

Praktikrapport NGI A/S



Forfatter:

Andreas Vinther Olesen

Studienr. 20224438

MEKANIK OG PRODUKTION

AALBORG UNIVERSITET

12. MAJ 2025

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1	Virksomhedsbeskrivelse	1
1.1	Organisation og arbejdsområder	1
Kapitel 2	Problemanalyse	3
2.1	Indledende Problemformulering	3
2.2	MiR100	3
2.3	Problemer med MiR100 robotten	3
2.4	Mapping	4
2.5	Zoner	5
2.6	Positioner og markører	6
2.7	Missioner	6
2.8	Sikkerhedslaserscannere	7
2.9	Navigation	7
2.10	Persondetekteringstest	8
Kapitel 3	Kravsifikation og Problemformulering	9
Kapitel 4	Løsning	11
4.1	Persondetekteringstest	11
4.2	Mapping og mission af opdelt rute	14
4.3	Mapping af kontinuert rute	15
4.4	Mapping og mission af kontinuert rute med rå kort	17
4.5	Opladning af robot	18
4.6	Tidsstudie	19
4.7	Omkobling af kredsløb fra dockingstation	22
4.8	Batteritest	26
4.9	Kontinuitetstest	27
Kapitel 5	Konklusion	28
Kapitel 6	Fagligt, arbejdsmæssigt og socialt udbytte	29

Litteratur	31
Kapitel 7 Bilag	32
7.1 Payload Specifications	32
7.2 Skridsikkert underlag	33
7.3 Bur til robot	33
7.4 Køb og påsætning af nye drivewheels	34

Virksomhedsbeskrivelse

1

1.1 Organisation og arbejdsområder

NGI A/S er en virksomhed der ligger i Nørresundby hvor der produceres komponenter til fødevare-, medicinal- og maskinindustrien. Komponenterne til især fødevare- og medicinalindustrien har højere krav om hygiejne og derfor er NGI komponenter certificeret i henhold til 3-A hygiejne standard 88-00 og EHEDG hygiejne standard TYPE EL-CLASS 1. Derudover vægtes kompatibilitet og fleksibilitet højt hos NGI. Kompatibiliteten sikrer at produkter såsom maskinsko, lejhuse og hjul kan integreres problemfrit i eksisterende produktioner. Fleksibiliteten træder i kraft med udviklingen af specialdesignede komponenter hvis standardløsningerne ikke opfylder kundens behov.

Det kan være at kunden skal bruge en hygiejne certificeret maskinsko, (se figur 1.1) i en størrelse som ikke indgår i standardløsningerne. Sælgerne tager kontakt til kunden og finder ud af hvilke specifikationer kunden har til maskinskoen. Herefter sendes kravspecifikationen til indbakken i teknisk afdeling. Maskinskoen tilpasses kundens behov ved for eksempel at ændre diameteren på gevindstangen. Når teknisk afdeling er færdig med at designe maskinskoen sendes ordren ud i produktionen.



Figur 1.1. Certificeret Hygiejnisk Maskinsko XH105-M36. [NGI]

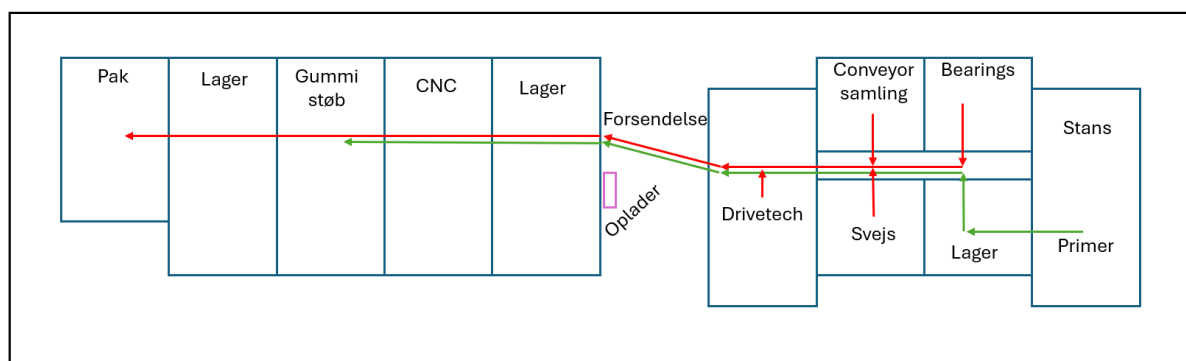
Ved produktionen af maskinsko starter bunden af maskinskoen i stans afdelingen. Et rundt emne med hul i midten, standses og presses til en skål. Skålen transporteres til primer-afdelingen hvor skålen lakeres med en overfladebehandling der muliggør at gummi kan binde sig til den. Når den lakerede skål er tør, transporteres den ned til gummi støbe-afdelingen hvilket ses, som den grønne pil på figur 1.2. I skålen støbes en bund af vulkaniseret gummi som sikrer en vibrationsdæmpende skridsikker fod til maskinskoen. I gummiet indsættes der et kugleled, hvor gevindstangen kan fastsættes. Kugleleddet muliggøre

at gevindstangens hældning kan ændres, hvilket sørger for at maskinskoen står plant på gulvet. Når gummiot er støbt i skålen transporteres den til pakke-afdelingen.

Gevindstangen fræses i CNC-afdelingen ud fra en solid stang. Gevindstangen har en kugleformet bund der muliggøre at den kan fastsættes i kugleleddet. Når gevindstangen er færdig transporteres den også til pakke-afdelingen.

Den sidste del af en hygiejnisk maskinsko er det hygiejniske hylster der beskytter gevindet for snavs og andet. Dette hylster samles i bearings-afdelingen og transporteres til pakke-afdelingen. Her samles maskinskoen og sendes ud til kunden.

I dette eksempel for maskinskoen skal der bruges lang tid på at fragte komponenter og materialer frem og tilbage mellem afdelingerne. Det samme er tilfældet med de fleste andre komponenter som NGI producerer. Denne tid kunne være brugt mere effektivt andre steder.



Figur 1.2. Layout over robotens rute igennem produktionen

Derfor implementeres der en MiR100 robot hvis opgave er at automatisere transporten af komponenter fra bearings-afdelingen og ned til pakkeafdelingen, ved hjælp af den afmærkede røde rute der kan ses på figur 1.2. Komponenterne som robotten skal fragte indebærer alt fra bolte og møtrikker til hygiejniske lejehuse. Efter afleveringen af komponenter i pakke-afdelingen skal den have tomme kasser med tilbage igen til bearings-afdelingen.

Problemanalyse 2

2.1 Indledende Problemformulering

Hvordan implementeres MiR100 robotten til effektivt og sikkert at fragte komponenter fra bearings- til pakkeafdelingen, og retur?

2.2 MiR100

MiR100 robotten er en del af "Mobile industrial Robots" autonome mobile robotter (AMR). Tallet 100 i MiR100 beskriver robottens løftekapacitet på 100 kg, hvilket gør den til den mindste AMR fra MiR. MiR100 robotten er designet til sikkert samarbejde med mennesker og undgåelse af forhindringer hvilket den opnår med et 360 graders sikkerhedsfelt. Robotterne er skalerbare, hvilket vil sige at der er nemt at tilføje flere MiR robotter til en "fleet". Når de er en del af samme flåde snakker de sammen med hinanden og kan derfor planlægge ruterne så der ikke fremkommer trafikprop. Robotterne er fleksible i forhold til arbejdsopgaver eftersom de kan tilpasses med forskellige topmoduler. Der er moduler såsom en krog til at flytte bure eller et hæve-sænkemodul der bruges til autonom af- og pålæsning.[MiR]

2.3 Problemer med MiR100 robotten

Inden dette projekt begyndte havde MiR100 robotten stået stille i et par år. Dette forsagede at der var lidt problemer ved opstart af robotten. Lithium batteriet på robotten var dødt efter at have stået stille for lang tid uden opladning. Dette blev skiftet til et nyt lithium batteri og efterfølgende var der strøm til robotten.

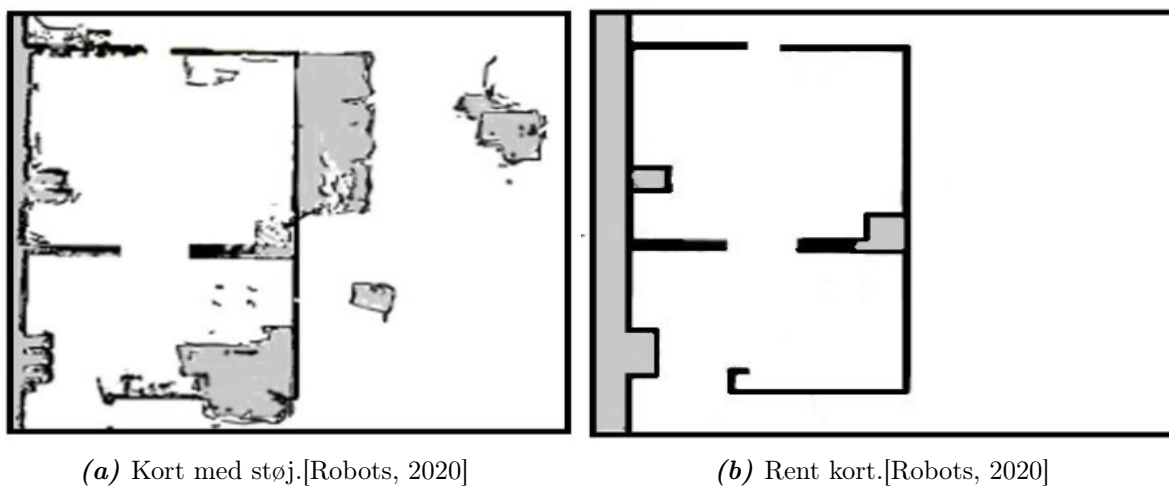
Ved forsøg af opstart af robotten viste motorcontrolleren en fejlkode om en kortslutning. Alle forbindelserne der gik ind og ud af motorcontrolleren blev testet og der blev ikke fundet nogle kortslutninger.

Motorcontrolleren blev afmonteret og monteret igen. Herefter gav den en fejlkode om lav inputspænding. MiR's tekniske support mente at motorcontrolleren højst sandsynligt var gået

i stykker. Som et sidste forsøg på at fikse den blev den afmonteret, skilt ad og rengjort indeni. Efter den blev monteret igen virkede den fint og MiR100 robotten var køreklar.

