför den enhet som har pallen denna information till målenheten. Informationen kan lagras i en databas eller direkt överföras till målenheten, beroende på systemets konfiguration.

Målenheten bekräftar mottagandet av informationen och verifierar att den är korrekt. Om någon information saknas eller är felaktig kan ett felmeddelande skickas tillbaka till källan för att korrigera det. Efter att ha bekräftat att informationen är korrekt, startar målenheten transporten av pallen till sin avsedda destination. Denna handskakningsmetod säkerställer att rätt information överförs och att pallen transporteras till rätt plats. Det hjälper också till att följa upp varje palls ursprung och destination, vilket kan vara värdefullt för spårbarhet och logistikhantering i fabriken. Genom att använda handskakningssekvenser kan fabriken effektivisera sin interna kommunikation och säkerställa en smidig och noggrann hantering av material och produkter.

Under normala förhållanden anländer pallarna från produktionsavdelningen till position 9, enligt figuren 8. Därefter förs de till en skyttel som motsvarar position 10. Vanligtvis är skytteln stationär eftersom ingen transport mellan bana 1 och 2 behövs under normala förhållanden. Det finns dock en möjlighet att pallarna kan komma från en hiss som lossar dem vid bana 2, men detta kommer att beskrivas mer detaljerat senare.

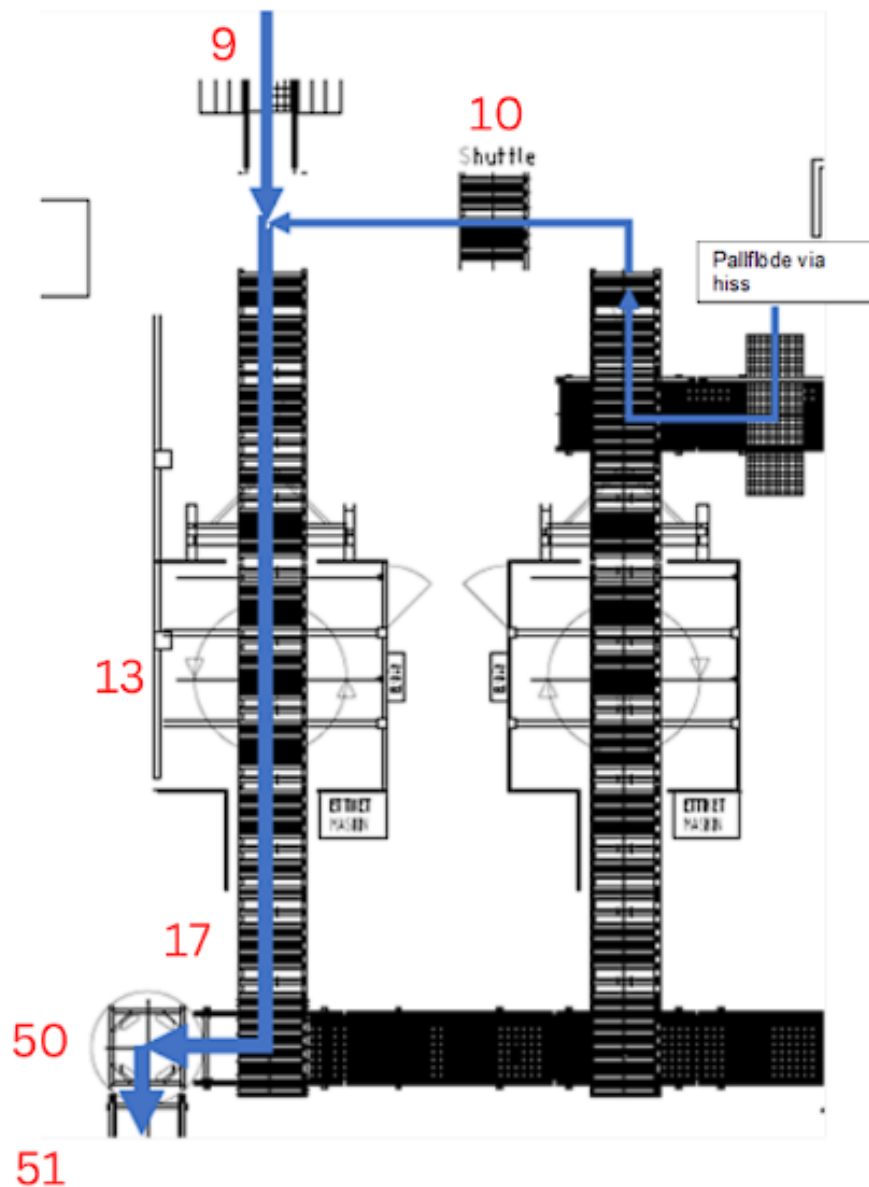


Fig. 8. Fabrikens flöde under normala förhållanden.

När pallarna har nått position 10 fortsätter de mot position 13, där svepare 1 finns. Pallarna sveps med plastfilm för att sedan föras vidare till position 17, där etiketter appliceras med hjälp av etikettmaskinen. Vid position 50 finns ett vridbord som vrider pallarna så att etiketten kan läsas av inspektionsmaskinen vid nästa position, vilket är position 51. Om pallarna uppfyller företagets standard föras de vidare till andra avdelningar i fabriken.

Figur 9 visar hur flödet ser ut när nödkörningen aktiveras. Då föras pallarna från position 9 till position 11 med hjälp av skytteln vid position 20.

