



# PROJEKTPLAN

Redaktör Khalid Pirgul

Version 1.0

## Status

Granskad	2019-09-23	RH
Godkänd	2019-10-11	LE



## PROJEKTIDENTITET

2019/HT

Linköpings universitet, ISY

Namn	Ansvar	Telefon	E-post
Khalid Pirgul	Projektledare (PL)	0737870879	khapi566@student.liu.se
Filip Axelhed	Testansvarig (TST)	0738460462	filiax423@student.liu.se
Camilla Bodin	Mjukvaruansvarig (MJ)	0707532411	cambo484@student.liu.se
Sebastian Engberg Fors	Designansvarig (DES)	0762986481	sebfo640@student.liu.se
Marcus Grip	Mjukvaruansvarig (MJ)	0767992351	margr885@student.liu.se
Esaias Jerrelind	Informationsansvarig (IOI)	0762181850	esaje365@student.liu.se
Carolina Pahkasalo	Dokumentansvarig (DOK)	0768343933	carpa566@student.liu.se
André Sollander	Modellansvarig (MDL)	0702417620	andso041@student.liu.se

**Kund:** Volvo Cars Corporation  
**Kontaktperson hos kund:** Fredrik Wemmert

**Beställare:** Lars Eriksson, 013-284409, lars.eriksson@liu.se  
**Kursansvarig:** Daniel Axehill, 013-284042, daniel.axehill@liu.se  
**Handledare:** Robin Holmbom, 013-281327, robin.holmbom@liu.se



## Innehåll

<b>1</b>	<b>Beställare</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Översiktlig beskrivning av projektet</b> .....	<b>1</b>
2.1	Syfte och mål.....	1
2.2	Leveranser .....	1
2.3	Begränsningar .....	1
<b>3</b>	<b>Fasplan</b> .....	<b>2</b>
3.1	Före projektstart .....	2
3.2	Under projektet.....	2
3.3	Efter projektet.....	2
<b>4</b>	<b>Organisationsplan för hela projektet</b> .....	<b>3</b>
4.1	Organisationsplan per fas .....	3
4.2	Villkor för samarbetet inom projektgruppen .....	3
4.3	Definition av arbetsinnehåll och ansvar .....	3
<b>5</b>	<b>Dokumentplan</b> .....	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>Utbildningsplan</b> .....	<b>5</b>
7.1	Egen utbildning .....	5
<b>8</b>	<b>Rapporteringsplan</b> .....	<b>5</b>
<b>9</b>	<b>Mötesplan</b> .....	<b>6</b>
<b>10</b>	<b>Resursplan</b> .....	<b>6</b>
10.1	Projektmedlemmar .....	6
10.2	Material.....	6
10.3	Lokaler.....	6
10.4	Ekonomi .....	6
<b>11</b>	<b>Milstolpar och beslutspunkter</b> .....	<b>7</b>
11.1	Milstolpar .....	7
11.2	Beslutspunkter.....	7
<b>14</b>	<b>Förändringsplan</b> .....	<b>10</b>
<b>15</b>	<b>Kvalitetsplan</b> .....	<b>10</b>
15.1	Granskningar.....	10
15.2	Testplan.....	11
<b>16</b>	<b>Risakanalys</b> .....	<b>11</b>
<b>17</b>	<b>Prioriteringar</b> .....	<b>11</b>
<b>18</b>	<b>Projektavslut</b> .....	<b>12</b>
	<b>Referenser</b> .....	<b>12</b>



## Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda förändringar	Utförda av	Granskad
0.1	2019-09-17	Första utkastet	Alla	RH
0.2	2019-09-23	Kommentarer från handledare är rättade	Alla	RH
0.3	2019-09-24	Kommentarer från handledare är rättade.	Alla	
1.0	2019-10-11	Godkänd på BP2.		



## 1 Beställare

Beställare för projektet är Lars Eriksson vid fordonssystem på institutionen för systemteknik vid Linköpings universitet.

## 2 Översiktlig beskrivning av projektet

Projektet handlar om att med hjälp av MPC-reglering styra en förbränningsmotor. Nedan beskrivs projektet ytterligare.

