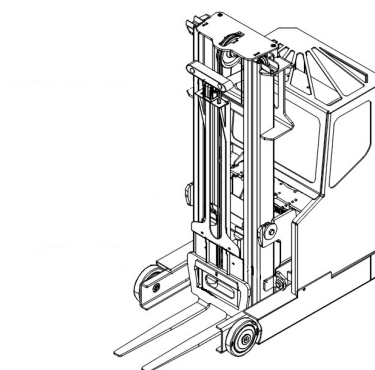


Kravspecifikation Autonom styrning av gaffeltruck

Version 1.0

L.A.M.A.
12 oktober 2016



Status

Granskad	Samtliga projektmedlemmar	2016-09-21
Godkänd	Andreas Bergström	2016-09-23

Projektidentitet

Gruppmail: jenst280@student.liu.se
Hemsida: <http://www.isy.liu.se/edu/projekt/reglerteknik/2016/forklift/>
Beställare: Andreas Bergström, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46 (0)10-711 54 54, **Mail:** andreas.bergstrom@liu.se
Kund: Emil Selse, Toyota Material Handling
Telefon: +46 (0)702032254 , **Mail:** emil.selse@toyota-industries.eu
Kursansvarig: Daniel Axehill, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46 (0)13 284042, **Mail:** daniel@isy.liu.se
Projektledare: Jenny Stenström
Handledare: Erik Hedberg, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46 (0)13 281338 , **Mail:** erik.hedberg@liu.se
Samuel Lindgren, Toyota Material Handling
Telefon: +46 (0)767614024 , **Mail:** samuel.lindgren@toyota-industries.eu

Gruppmedlemmar

Namn	Ansvarsområde	Telefon	Mail (@student.liu.se)
Johan Almgren	Testansvarig	070-206 72 45	johal611
Henrik Andersson	Dokumentansvarig	073-854 77 79	henan562
Gustav Elingsbo	Informationsansvarig	073-685 19 75	gusel411
Mikael Hartman	Integrationsansvarig	076-771 13 38	mikha130
Petter Landerhed	Designansvarig	070-627 82 52	petla189
Andreas Norén	Mjukvaruansvarig	072-394 89 95	andno111
Jenny Stenström	Projektledare	070-329 92 21	jenst280

Dokumenthistorik

Version	Datum	Ändringar	Utförd av	Granskare
0.1	2016-09-13	Första utkast.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar
0.2	2016-09-15	Andra utkast.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar
0.3	2016-09-19	Tredje utkast.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar
0.4	2016-09-21	Fjärde utkast.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar
1.0	2016-09-23	Första version.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Parter	1
1.2	Syfte och mål	1
1.3	Bakgrundsinformation	1
1.4	Definitioner	1
2	Översikt av systemet	3
2.1	Grovbeskrivning av produkten	3
2.2	Beroende till andra system	3
2.3	Ingående delsystem	3
2.4	Avgränsningar	4
2.5	Designfilosofi	4
2.6	Scenarion	4
2.7	Generella krav på hela systemet	6
3	Beslutsmodul	6
3.1	Inledande beskrivning av beslutsmodulen	6
3.2	Krav för beslutsmodulen	7
4	Regleringsmodul	7
4.1	Inledande beskrivning av regleringsmodulen	7
4.2	Krav på regleringsmodulen	8
5	Styrningsmodul	8
5.1	Inledande beskrivning av styrningsmodulen	8
5.2	Krav på styrningsmodulen	8
6	Positioneringsmodul	8
6.1	Inledande beskrivning av positioneringsmodulen	8
6.2	Krav på positioneringsmodulen	9
7	Detekteringsmodul	9
7.1	Inledande beskrivning av detekteringsmodulen	9
7.2	Krav på detekteringsmodulen	9
8	Kartläggningsmodul	9
8.1	Inledande beskrivning av kartläggningsmodulen	9
8.2	Krav på kartläggningsmodulen	9
9	Sensormodul	10
9.1	Inledande beskrivning av sensormodulen	10
9.2	Krav på sensormodulen	10
10	Kommunikationsmodul	10
10.1	Inledande beskrivning av kommunikationsmodulen	10
10.2	Krav på kommunikationsmodulen	10
11	MiniTruckApp	10

11.1 Inledande beskrivning av MiniTruckApp	10
11.2 Krav på MiniTruckApp	11
12 Ekonomi	11
13 Krav på säkerhet	11
14 Leveranskrav och delleranser	12
15 Dokumentation	12
16 Utbildning	13
16.1 Egen utbildning	13
16.2 Kundens utbildning	13
17 Organisation	14



1 Inledning

Detta dokument är en kravspecifikation för projektet *Planering och Sensorfusion för Autonom Truck* i kursen *TSRT10 - Reglertekniskt Projektkurs* som ges vid Linköpings universitet. Kravspecifikationen anger de krav som produkten ska uppfylla vid slutet av projektet. Kraven är listade på tabellform med utformning enligt följande exempeltabell:

Krav nr	Original/ Reviderad	Kravtext	Prioritet
---------	------------------------	----------	-----------

Kravens prioritet definieras enligt följande:

1	Krav som ska uppfyllas.
2	Krav som uppfylls i mån av tid.
3	Krav som ses som potentiell vidareutveckling efter projektslut.