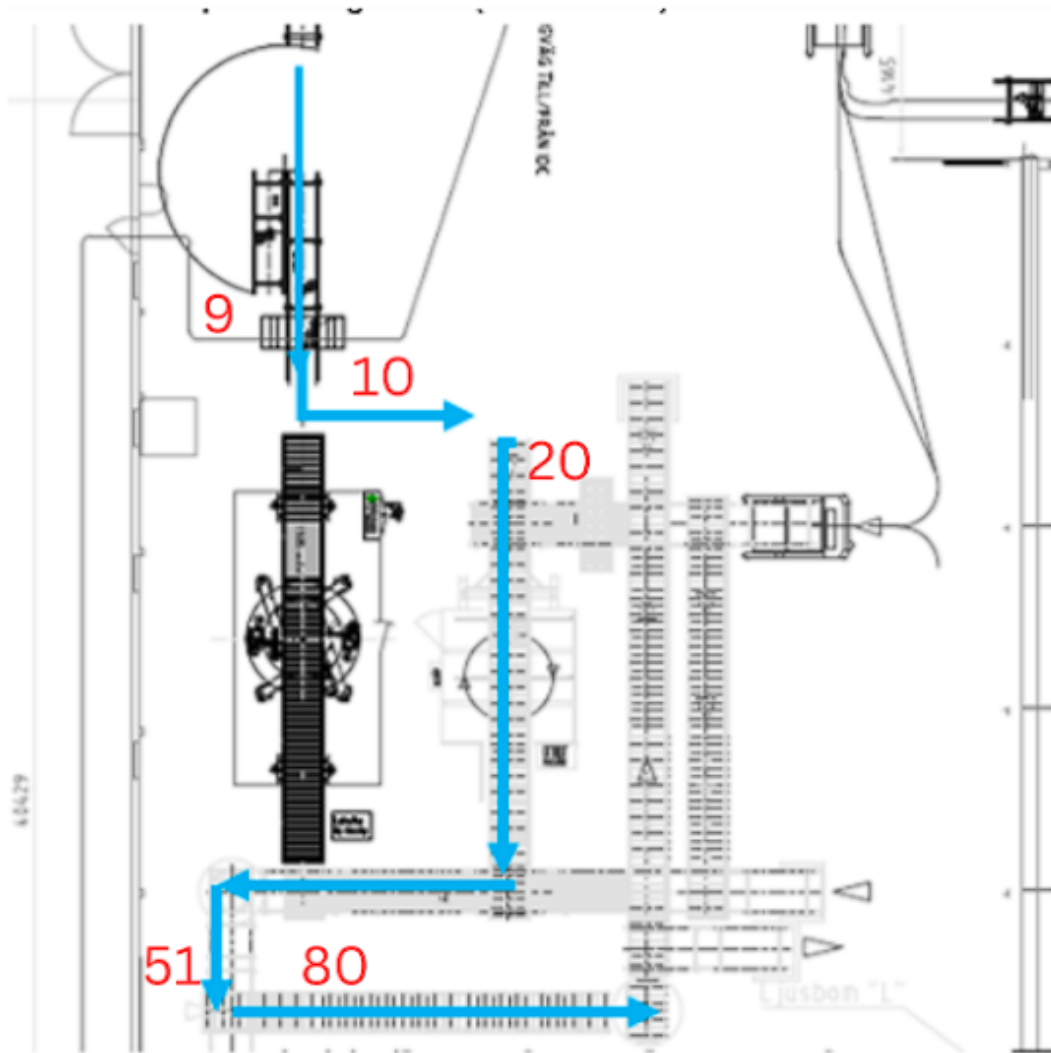


Fig. 9. Fabrikens flöde under nödkörningen.

Efter att pallen har nått position 20 transporteras den längs bana 2 och fortsätter mot inspektionsmaskinen vid position 51. Därefter skickas den till position 80 för manuell hantering.

För att få ett heltäckande grepp om arbetet krävs en detaljerad beskrivning av varje positions funktionalitet och drift. Position 9 som visas i figur 10 är den platsen där pallarna passerar efter att ha avslutat tillverknings steget. När pallarna befinner sig vid position 9 fungerar den som en väntestation. Här väntar pallarna på föras vidare till nästa bearbetningssteg. Kärnan i denna rutt ligger i att effektivt transportera pallarna till förpacknings området.

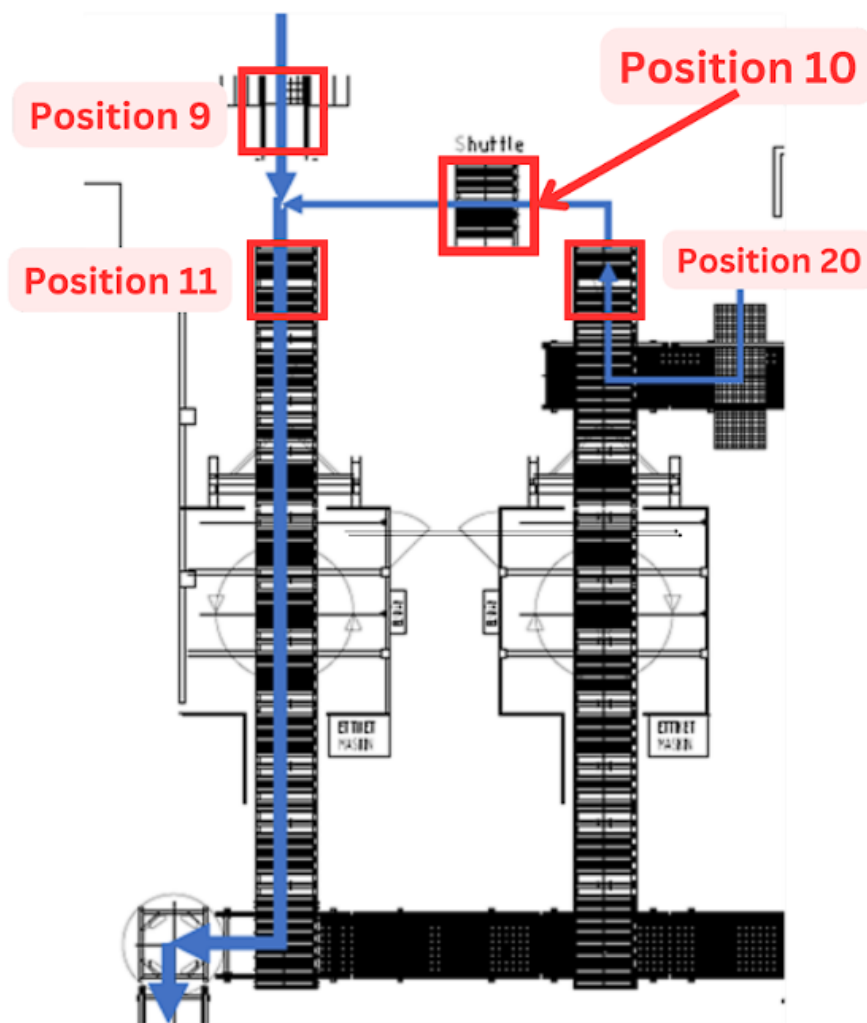


Fig. 10. Planritning för fabriken som framhäver positioner 9, 10, 11, och 20.

Position nr 10 “skyttel” fungerar som en automatiserad flyttvagn med det primära syftet att överföra pallar från position nr 9 till position nr 11. Dessutom tjänar den rollen att transportera gods från position 20 till position 11. Denna station spelar en central roll i det sömlösa pallflödet inom systemet. Efter att ha tagit emot pallarna från position nr 9, påbörjar position nr 10 sin rörelse för att snabbt transportera dessa föremål till position nr 11. På liknande sätt, när gods anländer från position 20, transporterar position nr 10 dem effektivt till sin destination vid position 11. Denna synkroniserade funktion av position nr 10 är integrerad i systemets övergripande drift, vilket säkerställer att gods överförs effektivt och exakt mellan positionerna.