### 2.1 Syfte och mål

Projektets syfte är att undersöka och demonstrera hur realtids MPC-reglering kan användas inom motorstyrning med flera aktuatorer. Mål som finns i projektet är att ta fram modeller för VVT och gasspjäll, att använda dessa modeller för att utveckla en multivariabel modellbaserad predikterande regulator och simulera dessa resultat i Simulink/Matlab för att se överensstämmelsen med mätdata och att man får önskad momentstyrning. Denna regulator skall upptäcka då en trasig aktuator uppstår och kunna hantera detta fall. Vid simuleringar som ger önskade resultat skall dessa regulatorer implementeras i en motortestcell som tillhandahålls av avledningen fordonssystem vid Linköpings universitet. Denna motortestcell har för tillfället en äldre version av mjukvara som behöver uppdateras. Därför är ett ytterligare mål att driftsätta nyare version av Simulink/Matlab i motortestcellen.

### 2.2 Leveranser

I tabellen nedan presenteras alla leveranser och deadlines.

Leverans	Beskrivning	Deadline
Beslutspunkt 2	Kravspecifikation, projektplan, Tidplan, Designspecifikation (Skiss)	2019-09-25
Beslutspunkt 3	Designspecifikation, Testplan	2019-10-09
Beslutspunkt 5	Kravverifiering, leverans av kod, användarhandledning och testprotokoll	2019-12-02
Beslutspunkt 6	Teknisk dokumentation, efterstudie, poster, hemsida, video	2019-12-12

### 2.3 Begränsningar

Begränsningarna för projektet är huvudsakligen tid. Varje projektmedlem skall ansätta 240 timmar på projektet. Dessutom är handledningstid begränsat till 25 timmar och tillgänglig tid i motorlabbet är 80 timmar. Vidare är projektet begränsat till en specifik motormodell.



## 3 Fasplan

Projektets utförande delas upp i tre faser; före, under och efter. Under dessa faser fokuserar projektgruppen på olika saker för att uppnå de mål som finns för varje beslutspunkt.

### 3.1 Före projektstart

Under denna fas bildas projektgruppen. En projektledare utses av beställaren, Lars Eriksson, i samråd med projektgruppen. Projektet planeras utifrån projektdirektivet och därmed upprättas kravspecifikation och tidsplan för projektet, se (Pirgul, et al., 2019b) och (Pirgul, et al., 2019c).

### 3.2 Under projektet

Under projektet fokuserar projektgruppen på att lösa projektuppgiften som är fastställd i (Pirgul, et al., 2019b). Detta innebär att modeller för gasspjäll samt insugskamfasning utvecklas. Dessa används sedan för att utveckla en regulator för momentstyrning där dessa aktuatorer används. Detta innebär att ett optimeringsproblem måste formuleras. Data som är nödvändigt samlas även in under denna fas. Även nyare versioner av Matlab och Simulink driftsätts i motortestcellen och därefter kan regulatorn utvärderas i motorlabbet.

Under denna fas dokumenterar projektgruppen kontinuerligt aktiviteter. Möten hålls också veckovis för att hålla samtliga uppdaterade på hur projektet går.

### 3.3 Efter projektet

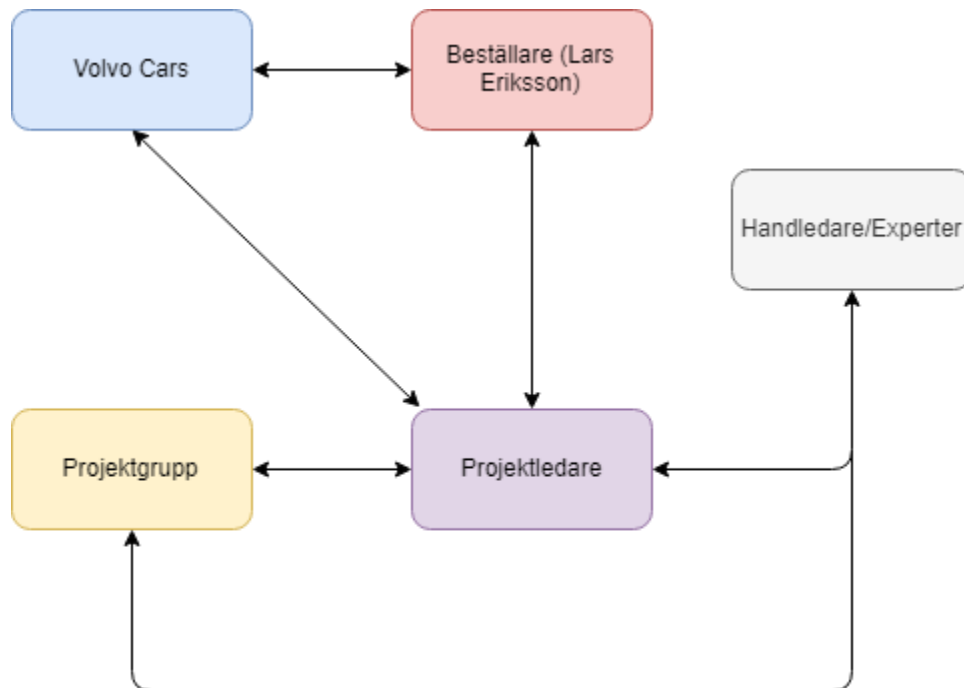
När projektet är avslutat presenterar projektgruppen sina resultat för beställare och kund. Efter projektet dokumenteras även resultaten i en teknisk dokumentation och en efterstudie med uppföljning av resultat och använd tid utförs. En hemsida, en film och en poster utformas även i denna fas. Efter detta avslutas projektet och projektgruppen upphör. Resurser som använts returneras.