1.1 Parter

I projektet ingår följande parter:

Kund	Emil Selse	Toyota Material Handling
Beställare	Andreas Bergström	ISY
Handledare	Erik Hedberg	ISY
Teknisk support	Samuel Lindgren	Toyota Materials Handling
Projektgrupp	L.A.M.A.	LiU

1.2 Syfte och mål

Syftet med detta projekt är att projektgruppen ska lära sig att arbeta enligt projektmodellen LIPS samt få tillämpa sina teoretiska kunskaper på något praktiskt. Tillsammans med support från handledare och från Toyota ska den befintliga trucken erhålla en förbättrad nivå vad gäller lokalisering, ruttplanering och autonomi. Dess mjukvarumodeller och simuleringsmiljö ska uppdateras. Färdigställd funktionalitet ska testas på den fysiska truckplattformen.

1.3 Bakgrundsinformation

Toyota Material Handling ser en tydlig trend på ökad efterfrågan av automatiserad lagerhantering. Allt fler företag jobbar med att effektivisera sina lager för att minska lager- och hanteringskostnader. Dock är dagens navigeringssystem för autonoma truckar väldigt komplicerade, dyra och tar lång tid att sätta upp. Detta på grund av krav på noggrant inmätta och positionerade reflexer samt specialmjukvara. Vilket minskar möjligheten att testa, visa upp och marknadsföra autonoma truckar utanför laboratoriemiljöer.

Till följd av detta har en truckplattform i skala 1:3 tagits fram för att användas till forskning, utveckling samt marknadsföring. Tanken är att denna modell ska kunna tas med och visas upp på olika mässor där ett delmål är arbetsmarknadsmässan LARM2017 som hålls på Linköpings Universitet i februari 2017.

1.4 Definitioner

Nedan presenteras hur vi har definierat koncept för att använda i fortsatt beskrivning av systemet och de krav som ställs på detta.

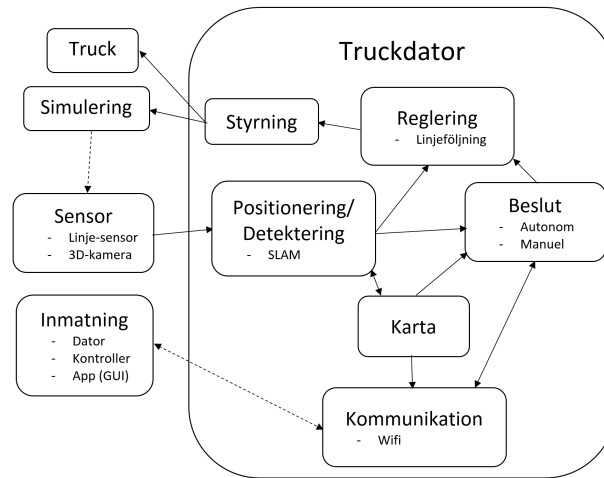


GUI	Grafiskt användargränssnitt (Graphical user interface)
Hinder	Ett objekt minst av dimension 0.5m x 0.5m x 0.5m som är placerat på lagergolvet.
Fast hinder	Ett hinder som är permanent, stationärt lokaliserat i lagret.
Karta	Information om omgivningen innehållande hinder samt pallar och pallplatser.
Lager	Den miljö där trucken ska arbeta.
MiniTruckApp	Den applikation som är körbar på Android-plattformar som används för att styra och ge kommandon till trucken.
Pall	En lastpall omskalad för att kunna lyftas av trucken till en höjd av cirka 100cm, där pallen med last inkluderad ej får överstiga en totalvikt på 10kg. Pallen har en unik AR-kod för identifiering placerad på de fyra vertikala sidorna.
Pallplats	En plats i markhöjd (om inte annat anges) där pallar kan placeras, platsens area är minst storleken av en pall med marginaler på 1dm åt varje håll. Platsen är försedd med en unik AR-kod placerad mitt i platsen och markerad med gul tejp runt platsens yttre kanter.
System	Syftar på den mjukvara som av projektgruppen utvecklas och integreras under projektets gång.
ROS	Robot Operating System, en Open Source programvara som möjliggör och underlättar kommunikation mellan komponenter och moduler vid robotutveckling.
Truck	En 1:3 nedskalad version av Toyotas ordinära truckar med liknande funktionalitet framtagen av Toyota och går under benämningen MiniReach.