2.4 Mapping

Før at MiR100 robotten kan navigere rundt i arbejdsmiljøet skal det scannes først. Når robotten kører rundt og scanner kaldes det for mapping. Alle fysiske forhindringer som detekteres på kortet optages som vægge. De forhindringer som ikke er vægge, kan fjernes bagefter under redigeringen. I redigeringen fjernes også andet støj eftersom robotten navigere bedst i et rent kort (se figur 2.1).[Robots, 2020]



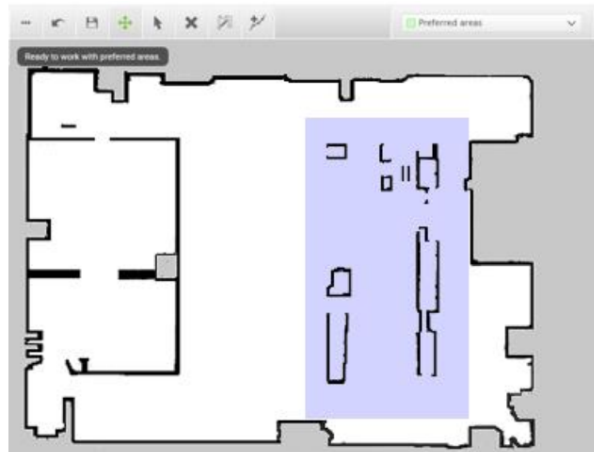
Figur 2.1. Kort med støj til venstre og det rene kort til højre.

På kortene i figur 2.1 er væggene slettet der hvor dynamiske forhindringer har stået, såsom vogne mm. De grå områder på kortet er steder hvor robotten tror den ikke kan køre fordi der har stået nogle forhindringer under mapping processen. Eftersom dynamiske forhindringer ikke altid vil stå der, fjernes de tilhørende grå områder. Til sidst er væggene tegnet op med en solid tyk streg så robotten har nemmere ved at opfange dem.[Robots, 2020]

2.5 Zoner

Ved at tilføje zoner til kortet kan robotens navigering og køreadfærd forbedres.

I et meget dynamisk område hvor paller og vogne hyppigt flyttes frem og tilbage kan det være en god ide at tilføje en uønsket- eller forbudt zone for robotten, hvilket ses på figur 2.2. Ved at tilføje en uønsket- eller forbudt zone planlægger robotten sin rute udenom zonen, og undgår derfor at holde stille derinde på grund af for meget trafik. Forskellen på en uønsket- og forbudt zone er at robotten godt kan ændre sin rute til at gå igennem den uønskede zone hvis der holder noget i vejen på den planlagte rute. I en forbudt zone kører robotten ikke derind og venter derfor i stedet for på den planlagte rute indtil forhindringen er fjernet.[Robots, 2020]



Figur 2.2. Uønsket zone (blå) på kortet.[Robots, 2020]

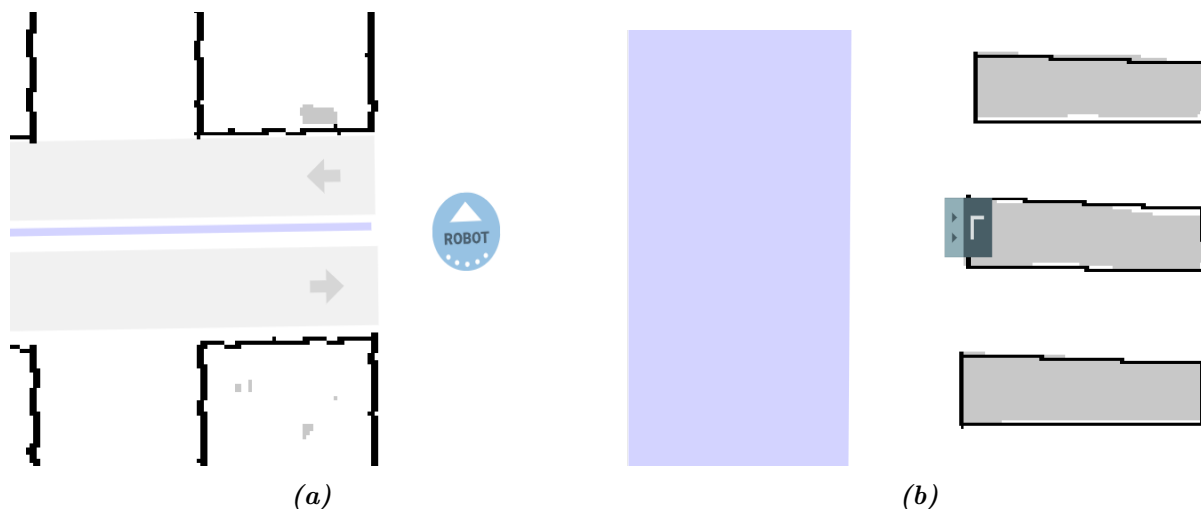


Figur 2.3. Retningsbestemte baner med en forbudt zone (rød) i midten.[Robots, 2020]

En anden zone der kan tilføjes for at forbedre køreadfærd er retningsbestemte baner. Disse baner bruges til at bestemme hvilken retning som robotten skal køre på en bestemt bane. Det kan være smart hvis robotten skal køre sammen med andet trafik såsom andre robotter eller stablere. Dermed sørger man for at alt trafikken holder til højre, hvilket mindsker chancen for at robotten stopper fordi der er trafik for tæt på. Der kan tilføjes en uønsket- eller forbudt zone i midten af banerne for at bestemme om robotterne må krydse over, for at undgå en forhindring på den planlagte rute.[Robots, 2020]

2.6 Positioner og markører

Positioner og markører bruges til at fortælle robotten hvor den skal køre hen. Positioner er koordinater på kortet i modsætning til markører som er fysiske steder såsom en reol eller væg.



Figur 2.4. Position bestående af koordinater til venstre og en L-markør på højre side ved reolen.

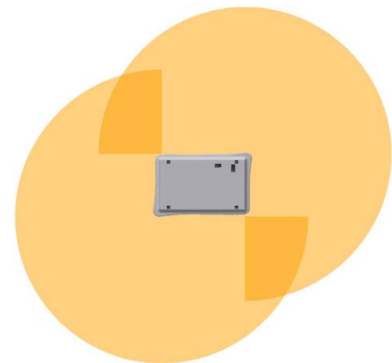
På figur 2.4 ses der en position til venstre og en markør til højre. Positionerne består af koordinater og bruges når robotten skal køre hen til et punkt. Markører bruges derimod når robotten skal positioneres præcist i forhold til noget fysisk såsom en reol i forbindelse med f.eks. en af- og pålæsning. Der er flere forskellige markører der kan bruges alt efter hvordan robotten skal positioneres i forhold til det fysiske sted.[Robots, 2020]

2.7 Missioner

Missioner bruges til at fortælle hvad robotten skal gøre og i hvilken rækkefølge det skal ske. Missioner opbygges af forskellige handlinger som køre-handlinger, docking-handlinger, hastighedsbegrænsninger og andre. Missioner kan også indgå i andre missioner. For eksempel "kør til punkt A", "udfør mission nr. 1", "kør til punkt B". Når der laves missioner er det en god ide at overveje hvilke fejl der kan forekomme under missionen og hvordan robotten skal reagere hvis fejlen forekommer. Det kunne være i dynamiske områder med meget trafik. Her kunne det være fordelagtigt at robotten ikke planlægger en ny rute hvis der er forhindringer i vejen. Her kan robotten blive bedt om at vente på at forhindringen bliver flyttet hvorefter robotten kan fortsætte sin rute.[Robots, 2020]

2.8 Sikkerhedslaserscannere

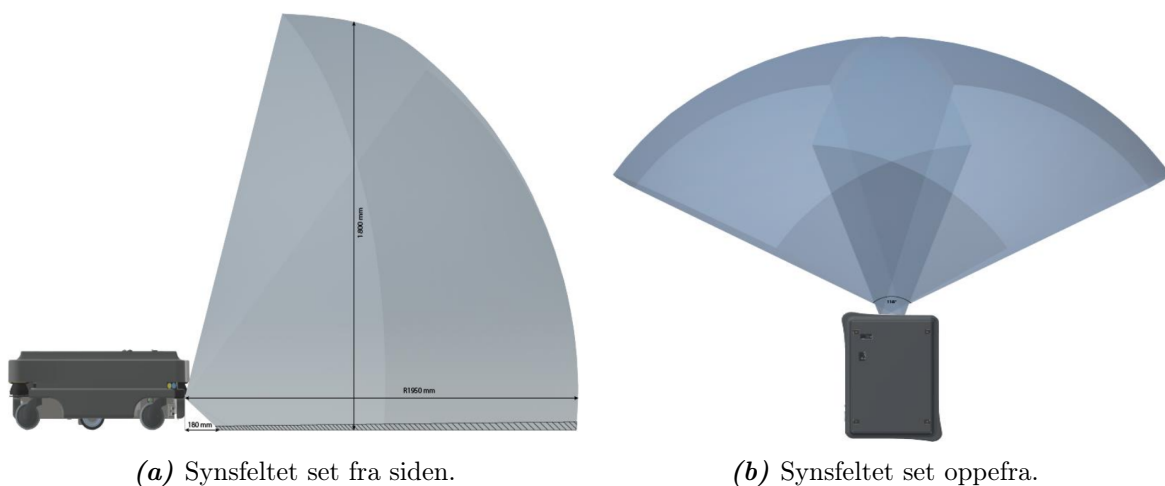
Robotten er udstyret med to SICK S300 safety laser scannere, som tilsammen dækker et sikkerhedsfelt på 360° , hvilket er illustreret på figur 2.5. Sikkerhedslaserscannerne har nogle begrænsninger med ikke at kunne detektere og navigere efter transparente og refleksive overflader. Sikkerhedslaserscannerne har også en begrænsning hvor de ikke kan se forhindringer der er under en højde af 200 mm fra gulvet. For at imødekomme dette er der blevet påsat et sikkerhedskamera ovenpå robotten. Dette kamera er vinklet nedad, så det kan se nede foran robotten og detektere de lave forhindringer som S300 scannerne ikke kan opfange.[Robots, 2020]



Figur 2.5. Sikkerhedsfeltet rundt om robotten illustreret, hvor hver scanner dækker et felt på 270° .

2.9 Navigation

Til at navigere med bruger robotten to 3D-kameraer der er placeret foran på robotten. Disse kameraer er ikke en del af robottens sikkerhedssystem og derfor kun brugt til navigation.



Figur 2.6. Illustration over synsfelterne for de to 3D-kameraer

På figur 2.6 kan synsfeltet ses for de to 3D-kameraer der sidder foran på robotten. Tilsammen kan kameraerne se fremad med en afstand på 1950 mm og vertikalt opad med en afstand på 1800 mm. De dækker også en horisontal synsvinkel på 118° . [Robots, 2020]

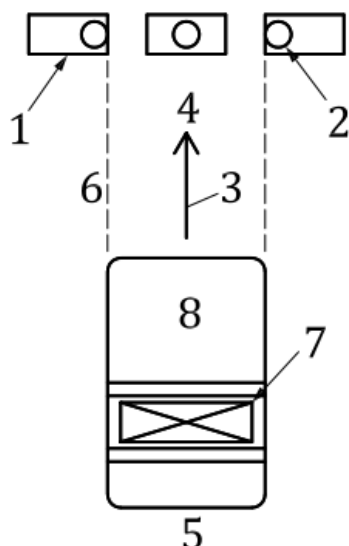
2.10 Persondetekteringstest

Dette afsnit er skrevet ud fra ISO 3691-4:2023, hvilket omhandler førerløse industritrucks og dertilhørende systemer.[DS]

For at sikre at robotten ikke kører ind i personer foretages der en persondetekteringstest. Testen er opdelt i en del A og en del B og skal foretages med en last på 110 % af den oplyste løftekapacitet.