## 4 Organisationsplan för hela projektet

Nedan beskrivs organisationsplanen för projektet.

### 4.1 Organisationsplan per fas

Nedan följer en graf som demonstrerar organisationen för projektet. Projektgruppen har en projektledare och tillgänglig handledare samt övriga experter.



Figur 1. Graf som demonstrerar organisationen för projektet.

### 4.2 Villkor för samarbetet inom projektgruppen

Projektgruppen har via konsensus kommit överens om ett gruppkontrakt för arbetsvillkor, se (Pirgul, et al., 2019a)

### 4.3 Definition av arbetsinnehåll och ansvar

En utdelning av ansvarsområden till varje projektmedlem har gjorts. Den person som är ansvarig för ett område har till uppgift att främst hålla reda på tillhörande arbetsuppgifter och se till att dessa utförs.



## 5 Dokumentplan

Nedan finns en plan över vilka dokument som skall skrivas under projektets gång samt vilka deadlines som tillhör dem. Det finns även beskrivet vilka som ansvarar över dokumenten samt vilka som tar emot dokumenten.

Dokument	Ansvarig	Syfte	Deadline
Kravspecifikation	Projektgruppen	Specificerar vilka krav som skall uppnås under projektets gång.	2019-09-25
Projektplan	Projektgruppen	En plan över projektets faser.	2019-09-25
Tidsplan	Projektgruppen	En plan över hur tid skall distribueras under projektet.	2019-09-25
Designspecifikation	Projektgruppen	Specificerar systemets design och funktionalitet i detalj.	2019-10-09
Testplan	Filip Axelhed	En plan för tester som kommer att ske kontinuerligt under projektet.	2019-10-09
Testprotokoll	Filip Axelhed	Redovisning för testresultat.	2019-12-09
Användarhandledning	Projektgruppen	Dokument som tillhör den färdiga produkt som kommer att levereras vid projektslut för att beskriva hur den skall användas.	2019-12-02
Teknisk dokumentation	Projektgruppen	Slutgiltig rapport som skrivs i slutet av projektet. Skall innefatta alla tekniska delar av projektet.	2019-12-09
Efterstudie	Projektgruppen	Ett dokument som innehåller utvärdering av projektet.	2019-12-09
Projektposter	Projektgruppen	Poster för presentation av produkten. Skall sammanfatta projektets arbete.	2019-12-09
Projekthemsida	Projektgruppen	Hemsida som skall innehålla beskrivning av projektet samt dokumentation från projektet.	2019-12-09
Projektfilm	Sebastian Engberg Fors	En film som skall presenteras på projektkonferensen och skall beskriva projektet.	2019-12-09





## 6 Utvecklingsmetodik

I detta avsnitt beskrivs den metodik som används för vissa moment som förekommer i projektet. Tanken är att jobba med agil systemutveckling under projektets gång med kontinuerlig kontakt med beställare samt handledare.