2 Översikt av systemet

Plattformens systemkomponenter, moduler samt kommunikationskanaler visas i figur 1.



Figur 1: Översikt av systemet.

2.1 Grovbeskrivning av produkten

Produkten är av en plattform bestående av en dator för styrning och kommunikation, aktuatorer för framdrivning samt lyftning av truckgafflar och sensorer för navigering och kartläggning. Trucken ska autonomt navigera och sköta lagerhantering i en test- och demomiljö med hjälp av sensorer av olika slag. Den ska klara av att göra detta på ett säkert sätt genom att upptäcka eventuella hinder och fatta beslut för att undvika kollision.

En önskvärd påbyggnad är även att automatiskt hantera lagersaldo och en lagerdatabas.

2.2 Beroende till andra system

Produkten ska på egen hand klara av att utföra uppdrag givna från en Android-enhet via WiFi-uppkoppling.

2.3 Ingående delsystem

Produkten har delats upp i ett antal olika moduler, dessa är en konceptuell uppdelning av systemets mjukvara baserad på funktionalitet.



Beslutsmodul	Huvudprogram som tar in data från de andra modulerna och fattar beslut utifrån detta.
Regleringsmodul	Har i syfte att reglera rörelser enligt beslutsmodulens rutt-/rörelseplanering.
Styrningsmodul	Styr produktens aktuatorer, innehåller regulatorer som reglerar produktens rörelser.
Positioneringsmodul	Modul som håller koll på produktens positionering i rummet samt relativt andra objekt. Behandlar signaler från linjesensorer samt eventuellt andra sensorer som kan komma att testas under projektets gång. Exempelvis 3D-kameran och en IMU, Inertial Measurement Unit.
Detektionsmodul	Används för att detektera och identifiera laster. Används även för att detektera eventuella hinder.
Kartläggningsmodul	Kartlägger utifrån sensordata området som produkten befinner sig i. Ger användaren en möjlighet att kartlägga ett nytt område.
Sensormodul	Tar in och behandlar sensordata.
Kommunikationsmodul	Sköter kommunikation mellan moduler och MiniTruckAppen.
MiniTruckApp	Gör att man kan kommunicera med trucken och ge den arbetsuppgifter samt se status så som var den befinner sig, hur miljön runt omkring den ser ut med mera.

2.4 Avgränsningar

Den befintliga hårdvaran är tänkt att användas och kunna simuleras i nuvarande skick. Därför begränsas projektet av den befintliga produkten. Undantag för detta gäller tillägg och förflyttning av sensorer eller andra väl motiverade ändringar.

2.5 Designfilosofi

Produkten ska i den mån det är möjligt ha en modulärt designad mjukvara så att de olika delsystemen lätt går att bytas ut eller modifieras.

2.6 Scenarion

Denna underrubrik syftar till att ge en förståelse för vad trucken ska kunna göra samt vid vilka användningsområden och scenarion den ska kunna användas. Det är utifrån dessa scenarion som kraven för de olika modulerna är framtagna.

1. Flytta pall autonomt i marknivå:

Första scenariot är att trucken ska flytta en pall till en pallplats i ett lager. Trucken har information om hur lagret ser ut, vilken position pallen har, vilken position pallplatsen har samt vilka hinder som finns i lagret. Detta scenario har högst prioritet. Arbetsgången för trucken kommer då vara enligt följande:

- Lokalisera truckens plats i lagret.



- Bestäm rutt från trucken till pallen.
- Linjeföljning längs rutt.
- Detektera och identifiera AR-kod på pallen.
- Bestäm pall A:s position relativt trucken.
- Positionera in gafflarna under pallen.
- Lyft upp pallen.
- Bestäm truckens position i lagret.
- Bestäm rutt från trucken till pallplatsen.
- Linjeföljning längs rutt.
- Detektera och identifiera AR-kod på pallplatsen.
- Bestäm pallplats position relativt trucken.
- Positionera in gafflarna över pallplatsen.
- Ställ ner pall på pallplatsen.
- Backa ut från pallen.

