

FORANDRING AV ARBETSSATT MED HJÄLP AV EMULERING

vid automationsprojekt mot industrin

CHANGEING THE WORKING PROCESS AIDED BY EMULATION

in automation projects towards the industry

Examensarbete inom huvudområdet automatiseringsteknik
Grundnivå 30 högskolepoäng
Vårtermin år 2018

Författare: Adam Ekedahl

Handledare Projektengagemang: Maria Ganebäck
Handledare Högskolan i Skövde: Mikel Ayani
Examinator: Tehseen Aslam

Äkthetsintyg

Denna examensrapport är inlämnad av Adam Ekedahl till Högskolan i Skövde för examen vid institutionen för Ingenjörsvetenskap. Härmed intygas att allt material i denna rapport är mitt eget. Tydliga referenser enligt Harvardsystemet ges till material som hämtats från annat håll.

16/5-18 SKÖVDE

Ort och datum

Adam Ekedahl

Signatur

Sammanfattning

På uppdrag av Projektengagemang AB i Skövde har detta projekt genomförts för att studera möjligheten att kvalitetssäkra automationsprojekt bättre med hjälp av emulering. I projektets sammanhang innebär det att representera hela eller delar av automationssystemet virtuellt. För att lyckas med projektet har forskning inom områden som projektledning och virtuella miljöer studerats för att undersöka vad som i dagsläget är möjligt att genomföra. Med hjälp av litteraturen utformades ett intervjuprotokoll för genomförande av en intervjustudie. Beställande och levererande företag av automationsutrustning har bidragit för att ge en realistisk bild av hur automationsprojekt genomförs, kvalitetssäkras samt vad som idag är problematiskt. Sammanställningen och analysen av intervjustudien tyder på att vikt skall läggas vid planering och nedbrytning av projekt, för att ha en tydlig plan från början. Samt att virtuella miljöer kan användas för att testa programkod tidigare i projekt, alltså i mindre kritiska lägen. Efter en granskning av Projektengagemangs förutsättningar i förhållande till intervjustudien framkom att det finns brister och förbättringspotential gällande programstruktur och kvalitetssäkring. Förslaget för att öka kvalitetssäkringen med hjälp av emulering innefattar skapandet av ett arbetskoncept där en emuleringsmodell tillsammans med en kravspecifikation används för framtagning av ett grundprogram. Samt att företagets konstruktionsgranskning utökas till att inkludera kontroll av både programmering och eventuell emuleringsmodell. I förslaget till Projektengagemang lämnas 2 olika konfigurationer som skulle kunna användas för att inkludera skapandet och användning av emuleringsmodeller i projekt. Vilket skulle öka kvalitetssäkringen markant. I dagsläget påverkas inte ledtiden markant med införandet av emulering, dock finns möjligheten på längre sikt. Ytterligare kravställningar behöver tas i beaktning innan val av mjukvaror sker, eftersom förutsättningarna för varje projekt påverkar byggnationen av en emuleringsmodell.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	1
1.1 Problembeskrivning och företagspresentation	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Hållbar utveckling.....	2
1.5 Rapportens disposition.....	4
2. Metod.....	5
2.1 Forskningsmetodik.....	5
2.2 Konceptuellt ramverk.....	6
2.2.1 Strategi.....	6
2.2.2 Datagenerering & analys	6
2.3.3 Val av metod	7
3. Teoretisk referensram.....	8
3.1 Industri 4.0.....	8
3.2 Simulering.....	8
3.2.1 Emulering.....	9
3.2.2 Virtuellt Driftsättning.....	9
3.2.3 Kommunikation.....	10
3.3 Projektmodeller	11
3.3.1 Industriprojekt.....	11
3.3.2 Simuleringsprojekt.....	14
3.4 Sammanfattning & analys av teoretisk referensram	15
4. Litteraturstudie	16
4.1 Emuleringsmodeller	16
4.1.1 Uppbyggnad.....	16
4.1.2 Högnivå/Lågnivå-emulering.....	17

4.2 Virtuellt driftsättning	17
4.3 Emulering integrerat i arbetssätt	18
4.4 Sammanfattning och analys.....	18
5. Datagenerering.....	20
5.1 Förberedelse till intervjuer	20
5.1.1 Frågeformuleringar.....	21
5.1.2 Intervjuns struktur	21
5.1.3 Intervjupersoner.....	23
5.1.4 Metodik för dataanalys.....	23
5.1.5 Koder för hantering av data	24
5.2.1 Nuvarande arbetssätt.....	25
5.2.2 Virtuellt driftsättning	31
5.2.3 Emuleringsmodellen.....	33
5.3 Sammanfattning av intervjustudie.....	35
5.3.1 Nuvarande arbetssätt systemleveranser	35
5.3.2 Nuvarande arbetssätt styrsystemsbyten	36
5.3.3 Tankar om virtuellt driftsättning	36
5.3.4 Emuleringsmodeller.....	37
5.4 Granskning av Projektengagemangs förutsättningar.....	37
5.4.1 Stödmodell vid konstruktion.....	37
5.4.2 Grundprojekt.....	38
5.4.3 Styrkor och svagheter	38
6. Analys.....	39
6.1 Analys av intervjustudie	39
6.2 Metod för modellbygge vid systemleveranser i RobotStudio	40
6.3 Styrsystemsbyten med objektorienterad modellering	41
6.4 Vad skall testas virtuellt och vilken nivå krävs.....	41