Vid framtagning och implementation av modeller är förfarandet enligt följande:

1. Ta fram mätdata till den fysikaliska modellen.
2. Utifrån mätdata, skatta parametrar till den fysikaliska modellen.
3. Implementera modellen i Simulink.
4. Använd mätdata för att verifiera att modellen stämmer tillräckligt bra.
5. Undersök, i vissa fall, hur modellen klarar dynamiska förlopp med hjälp av mätningar.

Vid framtagning och implementation av regulatorer är förfarandet enligt följande:

1. Ställ upp eventuella begränsningar och prestandakrav och välj rimliga tillstånd.
2. Om MPC används, ställ upp kostnadsfunktion, bivillkor och bestäm prediktionshorisont.
3. När vissa tillstånd inte kan mätas, exempelvis momentet, skall observatörer implementeras.
4. Utvärdera regulatorns prestanda med hjälp av lämpliga experiment, exempelvis stegsvar.
5. Vid behov, trimma eventuella parametrar eller pröva 2 på nytt.

## 7 Utbildningsplan

För ett lyckat projekt krävs det att varje projektmedlem genomför en egen utbildning för att besitta de kompetenser som krävs för att genomföra projektet. Nedan följer en beskrivning på vad som behöver studeras.

### 7.1 Egen utbildning

Projektgruppen har fått tillgång till två artiklar om MPC applicerat på fordon. Dessa bör studeras för att få förståelse om hur MPC tillämpas i fordonsapplikationer.

## 8 Rapporteringsplan

Samtliga projektmedlemmar har ansvaret att rapportera hur många timmar de har spenderat på projektet varje vecka i ett Excelark tillhörande tidsplanen. Projektledaren skickar detta dokument till beställaren veckovis tillsammans med en statusrapport som redovisar vad som har gjorts under veckan samt vad som planeras att göras under kommande vecka. Med hjälp av tidsrapportering kan projektgruppen avgöra om tillräckligt mycket tid har spenderats på projektet samt upptäcka om det är något område som tagit för lång tid. Med hjälp av dessa upptäckter kan arbetet justeras kontinuerligt under projektet.



## 9 Mötesplan

Veckomötet är utsatt på tisdagar som lunchmöte klockan 12:15 - 13:00, då följs ett mötesprotokoll. I mötesprotokollet kommer projektets status att uppdateras och vad som skall hända framöver. Projektledaren kallar och avslutar mötet. Mötesprotokollet skrivs av dokumentansvarig.

Projektgruppen kommer att ha tillgång till 25 timmars handledning av handledaren. Dessa möten bokas vid behov.

Under projektets gång finns sex beslutspunkter, enligt LIPS, att bemöta. Under dessa tillfällen tas beslut om projektet skall fortgå eller inte.

Projektgruppen skall även besöka kunden, Volvo Cars Corporation i Göteborg. Kunden kan även komma att besöka projektgruppen på Linköpings universitet.

## 10 Resursplan

Nedan följer en beskrivning av de resurser som projektgruppen har att tillgå.

### 10.1 Projektmedlemmar

De ingående personer i projektet är gruppmedlemmarna som vardera skall lägga 240 timmar. Vidare är 25 timmars handledning av handledaren. Projektmedlemmarna har olika bakgrund och erfarenheter som de bidrar till projektet med.

### 10.2 Material

Följande material erhålls från fordonssystem:

- Motormodell
- Artiklar och litteratur om MPC och motorstyrning
- Motortestcell

### 10.3 Lokaler

Projektgruppen tillhandahåller en lokal i ISYtan varje måndag, kl. 13.15-15.00, samt fri tillgång till ett projektrum med datorsal.

### 10.4 Ekonomi

De ekonomiska begränsningarna för projektet är huvudsakligen den tid varje projektmedlem har att lägga ner på projektet, samt 80 timmar som är tillgängligt i motortestcellen.



## 11 Milstolpar och beslutspunkter

I detta kapitel beskrivs vilka milstolpar och beslutspunkter som finns i projektet. Syftet med dessa är att underlätta projektarbetet genom att bryta ned projektet i mindre delmål. Därmed kan projektmedlemmar få en bättre översikt över vad som behövs göras.

### 11.1 Milstolpar

Nedan presenteras de milstolpar som projektmedlemmarna anser finns i projektet.

