

# Projektdirektiv

## Precisionsreglering av gaffeltruck

Erik Hedberg, [erik.hedberg@liu.se](mailto:erik.hedberg@liu.se)

### Dokumenthistorik

Version	Datum	Beskrivning	Sign.
1.0	190828	Justerat datum, lagt till planering v36-37, förtydligat krav om möten och kodstandard	EH
0.3	190826	Lagt till roller inom projektgruppen, smärre språkliga justeringar	EH
0.2	190822	Fyllt ut med resterande avsnitt och detaljer, justerat efter Toyotas kommentarer	EH
0.1	190809	Första utkast	EH

## 1 Bakgrund

Toyota Material Handling i Mjölby designar och tillverkar olika typer av truckar för lasthantering. En tydlig trend är att varulager blir allt mer automatiserade, vilket ställer större krav på truckarnas förmåga att utföra precisa och effektiva manövrar utan hjälp från en operatör. En sådan utveckling kräver bra modeller och styralgoritmer.

Följande reklamfilm illustrerar den typ av automatiserade truckar som Toyota Material Handling utvecklar:

<https://www.youtube.com/watch?v=yomEYIBFOPM>

Ett komplicerat moment för truckar är lyft och sänkning av lasten, eftersom det rör sig om stora vikter och höga höjder uppstår lätt oönskade oscillationer i teleskopmasten. Därför måste styralgoritmerna försöka minimera oscillationerna, samtidigt som manövrarna ska vara snabba och energieffektiva.



Figur 1: Truck av modell BT Reflex RAE 160/200/250

## 2 Syfte

Projektets syfte är att utveckla metoder för att förbättra lyftprestandan hos den typ av gaffeltruckar som Toyota Material Handling tillverkar.

Arbetet sker mot en riktig produkt och svarar mot industriella behov, projektet lämpar sig därför väl för den som vill få en inblick i industriell mekatronikutveckling.

## 3 Projektidé

- Vidareutveckla de modeller av truckens lyft som Toyota har i dagsläget.
- Använda modellerna för att planera och reglera rörelser som är optimala med hänsyn till tid, energi och oscillationer i lasten (s.k. svaj).

- Undersöka hur ytterligare sensorer kan användas för att förbättra prestandan.

## 4 Parter

Projektets kund är Magnus Persson, Toyota Material Handling.

Beställare är Erik Hedberg, Linköpings Universitet.

Projektgruppen utgörs av 6-7 studenter från Linköpings Universitet.

Projektledare utses av beställaren efter intervjuer med projektgruppen. Projektledaren utser därefter i samråd med projektgruppen en kvalitetsansvarig, en designansvarig och en dokumentansvarig, samt vid behov ytterligare roller.

Projektgruppen får tekniskt stöd från kunden, koordinerat av Boris Ahnberg, och handledning från universitetet av Olov Holmer i både tekniska och projektmässiga frågor.

## 5 Kompetenser

Projektgruppen behöver tillsammans ha kunskaper inom, eller vara intresserade av att lära sig, följande ämnen:

Modellering, Optimering, Reglerteknik, Signalbehandling, Mekanik och Hydraulik.

En stor del av arbetet kommer att ske i Matlab och Simulink.

## 6 Utrustning

Projektet kommer att arbeta med en elektrisk truck av modell BT Reflex RAE, illustrerad i Figur 1. Trucken väger cirka 4 ton och kan lyfta en last på 2 ton upp till 12 m. En presentation av modellen finns här: [https://www.youtube.com/watch?v=sOG5zkj1\\_WU](https://www.youtube.com/watch?v=sOG5zkj1_WU)

Truckens lyftsystem är en teleskopmast i två delar, där varje del drivs av ett separat hydraulsystem. En av utmaningarna med regleringen är att få en mjuk övergång mellan de två delarna.

Toyota har tagit fram simuleringsmodeller i Simulink & Simscape för truckens lyft som projektet kan utgå ifrån. För att mäta och reglera lyftsystemet används en realtidsdator av märket Speedgoat som tillåter styrning direkt från Matlab och Simulink.

Trucken är utrustad med sensorer för att mäta bland annat hydraultryck och mastens höjd. Toyota tillhandahåller också en sensor för att mäta accelerationer och vinkelhastigheter, en så kallad IMU, att montera på lämplig plats.

## 7 Mål

I år är fokus i första hand på att förbättra upplyftningsprocessen, i mån av tid är det också aktuellt att undersöka nedsänkingsprocessen.

Nedan listas ett antal preliminära mål, de exakta målen bestäms i samråd mellan projektgruppen och kunden under projektets inledande fas.

## 7.1 Optimala manövrar

1. Implementera framkopplingsalgoritm för minimal tidsåtgång.
2. Implementera framkopplingsalgoritm för minimal energiåtgång.
3. Implementera framkopplingsalgoritm för minimala lastoscillationer.
4. Kombinera ovanstående så att en användare kan väga ihop de olika målen för att få ett önskat lyftbeteende.
5. Implementera en lärande algoritm som använder tidigare körningar för att ytterligare optimera framkopplingen.
6. Optimera återkopplingen tillsammans med framkopplingen.