6.5 Sammanfattning.....	41
7. Resultat	43
7.1 Skapande av ett koncept	43
7.2 Byggande av emuleringsmodell	44
7.2.1 Konfiguration 1, RobotStudio, SIMIT & PLCSim ADV	44
7.2.2 Konfiguration 2, Simumatik3D, PLCSim ADV (& RobotStudio)	44
7.3 Tillägg i stöd för konstruktion	45
7.4 Sammanfattning.....	47
8. Diskussion.....	48
8. 1 Utvärdering av datagenerering.....	48
8.2 Diskussion av resultat.....	48
8.3 Hållbar utveckling.....	49
9. Slutsats	50
9.1 Fortsatt arbete	50
9.2 Utvärdering av syfte och mål.....	50
Referenser	53

Figurförteckning

Figur 1, <i>Utvalda delar i forskningsprocessen, tolkad från (Oates, 2006)</i>	5
Figur 2, <i>Projektets arbetsmetod</i>	7
Figur 3, <i>Skillnad simulering och emulering</i>	9
Figur 4, <i>Faser och aktiviteter inom automationsprojekt, tolkad från Hollender (2010)</i>	12
Figur 5, <i>Projekt enligt NAMUR 35 (Manske, et.al 2008) tolkad från Oppelt & Urbas (2014)</i>	13
Figur 6, <i>Inledning av simuleringsprojekt</i>	14
Figur 7, <i>Koncept som framkommit under litteraturstudie</i>	20
Figur 8, <i>Intervjuernas innehåll</i>	22
Figur 9, <i>Metodik för dataanalys</i>	23
Figur 10, <i>Områden som täcktes i intervjuer</i>	25
Figur 11, <i>Intervjupersonernas bild av arbetsgången</i>	26
Figur 12, <i>Intern driftsättning</i>	27
Figur 13, <i>Kvalitetssäkrande aktiviteter i förhållande till tidpunkt i projektet</i>	29
Figur 14, <i>Ledtid projekt</i>	30
Figur 15, <i>Införande av virtuellt FAT för kvalitetssäkring</i>	32
Figur 16, <i>Nuvarande arbetsätt (OBS inte skalenlig storlek på rutor)</i>	35
Figur 17, <i>Införande av VFAT (OBS inte skalenlig storlek på rutor)</i>	36
Figur 18, <i>Exempel på arbetsätt vid styrsystemsbyten (OBS inte skalenlig storlek på rutor)</i>	37
Figur 19, <i>kopplingar mellan koder, exporterat från Dedoose</i>	39
Figur 20, <i>Skapande av emuleringsmodell med RobotStudio</i>	40
Figur 21, <i>Skapande av emuleringsmodell byggd på objekt</i>	41
Figur 22, <i>Skapande av grundkoncept med emulering</i>	43
Figur 23, <i>Grundprojekt kombinerat med modell för RobotStudio</i>	44
Figur 24, <i>Grundprojekt kombinerat med objektorienterad emuleringsmjukvara</i>	45
Figur 25, <i>Emulering i projekt</i>	51
Figur 26, <i>Möjlig tidsvinst med emulering</i>	52

1. Introduktion

Detta kapitel skall ge läsaren en förståelse för varför detta arbete görs. Problembeskrivning, företagspresentation, syfte och mål samt avgränsningar kommer att beskrivas. Avslutningsvis kommer ett stycke om hållbar utveckling.

1.1 Problembeskrivning och företagspresentation

Dagens industri kämpar ständigt mot ökande krav från sina kunder, bättre kvalitet, snabbare leveranser och pressade priser. Vilket leder till att mer och mer arbete blir automatiserat och enligt visionen för industri 4.0 behöver redan automatiserade lösningar uppgraderas, för att kunna integreras med överordnade system (Alpman, 2014). Denna uppgradering innebär i vissa fall ett byte av styrsystem. Industrins pressade läge leder till att företag som levererar automationslösningar får högre ställda krav på sitt arbete, de pressade ledtiderna medför krav på utveckling av arbetssätt för framtagning av automationslösningar (Dahl, et.al 2016). Traditionellt säkerställs leverans av godkänt system genom att bygga upp anläggningen på en temporär plats för att göra en provkörning hos leverantören. Detta för att säkerställa att alla funktioner kunden har köpt fungerar som tänkt (Hollender, 2010). Vid renoveringar av redan driftsatta system är denna möjlighet mer eller mindre begränsad, maskinen går ofta tills dagen innan renoveringen påbörjas och skall sedan vara igång igen inom en begränsad tid. Denna tid behöver utnyttjas på bästa sätt, idag läggs mycket tid på provkörningar av systemet vilket med hjälp av emulering kunde genomförts innan maskinen stängdes av.