2. Avsökning av okänt lager:

Scenariot uppstår när trucken används för första gången i ett nytt lager där den inte har någon information om vägar, hinder, pallar eller pallplatser. Avsökning behöver göras för att kunna flytta en låda manuellt enligt scenario 1. Maxstorlek på lagret är 10 x 10 meter. Vid avsökning får bara fasta hinder finnas i lager. Dett scenario har lägre prioritet och komma implementeras i mån av tid. Arbetsgången för trucken kommer då vara enligt följande:

- Positionera sig i rummet och detektera alla hinder som för närvarande ”syns”.
- Bestämma en rutt för att söka av lagret.
- Bestämma ny sökrutt då nya hinder upptäckts som ligger i vägen för den tänkta rutten.
- Lagra alla väggarnas positioner.
- Lagra alla hindrens positioner.
- Identifiera och lagra position och nummer på alla pallar.
- Identifiera och lagra position och nummer på alla pallplatser.
- Meddela när avsökning är klar.

3. Avsökning av känt lager:

För att kunna flytta lådor manuellt måste trucken ha kunskap om var alla pallar och pallplatser befinner sig i lagret. Detta scenario bygger på att man redan vet var alla fasta hinder är. I detta scenario så scannar man av efter pallar och pallplatser och har således redan en karta över lagret. Detta scenario har lägre prioritet och kommer implementeras i mån av tid.

- Positionera sig i rummet.
- Bestämma en rutt för att söka av lagret.
- Identifiera och lagra positioner på alla pallar.
- Identifiera och lagra positioner på alla pallplatser.
- Eventuellt planera ny rutt om pallar/pallplatser hamnar i vägen för rutten.



- Meddela när avsökning är klar.

4. Manuell styrning:

Detta scenario används för att kunna köra trucken manuellt via MiniTruckAppen. Detta scenario har hög prioritet och kommer försöka hinnas med tidigt då det ger grundläggande kunskap om hur trucken fungerar.

- Kunna ta emot kommandon från MiniTruckAppen.
- Kunna köra framåt, backa, svänga och lyfta/sänka pallgafflarna.
- Avbryta om kommunikation med MiniTruckAppen tappas.

5. Plocka och lämna pall från hylla:

Scenariot liknar scenario 1 men med skillnaden att pallen ska kunna hämtas och lämnas från en hylla som är lokaliserad ovanför marknivå. Scenariot har lägst prioritet och kommer implementeras i mån av tid. Eventuellt är detta något för framtida utveckling.

2.7 Generella krav på hela systemet

Nedan beskrivs generella krav på hela systemet.

Krav nr 1	Original	Trucken ska kunna flytta en känd pall till en känd pallplats autonomt.	
Krav nr 1A	Original	Pall och pallplatsen befinner sig i marknivå.	1
Krav nr 1B	Original	Pall befinner sig i marknivå och pallplatsen befinner sig i en hylla över marknivå.	3
Krav nr 1C	Original	Pall och pallplatsen befinner sig i hyllor över marknivå.	3
Krav nr 2	Original	Systemet ska vara utvecklat så att funktionaliteten kan demonstreras på den fysiska trucken.	1
Krav nr 3	Original	Systemet och dess funktioner ska kunna simuleras i en virtuell miljö.	1
Krav nr 4	Original	Systemet ska ha ett manuellt och ett autonomt läge.	1
Krav nr 5	Original	All nyutvecklad kod ska följa Googles standard.	1
Krav nr 6	Original	Systemet ska vara designat och kommenterat så att vidareutveckling av systemet underlättas.	1

3 Beslutsmodul

3.1 Inledande beskrivning av beslutsmodulen

Beslutsmodulen ska på ett motiverat och säkert sätt kunna framföra trucken och utföra dess uppdrag. Den utgör den huvudsakliga intelligensen hos systemet.



3.2 Krav för beslutsmodulen

Krav nr 7	Original	Modulen ska kunna delegera uppgifter till andra moduler.	1
Krav nr 8	Original	Kunna planera en rutt mellan två givna positioner.	1
Krav nr 8A	Original	Rutten ska inte korsa kända hinder.	1
Krav nr 8B	Original	Rutten ska ligga inom lagrets definierade område med marginal för truckens storlek och fel-marginal.	1
Krav nr 8C	Original	Lagrets karta måste vara känd för att kunna planera rutten.	1
Krav nr 9	Original	Kunna planera om rutten om hinder uppkommer.	1
Krav nr 10	Original	Kunna planera och genomföra avsökningen av lager enligt scenario 2.	2
Krav nr 11	Original	Kunna planera och genomföra förflyttning av låda enligt scenario 1.	1
Krav nr 12	Original	Kunna återuppta uppdrag som förhindrats.	3

4 Regleringsmodul

4.1 Inledande beskrivning av regleringsmodulen

Regleringsmodulen är den modul som ser till att körinstruktioner skickas till styrmodulen, vilket ska resultera i ett önskvärt körbeteende hos trucken. Modulen ska även hantera den manuella körningen.