## 7.2 Modellering

7. Genomföra experiment för att utvärdera de modeller som redan finns av systemet.
8. Identifiera modellparametrar för den aktuella trucken.
9. Undersöka hur inverkan av lastens massa och tyngdpunkt kan modelleras bättre.
10. Undersöka hur övergången mellan teleskopmastens två lägen kan modelleras bättre.
11. Statistiskt beskriva störningarna i systemet.

## 7.3 Lastoscillationer

12. Genomföra experiment för att mäta lastoscillationer i olika situationer
13. Bestäm ett lämpligt godhetsmått för lastoscillationer.
14. Undersöka lämpliga modeller för att förutsäga oscillationerna.

## 7.4 Tröghetssensor (IMU)

15. Undersöka vilken prestanda som krävs av en IMU för att mäta lastoscillationerna tillfredsställande.
16. Montera och integrera en IMU för att förbättra regleringen.

## 8 Begränsningar

I årets projekt utgår vi från att lastens massa och tyngdpunkt är känd. Vidare väljer vi att inte försöka modellera systemets temperaturberoende, alla experiment bör därför ske vid samma temperatur på hydrauloljan.

## 9 Tidsplan och leveranser

Projektet startar vecka 36 efter föreläsningen den 4:e september och avslutas vecka 51 med en projektkonferens den 16:e december. Leveranser av funktionalitet och dokument godkänns av beställaren vid ett antal beslutspunkter, som skall protokollföras.

### 9.1 Uppstart

Dagarna efter projektstarten förväntas projektgruppen lära känna varandra, förslagsvis genom en kick-off, samt skicka CV och personligt brev till beställaren.

Under vecka 37 kommer beställaren hålla intervjuer för att utse projektledare. Torsdagen den 12 september på eftermiddagen är också ett första möte planerat hos Toyota i Mjölby.

## 9.2 Beslutspunkt 2

Skall ske senast den 25:e september. Vid BP2 skall projektgruppen muntligen redogöra för det befintliga systemet och projektets tekniska förutsättningar.

Följande dokument skall levereras för slutgiltigt godkännande vid BP2:

- Kravspecifikation
- Projektplan, inklusive tidsplan
- Utkast till designspecifikation

## 9.3 Beslutspunkt 3

Infaller cirka två veckor efter BP2. Följande skall levereras för slutgiltigt godkännande:

- Designspecifikation
- Testplan

## 9.4 Beslutspunkt 4

För att göra delleveranser kan en eller flera (4a, 4b, 4c) beslutspunkter 4 användas.

## 9.5 Beslutspunkt 5

Skall ske senast 3 arbetsdagar före leverans till kund. Till BP5 skall alla krav på funktionalitet och utredning vara uppfyllda, projektgruppen skall hålla en presentation för att visa att så är fallet. Efter BP5 kan leverans till kund ske.

Följande dokument skall levereras för slutgiltigt godkännande vid BP5:

- Testprotokoll
- Användarhandledning

## 9.6 Leverans till kund

Skall ske vecka 49. Vid leverans till kund skall all funktionalitet demonstreras och de slutsatser projektet kommit fram till presenteras. Mjukvara som levereras skall vara väl strukturerad och dokumenterad samt följa kodstandarder som anges i kravspecifikationen.

## 9.7 Beslutspunkt 6

Skall ske innan projektkonferensen. Följande dokument skall levereras:

- Teknisk rapport
- Efterstudie
- Poster till projektkonferensen
- Hemsida och film som presenterar projektet.

OBS! Inget material, inklusive hemsida och film, får publiceras offentligt utan godkännande.

## 9.8 Projektkonferens

Projektkonferensen är planerad till måndagen den 16:e december, på den skall projektets uppgift och resultat presenteras på ett tillgängligt sätt för övriga kursdeltagare.

## 10 Rapportering

Varje vecka ska projektledaren och beställaren träffas för att stämma av läget i projektet, samt en kort statusrapport skickas till kund och beställare. Utöver det ska arbetad tid ska bokföras per student och per planerad aktivitet och rapporteras veckovis till beställaren.

## 11 Resurser

Varje projektmedlem skall spendera 240 timmar på projektet.

Toyota skall bidra med:

- Simuleringsmodeller av systemet.
- Introduktion till systemet, inklusive mät- och styrutrustning.
- Datum där gruppen kan komma till Mjölby och arbeta med systemet.
  - Preliminära tider är veckorna 38, 40, 46 och 48.
- Kontaktpersoner för 40h handledningstid.

LiU skall bidra med:

- 40 h handledningstid.
- Bil för resor till och från Mjölby.
- Kontorsyta.

## 12 Kontaktpersoner

Magnus Persson (kund), [magnus.persson@toyota-industries.eu](mailto:magnus.persson@toyota-industries.eu)

Boris Ahnberg (teknisk koordinator hos kund), [boris.ahnberg@toyota-industries.eu](mailto:boris.ahnberg@toyota-industries.eu)

Erik Hedberg (beställare), [erik.hedberg@liu.se](mailto:erik.hedberg@liu.se)

Olov Holmer (handledare), [olov.holmer@liu.se](mailto:olov.holmer@liu.se)

## 13 Särskilda krav

Tystnadsplikt – Projektmedlemmarna förväntas skriva under ett avtal att inte sprida information och modeller de får från Toyota Material Handling.