Projektengagemang är ett konsultföretag verksamt över stora delar av Sverige. De är verksamma i flera branscher och uppdelat i ett antal dotterbolag. Kontoret i Skövde jobbar bland annat inom sektorn industri och energi. Företaget har idag en väldigt tydlig mall för hur de skall arbeta med uppdraget att leverera en automationsutrustning, all information som krävs samlas i ett dokument. Dock saknar de ramar för hur arbetsgången skall se ut när de utför ett uppdrag inkluderande det nytillkomna verktyget emulering. Då ett av deras uppdrag är att göra uppgraderingar av styrsystem i befintliga maskiner är det av intresse att undersöka möjligheten att använda sig av emuleringar. Ett examensarbete med en virtuell driftsättning i mjukvaran Simumatik3D utfördes våren 2017 tillsammans med två studenter från högskolan i Skövde. Eftersom installationstiden var begränsad till 4 veckor beslutades det tillsammans med kunden att utvärdera möjligheten att testa programkoden i förväg med hjälp av emulering. Möjligheter med arbetssättet upptäcktes men även problem. Projektengagemang hade enligt projektledaren för uppdraget inte tillräcklig kunskap vid upphandlingen om vad som krävdes för att utföra arbetet med emulering. I dagsläget genomförs ett arbete med att ta fram en generell projektmodell för sektionen industri och energi. Detta examensarbete genomförs parallellt för att bidra med insikt om hur emulering kan stödja aktiviteter i den mer övergripande modellen. Vilket medför att arbetet inte blir begränsat till att endast undersöka möjligheten att använda emulering vid renoveringar utan även vid systemleveranser. Önskvärt är att undersöka möjligheterna generellt för att täcka hela processen från upphandling till slutfört projekt.

1.2 Syfte och mål

Syftet med detta arbete är att undersöka vilka möjligheter och hinder som finns när emulering införs som ett stödjande verktyg för konstruktion av automationslösningar. Projektet skall försöka identifiera i vilken omfattning och på vilket sätt emulering kan användas för att kvalitetssäkra automationsprojekt mot industrin.

Målet är att identifiera på vilket sätt emulering kan bidra till: ökad kvalitet av PLC och HMI programmering samt minskad ledtid för projekt.

För att uppnå detta har följande delmål satts upp:

1. Studera litteratur för att få djupare kunskap inom områdena simulering, emulering, virtuell driftsättning, industriella projekt samt projektledning
2. Genomföra en intervjustudie med både leverantörer och beställare av automationssystem
3. Sammanställa data erhållen från intervjuer, för att få en realistisk bild av hur industriprojekt genomförs samt vart industrin står i frågan gällande användning av emulering.
4. Jämföra teorin med data från intervjuer och ge konkreta förslag på hur Projektengagemang kan använda emulering för utveckling av sitt arbetssätt.

1.3 Avgränsningar

Arbetet kommer inte att inkludera någon faktiskt emulering av ett system.

Någon större marknadsanalys över tillgängliga mjukvaror kommer inte att inkluderas.

Undersökning av aktuella arbetsprocesser kommer att begränsas till hur det i dagsläget ser ut hos företag i Skövde som arbetar med automation och tillverkande industri.

1.4 Hållbar utveckling

Hållbar utveckling är ett tanke sätt för att minska risken att människan förbrukar jordens resurser. Det handlar om att ta hänsyn till vilka konsekvenser människans val får, hållbar utveckling definierades enligt följande av FN i rapporten vår gemensamma framtid från 1987:

"Hållbar utveckling är utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov" (Bruntlandkommissionen, 1987).

Hållbar utveckling innehåller flera olika aspekter, ekologiska, miljömässiga, ekonomiska, politiska och sociala (Gröndahl & Svanström, 2011; Dahlin, 2014). Gröndahl och Svanström (2011) menar på att teknikens utveckling och användning är absolut nödvändig för att nå hållbarhet, men att den måste användas ansvarsfullt.

Garbie (2015) beskriver att länder med stor tillverkningsindustri generellt har högre levnadsstandard och att just tillverkningsindustrin bidragit till en ekonomisk stabilitet. Då är det även viktigt att den tillverkande industrin tar hänsyn till miljön och de övriga faktorerna i hållbar utveckling.

Rosen (2012) beskriver 5 krav för ingenjörers arbete med hållbarhet, där mycket överlappar:

- Hållbara resurser
- Hållbara processer
- Ökad effektivitet
- Minskad miljöpåverkan
- Ta hänsyn till övriga aspekter av hållbarhet (Ex: politiska & sociala)

Första punkten hållbara resurser handlar om att vara medveten om miljöpåverkan i sitt arbete, då de flesta aktiviteter som genomförs direkt eller indirekt involverar jordens resurser. Med resurser i detta avseende innefattas olika typer av energi, material och vatten, där vissa är förnybara och andra är mer eller mindre begränsade.

Forskare ser hållbara resurser lite olika, en tanke är om de kan förnyas i samma takt som de förbrukas ses de som hållbara, vilket ställer krav på medvetenhet hos dem som förbrukar (Rosen, 2012). Andra påstår att om resursen räcker i exempelvis 50 eller 100 år kan den ses som hållbar (Graedel & Allenby, 2010). Exempel på hållbara resurser är trä, om de förbrukas kontrollerat, eller solenergi som enligt Svensk Solenergi (2018) ger drygt 1000 kWh per kvadratmeter varje år. Som kan ställas mot fossila bränslen som inte anses hållbara i längden, eller metaller som finns i begränsad mängd men dock kan återvinnas till hög grad (Rosen, 2012). Andra punkten hållbara processer syftar till att använda sig av första punktens vetenskap, utnyttja förnybar energi och välja material som är miljövänliga. Att undvika användning av giftiga eller skadliga ämnen i sin process och använda sig av miljövänliga transporter (Rosen, 2012). Ökad effektivitet möjliggör en stor vinning i det hållbara arbetet, högre effektivitet kan ses som att mer blir gjort med mindre resurser, genom energianalyser kan minskning av förbrukning uppnås (Rosen, 2012). Dahlin (2014) beskriver i princip samma sak, att förbättra ett redan existerande system har en positiv effekt i hållbarhet.