Test A sørger for at robotten ikke kører ind i personer, der er placeret horisontalt på gulvet vinkelret i forhold til robottens køreretning. Dette testes med en cylinder på en diameter på 200 mm og en højde på 600 mm. Testen skal foretages tre gange hvor cylinderen er placeret til venstre, i midten og til højre i robottens kørebane hvilket er illustreret på figur 2.7. For at robotten har bestået test A skal den stoppe inden der er kontakt mellem den og cylinderen.[DS]

Test B bruges for at sikre at robotten ikke kører ind i personer der står vertikalt foran den. Der bruges en cylinder med en diameter på 70 mm og en højde på 400 mm. Testen skal udføres tre gange hvor cylinderen er placeret til højre, i midten og til venstre i detektionsfeltet, hvilket er illustreret på figur 2.7. For at opfylde test B skal robotten igen stoppe inden der er kontakt mellem den og røret.[DS]



Figur 2.7. Persondetekteringstest.[DS]

De forskellige tal på figuren betyder følgende:

1. Cylinder test A
2. Cylinder test B
3. Robottens køreretning
4. Kørebane
5. Bagende af robot
6. Yderside af kørebanen
7. Last
8. Robot

Kravspecifikation og Problemformulering 3

Virksomhedskrav

Inkorporeringen af robotten i produktionen er et "proof of concept" af førerløse robotter til transport. Det er et forsøg på at finde et potentiale for hvad førerløse robotter kan bidrage med i forhold til besparelser af mandetimer mm. Derfor er der ikke nogle strenge krav fra virksomhedens side om hvad robotten skal kunne men nærmere et ønske om at se hvad robotten kan opnå.

Center of Mass krav

- Hvor mange kasser kan der sættes ovenpå hinanden?

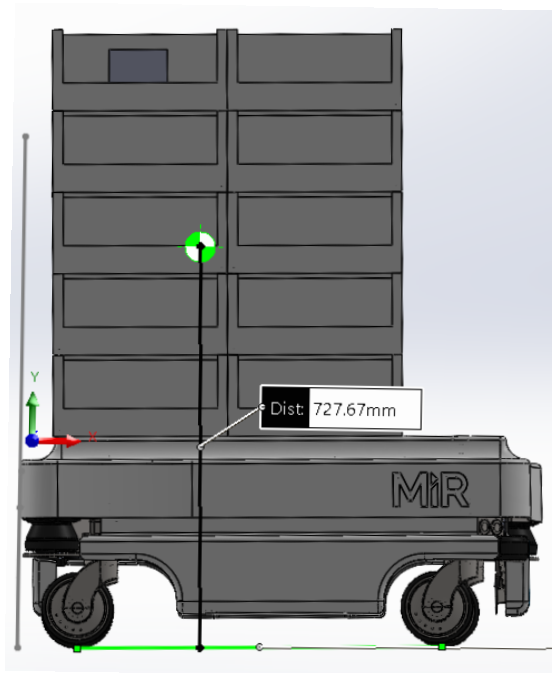
For at overholde kravene om hvor Center of Mass (CoM) skal være lokaliseres i forbindelse med sikker fragt (illustreret på figur 7.1 til figur 7.4 i bilag), er der en begrænsning på 5 blå kasser og 3 grå kasser eller 2 x 5 blå kasser. Denne begrænsning sørger for at Center of Mass er lokaliseret langt nok nede, til at lasten ikke falder af i forbindelse med hastigheds- eller retnings skift. Dette er illustreret på figur 3.1.



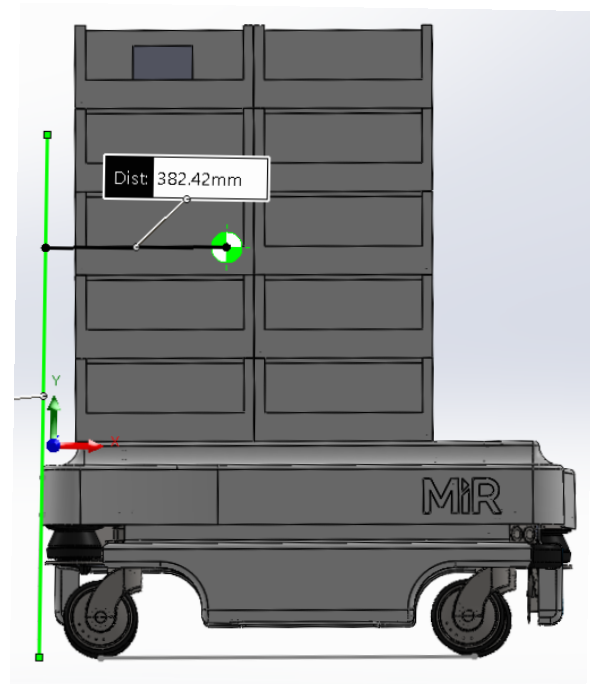
Figur 3.1. Venstre: 5 blå kasser + 3 grå. Midten: 2 x 5 blå kasser. Højre: Kasser + robot måler 105 cm

- **Hvordan skal vægten i kasserne være fordelt?**

Ved fuld løftekapacitet på 100 kg skal CoM være lokaliseret maksimalt 70 cm i højden og omkring 40 cm inde på robotten målt fra den bagerste ende, hvilket er illustreret på figur 7.4. I SOLIDWORKS er der beregnet hvor CoM vil være lokaliseret hvis de 100 kg var placeret øverst i den bagerste kasse. Denne fordeling af vægten vil være det værste tilfælde man kunne gøre med den tilladte opstilling på 2 x 5 blå eller 5 blå + 3 grå kasser. SOLIDWORKS beregningerne kan ses på figur 3.2 og 3.3.



Figur 3.2. CoM målt i en højde af 73 cm



Figur 3.3. CoM målt i en længde på 38 cm

Det kan ses at i den værste opstilling med vægtfordelingen overholdes kravet om CoM lige akkurat ikke eftersom CoM er lokaliseret højere end 70 cm oppe. Eftersom denne vægtfordeling aldrig ville ske i virkeligheden, kan det godt argumenteres for at vægtfordelingen i kasserne overholder CoM. Opstillingen af kasserne + vægten testes i afsnit 4.1 på næste side, for at sikre at opstillingen opfører sig sikkert i forbindelse med kørsel.

Problemformulering

Hvad kan robotten bidrage med i besparelser på mandetimer, og hvordan sikres der en sikker, og effektiv inkorporering i produktionen?

4.1 Persondetekteringstest

Der er foretaget en persondetekteringstest med en last på 110 kg, hvilket er 110% af den specificerede løftekapacitet for MiR robotten, som ses på figur 4.1. Vægten er positioneret på samme måde som i figur 3.2 på foregående side og 3.3 på forrige side. Dette gøres for at teste om lasten opfører sig sikkert i forbindelse med nødopbremsninger.



Figur 4.1. 110 kg last hvor de 100 kg er placeret i øverste kasse til venstre og de resterende 10 kg kommer fra kasserne.

Med lasten på 110 kg kom robotten med en fejlkode på store udskridninger på hjulene. Denne fejlkode kan forekomme når robotten skal transportere meget tunge laster og hvis lasten er dårligt fordelt. Løsningen er at ændre tolerancen for detekteringen af udskridningerne, så den ikke er lige så følsom og dermed ikke går i nødstop. Denne tolerance er sat tilbage til standard efter persondetekteringstesten for at overholde sikkerheden for at robotten ikke skrider ud under kørsel. Der er herefter også blevet købt nye drivwheelse til robotten for at forbedre friktionen mellem hjulene og gulvet. Dette er forklaret i bilag i sektion 7.4 på side 34.

På figur 4.2 og 4.3 ses del A af persondetekteringstesten, hvor test røret skulle forestille en torso på en person der ligger ned. Testen er foretaget tre gange, hvor røret er placeret til venstre, i midten og til højre i robottens kørebane.



Figur 4.2. Persondetekteringstest start del A.



Figur 4.3. Persondetekteringstest slut del A.

Ved alle tre gentagelser i test A stoppede robotten inden den kørte ind i røret, hvilket kan ses på figur 4.3, hvilket betyder at robotten opfyldte deltest A.

I test B skulle der bruges et rør der simulerede en ankel på en stående person, hvilket kan ses på figur 4.4. Også her skulle testen laves tre gange, en hvor røret var placeret til venstre, i midten og til højre i kørebanen.



Figur 4.4. Persondetekteringstest start del B.



Figur 4.5. Persondetekteringstest slut del B.

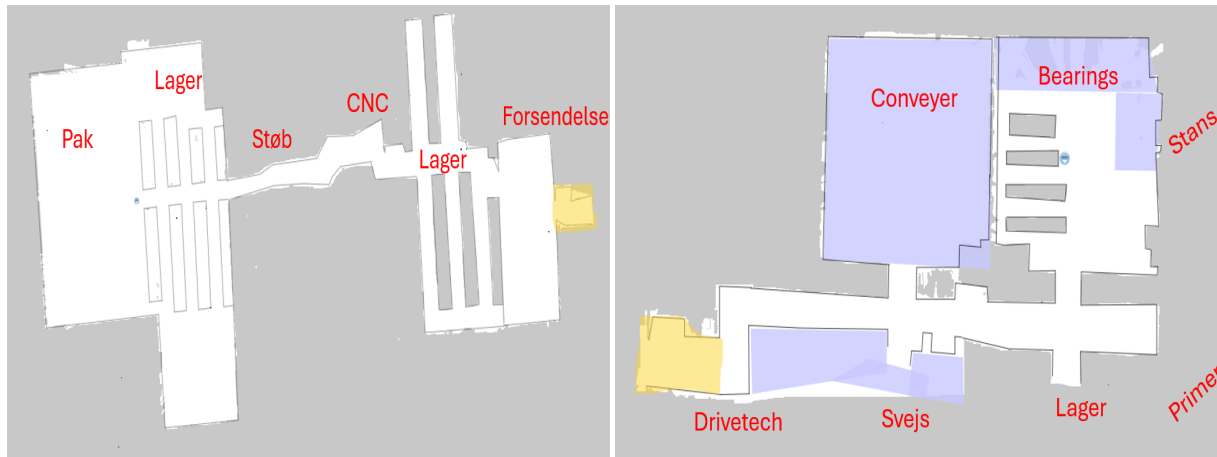
Robotten opfyldte også deltest B, eftersom den stoppede inden den kørte ind i rørene.