För att skapa ett sömlöst flöde av varor inom systemet är det viktigt att undersöka processen pallflöde. Pallar som kommer från position nr 20 passerar genom hissen som har position nr 93 som visas i figuren 11 nedan.

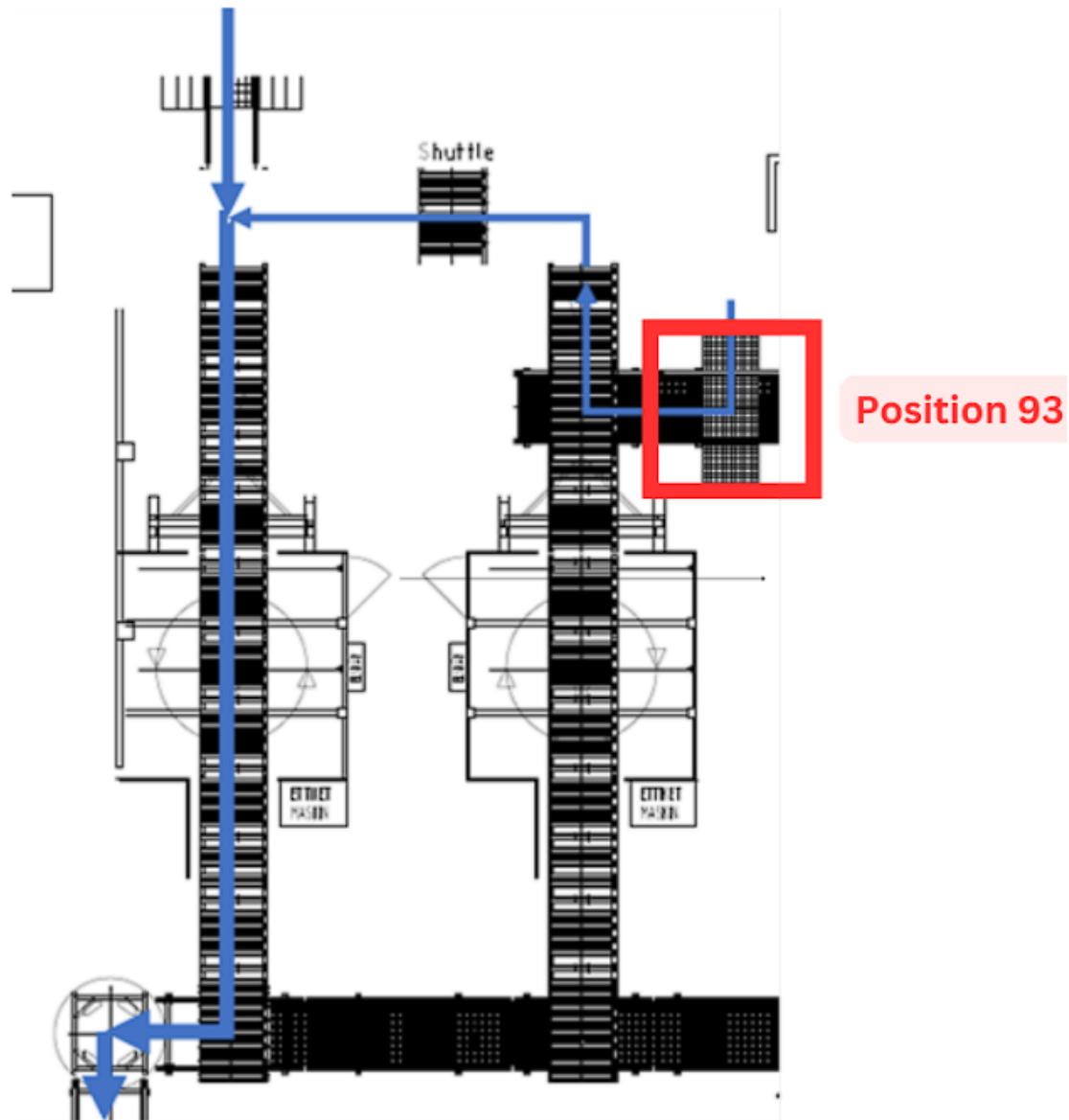


Fig. 11. Planritning för fabriken som framhäver positioner 93.

Noterbart är att denna hiss fungerar som en kanal för pallar som kommer från en annan tillverkningsavdelning jämfört med pallar som kommer till position nr 9. Följaktligen är en kritisk synkroniseringsprocess nödvändig för varorna som kommer från position nr 93. Denna synkronisering måste pågå under hela resan tills de slutligen anländer till sin avsedda destination, position nr 20. Detta säkerställer att varor från olika källor harmoniskt smälter in i systemet, upprätthålla effektivitet och precision i den logistiska processen.

Vid position nummer 13 har Svepare 1 placerats strategiskt inom förpackningsprocessen, som illustreras i figur 12. Dess huvudsakliga roll är att effektivt paketera

varorna och förbereda dem till nästa steg, som är position 17.