Att minska sin miljöpåverkan är samma sak som att bidra till att förhindra de globala miljöproblem som idag är ett faktum. Vi har en miljöförändring i exempelvis växthuseffekten, Naturskyddsföreningen (2011) menar att den globala uppvärmningen på grund av människans utsläpp bör stanna under 1,5 grader mätt till jordens medeltemperatur. Passeras den gränsen anser de att människan och jordens ekosystem skulle påverkas så pass mycket att anpassning skulle bli svårt. För att hålla sig på rätt sida gränsen anser de att Sverige måste vara nära noll i utsläppsnivå år 2030, resten av världen år 2050. Att det är olika gränser beror på att länder som kommit kortare i utveckling måste få släppa ut sin del för att komma ikapp, annars kommer u-länder att förbli just det (Naturskyddsföreningen, 2011). Genom att ta hänsyn till hela livscykeln och tänka på miljön vid tillverkning, användning och avskaffning kan påverkan på miljön göras så skonsam som möjligt.

Simuleringens inverkan på hållbar utveckling är lovande, det är en faktor som nämns i Produktion2030 (Lundberg & Widell, 2016). Vilket tyder på att den svenska regeringen även tror att det är ett steg i rätt riktning. Detta arbete med att implementera emuleringar i större utsträckning kan definitivt ge en positiv inverkan på hållbar utveckling. Elimineras processen med driftsättningar på en temporär plats före den riktiga driftsättningen är det en direkt minskning av utsläpp. Dels mindre transporter av material men även minskad energikonsumtion eftersom en dator förbrukar

mycket mindre resurser än en produktionscell. Det kan även ge förutsättningar till att renovera och uppgradera utrustning i större utsträckning, då modeller över redan driftsatta system kan tas fram för att utvecklas vid sidan om produktionen. Det kan även rädda jobb och behålla konkurrenskraft i Sverige, så även positiva effekter till den sociala hållbarheten kan erhållas genom emulering. Kan även ses positiva effekter i att kunna simulera utrustningar istället för att testa dem fysiskt, skulle något gå fel i en datorsimulering är det inte något fysiskt problem. Ingen risk för skador på varken människor eller utrustning, socialt och ekonomiskt hållbart.

1.5 Rapportens disposition

Introduktionen består av en problembeskrivning, presentation av Projektengagemang samt bakgrunden till detta arbete. Projektets syfte och mål presenteras samt begreppet hållbar utveckling behandlas.

Metodkapitlet beskriver vad forskningsmetodik är samt de metoder som kommer att användas i detta projekt.

Den teoretiska referensramen behandlar simulering, emulering samt skillnaden dem emellan. Virtuellt driftsättning som användningsområde för emulering introduceras samt olika nivåer på modellering. En bild över aktiviteter i automationsprojekt visualiseras samt en projektledningsmodell.

Litteraturstudien undersöker det aktuella forskningsläget inom virtuell driftsättning och emulering.

Datagenereringen beskriver planeringen av intervjustudien, samt genererad data. Genererad data inkluderar tre huvudområden, nuvarande arbetssätt, virtuell driftsättning samt frågor som rör byggandet av emuleringsmodeller. Här finns även ett sammanfattande och ett analyserade kapitel kopplat till intervjustudien. Samt en granskning av Projektengagemangs förutsättningar.

Resultatkapitlet presenterar konkreta förslag på hur Projektengagemang kan utveckla arbetssättet med hjälp av emulering.

Diskussionen utvärderar intervjustudien och diskuterar resultatet utifrån författarens tankar samt hållbar utveckling.

Slutsatsen innehåller ett stycke om framtida arbete samt utvärderar projektets resultat gentemot projektets mål.

Beroende på läsarens intresse för ämnet samt tidigare kunskap rekommenderas olika kapitel i rapporten, se tabell 1.

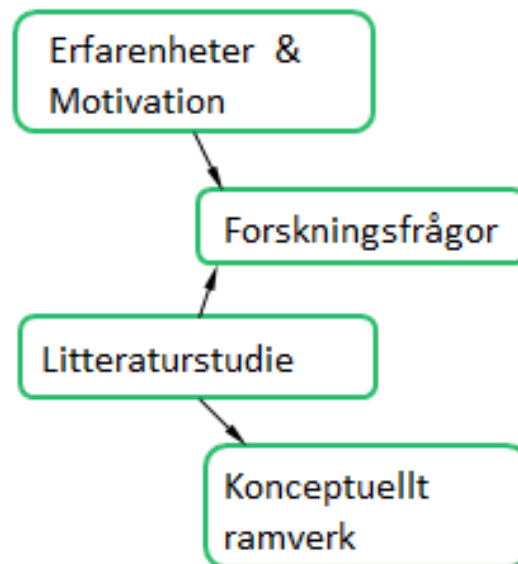
Tabell 1, rekommendationer för läsare

Rekommendationer för läsaren:	Kapitel:
Samtliga läsare	1-2, 5-8
Läsare som inte är insatta i ämnet, men intresserade	1-9
Läsare intresserade av en överskådlig bild av rapporten	3.4, 4.4, 5.3-5, 6.5, 7.4