Den anden del af testen skulle sikre at lasten på 110 kg var stabil, så den ikke var til fare for personerne i produktionen. Når robotten satte i gang fra fuldt stop svajede kasserne en lille smule frem og tilbage. Selvom kasserne teoretisk set ikke burde vælte påsættes der alligevel et bur rundt om, som kan ses i bilag 7.3 på side 33. Dette er gjort for at skabe ekstra sikkerhed overfor personerne i produktionen. Ved at kasserne står inde i buret er det ikke muligt at vælte dem, heller ikke hvis man går eller kører ind i dem. Med buret ovenpå bliver MiR-robotten også højere, og derfor også nemmere at se. Hvilket også mindsker risikoen for at gå/køre ind i den.

Eftersom værken robotten eller lasten er til fare for nogle i produktionen, kan ruten fra bearings til pak klargøres.

4.2 Mapping og mission af opdelt rute

På figur 4.6 er produktionen mappet af robotten. De gule områder på de to figurer er overlapningerne mellem de to kort.



Figur 4.6. 1. Halvdel af ruten med start i bearings-afdelingen til højre og 2. halvdel af ruten med slut i pakke-afdelingen til venstre. De to kort overlapper hinanden i det gule område.

Layoutet over produktionen er opdelt i to kort fordi MiR anbefaler det hvis området er større end 300 x 300 m [Robots, 2020]. Dette er anbefalet fordi robotten bruger for lang tid til planlægning af ruten hvis kortet er for stort. For at imødekomme dette indsættes der et punkt halvvejs i det gule område, som robotten planlægger ruten til først. Når midterpunktet er nået, skiftes kortet til 2. del af ruten og det sidste stykke af ruten planlægges.



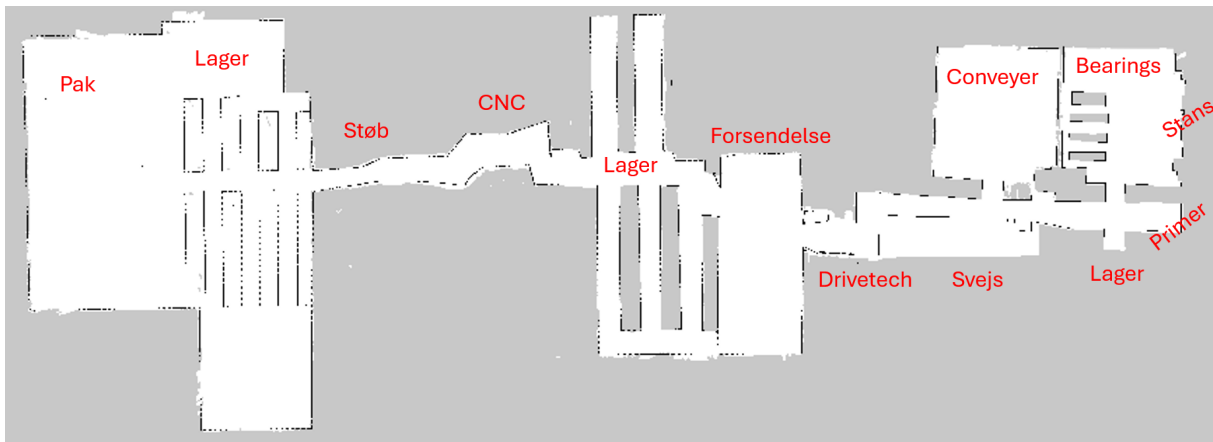
Figur 4.7. Opsat mission for robotten med skift af kort undervejs

Ved indførelsen af denne mission forekom der et problem med at robotten stoppede op i det gule område for at planlægge 2. del af ruten. Det gule område er et af de mest dynamiske steder på ruten hvor der forekommer en del trafik med både stablere og rulleborde. Robotten skabte derfor et trafikprop hvor alle holdte stille og ventede på at den var færdig med planlægningen af ruten.

Derfor blev der besluttet at lave et stort samlet kort over produktionen, i håb om at robotten brugte længere tid i starten på at planlægge ruten men derimod undgik at lave trafikprop i det dynamiske område.

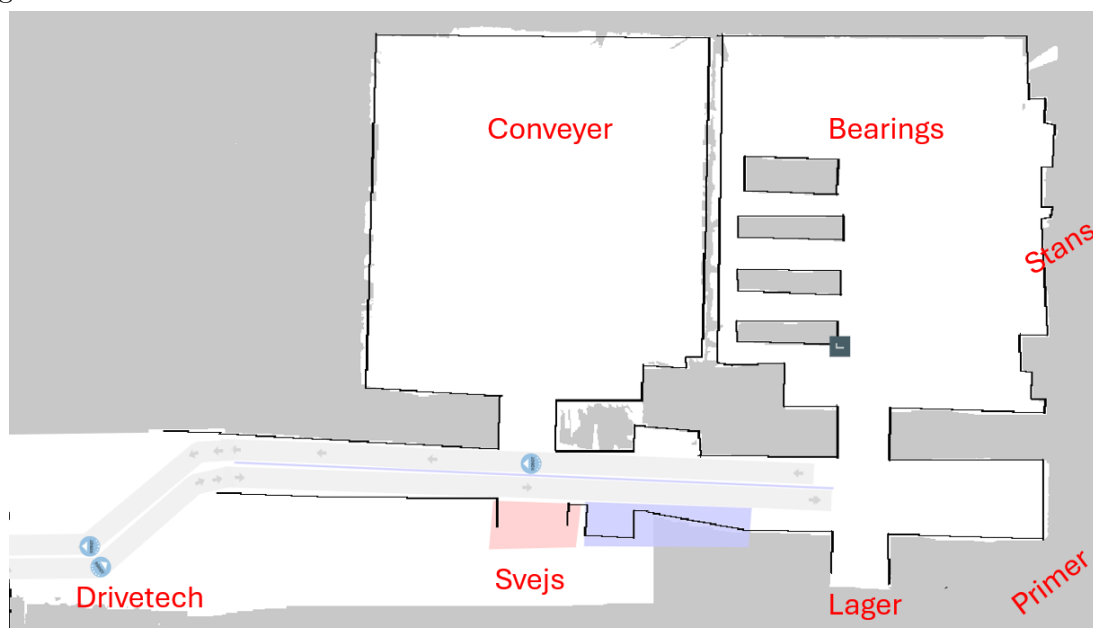
4.3 Mapping af kontinuert rute

På figur 4.8 er produktionen mappet af robotten som et stort kontinuert kort. Der er ryddet op i kortet ligesom der er beskrevet i afsnit 2.4.



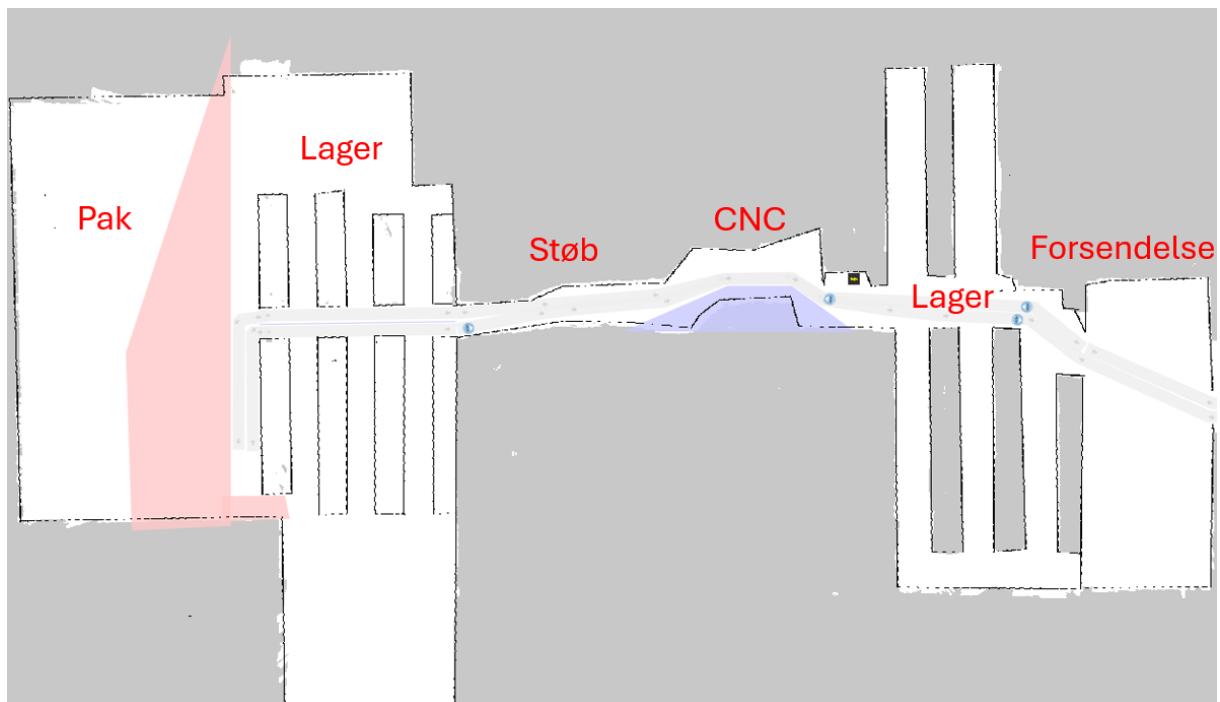
Figur 4.8. Kontinuert mapping af produktionen uden skift af kort.

Efter oprydningen af kortet, kan det ses på figur 4.9 at der i 1. halvdel er blevet tilføjet nogle lyseblå positioner, nogle zoner og en docking. De lyseblå positioner er opsat som stier. Stierne sikrer at robotten kører igennem positionerne på vej hen til slutpositionen. Zonerne er brugt til at lave kørebaner, hvilket sikrer at robotten holder sig i højre side af vejen. På dette kort er der tilføjet en blå linje mellem kørebanerne som tillader at robotten krydser over i den anden side af kørebanen hvis der er forhindringer. Til sidst er der opsat en docking station ved en reol i bearingsafdelingen. Denne dockingposition er stedet hvor lasten påsættes og tomme kasser aftages.



Figur 4.9. 1. Halvdel af kontinuert mappet rute med positioner, zoner og docking station.

På 2. halvdel af ruten, som kan ses på figur 4.10 er der også tilføjet nogle lyseblå positioner, nogle zoner og en sort ladestation. Den røde zone er en forbudt zone hvor robotten ikke må køre ind. Den blå zone er en uønsket zone hvor robotten kan køre ind hvis der er forhindringer på ruten. Ladestationen, som er den sorte firkant, bruges som den position hvor robotten skal køre hen til og oplade. På dette kort ligger den på robottens rute mellem bearing og pak hvilket gør det effektivt at robotten kan lade på vej tilbage til bearingsafdelingen.