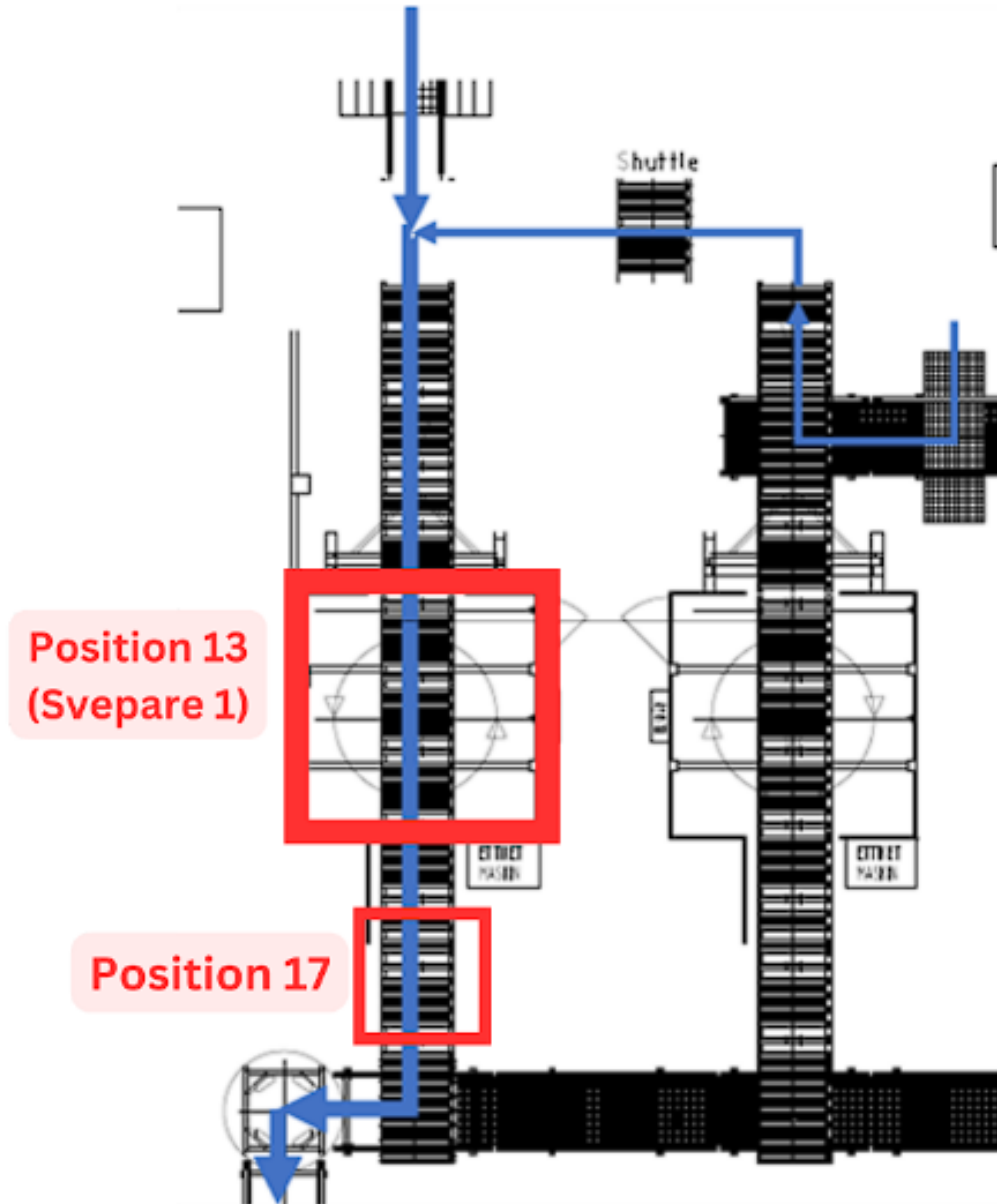


Fig. 12. Planritning för fabriken som framhäver positioner 13 och 17.

Position 17 inrymmer en etiketteringsmaskin som ansvarar för att sätta etiketter på pallar. I detta skede utfärdas en instruktion för pallarna att fortsätta till position nr 51, med passering genom positionerna nr 49 och 50 längs vägen.

Vid position 51 som visas i figur 13 är en inspektionsmaskin placerad för att verifiera att vikten och måtten håller företagets standard.

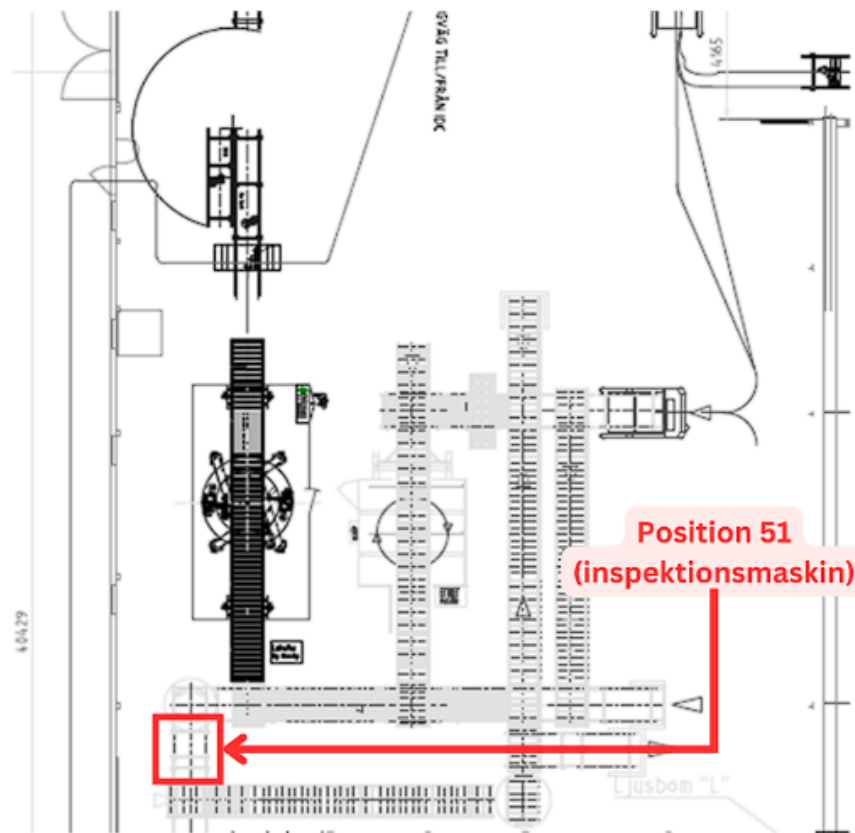


Fig. 13. Planritning för fabriken som framhäver position 51.

Denna noggranna kvalitetskontroll säkerställer att varorna uppfyller de angivna kriterierna innan den går vidare i processen. Om typ av varorna, höjd och bredd på pallarna stämmer överens med informationen på etiketten skickas de till antingen lagret eller lastområdet. Vid bristande överensstämmelse eller om etiketten inte kan läsas av inspektionsmaskin, leds godset till position nr 80, som fungerar som anvisningspunkt.

Position nr 80, 81, 82 och 83 som visas på figur 14 bildar en utsedd väg för insamling av dessa avvisade varor. Närhelst det finns en närvaro av avvisade varor i detta område skickas en signal omedelbart till den övervakande personalen på produktionslinjen. Deras roll är att manuellt inspektera och bestämma det efterföljande tillvägagångssättet för dessa varor.