2. Metod

2.1 Forskningsmetodik

Forskning kan enligt Kothari (2004) beskrivas som en systematisk och vetenskaplig väg att undersöka ett specifikt område, för att lösa ett problem eller besvara en fråga. Oates (2006) menar att denna väg börjar med egna erfarenheter och motivation som i kombination med en litteraturstudie leder fram till forskningsfrågor och ett ramverk för studien, se figur 1. Detta ramverk skall innehålla hur forskningen skall genomföras, val av strategier, datagenereringsmetoder samt hur data skall analyseras. Generellt benämns ramverket som forskarens metod för att genomföra studien (Oates, 2006). Valet av metod beror på vad för typ av fråga som skall besvaras, när det gäller relativt outforskad mark är kvalitativa metoder att föredra framför kvantitativa (Hedin, 1996). Kvalitativa metoder ställer krav på personen som utför dem, då det är data som skall tolkas och analyseras.



Figur 1, Utvalda delar i forskningsprocessen, tolkad från (Oates, 2006)

Studier av litteratur genomförs för att kartlägga området som studeras samt för att säkerställa att frågan som undersöks inte är besvarad. Mer specifikt kan det även peka på områden som djupare behöver undersökas (Oates, 2006). Syftet med litteraturstudien är att ge detta arbete ökad trovärdighet, ge en realistisk bild av hur forskningen ser ut just nu samt öka projektets chanser att lyckas. Målet är att presentera relevant information inom utvalda ämnen för att skapa en grund att bygga vidare projektet på, samt att skapa ett frågeformulär till intervjustudien.

2.2 Konceptuellt ramverk

Nedan kommer en beskrivning av hur metoden för att svara på forskningsfrågorna i detta examensarbete kommer att se ut.

2.2.1 Strategi

Med strategi menas hur frågan besvaras, vilken angreppspunkt skall användas för att hitta det som eftersöks. Fallstudier är en strategi att föredra om frågan är av karaktären "hur" eller "varför", samt att fokus ligger på ett nutida fenomen hos exempelvis ett företag eller organisation (Oates, 2006). Det lämpligt att använda fallstudier då det finns många variabler som inte är numeriska, det bygger på att dra nytta av tidigare forskning för att rikta in datainsamling och analys. Ofta blir datainsamling och analys av kvalitativ karaktär, dock kan även kvantitativ data användas. (Yin, 2003)

2.2.2 Datagenerering & analys

När fallstudier används är det viktigt att kartlägga så mycket information som möjligt runt det studerade ämnet och välja flera olika källor till datainsamling (Hedin, 1996). Därför kommer Intervjuer, dokument samt litteraturstudien att användas, nedan beskrivs vad som menas med dokument och intervjuer.

Dokument kan ganska snabbt kategoriseras i två typer, existerande samt forskningsgenererade dokument. Existerande dokument är exempelvis arbetsbeskrivningar och tidsplaner som företag redan har. Forskningsgenererade dokument skapas enbart för studiens skull och hade annars inte existerat, exempelvis en intervjumall. Även andra-hands dokument kan användas, vilket innebär resultat av tidigare studier. (Oates, 2006) I denna studie skall existerande dokument analyseras samt nya skapas för att genomföra intervjustudien. Tidigare forskning och metoder kommer att undersökas för att se om de kan anpassas eller tillämpas för att bidra till detta arbete.

Att intervjua personer är ett av de vanligaste sätten för att erhålla information (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006). Det kan utföras på olika sätt, vilket ger olika resultat. Första skillnaden ligger i hur många personer som intervjuas, många personer ger en kvantitativ studie och utförs ofta med strukturerade intervjuer. Med många personer deltagande kan statistik erhållas, dock blir ofta svaren inte så djupgående och detaljerade. Tillvägagångssättet är ofta enkäter som skickas till de utsedda personerna, det passar bra om det finns tydliga frågeställningar. Begränsning i att endast svar på de förutbestämda frågorna erhålls, inga följdfrågor. Intervjuas istället ett fåtal personer mer djupgående finns möjligheten att inte bara få svar på specifika frågor, utan även få reda på mer information. En så kallad kvalitativ studie görs i omfattningen 5-10 personer med syftet att få en klarare bild över hur verkligheten ser ut, svaren som sammanställs är i form ord och beskrivningar (Hedin, 1996). Ett av de vanligaste sätten att genomföra kvalitativa studier är semi-strukturerade intervjuer. Semi-strukturerad innebär likt strukturerade ett i förväg bestämt frågeformulär men möjligheten att lägga till eller hoppa över frågor finns (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006). Frågorna skall ställas på ett öppet och tolkningsbart sätt för att inte påverka intervjupersonens svar (Oates, 2006).