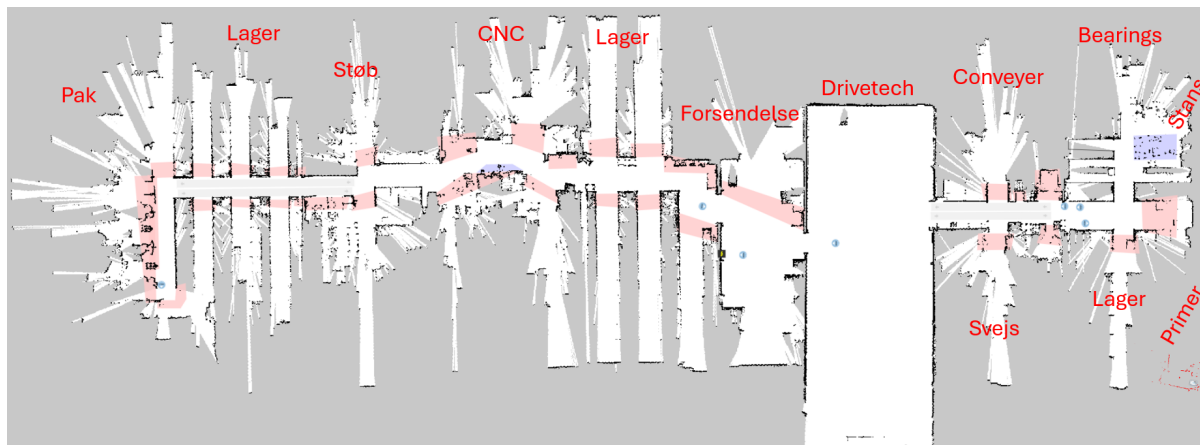


Figur 4.10. 2. Halvdel af kontinuert mappet rute med positioner, zoner og docking station.

Der blev opdaget et problem med mængden af tid som robotten brugte på at planlægge sin rute. Nogle gang brugte den over 1 minut på planlægningen og andre gange kunne den slet ikke. Den prøvede at planlægge ruten 5 gange og hvis alle forsøgene fejlede gav robotten en fejlkode. Det formodes at robotten havde svært ved at planlægge ruten fordi den manglede punkter til at orientere sig efter. For at løse dette blev der mappet et nyt kort som stadig var et stort kontinuert kort, men denne gang blev der overhovedet ikke ryddet op i kortet. Dette øger robottens evne til at orientere sig eftersom der er flere punkter på kortet. Dette kort kan ses i afsnit 4.4 på figur 4.11.

4.4 Mapping og mission af kontinuert rute med rå kort

På figur 4.11 kan det rå kort ses, hvor der er tilføjet en masse forbudte zoner hvor robotten ikke må køre. Der er også tilføjet nogle lyseblå positioner som robotten skal køre igennem på sin rute. Indtil videre er docking-stationen i bearingsafdelingen flyttet, så ruten starter lige udenfor afdelingen. Dette er lavet som en midlertidig løsning fordi topkameraet på robotten bliver ved med at gå i nødstop når robotten kører for tæt på noget. I en docking sekvens skal robotten bruge en ret stor vendekreds uden at topkameraet går i nødstop og derfor er docking stationen flyttet indtil vi får et nyt IO-modul til at frakoble kameraet når robotten skal docke.



Figur 4.11. Mapping af kontinuert rute med rå kort.

Der blev erfaret at robotten både var hurtigere og fejlede ikke i planlægningen af ruten på det nye kort.

Robottens mission er skrevet i bulletpoints nedenfor.

- Move to "Bearings"
- Check battery percentage
- If $<20\%$ move to "Ladestander"
- Otherwise move to "Pak"
- Wait for signal, then run mission again

Grunden til at der ikke er et billede af robottens mission på det kontinuerte kort er at robotten gik i stykker inden at der blev taget et billede. I sektion 4.7 på side 22 forklares der hvorfor den gik i stykker.

4.5 Opladning af robot

Det har ikke været muligt at oplade robotten ved at bruge ladestanderen hvilket betyder at indtil videre er den blevet opladet ved brug af ladekabel. Ulempen ved dette er at robotten ikke kontinuerligt kan køre den beskrevne rute, uden at operatørerne manuelt skal sætte den til opladning.

Der er ikke klart hvorfor robotten ikke kan bruge ladestanderen til at lade op men det formodes at det er pga. at det ikke er det originale batteri der sidder i robotten. Der sidder et "Smart battery system" i det originale batteri som snakker sammen med robotten. Det nuværende batteri der sidder deri, snakker ikke sammen med robotten. Den kan derfor ikke observere batteriniveauet ordentligt, hvilket kan ses når robotten nogengange skriver at den har -1% batteriniveau tilbage. Det formodes at dette er grunden til at robotten ikke kan lade i ladestanderen. Når robotten kører ind i ladestanderen skal den modtage et signal der fortæller den at den skal begynde at oplade. Dette signal kommer ikke fordi robotten ikke har nogle oplysninger om batteriets tilstand.

Det er ikke ladestanderen der er problemet da der kan måles at den afgiver en spænding på 24 volt som den skal når robotten doker til den. Ladestanderen kan ses på figur 4.12 og 4.13.



Figur 4.12. Robotten og ladestanderen set fra jorden.

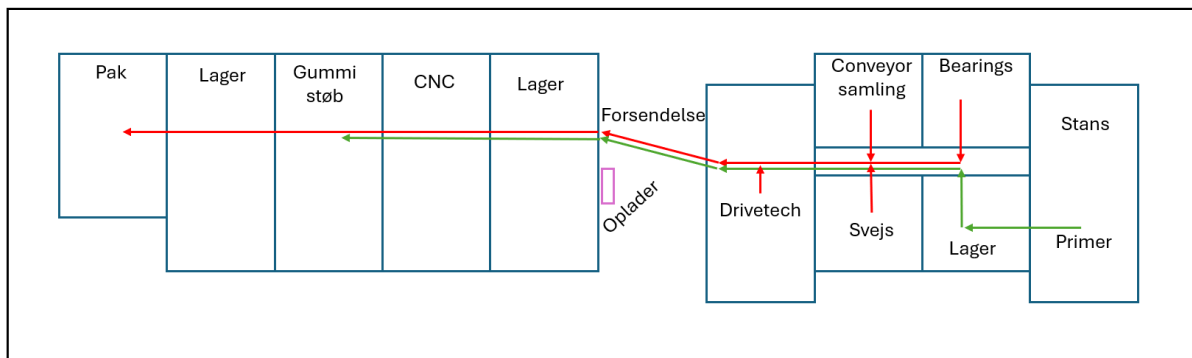


Figur 4.13. Robotten og ladestanderen set ovenfra.

4.6 Tidsstudie

Dette tidsstudie bruges til at beregne et prisoverslag på hvor mange penge der kan spares i mandetimer, ved at indføre en førerløs robot til at fragte komponenter på nedenstående ruter.

- svejse-, bearings-, conveyer- og drivetechafdelingen ned til pakkeafdelingen. (rød rute)
- primerafdelingen ned til støbeafdelingen. (grøn rute)



Figur 4.14. Oversigt over de to ruter hvor robotten skal fragte ting fra de forskellige afdelinger og ned til enten pak eller støb.

Dette tidsstudie går altså udover MiR-robotens arbejde da den kun bruges til transport af komponenter fra bearingsafdelingen til pakkeafdelingen. Årsagen til at MiR-robotten ikke bruges til at fragte komponenter fra de andre afdelinger er at vægten på disse komponenter er for høje. Eftersom MiR-robotten bruges som et indledende forsøg på at automatisere fragten af komponenter i produktionen, vil dette tidsstudie tage udgangspunkt i fragten af komponenter fra alle afdelingerne. Dette gøres for at tidsstudiet kan bruges som et argument til at indføre en robot, der kan fragte komponenter fra alle afdelingerne og ned til enten pak eller støb.

Udfordringerne ved at lave et tidsstudie er at hvis ikke man oplyser operatørerne om studiet, kan det opfattes som at det er deres effektivitet der måles. Dette kan medføre at operatøren bliver nervøs og skynder sig hvilket giver urealistiske data til testen. Hvis operatøren derimod er oplyst om tidsstudiet og vedkommende er bange for at processen automatiseres, så kan det også være at de skynder sig, for at resultaterne i testen giver udtryk for, at det ikke kan betale sig at automatisere processen.

Med ovenstående udfordringer taget i betragtning, blev det besluttet at udføre et interview af de operatører der påvirkes mest af automatiseringen af den her proces. I interviewet blev det konkluderet at operatørerne er meget positive omkring indførelsen af automatiseringen. Dette bekræftes af Viktor fra svejseafdelingen, som er en af de operatører der påvirkes mest i forhold til besparelser på mandetimer.

En af grundene til at personerne i produktionen ikke er bange for at miste deres job i forbindelse med automatiseringen, er at der flere andre steder i produktionen allerede er blevet automatiseret. Disse andre automatiseringer har ikke været årsag til nogle fyringer men derimod gjort arbejdet nemmere for de ansatte. Et eksempel på dette er i støbe-afdelingen hvor der ved en af støbemaskinerne er blevet opsat en UR robot. Der er en mand der holder robotten kørende ved at fodre den materiale, og tage færdigstøbt gummi fra den igen. Robotten øger effektiviteten og operatørens arbejde er mindre hårdt. Dette er en af årsagerne til at der bliver set positivt på automatiseringen af processerne ude i produktionen.

I forbindelse med udførelsen af tidsstudiet har operatørerne i de forskellige afdelinger talt hvor mange gange de fragtede ting ned til pak/støb. Enten ved at gå med tingene derned og tilbage igen, eller ved at finde en stabler og bruge den til at fragte tingene derned. På tabellerne nedenfor er der talt hvor mange gange de forskellige afdelinger fragtede ting til Pak/støb og tilbage igen.

Bearings til Pak	Gå/rullebord	Stabler	Svejs til Pak	Gå/rullebord	Stabler
Mandag	8	2	Mandag	9	2
Tirsdag	6	4	Tirsdag	5	5
Onsdag	6	4	Onsdag	5	3
Torsdag	6	2	Torsdag	5	2
Fredag	6	4	Fredag	4	2
Gennemsnit [antal]	6,4	3,2	Gennemsnit [antal]	5,6	2,8

Primer til Støb	Gå/rullebord	Stabler	Conveyer til Pak	Gå/rullebord	Stabler
Mandag	1	1	Gennemsnit [antal]	1,0	3,0
Tirsdag	0	1			
Onsdag	0	1			
Torsdag	2	2	Drivtech til Pak	Gå/rullebord	Stabler
Fredag	1	4	Gennemsnit [antal]	6,0	3,0
Gennemsnit [antal]	0,8	1,8			

Tabel 4.1. Tabeller over antal gange de forskellige afdelinger har været nede med ting til Pak/støb på en uge.

For at omregne antallet af gange der fragtes ting derned, til en samlet tid i minutter findes der en gennemsnitstid for at gå, eller bruge en stabler på at fragte ting derned. I tabel 4.2 kan de to gennemsnitstider ses.

	Gå/rullebord	Stabler
Tid [min]	5	7

Tabel 4.2

Tiderne er fundet ved at måle hvor lang tid svejsesafdelingen i gennemsnit bruger. Denne afdeling er valgt fordi den ligger i midten af afdelingerne. Nogle af afdelingerne har lidt længere derned og andre afdelinger har kortere derned. Den samlet tid er udregnet, og vist i tabel 4.3 nedenfor.