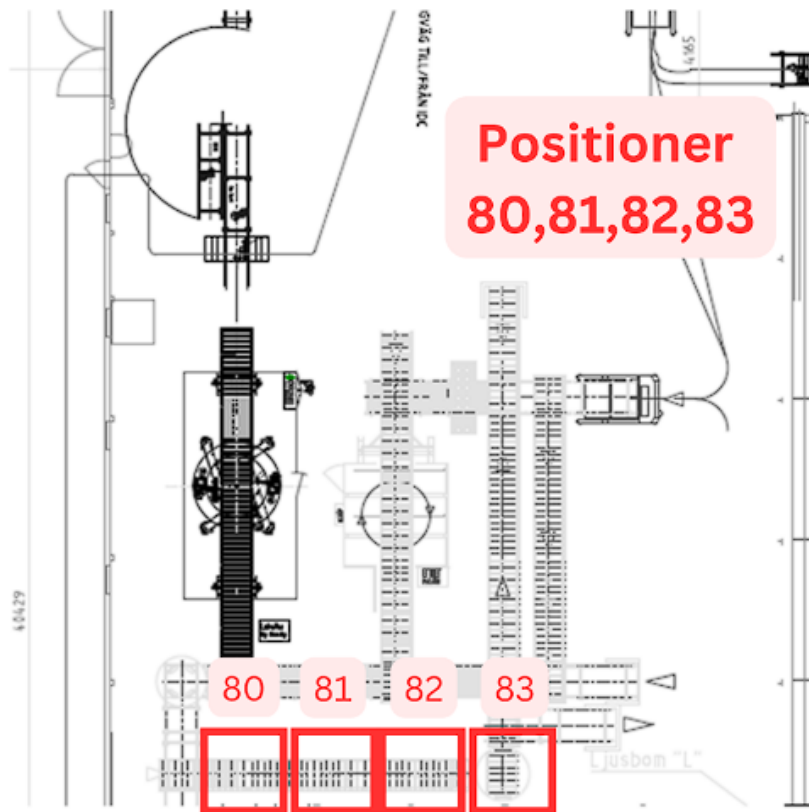


Fig. 14. Planritning för fabriken som framhäver positioner 80, 81, 82, och 83.

Det är absolut nödvändigt att notera att maximalt tre avvisade pallar är den tillåtna gränsen vid varje given tidpunkt. Om antalet avvisade pallar överstiger detta tröskelvärde utlöses ett automatiskt stopp, vilket gör att produktionslinjen stannar omedelbart.

Det är viktigt att notera att nödkörningen i detta fall är endast en temporär lösning, eftersom det faktiska behovet är att ha en fungerande svepare. Med en fungerande svepare kan operatörerna undvika manuell hantering av pallarna och spara tid.

4

Genomförande

Kraven som företaget ställde på projektet innefattade utvecklingen av en fungerande nödkörningssekvens som skulle säkerställa ett oavbrutet flöde vid eventuella fel som kunde uppstå med svepare 1. En lösning identifierades där flödet skulle kunna överföras från bana 1 till bana 2 genom användning av en skyttel. Skytteln skulle vara ansvarig för att flytta pallarna en och en till bana 2, varpå pallarna skulle skickas vidare till en manuell hantering för åtgärd.

Företagets kod sträckte sig bortom att enbart styra den specifika avdelningen som projektet fokuserade på, och inkluderade snarare koden för hela fabriken. Dessutom kunde tydliga spår av flera olika aktörers arbete ses i koden under olika tidpunkter. Denna situation är vanligt förekommande inom industrin, då uppdateringar och korrigeringar behöver göras för att möta de ökade kraven.

Dessutom existerade en tredje bana som visas i figuren 9, där pallar hade potential att dyka upp och ingå i flödet. Inträdet av färdigpaketerade pallar på den tredje banan innebär att de behöver vidarebefordras till nästa avdelning. Dessa pallar är redan ordentligt plastade, vilket innebär att de inte kräver ytterligare bearbetning innan de kan fortsätta sitt flöde. Det noterades att både flödet från bana 2 och bana 3 kommer att sammanföras på samma transportband under nödkörningen. Det blir därför av avgörande betydelse att systemet kan skilja mellan dessa två flöden för att säkerställa att pallarna riktas till rätt destination och inte hamnar felaktigt. En noggrann identifiering och separation av pallarna baserat på deras ursprungsbana blir således en väsentlig del av systemets funktionalitet.

Pallar från bana 3 som visas i figur 15 är redan förseglade och etiketterade, medan pallarna från bana 2 saknar etiketter under nödkörningen. Inspektionsmaskinerna är programvaruprogrammerade för att skilja mellan de paller som ska skickas till avvisningsområdet (position 80, 81, 82, 83) och de som ska fortsätta. Inspektionsmaskinen har förmågan att självständigt bestämma var pallarna ska skickas, och den kan tilldela en destination för pallarna efter inspektionen. Trots detta system ska inte vara beroende av inspektionsmaskinen för att undvika eventuella fel som

kan uppstå med den. Att förlita helt på maskinen skapar en sårbarhet i systemet. Om maskinen skulle misslyckas, skulle nödkörningen inte fungera, och det är något som vill undvikas.