2.3.3 Val av metod

Detta arbete kommer att genomföras som en fallstudie, där fallet är arbetssättet för att förse industrin med automationslösningar. Litteraturstudien samt projektets syfte och mål riktar datainsamlingen mot att kartlägga nuläget för att identifiera vilka delar i projekt som ses kritiska ur perspektivet kvalitetssäkring. Samt att undersöka hur mottaglig och intresserad marknaden är av virtuella verktyg och dess möjligheter vid framtagning och testning av utrustning.

Syftet med detta arbete är att få reda på detaljerad information i specifika områden och därför kommer semistrukturerade intervjuer att användas, mer detaljer om intervjuerna beskrivs i kapitel 5. En studie av Johansson & Skoogh (2007) genomfördes med syftet att identifiera vad som är de mest tidskrävande aktiviteterna när det kommer till insamlande av data till simuleringsprojekt. De genomförde 15 semistrukturerade intervjuer för att kartlägga nuläget, därefter sammanställdes resultaten av intervjuerna i tabeller för att dra slutsatser om vart det behövdes insatser för att underlätta införskaffandet av indata. Denna studie kommer att ha ett liknande upplägg, se figur 2, tidigare gjorda arbeten kopplat till ämnet kommer att studeras. Därefter kommer semistrukturerade intervjuer baserade på teorin genomföras, med syftet att ta reda på hur företag arbetar idag och vart de ser förbättringspotential inom sitt arbete. Med en kvalitativ dataanalys av både teoretiska och praktiska kunskaper om automationsprocessen i allmänhet och arbetssättet i synnerhet skall sedan frågan "Hur kan emulering förändra arbetssättet vid automationsprojekt mot industrin?" försöka besvaras.



Figur 2, Projektets arbetsmetod

3. Teoretisk referensram

3.1 *Industri 4.0*

Det beskrivs som den fjärde industriella revolutionen och är till skillnad från de tidigare tre förutsedd, vilket ger företag tid att forma egna handlingsplaner att förhålla sig till (Almada-Lobo, 2016). Alternativt kan det beskrivas som att forskningen och utvecklingen av nya system och verktyg bestämmer när det uppnås, det är ett strategiskt initiativ. Tysklands syfte med projektet är att behålla positionen som ett av världens bästa länder inom tillverkande industri. Målet eller visionen är att i princip hela produktionskedjan skall vara uppkopplad och stödja tvärgående kommunikation mellan maskiner, transportsystem och produkter (Alpman, 2014). Industri 4.0 beskrivs av den tyska forskningsgruppen *The industrie 4.0 Working Group* (2013) i deras slutrapport som en potentiell ny typ av industrialisering. Forskningsgruppen nämner åtta olika områden som behöver fokuseras inom forskning och utveckling för att realisera visionen Industri 4.0, där ett av områdena innefattar att hantera komplexa system. För att hantera den ökande komplexiteten behöver modeller användas, vilket innebär att ingenjörer måste förbereda sig med metoder och verktyg för att kunna hantera detta (Helbig, et.al, 2013).

En svensk motsvarighet kallas Produktion2030 och innehåller istället för åtta, sex stycken fokusområden. Resurseffektiv och flexibel produktion är två av dem, ett tredje handlar om virtuell produktionsutveckling. De ser ett behov av att Sverige satsar på hållbar produktion för att behålla tillverkande industri i Sverige. Målet med satsningen är att år 2030 vara ett av världens ledande länder inom hållbar produktion. Effektiv materialanvändning, energioptimering och digitala verktyg för simulering är nyckelord som nämns i den strategiska innovationsagendan Make in Sweden. (Lundberg & Widell, 2016)

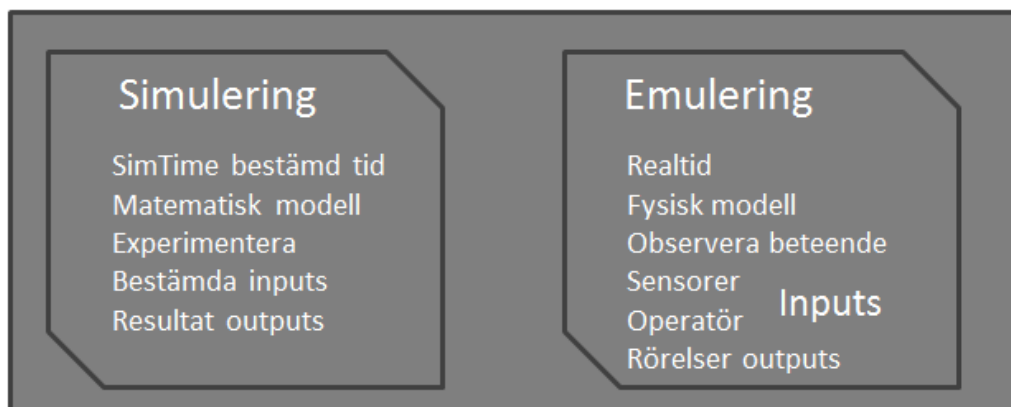
3.2 *Simulering*

Oftast när simulering nämns är det underförstått att det avser discrete event simulation, alltså att det handlar om diskret händelsestyrd simulering. Detta innebär att en maskin oftast representeras med processtid, tillgänglighet och reparationstid. Alltså syns inte maskindelar som cylindrar och sensorer, det är en mer abstrakt nivå i det avseendet, ett högnivåspråk.