Samlet tid i minutter pr. dag	195,6
-------------------------------	-------

Tabel 4.3

Den samlede tid ganges med en gennemsnitlig timeløn for operatørene i produktionen for at finde den samlede besparelse i kr. pr. dag. Der er blevet brugt en timeløn på 220 kr til udregningen som kan ses i tabel 4.4 nedenfor.

Samlet besparelse i kr. pr. dag	717 kr.
---------------------------------	---------

Tabel 4.4

Dette omregnes til en samlet besparelse i kr. pr. år som ses i tabel 4.5.

Samlet besparelse i kr. pr. år	162.804 kr.
--------------------------------	-------------

Tabel 4.5

Det vil sige at der ved at indføre en robot, til at fragte komponenter på ruterne i figur 4.14 på side 19, så kan der spares 162.804 kr. pr. år.

På baggrund af ovenstående tidsstudie har NGI valgt at købe en EP XP15B+, som kan ses på figur 4.15, til en pris på 260.500 kr. Med den pris og den førnævnte besparing har den en ROI (return on investment) på 1.6 år.

**Figur 4.15.** EP XP15B+ autonom palletransportør

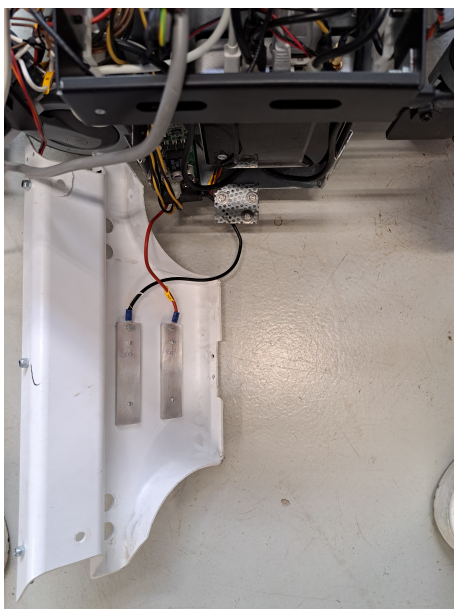
EP'en ovenfor virker ved at man manuelt skal samle pallen op, derefter trykker man på en knap der fortæller EP'en hvor den skal køre hen, aflæsse pallen og køre tilbage igen. I modsætning til MiR 100 er EP'en ikke en AMR (autonomous mobile robot), men derimod en AGV (automated

guided vehicle). Det vil altså sige at den i modsætning til MiR 100 robotten ikke kan køre udenom ting der står i vejen på ruten. Den har et kamera der stopper den hvis der står noget i vejen eller når nogen går ind foran den. Opsætningen af EP'en foregår ved at man "optager" ruten den skal køre ved at gå med den. Der er sat en masse reflekser op i loftet, i tilfældigt mønster, så den kan se hvor på ruten den befinder sig.

4.7 Omkobling af kredsløb fra dockingstation

Inden batteri- og kontinuitetstesten kan udføres så korrekt som muligt, skal robotten selv kunne køre til opladning. Grunden til dette er at batteritesten skal give svar på hvor mange gange om dagen og hvor lang tid robotten skal bruge på at oplade. For at løse problemet med opladningen, som er beskrevet i sektion 4.5 på side 18, blev der gjort følgende.

På figur 4.16a kan der ses hvor robotten modtager spændingen fra dockingstationen. Når robotten kobler til dockingstationen er der kontakt mellem stationen og metalpladerne på frontpanelet. Spændingen overføres fra dockingstationen igennem metalpladerne og ind i ledningerne. De ledninger går igennem et grønt kiprelæ, som ses på figur 4.16b. Der sidder en kontakt inde i kiprelæet som skal slå til før der er gennemgang igennem den, hvilket kan ses på eldiagrammet på figur 4.17 på næste side. Derefter går spændingen igennem en sikring i den grå og hvide boks.



(a)

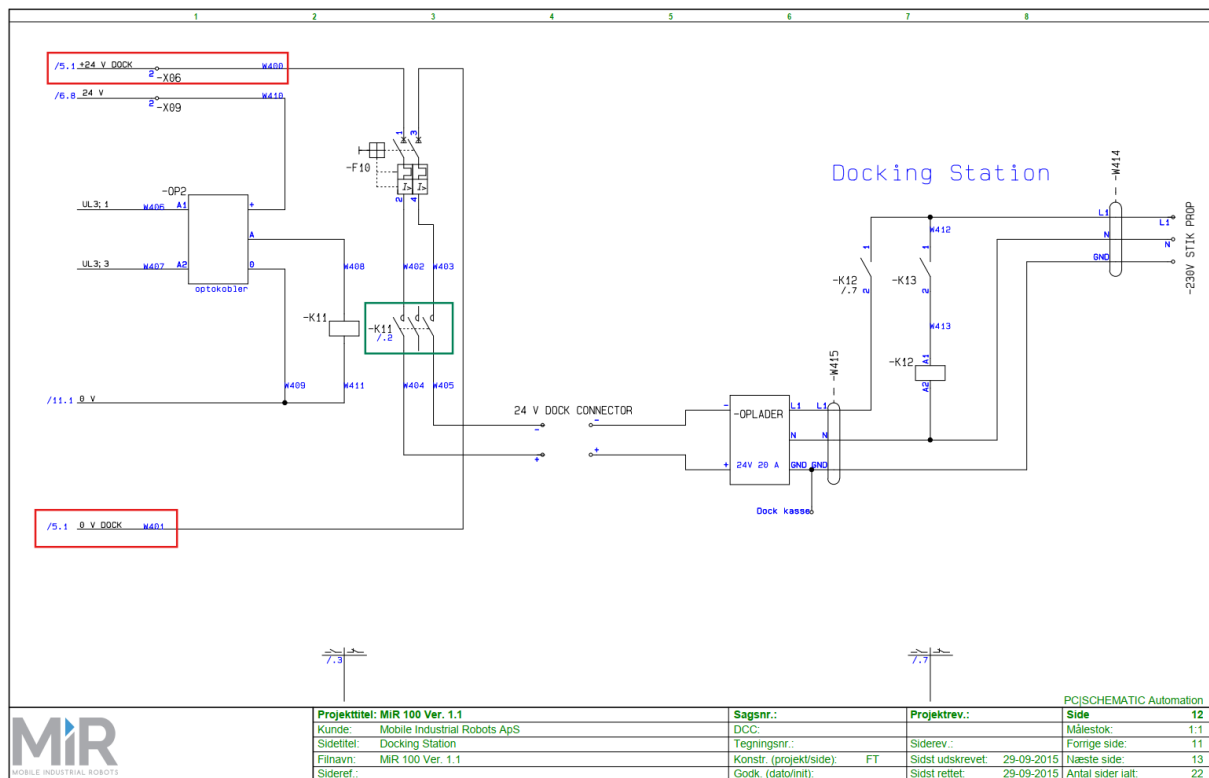


(b)

Figur 4.16. 1. del af kredsløbet fra dockingstationen.

Der formodes at kontakten i kiprelæet ikke slår til eftersom der ikke kunne måles en spænding i den grå og hvide boks. Grunden til at kiprelæet ikke er slået til kan være at batteriet der sidder

på robotten ikke har et BMS, så robotten har ikke information på batteriet.

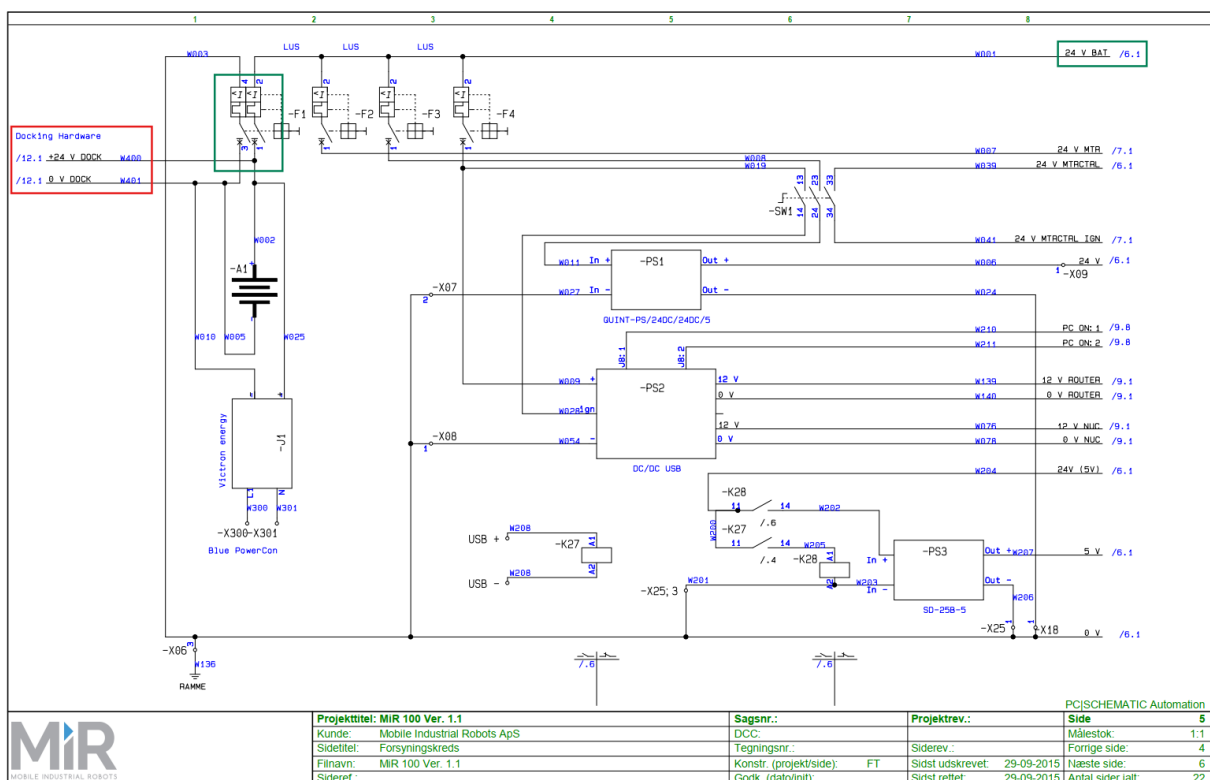


Figur 4.17. Eldiagram over dockingstationen og 1. del af kredsløbet til robotten. Den grønne firkant er kiprelæet.

For at løse problemet med at kiprelæet ikke slog til, blev ledningerne fra dockingstationen koblet direkte ned i sikringen på figur 4.18 på den følgende side og 4.19 på næste side, som er vist med en grøn firkant på eldiagrammet. Det er også her at spændingen fra 230 volts opladeren kommer ned.



Figur 4.18. Sikring hvor spændingen fra dockingstationen og 230 volt opladeren går igennem inden den går ud til batteriet.