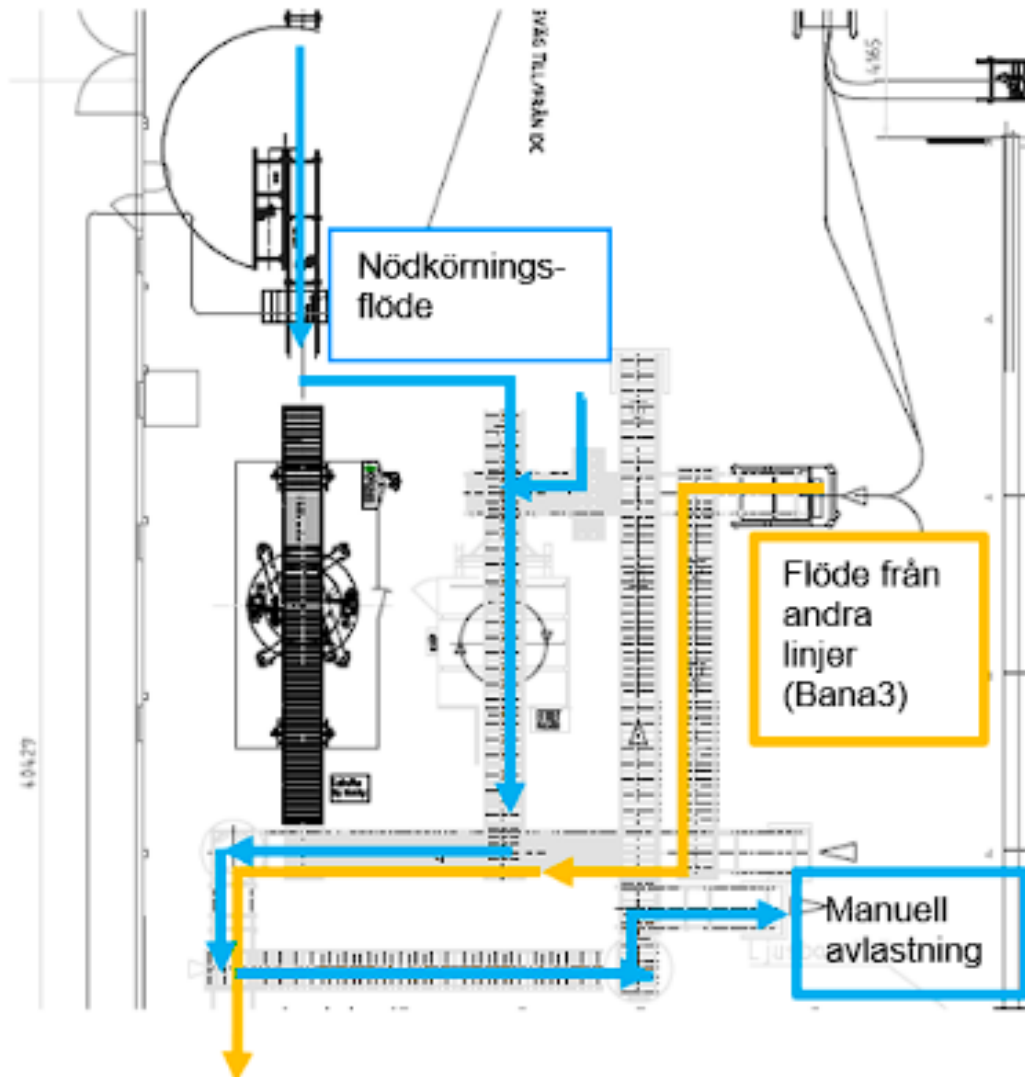


Fig. 15. Fabrik layout med flöde från bana 2 och 3

Efter att ha samlat in information från både operatörer och ingenjörer blev det tydligt att det var viktigt att prioritera pallarna från bana 2. Denna prioritering innebär att pallarna från bana 2 skulle dirigeras mot avvisningsområdet omedelbart. Detta krävde en justering av systemet för att säkerställa att pallarna från bana 2 inte blockerades av flödet från bana 3. Från början var funktionen som hanterar prioriteringar inställd på att prioritera flödet från bana 1. Men under nödkörningen behövdes detta ändras, så en kopia av funktionen skapades. Den modifierades sedan för att prioritera flödet från bana 2 när nödkörningen aktiverades. På detta

sätt anpassades och optimerades funktionen för att möta de specifika kraven under nödsituationer.

Efter att inspektionsmaskinen har genomfört sin skanning ställer den in en destinationsparameter för pallen. Antingen fortsätter pallen vidare i processen eller skickas den till avvisningsområdet som består av positioner 80, 81, 82 och 83 för vidare undersökning. Uppdraget var att systemet skulle förutse att pallarna skulle skickas till avvisningsområdet när nödkörningen aktiverades. I nödsituationer ska pallarna få sina destinationsparametrar innan de når inspektionsmaskinen, till skillnad från vanliga förhållanden där felaktiga pallar tilldelas en destination parameter efter att har nått inspektionsmaskinen. Pallar avvisas under nödkörning eftersom de varken är svepta eller har en etikett. Detta beror på att svepare 2 är ur drift eftersom det inte uppfyller företagens moderna standard.

För att lösa detta problem implementerades ett funktionblock som tillades i koden vid position 20. Funktionsblocket avvaktar signal från en sensor vid position 20. När sensorn aktiveras, sänds information om att pallen ska riktas mot avvisningsområdet. Denna information överförs sedan till olika positioner genom handskakningsmetoden. Position 20 representerar den första positionen i den andra banan där pallarna börjar köras vid en nödkörning.

Systemet tillåter skyttel att endast stoppa vid två angivna punkter, nämligen position 11 och position 20. Med tanke på skytteln primära funktion att pendla mellan dessa punkter, tar denna operation vanligtvis cirka 20 sekunder. Följaktligen måste en 20-sekunders fördröjning uthärdas innan nödkörningssekvens aktiveras. Därför gjordes en omfattande utvärdering av fordonets system och dess ingående komponenter. Målet var att optimera svar effektiviteten och utforska möjligheten att uppnå en omedelbar och direkt systemrespons. Undersökningen av fordonets operativa ram avslöjade en flerstegs och sekventiell process. Varje fel i något skede indikerade ett systemhaveri, vilket krävde manuell justering för att placera fordonet på en av de ovannämnda punkterna. Ytterligare undersökningar genomfördes för att undersöka möjligheten till systemuppdateringar i linje med det önskade målet, vilket är att minska fördröjningen på 20 sekunder. Men att skapa ett nytt system eller uppdatera det befintliga krävde kunskap om både de befintliga komponenterna och de som krävs, såsom sensorer och roterande pulsgivare. Vid granskning upptäcktes att fordonet saknade en roterande pulsgivare i sin konfiguration. Frånvaron av en roterande pulsgivare i fordonets design innebar att modifiering eller till och med byte av fordonet var nödvändigt. Efter avslutad studie lämnades en rapport om den aktuella statusen. Följaktligen togs beslutet att behålla den befintliga installationen utan uppdateringar av flera skäl. Även om detta val inte nämnvärt påverkar den övergripande säkerheten, påverkar det svar hastigheten. Ändå är förseningen på 20 sekunder relativt liten, med tanke på den ekonomiska och tidsinvestering som krävs för att skapa ett nytt fordon eller förbättra det befintliga.

För att hantera situationer där nödkörningsknappen på HMI aktiverades och sedan avaktiverades omedelbart implementerades en strategi. där nödkörningsknappen endast ska vara synlig på HMI när programvaran indikerade att det fanns ett fel med svepare 1. Detta gjorde att knappen inte var synlig i normala driftförhållanden. På så sätt minskas risken för att knappen oavsiktligt skulle tryckas på när det inte behövdes. Dessutom gjordes det möjligt att återställa knappen när problemet med svepare 1 hade åtgärdats. Detta innebar att knappen kunde återgå till sitt normala läge och endast vara tillgänglig vid behov. Genom att implementera denna lösning säkerställdes att nödkörningsknappen var synlig och tillgänglig endast vid felindikationer, samtidigt som risken för oavsiktlig aktivering minimerades i normal drift.

För att underlätta för operatörerna har en symbol för en knapp lagts till i kretsschemat. Ett kretsschema är en visuell representation av en elektrisk krets som använder symboler för att visa komponenterna och anslutningarna i kretsen. Det hjälper ingenjörer och tekniker att förstå och arbeta med kretsens struktur och funktion[6]. Knappen är placerad på kretsschemat så att tekniker kan installera den fysiska knapp när de vill. Fysiska komponenterna är de faktiska, konkreta delarna av en apparat eller maskin och kan ses och vidröras.

Syftet med denna knapp är att effektivisera och förenkla deras arbetsprocess. Knappen har strategiskt placerats på en lättåtkomlig plats, vilket gör att operatörerna snabbt och bekvämt kan använda den utan att behöva avbryta sina pågående uppgifter eller förflyttningar. Genom att införa denna förbättring i kopplingsschemat kommer det att skapas en smidigare och mer användarvänlig arbetsmiljö för operatörerna, vilket i sin tur leder till ökad produktivitet och effektivitet.