Simulering innebär att representera en verklig miljö med en modell, det görs med avsikten att se hur ett verkligt system kan förändras över tid i förhållande till dess ingående parametrar (Banks, et al., 2005). Den praktiska tillämpningen av simulering genomförs ofta med en dator och en mjukvara avsedd för simulering. Det används för att testa maskiners kapacitet tillsammans och förhållandet mellan dem, användbart för bland annat balansering av flöden och att hitta flaskhalsar. Simulering utförs inte i realtid, det går mycket fortare och möjligheten att simulera dagar eller månaders produktion på minuter eller timmar ges. Antingen utförs det på en existerande fabrik med avsikt att testa olika scenarion för att besvara frågor, "vad händer om ställtiden i en viss maskin reduceras, hur påverkar det hela systemets prestanda?". Eller i utvecklingsstadiet för att bestämma den optimala layouten för en produktionslina. Svårigheten med simulering är att säkerställa korrekta indata till modellen.

3.2.1 Emulering

Emulering har likheter med simulering i det avseende att det byggs en modell för att representera ett verkligt system. Men har ett helt annat perspektiv och syfte, se figur 3. Det handlar om att ersätta hårdvara och representera den med hjälp av en datoriserad modell. Vilket inom industrin innebär att bygga en modell av ett system och låta en PLC styra modellen, detta kan göras med en fysisk eller en virtuell PLC. Emulering görs till skillnad från simulering oftast i realtid, vilket gör den mindre lämpad att utföra experimentella studier med. Däremot erhålls möjligheten att testa och verifiera funktioner av ett styrsystem och dess programkod då emulering möjliggör en observation av systemets rörelser, vilket innebär att ett Factory Acceptance Test (FAT) skulle kunna genomföras. En emuleringsmodell av en maskin och dess styrsystem kan dessutom användas för att i en riskfri miljö träna operatörer. (McGregor, 2002)



Figur 3, Skillnad simulering och emulering

McGregor (2002) anser att emulering bör användas för verifiering av styrsystem vid ett antal tillfällen, där de även är ekonomiskt försvarbara.

- "När det kan möjliggöra att testning inte sker i ett projektkritiskt läge"
- "När tiden för testning inte räcker för en fullständig testning"
- "När det riktiga systemet inte finns tillgängligt för testning av PLC kod"
- "När kostnaden för verklig testning är högre än emulerad testning"

3.2.2 Virtuellt Driftsättning

I en förenklad bild av ett automationssystem existerar ett system som skall styras och ett styrsystem som skall styra. Dessa två skall installeras ihop och sedan uppnå önskad funktionalitet. Om dessa båda existerar i fysisk form kallas det en driftsättning. När en eller båda representeras med hjälp av mjukvaror uppkommer begreppet virtuellt driftsättning (Dahl, Et.al, 2016). Detta existerar i olika former, med en fysisk PLC och datoriserad modell över systemet kallas det en "Hardware in the loop" konfiguration. Vilket är användbart om det fysiska systemet inte är tillgängligt. Inverteras det och PLC:n simuleras erhålls en "Reality in the loop" konfiguration, vilket är applicerbart om systemet är tillgängligt men PLC saknas. Om både PLC och systemet körs virtuellt benämns det som "Constructive Commissioning" eller fullständig virtuellt driftsättning, detta är möjligt att genomföra redan under konstruktionsfasen. (Lee & Park, 2014).

För att kunna genomföra en virtuell driftsättning krävs en virtuell modell, systemet behöver vara emulerat. Detta är samtidigt vad som generellt beskrivs som det största hindret till varför det idag inte används i större utsträckning, programmerare och konstruktörer är inte modellbyggare (Lee och Park, 2014). Det behövs alltså verktyg, mjukvaror som underlättar byggandet av modeller, samt att möjlighet ges att välja vilken till vilken nivå det skall emuleras i varje enskilt fall.

Beroende på till vilken nivå emuleringen görs kan olika funktioner testas, generellt så räcker det med att styrsystemet inte känner skillnad på om det kopplas till modellen eller det verkliga systemet. Alltså behöver inte allt modelleras i detalj, detaljnivån i modellen är beroende på vilken information som önskas tillbaka. (Oppelt & Urbas, 2014)

Dessa olika nivåer beskrevs enligt Oppelt och Urbas (2014) av Manske och Lotz, de kan definieras enligt följande.

1. Ingång/Utgångs modell: en virtuell PLC, ofta i mjukvaran där koden skrivs. Möjlighet att manipulera och tvinga in/utgångar.
2. Modell utan dynamik: tidsfunktioner och kopplingar mellan komponenter finns. Innebär att exempelvis en utgång sätts, 4 sekunder senare aktiveras en ingång och utgången släcks.
3. Dynamisk modell: dynamiken är modellerad genom tvåriktade flöden av massa, energi och material. Sensorer och ställdon är modellerade grafiskt, möjligt att observera rörelser.
4. Fysisk modell: modellen beter sig fysiskt korrekt, modellerat till den nivån att material blir varma av friktion och den typen av risker kan upptäckas.