4.2 Krav på regleringsmodulen

Krav nr 13	Original	Modulen ska kunna göra så att trucken följer en given rutt.	1
Krav nr 14	Original	Modulen ska kunna anpassa truckens fart utefter rutten.	1
Krav nr 15	Original	Modulen ska kunna placera truckens gafflar i hålrummen till en pall.	
Krav nr 15A	Original	Pallen och trucken är placerade enligt situation 1 i Appendix pallyft.	1
Krav nr 15B	Original	Pallen och trucken är placerade enligt situation 2 i Appendix pallyft.	2
Krav nr 15C	Original	Pallen och trucken är placerade enligt situation 3 i Appendix pallyft.	3
Krav nr 15D	Original	Pallen och trucken är placerade enligt situation 4 i Appendix pallyft.	3
Krav nr 16	Original	Modulen ska kunna reglera trucken efter avstånd till väggar alternativt andra hinder.	1
Krav nr 17	Original	Modulen ska kunna ta emot manuella körinstruktioner och kunna skicka dessa vidare till styrningsmodul.	1
Krav nr 18	Original	Modulen ska ha möjlighet att undvika kollision med känt hinder vid manuell styrning.	3
Krav nr 19	Original	Modulens reglering ska bygga på predikterade värden vid kurvföljning.	3

5 Styrningsmodul

5.1 Inledande beskrivning av styrningsmodulen

Styrmodulen är den modul som ser till att trucken rör sig på önskvärt sätt givet instruktioner från reglermodulen. Denna modul kommer även kontrollera hur gaffeln rör sig för att hämta laster.

5.2 Krav på styrningsmodulen

Krav nr 20	Original	Modulen ska kunna köra trucken framåt/bakåt.	1
Krav nr 21	Original	Modulen ska kunna få trucken att svänga.	1
Krav nr 22	Original	Modulen ska kunna höja och sänka truckens gafflar.	1

6 Positioneringsmodul

6.1 Inledande beskrivning av positioneringsmodulen

Positioneringsmodulen ska hålla koll på var i rummet trucken befinner sig (global positionering) samt hur trucken är positionerad i förhållande till last (lokal positionering).



6.2 Krav på positioneringsmodulen

Krav nr 23	Original	Modulen ska kunna jämföra data från sensorer med den fasta kartlagda modellen över rummet.	1
Krav nr 24	Original	Modulen ska bestämma truckens position tillräckligt noggrant för att kunna utföra sina uppgifter enligt givna scenarion.	1
Krav nr 25	Original	Modulen ska använda en kamera för att positionera trucken i förhållande till en pall.	1

7 Detekteringsmodul

7.1 Inledande beskrivning av detekteringsmodulen

Detekteringsmodulen har som uppgift att detektera AR-koder lokaliserade på pallar samt vid pallplatser. Även hinder ska detekteras för att undvika krockar.

7.2 Krav på detekteringsmodulen

Krav nr 26	Original	Modulen ska kunna detektera en pall med en AR-kod.	1
Krav nr 27	Original	Modulen ska kunna detektera en pallplats med en AR-kod.	1
Krav nr 28	Original	Modulen ska kunna detektera ett uppkommet hinder.	1

8 Kartläggningsmodul

8.1 Inledande beskrivning av kartläggningsmodulen

Kartläggningsmodulens uppgift är ha information om truckens omgivning. Allteftersom pallar, pallplatser och eventuella hinder påträffas ska även dessa införas i kartan.

8.2 Krav på kartläggningsmodulen

Krav nr 29	Original	Modulen ska kunna ladda en befintlig karta av lagret med endast fasta hinder.	1
Krav nr 30	Original	Modulen ska kunna skapa en karta av lagret.	1
Krav nr 30A	Original	Modulen ska kunna lagra position på hinder.	2
Krav nr 30B	Original	Modulen ska kunna lagra position och AR-kod på pallar.	2
Krav nr 30C	Original	Modulen ska kunna lagra position och AR-kod på pallplatser.	2
Krav nr 31	Original	Modulen ska kunna uppdatera kartan då förändringar i lager har upptäckts.	2



9 Sensormodul

9.1 Inledande beskrivning av sensormodulen

Sensormodulens uppgift är att ta in och behandla sensorernas signaler så att andra moduler kan utnyttja relevant data istället för att själva behandla rådata.