Pallar som transporteras till avvisningsområdet under nödkörningen kommer att hanteras manuellt av operatörer. Dessa operatörer kommer att förflytta pallarna med hjälp av en gaffeltruck till en annan avdelning i fabriken för förpackning.

5

Resultat och diskussion

Efter att ha implementerat en fungerande nödkörningssekvens för företaget har det säkerställts att produktionen inte avbryts vid fel på svepare 1. Detta innebär att konsekvenserna av produktionsstopp undviks. Nödkörningen är endast en temporär lösning, eftersom det faktiska behovet är att ha två fungerande svepare. Fördelen med två svepare är att operatörerna undvika manuell hantering av pallarna och spara tid. Dock kan kostnaden för att beställa en extra svepare vara betydande, och detta blir ett beslut som företaget måste fatta baserat på sina resurser och prioriteringar.

Det är utmanande att hitta information om nödkörningssekvenser eftersom dokumentationen sällan är tillgänglig för allmänheten, eftersom den ingår i fabriken proprietära kod som inte är offentligt tillgänglig. De flesta studier och forskning fokuserar på nödstoppsekvenser snarare än nödkörning. Trots detta är principen bakom nödkörningssekvenser densamma: om det uppstår ett problem eller en olycka ska nödkörningen aktiveras på ett sätt som undviker personskador, stopp i produktionsflödet och liknande.

Burström och Augustin beskriver sin nödkörningssekvens på följande sätt: “Nödkörningfunktionen ska ENDAST användas om någon gränslägesbrytare har aktiverats. I ett sådant fall går motorerna bara att backa (köra i motsatt riktning) från den aktiverade gränslägesbrytaren.”[2]. Det blir tydligt att båda nödkörningssekvenserna väntar på en felindikation för att sedan implementera de åtgärder som krävs. Ingen information kommer att ges om maskindirektivet i denna uppsats.

I detta projekt valdes FBD (Function Block Diagram) som programmeringsmetod för att implementera nödkörningssekvensen. Valet att använda FBD baserades på företagets befintliga standarder och infrastruktur, där alla funktioner bygger på FBD. Genom att använda FBD kunde nödkörningssekvensen integreras smidigt med den befintliga funktionaliteten och underhållet i fabriken. Det är värt att notera att andra studier [2] har använt Ladder och SFC (Sequential Function Chart) för att implementera nödkörningssekvenser. Dock valdes FBD i detta projekt på grund av

dess fördelar inom fabriken kontext. SFC kan vara mindre flexibelt när det gäller hantering av icke-sekventiella händelser och komplexa logiska funktioner.

Genom att utnyttja fördelarna med FBD och företagets befintliga standarder kunde nödkörningssekvensen snabbt implementeras och integreras med den befintliga systemarkitekturen. Detta bidrog till att säkerställa en smidig och effektiv drift utan att kompromissa med säkerheten och produktiviteten i fabriken. Valet av FBD som programmeringsmetod visade sig vara lämpligt för att uppnå önskade resultat och möta företagets specifika behov och krav.

Företaget har möjligheten att utvidga implementeringen av nödkörningssekvensen genom att applicera den på fler platser och avdelningar i fabriken. För närvarande är nödkörningssekvensen endast implementerad i den avdelning som beskrivs i projektet, men det finns potential att införa den i olika produktionsfaser. Principen för nödkörningssekvenser är i stort sett densamma över olika avdelningar, vilket möjliggör en enhetlig tillämpning. Det är fördelaktigt att implementera denna sekvens i olika delar av produktionen, särskilt med tanke på att principen för nödkörningssekvenser är generell. Om något går fel krävs program som specificerar vilka åtgärder som ska vidtas och hur dessa åtgärder ska genomföras. Detta kan implementeras vid olika produktionsstadier, vilket säkerställer att om en maskin eller en del av produktionen stöter på problem, kommer nödvändiga åtgärder automatiskt att initieras för att hantera situationen. Detta ökar effektiviteten och säkerheten i hela produktionsprocessen.

Enligt Arbetsmiljöverket ska styrsystemet uppfylla specifika krav. Ett av grundkraven är att styrsystemet ska utformas så att riskfyllda situationer inte uppstår. Dessutom bör maskiner som styrs av systemet inte starta oväntat, och mänskliga fel vid drift av kontrollsystemet bör inte leda till potentiellt farliga situationer.

Projektet uppfyller dessa krav eftersom nödkörningssekvensen bidrar till en säker arbetsmiljö. För att minska risken för oavsiktlig systemstart och förhindra mänskliga fel, implementeras HMI-knappar. Denna knapp är endast aktiv om det finns ett fel i anslutningen till Sweeper 1 och inte är synlig under normala omständigheter.

Det finns ekonomiska fördelar med att överväga innan man investerar i en ny svepparparat. Istället för att investera i en helt ny sveppare, vilket kan vara resurskrävande, finns det ett alternativ som är betydligt mer kostnadseffektivt. Frågan som måste besvaras är om det är lönsamt på lång sikt att investera i en ny sveppare. Utifrån observationer och information från företaget framgår det att den befintliga svepparen är mycket robust och har fungerat utan problem sedan den togs i bruk 2020.

Problemet är att cirka 50 procent av företagets produktion passerar genom svepparen, men den klarar ändå av arbetsbelastningen utan förseningar. För att bedöma om

det är fördelaktigt att investera i en ytterligare svepare måste vi ta hänsyn till dess funktion. Om den andra sveparen endast aktiveras vid fel på den första sveparen, och den första sveparen klarar arbetsbelastningen själv, skulle det inte rekommenderas att investera i en ny svepare. Men om företaget skulle besluta sig för att öka sin produktion skulle det vara lönsamt att investera i en ny svepare. Detta skulle dock kräva en djupare utredning från företagets sida. Det handlar inte bara om att montera en ny svepare, utan det kräver också nya maskiner som kan möjliggöra fördubblingen av produktionen. Det skulle innebära att anställa mer personal, utbildning av tekniker, och möjligen en utökning av produktionsbanor för att hantera den ökade volymen av pallar.

5.1 Hållbarhetsaspekter

Hållbarhetsaspekten i detta projekt kan indelas i tre olika grenar: den sociala, ekonomiska och miljömässiga aspekten. Den sociala delen av projektet, där implementeringen av en nödkörningssekvens syftar till att förbättra arbetsmiljön och säkerheten för operatörerna. En av de mest påtagliga sociala fördelarna med nödkörningssekvensen är skapandet av en tryggare arbetsmiljö. Genom att ge operatörer möjligheten att aktivera nödkörningssekvensen vid behov minskas risken för olyckor och farliga situationer. Operatörerna kan agera snabbt och effektivt i en nödsituation, vilket i sin tur minimerar stressnivåerna och ökar den övergripande säkerheten på arbetsplatsen.