Nr	Beskrivning	Datum
1.	Designspecifikation skall vara godkänd.	2019-10-09
2.	Modeller framtagna för simulering skall finnas.	Prel: v42
3.	En enkel MPC-regulator för första ordningens system skall implementerats.	Prel : v45
4.	En avancerad MPC-regulator skall implementerats.	Prel: v47
5.	Simulering av preliminärt slutgiltig regulator skall ha gjorts.	Prel: v48
6.	Test av regulator och modeller i motortestcellen skall ha gjorts.	Prel: v49
7.	Godkänd leverans	v.50

### 11.2 Beslutspunkter

Se tabell 1 i kapitel 2.2 ovan.



## 12 Aktiviteter

Nedan listas samtliga aktiviteter som projektgruppen åtar sig under projektets gång. I listan finns en beskrivning av varje aktivitet och det framgår även hur de olika aktiviteterna beror på varandra. Observera att den beräknade tiden endast är en uppskattning på hur lång tid aktiviteten förväntas ta. Aktiviteterna är inte heller listade i kronologisk ordning.

Nr	Aktivitet	Beskrivning	Beroende av aktivitet Nr	Beräknad tid tim
0.	Dokument BP2	Kravspecifikation (24h), projektplan (24h) och gruppkontrakt (16h).	-	64
1.	Muntlig genomgång för beställare	En presentation för beställaren som handlar om hur projektgruppen tror att målen kan uppfyllas.	0	16
2.	Designspecifikation	Skriva designspecifikation.	0	80
3.	Teknisk dokumentation	Den tekniska rapport som skall levereras vid slutet av projektet.	0,1,2,3	80
4.	Användarmanual	Den manual som skall finnas med produkten för användning av produkten.	0-3	20
5.	Efterstudie	En efterstudie skall skrivas vid projektets slut.	-	20
6.	Hemsida	En hemsida skall skapas för projektet 2019.	3-4	18
7.	Film	En informativ film skall produceras	3-4	18
8.	Poster	Poster skall göras vid projektets slut.	3-4	18
9.	Föreläsningar	Närvaro på föreläsningar som är relevanta till projektet.	-	24
10.	Gruppmöten	Projektmöten	-	104
11.	Handledarmöten	Möten med handledare.	-	200
12.	Expertmöten	Möten med experter.	-	16
13.	Studiebesök hos kund Volvo Cars	Ett eventuellt besök hos Volvo Cars i Göteborg.	-	64
14.	Projektledaruppgifter	Uppgifter såsom att lämna in tidrapport samt skriva statusrapport.	-	16
15.	Kickoff	Teambuilding	-	32
16.	BP-möten	Beslutspunktmöten	-	24
17.	Förstudie	Förstudie om tillhandahållna artiklar, MPC och motorer.	-	80



18.	Testplanen	Design av testplan		24
19.	Modellera VVT	Ta fram modeller för kamfasningen.	0-3, 29	80
20.	Validera VVT	Validera modellerna mot mätdata	19, 29	24
21.	Modellera gasspjället	Ta fram modeller för gasspjället	0-3, 29	80
22.	Validera gasspjället	Validera modellerna mot mätdata	23, 29	24
23.	Samla in testdata	Testdata från motorcellen.	18	80
24.	Linjärisering	Utvärdera linjäriseringsmetoder för MPC	19, 21,2	40
25.	Designa MPC	En enklare modell för MPC-regulator SISO	0-3,19-22	80
26.	Realtids MPC	Implementera en enklare modell för MPC-regulator SISO	0-3,19-22	40
27.	Designa MPC	En enklare modell för MPC-regulator MIMO	0-3,19-22	50
28.	Realtids MPC	Implementera en enklare modell för MPC-regulator MIMO	0-3,19-22	40
29.	Utvärdera MPC	Utvärdera MPC, driftsäkerhet och stabilitet. Detta skall ske både i simulering miljö och motortestcell.	24-25	90
30.	Driftsätta nyare version av Matlab	Driftsätta nyare version av Matlab/Simulink i motortestcellen	-	60
31.	LQ-lösare	Designa, validera och utvärdera en LQ-lösare	-	40
32.	Implementera i Simulink	Implementera modeller och regulatorer	19,21	40
33.	Implementera i dSpace	Konvertera regulator för att köras på ECU:n	20, 22, 33	20
34.	Hantera en trasig aktuator	Iscensätta och diagnostisera en trasig aktuator	19-30	40
35.	Projektkonferens	En konferens för alla CDIO-projekt.	Alla	32
36.	Driftsättning och utläring av Git	Uppsättning och utläring av valt versionshanteringssystem	-	8
37.	Resttid	Buffert	-	159



## 13 Tidsplan

Den upprättade tidsplanen är baserad på de aktiviteter som är listade i kapitel 12. Se (Pirgul, et al., 2019c).