Figur 4.19. Eldiagram over 2. del af kredsløbet hvor spændingen fra dockingstationen (rød firkant) går igennem en sikring (grøn firkant) og videre ud til batteriet (grønne firkant i højre side).

Efter omkoblingen af kredsløbet fra dockingstationen kunne robotten ikke starte og derfor blev det hele koblet tilbage til original tilstand. Nu kunne robotten godt starte men den sprang en sikring. Der blev købt en ny sikring og sat i og da robotten startede begyndte den at ryge og der lugtede brændt. Robotten blev sat til side eftersom der ikke var tid nok tilbage i projektet til at

få den op at køre igen og stadig have tid til at køre de sidste test.

Da denne her MiR 100 robot var i stykker blev der tilbudt at jeg kunne låne en fra Aalborg Universitet. Den MiR 100 robot jeg kunne låne havde dog ikke kørt i lang tid, så batteriet på den var også gået i stykker. Derfor kunne den heller ikke bruges til at lave de sidste test.

Derfor er batteri- og kontinuitetstesten ikke udført, men der er beskrevet hvordan testene skulle laves og hvad der kunne være konkluderet på det opsamlede data.

4.8 Batteritest

Batteritesten tager udgangspunkt i at teste robottens batteri, heriblandt kapacitet og opladningstid.

Kapaciteten på batteriet skulle testes ved følgende forskellige laster.

- 0 kg
- 25 kg
- 50 kg
- 75 kg
- 100 kg

Grunden til dette er for at se hvor meget lasten påvirker batteriets kapacitet ved kontinuerlig kørsel. Havde man fundet ud af at kapaciteten var faldet kraftigt på laster over 50 kg, kunne det være at nyttelasten på 100 kg skulle sænkes til 50 kg. Dette kunne være gjort for sikre at robotten ville køre indtil at den kan lade i en pause, så ikke den risikere at skulle oplade mens den skulle bruges.

Den anden del af batteritesten skulle teste opladningstiden for robotten. Den ene test skulle finde ud af hvor lang tid det tager at lade robotten helt op. Efterfølgende ville det være interessant at se hvor meget kapacitet batteriet kan få på 20 minutter. Ifølge beregningerne nedenfor burde man kunne oplade batteriet 192 Watt på 20 minutter, men det er et estimat eftersom den reelle effekt ville afhænge af både temperaturen og ladekurven på batteriet.

Batterikapacitet:

$$40Ah \cdot 24V = 960Wh \quad (4.1)$$

Opladerens effekt i Watt:

$$Watt = Volt \cdot Ampere = 24V \cdot 24A = 576Watt \quad (4.2)$$

Opladerens effekt i Wh:

$$Wh = 576Watt \cdot 1hour = 576Wh \quad (4.3)$$

Opladerens effekt på 20 minutter:

$$W = \frac{576Wh}{\frac{1}{3}h} = 192W \quad (4.4)$$

Konklusionen på testen skulle være om det var muligt at holde robotten kørende med en bestemt nyttelast på en hel dagvagt. Dette indebærer at den var fuldt opladt om morgenen og blev topped op med 2 gange 20 minutters opladning kl. 9 og 12, når produktionen holder pause.

4.9 Kontinuitetstest

Kontinuitetstesten skal teste robottens evne til kontinuerligt at udføre missionen, som er beskrevet i sektion 4.4 på side 17. Med kontinuerlig udførelse menes der at robotten kan udføre missionen flere gange uden at den kører sig selv fast eller har brug for eksterne inputs fra medarbejdere. En central del af problemformuleringen er den besparelse, i mandetimer, som robotten kan bidrage med, og derfor skal det ikke være nødvendigt for operatørerne at sørge for at den ikke går i nødstop mm. Og hvis den går i nødstop, at den så selv kan køre udenom eller komme i gang igen efterfølgende.

Til at teste dette skulle robotten inkorporeres i produktionen i en uge eller to, hvor den får lov til at være en del af dagligdagen. Hvis eller når den går i nødstop og skal bruge ekstern hjælp, tages der tid på hvor lang tid som det tager før robotten er oppe at køre normalt igen. Til slut i testen har man en samlet ikke-planlagt tid, hvor robotten ikke kører. Til sidst skal der konkluderes om den samlede mængde nedetid som robotten har haft, er acceptabel nok til at vurdere inkorporeringen som effektiv.

Konklusion 5

I konklusionen tages der udgangspunkt i problemformuleringen fra sektion 3 på side 10, som også er skrevet nedenfor.

Hvad kan robotten bidrage med i besparelser på mandetimer, og hvordan sikres der en sikker og effektiv inkorporering i produktionen?

Den første del af problemformuleringen omhandler besparelsen på mandetimer. Denne del er blevet testet i sektion 4.6 på side 19, og blev konkluderet til en besparelse på 162.804 kr. per år.

Den anden del af problemformuleringen omhandler en sikker inkorporering i produktionen. Den sikre inkorporering er testet i form af en persondetekteringstest i sektion 4.1 på side 11. Her blev robottens evne til at registrere stående og liggende personer testet. Testen blev udført med en last på 110 kg hvilket svarer til 110% af den oplyste nyttelast. Det er altså en test der sikrer at robotten kan registrere når der er liggende, eller gående personer foran den, og at den kan bremse i tide, selvom den er læsset med 110% af nyttelasten. Robotten opfyldte testen og opfylder derfor også den sikre inkorporering i produktionen.

Den sidste del af problemformuleringen omhandler en effektiv inkorporering i produktionen. Effektiviteten af inkorporeringen skulle være testet med batteri- og kontinuitetstesten i sektion 4.8 på side 26 og 4.9 på foregående side. Batteritesten skulle have testet kapaciteten og ladehastigheden på batteriet. Testen skulle sørge for at robotten med en given nyttelast kunne være opladt, til at køre en hel arbejdsdag, når den kan toppes op i pauserne. Kontinuitetstesten skulle sikre at robotten kunne køre kontinuerligt, i miljøet i produktionen, som består af trafik i form af andre stablere og smalle gange.

De første to dele af problemformuleringen kan godt konkluderes som opfyldte. Men det kan ikke konkluderes om robotten kan inkorporeres effektivt i produktionen, eftersom de to test ikke kunne udføres.

Fagligt, arbejdsmæssigt og socialt udbytte

6

Fagligt og arbejdsmæssigt udbytte

Under praktikforløbet har jeg hovedsageligt arbejdet med automatisering af komponenttransport i produktionen. Under implementeringen af robotten har jeg taget højde for blandt andet det økonomiske- og sikkerhedsmæssige aspekt. I det økonomiske aspekt har jeg lavet et tidsstudie, som er blevet brugt som økonomiske argument, for at virksomheden har købt en ny AGV. Det sikkerhedsmæssige aspekt kommer på baggrund af persondetekteringstesten, hvor jeg sikrede at robotten kunne registrere liggende og stående personer, og nå at stoppe inden dem, når den havde en last på 110kg. Jeg har igennem projektet opnået mere viden omkring **automatisering** heriblandt **AMR** og **AGV**'er.

Igennem projektet har der været diverse problemer med robotten. Der er blevet skiftet batteri på den og motorcontrolleren skulle aftages og renses indeni. Så er der blevet skiftet drivewheels på den og der er blevet påsat et bur ovenpå. Der er blevet købt og opsat et IO-modul til at slukke topkameraet. Til sidst blev der forsøgt at omkoble elektronikken så ladestanderen kunne oplade direkte til 24 Volt batteriet. Igennem projektet har jeg forbedret mine evner indenfor **fejlsøgning**, heriblandt **el** og **eldiagrammer**.

Når robotten ikke har været køreklar har jeg hjulpet til med CAD-opgaver i R&D indbakken. Opgaverne har varieret i kompleksitet fra simple maskinsko der skulle forlænges til komplekse komponenter der skulle tegnes helt fra bunden af. Her har jeg forbedret mine evner indenfor **CAD-tegning**, **dimensionering** og påføring af **tolerancer**.

Jeg har også arbejdet med to mindre projekter. I det første projekt skulle jeg teste det maksimale drejningsmoment for bolte fra to forskellige producenter. Projektet kan ses i bilag, og her har jeg forbedret mine evner indenfor **testudførelse**, **dataopsamling** og **evaluering**.

I det andet projekt skulle jeg lave en skabelon i "Solidworks Inspection". Denne skabelon gør det

nemmere og mere overskueligt at foretage en "First article inspection report". Her er de vigtige dimensioner på komponenten fremhævet som balloner, og tolerancerne for dimensionerne er beregnet. Det gør det nemmere at måle dimensionerne, og sørge for at de overholder tolerancerne. Et billede af skabelonen kan ses i bilag på figur 7.9 på side 36. I dette projekt har jeg forbedret mine evner indenfor **Solidworks Inspection** og **arbejdstegninger**.

Socialt udbytte

Igennem projektet har jeg været på besøg hos forskellige firmaer og virksomheder. Jeg har været til "Automationsdag" hos BILA for at høre om deres AGV. Derefter har jeg været på besøg hos Benny fra "Trucklageret" for at høre om EP's AMR XB15B+ og se den integreret i en virksomhed. Til sidst var jeg til "HI-messe" i Herning, hvor jeg var rundt ved forskellige firmaer der primært beskæftiger sig indenfor AMR og AGV'er. Iennem disse udflugter har jeg opnået mere viden omkring **AMR'er** og **AGV'er**, samt styrket mine **relationer**.

Dagbogen for praktikopholdet kan ses i bilag på figur 7.8 på side 35.

Praktikkens relevans for uddannelsen

Den udførte praktik er relevant for uddannelsen eftersom automatisering og robotter er en industri der oplever høj vækst i øjeblikket. Den stigende vækst sørger for at der kommer en masse arbejdspladser indenfor både udviklingen og integrationen af robotterne.

Uddannelsens relevans for praktikken

På mekanik og produktion uddannelsen har vi haft om robotter i kurset aktivering og robotteknologi. Dette har primært omhandlet stationære robotter og altså hverken AMR'er eller AGV'er. Jeg mener at det kunne være godt at få i hverfald en introduktion i førerløse robotter.

I forhold til de indbakkeopgaver som jeg har hjulet med i R&D-afdelingen føler jeg at uddannelsen har klædt os godt på, til at udføre disse opgaver. Iennem en stor del af projekterne på uddannelsen har man stiftet bekendskab til både CAD-tegning i Solidworks og udarbejdelse af arbejdstegninger med korrekt dimensionering og tolerencer.

Litteratur

NGI. Certificeret hygiejnisk maskinsko. URL <https://ngi-global.com/da/produkter/maskinsko/certificeret-hygiejniske-maskinsko/>.

MiR. Udforsk vores robotter, autonome mobile robotter. URL <https://mobile-industrial-robots.com/da/produkter/robotter>.