Detta kan också minska risken för psykiska skador och oro bland operatörerna, vilket i sin tur kan öka deras arbetsprestation och välbefinnande. Det viktigt att notera att arbetsrelaterad stress utgör en påverkande faktor på arbetsplatsen. Tidigare forskning har dokumenterat de höga kostnaderna och effekterna av arbetsrelaterad stress på företag och organisationer [15]. Årligen går miljontals arbetsdagar förlorade på grund av stressrelaterad frånvaro, vilket resulterar i negativa konsekvenser för produktiviteten och ekonomin [15]. Denna stress kan även medföra höga kostnader för organisationer, inklusive sjukfrånvaro, minskad produktivitet, arbetsplatsolycksfall, sjukförsäkring och direkt medicinska kostnader [16].

Genom att erbjuda anställda möjligheten att agera och hantera oväntade situationer i produktionslinjen förväntas stressens påverkan minska, vilket i sin tur minskar de negativa konsekvenser som tidigare studier har påpekat. Det är viktigt att notera att genom att minska arbetsrelaterad stress kan anställdas välbefinnande förbättras och en mer effektiv arbetsmiljö kan uppnås.

Nödkörningssekvensen utgör en hållbar lösning som minimalt påverkar miljön i jämförelse med alternativa åtgärder. Detta beror på att dess huvudsakliga påverkan är begränsad till mjukvaruaspekten, och den undviker de betydande miljömässiga konsekvenser som kan uppstå vid inköp och användning av en ny svepare. För det första, när företaget väljer att genomföra en nödkörningssekvens, är den mest märk-

bara effekten på miljön begränsad till de elektroniska och programvarurelaterade komponenterna. Detta innebär minimal eller inget utsläpp av föroreningar i atmosfären, inga uttag av naturresurser för att bygga en ny svepare och inget behov av att transportera en ny maskin till företagets plats.

Därmed minimeras koldioxidutsläpp och andra skadliga utsläpp som är förknippade med tillverkningsprocessen och transporten av nya maskiner. Å andra sidan skulle alternativet att beställa en ny svepare medföra en betydligt större negativ påverkan på miljön. Tillverkningsprocessen för svepare involverar vanligtvis användning av energi, råmaterial och kemikalier som kan resultera i luft- och vattenföroreningar. Dessutom skulle transporten av den nya maskinen kräva bränsle och resurser, vilket ytterligare skulle öka de skadliga utsläppen. Dessutom innebär avyttringen av den gamla sveparen vanligtvis problem med avfallshantering och kan också medföra miljömässiga konsekvenser om den inte återvinnas eller avyttras på ett ansvarsfullt sätt.

Källor

- [1] D. Caro, Automation Network Selection - A Reference Manual , Third Edition. International Society of Automation (ISA), 2016.
- [2] A. Burström, U. Augustin, “Omkonstruktion av svetslägesställare,” Luleå tekniska universitet, 2004.
- [3] P.Loborg, Error Recovery in Automation-An Overview, Linköping, 1994
- [4] J. M. Flaus, Cybersecurity of Industrial Systems. John Wiley och Sons, 2019.
- [5] H. Fazlollahtabar, M. Saidi-Mehrabad, Autonomous Guided Vehicles : Methods and Models for Optimal Path Planning, Springer cham, 2016.
- [6] S. Gibilisco, Beginner’s guide to reading schematics. New York: Mcgraw Hill Education, 2018.
- [7] D. M. Considine, G. K. McMillan, Process industrial instruments and controls handbook, New York, 1999.
- [8] J. G. Webster, The Measurement, Instrumentation and Sensors, CRC Press, 1999.
- [9] “Labeler,” Bluhm Systeme GmbH. [Online]. Tillgänglig: <https://www.weber-marking.com/glossary/labeler.html>. [Hämtad: 09-Aug-2023].
- [10] “Labeling machinery,” Iqsdirectory.com. [Online]. Tillgänglig: <https://www.iqsdirectory.com/articles/labeling-machinery.html>. [Hämtad: 10-Aug-2023].

- [11] “Automatic Labeling Machine Features and their Functions,” bhagwatilabeling, 16-Nov-2022. [Online]. Tillgänglig: <https://www.bhagwatilabeling.com/automatic-labeling-machine-features-their-functions/>. [Hämtad: 12-Aug-2023].
- [12] J. Windsor, “Data capturing of outgoing goods,” Vitronic.com. [Online]. Tillgänglig: <https://www.vitronic.com/en-us/logistics/order-picking-and-outgoing-goods-inspection>. [Hämtad: 10-Sep-2023].
- [13] “What is machine inspection?,” Advanced Technology Services. [Online]. Tillgänglig: <https://www.advancedtech.com/blog/industrial-machine-inspection/>. [Hämtad: 11-Sep-2023].
- [14] “Quality management: 9 important functions of inspection that matter,” Qualityze Inc. [Online]. Tillgänglig: <https://www.qualityze.com/blogs/9-important-functions-of-inspection-in-quality-management>. [Hämtad: 11-Sep-2023].
- [15] C. Cooper, Identifying Workplace Stress, New Solutions, 1994.
- [16] T. Theorell, R. A. Karasek, P. Eneroth, Job strain variations in relation to plasma testosterone fluctuations in working men, 1990.
- [17] “Maskinsäkerhet och maskindirektivet,” Svenska institutet för standarder, SIS. [Online].
Tillgänglig: <https://www.sis.se/konstruktionochillverkning/maskinskerhet/>. [Hämtad: 29-Nov-2023].
- [18] “EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 98/37/EG av den 22 juni 1998 om tillnärming av medlemsstaternas lagstiftning om maskiner (EGT L 207, 23.7.1998, s. 1)” Europa.eu, 1998. [Online]. Tillgänglig: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:01998L0037-19981207>. [Hämtad: 29-Nov-2023].
- [19] “EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2006/42/EG av den 17 maj 2006 om maskiner och om ändring av direktiv 95/16/EG (om arbetning),” Europa.eu. [Online]. Tillgänglig: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042>. [Hämtad: 29-Nov-2023].
- [20]]“Maskiner (som släppts ut på marknaden efter 29 dec 2009) (AFS 2008:3), före-

skrift,” Wwww.av.se. [Online]. Tillgänglig: <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/maskiner-som-slappts-ut-pa-marknaden-efter-29-dec-2009-afs-20083-foreskrift/>. [Hämtad: 29-Nov-2023].

[21]]“Roboten,” Tekniska museet, 25-Sep-2019. [Online]. Tillgänglig: <https://www.tekniskamuseet.se/lar-dig-mer/100-innovationer/roboten/>. [Hämtad: 09-Dec-2023].

INSTITUTIONEN FÖR Elektroteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige
www.chalmers.se



CHALMERS