9.2 Krav på sensormodulen

Krav nr 32	Original	Modulen ska kunna ta in data från samtliga in-kopplade sensorer.	1
Krav nr 33	Original	Modulen ska kunna behandla och omvandla sensorsignaler till användbar data.	1
Krav nr 34	Original	Modulens utdata ska kunna användas av övriga moduler.	1

10 Kommunikationsmodul

10.1 Inledande beskrivning av kommunikationsmodulen

Kommunikationsmodulen har i uppgift att hantera kommunikation mellan truck och MiniTruckAppen.

10.2 Krav på kommunikationsmodulen

Krav nr 35	Original	Ska utgöra ett gränssnitt för kommunikation mellan truck och MiniTruckAppen.	1
Krav nr 36	Original	Kommunikation med MiniTruckAppen ska ske via Wi-Fi.	1

11 MiniTruckApp

11.1 Inledande beskrivning av MiniTruckApp

MiniTruckAppen används för att kunna kommunicera och ge uppgifter till trucken. Applikationen kommer köras på en Android-plattform. Den har också som uppgift att visa information om trucken.



11.2 Krav på MiniTruckApp

Krav nr 37	Original	Trucken ska kunna styras manuellt via ett GUI.	1
Krav nr 38	Original	MiniTruckAppen ska kunna ge kommandon om en autonom flyttning av en pall till en pallplats.	2
Krav nr 39	Original	MiniTruckAppen ska kunna ge kommando om att starta en avsökning av lagret.	2
Krav nr 40	Original	MiniTruckAppen ska kunna visa en lista med aktuella pallar/pallplatser i lagret.	2
Krav nr 41	Original	MiniTruckAppen ska kunna visa en karta över omgivningen.	1
Krav nr 42	Original	MiniTruckAppen ska visa truckens position.	1
Krav nr 43	Original	Truckens ska i ett GUI kunna visa bild från 3D-kameran.	1
Krav nr 44	Original	Sensordata ska gå att avläsas från ett GUI.	2
Krav nr 45	Original	Trucken ska kunna visa pallar samt pallplatser i rummet via ett GUI.	2
Krav nr 46	Original	MiniTruckApp ska ge ett felmeddelande om uppdrag som inte utförts med anledning.	3

12 Ekonomi

Nedan beskrivs de krav på ekonomin som begränsar projektet.

Krav nr 47	Original	Varje projektmedlem ska spendera cirka 240 timmar på projektet.	1
Krav nr 48	Original	Tid för ett veckomöte samt hjälp vid frågor och korrekturläsning ska finnas tillgängligt från handledare.	1
Krav nr 49	Original	40 timmar handledningstid ska tillhandahållas från Toyota.	1
Krav nr 50	Original	En dator med mjukvara ska tillhandahållas från kund.	1
Krav nr 51	Original	Ett projektrum ska tillhandahållas från ISY.	1
Krav nr 52	Original	Tillgång till labb och utrustning ska ges vid åtminstone två tillfällen.	1
Krav nr 53	Original	Resor för testning ToR. LiU - Toyota ska bistås med från ISY.	1

13 Krav på säkerhet

Nedan beskrivs krav på säkerhetsfunktioner som ska finnas implementerade.



Krav nr 54	Original	Trucken ska ej krocka med fasta eller tillfälliga hinder vid autonom körning.	1
Krav nr 55	Original	Trucken ska hantera eventuella fel med att stan-na sin körning.	1
Krav nr 56	Original	Trucken ska avbryta körning om kommunika-tion tappas vid manuell läge.	1
Krav nr 57	Original	Trucken ska avbryta en eventuell höjning eller sänkning av gafflarna om ett fel uppkommer.	1
Krav nr 58	Original	Funktion som hindrar att trucken kör in i de-tekterade hinder vid manuell körning.	3

14 Leveranskrav och delleranser

Besluts punkter och leveranser vid dessa definieras som följande:

- BP2: Kravspecifikation, projektplan med inkluderad tidsplan samt en systemskiss.
- BP3: Designspecifikation och testplan.
- BP4: Den funktionalitet som krävs för att kunna göra ruttplanering dvs.
 - Visa hur nuvarande karta kan förbättras med tex. sensorfusion eller 3d-karta.
 - Förbättra positionering på kartan
 - Planera en optimal väg från nuvarande position till en annan angiven position.
- BP5: All funktionalitet, testprotokoll, användarhandledning och föredrag som visar att kraven i kravspecifikationen är uppfyllda.
- BP 6: Teknisk rapport, posterpresentation samt efterstudie med uppföljning av re-sultat och använd tid.