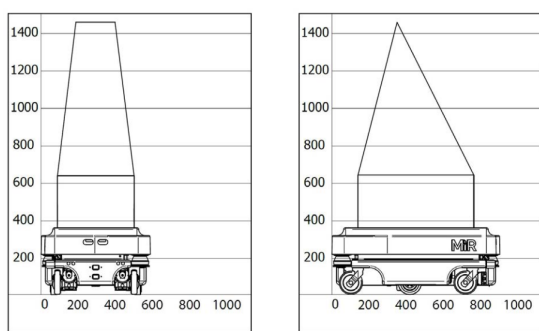
Mobile Industrial Robots. *MiR100 User Guide*. Mobile Industrial Robots, 2020.

DS. Iso3691-4. URL <https://webshop.ds.dk/da/standard/M353660/ds-iso-3691-4-2023>.

7.1 Payload Specifications

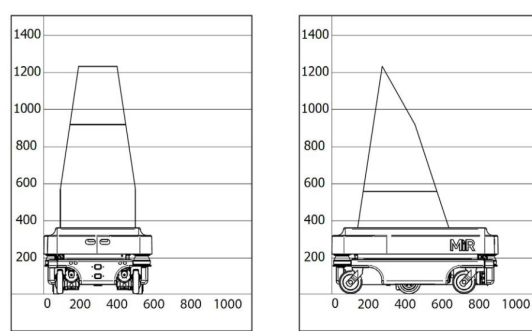
Følgende figurer illustrerer hvor Center of Mass skal være lokaliseret for sikker fragt af payloads med vægt op til 100 kg.[Robots, 2020]

Payload: 25 kg



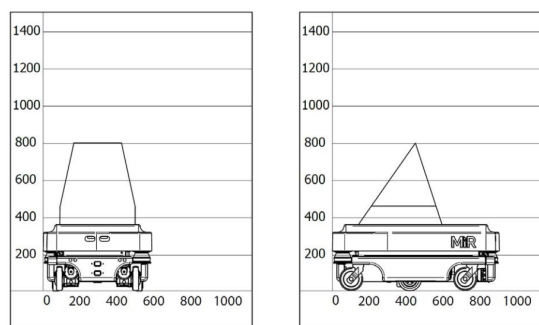
Figur 7.1. Payload 25 kg

Payload: 50 kg



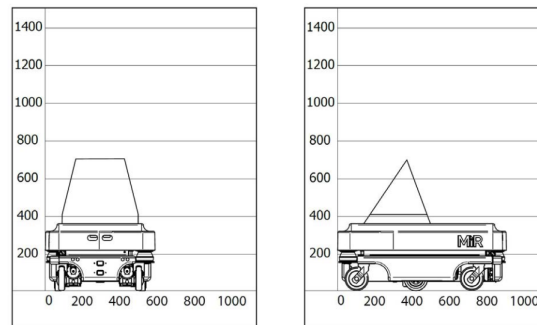
Figur 7.2. Payload 50 kg

Payload: 75 kg



Figur 7.3. Payload 75 kg

Payload: 100 kg



Figur 7.4. Payload 100 kg

7.2 Skridsikkert underlag

Der er blevet påført et skridsikkert underlag på toppen af robotten, hvilket er set på figur 7.5. Underlaget er blevet påført for at undgå at kasserne skrider af i forbindelse med en opbremsning.



Figur 7.5. Skridsikker måtte som sørger for at lasten ikke skrider af robotten.

7.3 Bur til robot



Figur 7.6. MiR-robot med bur.

7.4 Køb og påsætning af nye drivewheels

Der er erfaret ved docking og i persondetekteringstesten, at der ikke er nok friktion mellem drivewheels, og gulvet i produktionen. Dette foresager at når robotten docker så kører hjulene hvilket roterer robottens kort men uden at den flytter sig i virkeligheden. Derfor kan robotten ikke orientere sig ordentligt fordi kortet er roteret i forhold til virkeligheden.



(a) Gammelt "drivewheel" med mange fordybninger og meget støv. (Venstre)



(b) Nyt drivewheel uden fordybninger og minimalt støv. (Højre)

Figur 7.7

For at løse dette problem er der købt og monteret nogle nye drivewheels for at sikre mere friktion mellem hjulene og gulvet. De gamle og nye hjul kan ses på figur 7.7a og 7.7b.

Efter påsætningen af de nye hjul, er der ikke erfaret at hjulene roterer uden at robotten flytter sig. Det kan da konkluderes at dette indtil videre har løst problemet. For at sikre at problemet ikke opstår igen skal der udføres vedligehold på hjulene hver 6. måned, hvilket er oplyst i vedligeholdelsesmanualen. [Robots, 2020]

Uge	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
20	Stans og coating	Lejer	Conveyer + CNC	Støb	Drivetech
21	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100
22	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Kristi himmelfart	Lukket
23	Fejlsøgning og udskiftning af dele på MiR 100	Mapping af produktion mm.	Møde med Global AGV + Kravspecifikation fra CPO Phillip	Grundlovsdag	Mapping af produktion mm.
24	2. pinsedag	Kravspecifikation	Kravspecifikation	Automationsdag hos BILA	Første testkørsel i produktionen
25	Mapping af produktionen mm. for 2. gang	Mapping af produktionen mm. for 2. gang	Anden testkørsel i produktionen med nyt map	Vejledermøde	Anden testkørsel i produktionen med nyt map
26	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning
27					
28	Bestilt rør til persondetekteringstest	Påsætning af skridsikker måtte på robotten.	Rapportskrivning	Udført persondetekteringstest	Udført persondetekteringstest
29	Projekt maksimalt drejningsmoment	Projekt maksimalt drejningsmoment	Projekt maksimalt drejningsmoment	Projekt maksimalt drejningsmoment	Projekt maksimalt drejningsmoment
30	Påsat bur på robotten	Påsat bur på robotten	Mapping af produktionen mm. for 3. gang	Mapping af produktionen mm. for 3. gang	Mapping af produktionen mm. for 3. gang
31					
32	Tredje testkørsel hvor robot kører selv.	Tredje testkørsel hvor robot kører selv.	Tredje testkørsel hvor robot kører selv.	Midtvejsevalueringsmøde	Tredje testkørsel hvor robot kører selv.
33					
34					
35	Solidworks inspection + Rapportskrivning	Solidworks inspection + Rapportskrivning	Købt IO-modul	Påsat IO-modul	Solidworks inspection + Rapportskrivning
36	Dockingstation i Bearingsafdelingen	Dockingstation i Bearingsafdelingen	På besøg hos Trucklageret for at se EP XP15B+	Udskiftet drivhjul på robotten	Fejlsøgning på ladestander til opladning af robotten
37	Tidsstudie i produktionen	Tidsstudie i produktionen	Tidsstudie i produktionen	Tidsstudie i produktionen	Tidsstudie i produktionen
38	Fejlsøgning på ladestander til opladning af robotten	Fejlsøgning på ladestander til opladning af robotten	Omkobling af elektronik til at få ladestanderen til at virke	Omkobling af elektronik til at få ladestanderen til at virke	MiR robot går i stykker
39	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver
40	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver	HI-messe i Herning	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver
41	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning
42	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver	CAD tegneopgaver
43	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning
44	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning	Rapportskrivning

Figur 7.8. Dagbog



Virkelyst 3-7, DK-9400 Nørresundby
+45 96 32 75 41
tech@ngi.dk

First Article Inspection Report

Form 3: Characteristic Accountability, Verification and Compatibility Evaluation

1. Part Number				2. Part Name				3. Serial/Lot Number		4. FAI	
iex:INSPECTIONXPRT/SAMPLE_SHEET/PROJECT_PROPERTIES/PROJECT_PROPERTIES/CONTRIBUTING_PROPERTIES				iex:INSPECTIONXPRT/SAMPLE_SHEET/PROJECT_PROPERTIES/PROJECT_PROPERTIES/CONTRIBUTING_PROPERTIES							
Characteristic Accountability							Inspection / Test Results			Other Fields	
5. Char No.	6. Reference Location	7. Characteristic Designator	8. Requirement	8a. UoM	8b. Upper Limit	8c. Lower Limit	9. Results	10. Designed Tooling	11. Non-Conformance Number	14. Notes	
iex:INSP	iex:INSPECTIONXPRT/S	iex:INSPECTIONX	iex:INSPECTIONXPRT/SA	iex:INS	iex:INSPEC	iex:INSPEC		iex:INSPECTIO		iex:INSPECTIONXPRT/SAMPLE_SHEET/C	
SECTIONX	AMPLE_SHEET/CAD/ATT	PERT/SAMPLE_S	AMPLE_SHEET/CAD/ATTR	PECTI	CTIONXPRT	CTIONXPRT		NYDEPT(SAMP		AD/ATTRIBUTES/ATTRIBUTE/@selected=Tr	
The signature indicates that all characteristics are accounted for; meet drawing requirements or are properly documented for disposition.											
12. Prepared By									13. Date		

Figur 7.9. Solidworks inspection template

Torque analysis of bolts with different cleaning methods

Abstract

This paper will test the applied torque to loosen bolts that have been cleaned with two different methods. The bolts from KB were cleaned with sanitizer and the bolts from Nordturn were cleaned with soap and water. The two different cleaning methods could affect the Threadlocker's ability to work properly.

Components used in the test-setup:

- Digital torque adapter
- Socket wrench
- Vise

Initial test

All the bolts have been pre-tensioned with a torque of 4.4Nm. Afterwards the length of the bolt + end cap was measured to compare the two.



Figure 1: Bolts from KB



Figure 2: Bolts from Nordturn

KB	Nordturn
18.46mm	19.29mm
21.00mm	19.54mm
19.59mm	19.67mm

From the two figures and the table above, it is obvious that there is much less spread in the length of the bolts + end cap from Nordturn compared to the bolts + end cap from KB.

The peak torque test was conducted, measured and inserted in the table underneath:

KB	Nordturn
2.3Nm	7.6Nm
7.6Nm	5.3Nm
7.2Nm	5.5Nm

The table above doesn't show a clear difference between the two manufacturers, except that the Loctite from one of the bolts from KB broke during pre-tensioning. This explains why the peak torque is so low on the first bolt at 2.3Nm.

As the initial test didn't show anything, a more in-depth primary test will be conducted.

Primary test

Another test will be made with bigger bolts. This ensures a more precise torque reading since the digital torque adapter is more accurate at higher torque ratings.

Pre-tensioning of the bolts will be made immediately after the Loctite has been applied, to ensure that it doesn't break. To make sure the Loctite has made a strong connection with the metal, we will wait a minimum of 24 hours before doing the torque analysis.

This test will be made with three bolts from each manufacturer which is seen on figure 3. The bolts are all M8 size bolts and have thus been pretensioned with 21 Nm of torque.



Figure 3: Top - Bolts from KB. Bottom - Bolts from Nordturn

After waiting 36 hours a peak torque test was conducted, and the results were entered in the table below.



Figure 4: Bolts from KB after test



Figure 5: Bolts from Nordturn after test

	KB [Nm]	Nordturn [Nm]
1	29.5	28.5
2	30.6	30.5
3	32.3	31.5

When looking at the table above it is evident that no difference was found in the peak torque between the bolts from KB and Nordturn.