## 14 Förändringsplan

Eftersom projektutvecklingen sker efter en agil metodik kan eventuella förändringar av projektmål ske. Detta skall endast förekomma i samråd med beställare.

## 15 Kvalitetsplan

För att projektet skall hålla högsta möjliga kvalitet arbetar projektgruppen kontinuerligt med kvalitetssäkra samtliga aktiviteter. Kvalitetsansvarig har ansvar för att metodiken följs. Modellansvarig ansvarar för att de modeller som utvecklas kontrolleras med rätt metodik. Hur kvaliteten säkras beskrivs i avsnitt 15.1.

### 15.1 Granskningar

För att säkerställa kvaliteten utförs tester. Olika ansvarsområden ansvarar för att rätt tester utförs för rätt område. Vilka tester och när de skall utföras presenteras i avsnitt 15.2.

Simulinkmodeller som utvecklas kontrolleras genom ett agilt arbetssätt. Detta bygger på att projektmedlemmarna granskar varandras modeller för att minska risken för slarvfel samt säkerställa att samtliga modeller har samma utseende.



## 15.2 Testplan

De tester som utförs är för att undersöka om modeller och regulatorer som tagits fram beter sig som önskat. Nedan följer en tabellerad testplan.

Test nr	Testtitel	Test
1.	Modellvalidering av gasspjäll.	Jämföra modellresultat med mätdata från motortestcellen.
2.	Modellvalidering av kamfasning av insugsventil, VVT.	Jämföra modellresultat med mätdata från motortestcellen.
3.	Validering av förenklad MPC-regulator	Validering av den första MPC-regulatorn med en förenklad modell. Detta skall främst ske i simuleringsmiljön.
4.	Validering av preliminärt slutgiltig MPC-regulator	Validering av MPC-regulatorn med avancerad modell. Detta skall ske i simuleringsmiljön och i motortestcell.
5.	Validering av defekt aktuator	Validering av fallet med en defekt aktuator. Regulatorn skall kunna hantera detta fall både i simuleringsmiljön och motortestcell.
6.	Validering av LQ-optimeraren	Validering av LQ-regulatorn med en förenklad och avancerad modell. Detta skall främst ske i simuleringsmiljön.

## 16 Riskanalys

Detta avsnitt ämnar diskutera eventuella risker som finns i projektet. Arbete i motortestcellen medför vissa risker för tillbud och arbetsskada. För att undvika det finns ett manöverrum, dessutom skall allt arbete i motortestcellen utföras med behörig personal närvarande.

## 17 Prioriteringar

Projektgruppen prioriterar att projektet håller hög kvalitet och att alla tester, modeller och regulatorer dokumenteras för att kunna utvärderas och användas även nästkommande år. Motiveringen är att projektet skall genomföras i forskningssyfte och framgången skall kunna nyttjas i nästkommande år.



## 18 Projektavslut

Projektet avslutas med en projektkonferens där projektgruppen uppvisar en kort film om projektet samt presenterar den projektposter som projektet framställt. Vid detta tillfälle skall alla dokument vara godkända och en färdig hemsida skall finnas.

### Referenser

Pirgul, K., Axelhed, F., Bodin, C., Engberg Fors, S., Grip, M., Jerrelind, E., Pahkasalo, C., Sollander, A., 2019a *Gruppkontrakt*. ISY fordonssystem.

Pirgul, K., Axelhed, F., Bodin, C., Engberg Fors, S., Grip, M., Jerrelind, E., Pahkasalo, C., Sollander, A., 2019b *Kravspecifikation*. ISY fordonssystem.

Pirgul, K., Axelhed, F., Bodin, C., Engberg Fors, S., Grip, M., Jerrelind, E., Pahkasalo, C., Sollander, A., 2019c *Tidsplan*. ISY fordonssystem.

Eriksson, L., 2019. *Motorstyrning med Realtids MPC*, u.o.: Fordonssystem ISY.