Krav nr 59	Original	Ovanstående leveranser ska ske vid sagda be-slutspunkter.	1
-------------------	-----------------	-----------------------------------------------------------	----------

15 Dokumentation

I tabellen nedan listas de dokument som under projektets gång ska genereras. Ansvarig för att detta görs och lämnas in i tid är dokumentansvarig. Dokumenten godkänns av beställare.



Dokument	Syfte	Distribueras till	Beställningspunkt
Kravspecifikation	Specificera de krav som ställs på det slutgiltiga systemet.	Beställare	BP2
Översiktlig systemskiss	En översiktlig bild av systemet i sin helhet.	Beställare	BP2
Projektplan med aktivitetslista	Beskrivning av projektet samt dess ingående aktiviteter.	Beställare	BP2
Översiktlig tidsplan	Plan över hur mycket tid som kommer läggas inom respektive aktivitet.	Beställare	BP2
Designspecifikation	Beskriver hur systemet är konstruerat.	Beställare	BP3
Enkel testplan	Beskrivning av de tester som kommer att utföras på systemet.	Beställare	BP3
Testprotokoll	Resultat från tester av systemet.	Beställare	BP5
Användarhandledning	Beskrivning för användande av systemet.	Beställare	BP5
Teknisk rapport	Rapport som beskriver den tekniska delen av projektet.	Beställare	BP6
Efterstudie	Utvärdering av projekt	Beställare	BP6
Mötesprotokoll	Sammanfattning av mötesdiskussioner.	Beställare	Skär veckovis
Statusuppdatering	Nulägesrapportering till beställare.	Beställare och kund	Skär veckovis
Tidsrapportering	Rapportering av hur mycket tid och på vilka aktiviteter varje enskild person lagt på projektet.	Beställare	Skär veckovis
Protokoll över beslutspunkter	Beskriver de beslut som tas i projektet.	Beställare	Skär veckovis

Krav nr 60	Original	Dokumentation ska presenteras enligt ovan.	1
-------------------	-----------------	--------------------------------------------	----------

16 Utbildning

I detta avsnitt presenteras den utbildning som är nödvändig att genomföra, dels inom gruppen och dels mot kund.

16.1 Egen utbildning

Krav på egen utbildning:

Krav nr 61	Original	Gruppen ska sätta sig in i ramverket ROS.	1
-------------------	-----------------	-------------------------------------------	----------

16.2 Kundens utbildning

Krav på kundens utbildning:

Krav nr 62	Original	En demonstration av den färdiga produkten ska ges till kunden.	1
-------------------	-----------------	----------------------------------------------------------------	----------



17 Organisation

Nedan beskrivs kraven på organisationen:

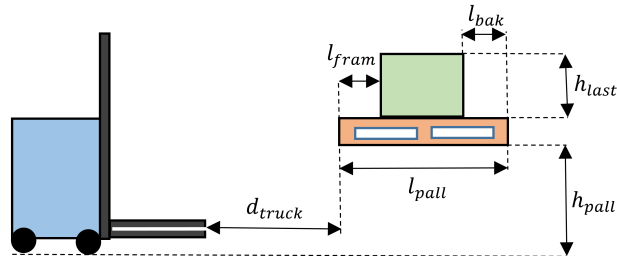
Krav nr 63	Original	Det ska finnas en projektledare i projektgruppen.	1
Krav nr 64	Original	Det ska finnas en dokumentansvarig i projektgruppen.	1
Krav nr 65	Original	Det ska finnas en testansvarig i projektgruppen.	1
Krav nr 66	Original	Det ska finnas en mjukvaruansvarig i projektgruppen.	1
Krav nr 67	Original	Det ska finnas en designansvarig i projektgruppen.	1



Appendix

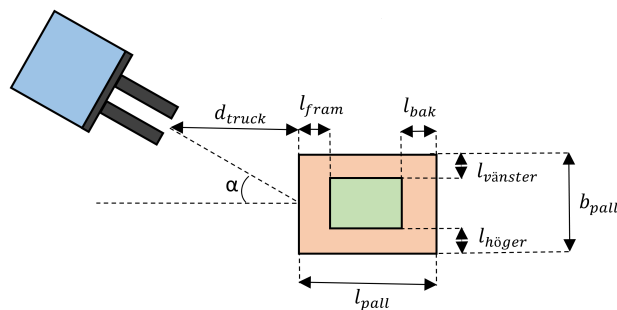
Pallyft

Nedan beskrivs de situationer där trucken ska lyfta upp en pall. Illustrerande bilder som definierar parametrar kan ses i Figure 2, Figure 3 och Figure 4.



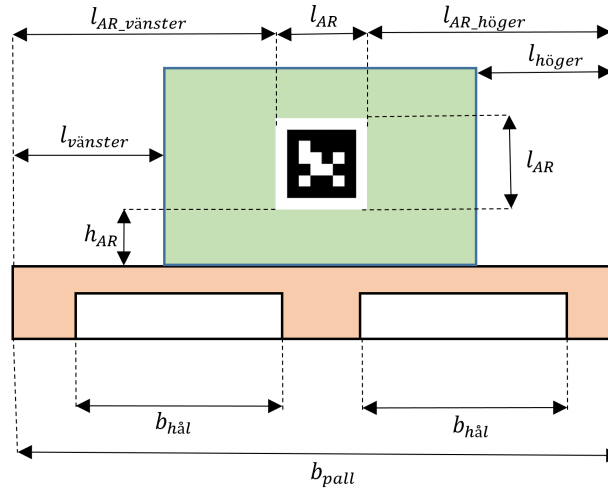
Figur 2: Truck och pall sett från sida vid start av pallyft.

- d_{truck} : Avstånd från truck till framsida av pall.
- l_{pall} : Pallens längd.
- l_{fram} : Avstånd från pallens framkant till lastens närmaste punkt.
- l_{bak} : Avstånd från pallens bakkant till lastens närmaste punkt.
- h_{last} : Höjd på last.
- h_{pall} : Höjdskillnad mellan truckens underlag och pallens underlag.



Figur 3: Truck och pall sett från ovan vid start av pallyft.

- α : Vinkel mellan truck och pallens framkant.
- $l_{vanster}$: Avstånd från pallens vänstra kant sett från trucken till lastens närmaste kant.
- l_{hoger} : Avstånd från pallens högra kant sett från trucken till lastens närmaste kant.
- b_{pall} : Pallens bredd.



Figur 4: Pall sett från trucken.

- l_{AR} : Längd och bredd på AR-kod på last.
- $l_{ARvanster}$: Avstånd från AR-kod till pallens vänsta kant sett från trucken.
- $l_{ARhöger}$: Avstånd från AR-kod till pallens högra kant sett från trucken.
- h_{AR} : Höjd från pallen till AR-kodens botten.
- $b_{hål}$: Bredd på de hål i pallen där truckens gafflar ska skjutas in i vid pallyft.

Samtliga situationer

I samtliga situationer ska lasten få plats inom pallens kanter, d.v.s.

$$l_{fram}, l_{bak}, l_{vanster}, l_{höger} \geq 0.$$

Lastens höjd får inte överstiga 30cm d.v.s.

$$h_{last} \leq 30cm.$$

Totalvikten för pallen med last får ej överstiga 10kg. Parametrar vars värden ej definieras i denna bilaga bör följa standardmått för en pall omskalad 1:3 för att passa att lyftas av trucken som har samma omskalning. Pallen ska vara hel, ligga plant mot underlaget och vara av ovan beskrivna form.

Situation 1

I denna situation är trucken placerad nästan rakt framför pallen på ett avstånd av 1m där pallen är i samma höjd som trucken d.v.s.

$$d_{truck} \approx 1m, \alpha \leq 5^\circ, h_{pall} = 0.$$

Lasten på pallen är placerad i pallens framkant och centrerad i sidled d.v.s.

$$l_{fram} = 0, l_{vanster} = l_{höger}.$$

Lasten har även en AR-kod placerad enligt Figure 4 där AR koden är centrerad i sidled på lasten och därmed också på pallen. AR-koden har en sidlängd på 1dm och är placerad 1dm ovanför pallen d.v.s.

$$l_{ARvanster} = l_{ARhöger}, l_{AR} = 1dm, h_{AR} = 1dm.$$

**Situation 2**

Denna situation är samma som situation 1 dock med större frihet på vinkeln mot trucken samt avstånd från truck till pall, d.v.s. samma parametrar som situation 1 med undantag för

$$d_{truck} \in [0.5m \ 2m], \ \alpha \leq 15^\circ, \ h_{pall} = 0.$$

Situation 3

Denna situation är samma som situation 1 dock där pallen tillåts vara placerad på ett underlag på högre höjd än trucken d.v.s.

$$d_{truck} \approx 1m, \ \alpha \leq 5^\circ, \ h_{pall} \in [0m \ 1m).$$

Situation 4

Denna situation är en kombination mellan situation 2 och situation 3 där en frihet i avstånd och vinkel tillåts samtidigt som pallen får vara placerad på en högre höjd än trucken d.v.s.

$$d_{truck} \in [0.5m \ 2m], \ \alpha \leq 15^\circ, \ h_{pall} \in [0m \ 1m).$$