Till vilken nivå modelleringen behöver ske skall avgöras av vilka mål som finns med den virtuella driftsättningen. Exempel på olika mål: validera PLC programmet, upptäcka smörjbehov för att undvika haverier eller genomföra energianalyser. Är systemet modellerat fullständigt på nivån för sensorer och ställdon kan full verifiering av styrsystemet erhållas (Lee & park, 2014). På det sätt virtuell driftsättning används idag är det en aktivitet som görs innan driftsättning i det aktuella systemet på installationsplats, en riskeliminering. Det är alltså en validering av PLC koden, för att som programmerare veta att systemets kritiska sekvenser beter sig enligt aktuell kravspecifikation.

3.2.3 Kommunikation

När virtuell driftsättning skall ske krävs det kommunikation mellan mjukvaror och i vissa fall även hårdvaror. Denna kommunikation sker i många fall med hjälp av OPC som står för Open Platform Communication, som är en standard för säker datakommunikation inom industrisektorn. Standarden släpptes första gången 1996 med syftet att vara en koppling mellan PLC nivå och ett överordnat system. Idag tillhandahåller OPC-stiftelsen en öppen plattform som möjliggör personlig anpassning efter systemens krav på säkerhet och modellering, en skalbar, utvecklingsbar och säker kommunikation. (OPC Foundation, 2018)

3.3 Projektmodeller

Det finns många kommersiella modeller för hur projekt kan ledas, styras och kvalitetssäkras. De skiljer sig något i utformning och vilka ord som används, men har i övrigt mycket gemensamt. Många företag har utformat sina egna modeller, ofta bygger de mer eller mindre på en version av redan existerande kommersiella metoder. Denna anpassning görs för att det skall passa organisationen och typen av projekt som utförs. En konsert på Ullevi och en maskininstallation ser lite olika ut i detaljplaner men mycket annat är gemensamt. *Beskrivningen av processen* är en övergripande plan över hur projektet kommer att se ut, den inkluderar vilka olika steg som finns i projektet. Allt börjar med en idé, är den bra inleds en förstudie.

- Förstudie, genom att analysera projektets förutsättningar minskar man osäkerheten. Inkluderar kravställningar, definierar projektets omfattning och jämför kostnader och risker mot affärsnyttan.
- Planering, metod för genomförande skall bestämmas. En projektplan för hur målen skall uppnås fastställs. Definiering samt synkronisering av aktiviteter. Resurser organiseras, beräkning av kostnader och riskhantering.
- I genomförandet skapas och överlämnas produkten. Aktiviteter och kostnader följs upp mot uppsatt plan, avvikelser analyseras och ändringar hanteras. Projekt kan antingen ha en stor leverans i slutet eller flera mindre leveranser.
- Avslut, utvärdera arbetet och ta tillvara på erfarenheter. Samt avveckla projektgruppen.

Utöver dessa olika steg innehåller även projektmodeller intressentanalyser samt arbetsmetoder och rutiner för individer i projektgruppen att efterfölja. En viktig sak när det kommer till projektmodeller är att det inte får bli för tungt att arbeta med dem, de finns för att underlätta arbetet, inte öka arbetsbördan. (Tonnquist, 2016)

3.3.1 Industriprojekt

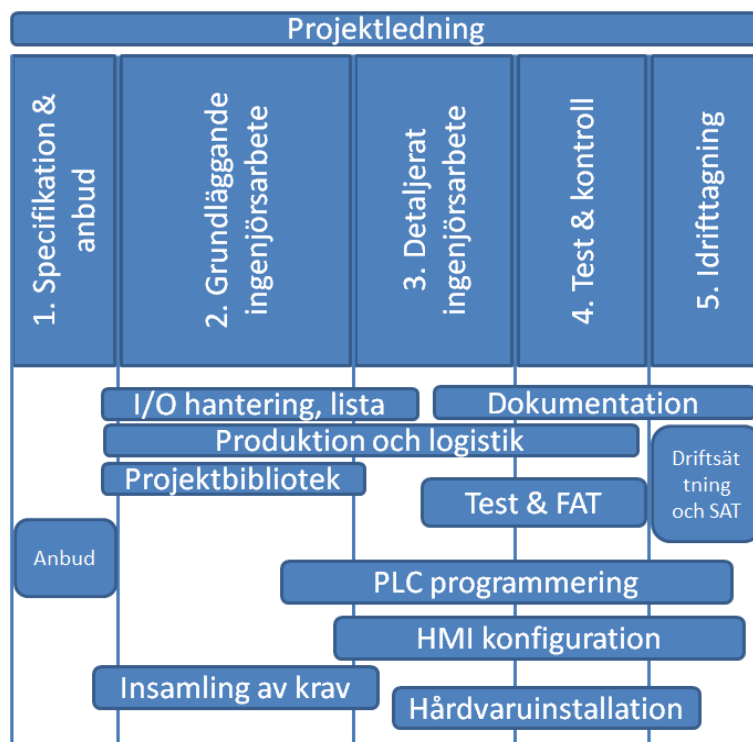
När industriprojekt genomförs går de likt de universella projektledningsmodellerna igenom ett antal faser. En beskrivning som kopplar mot de fyra tidigare nämnda punkterna kan visualiseras med fem olika projektfaser när det gäller industriprojekt inom automation, se figur 4. Olika aktiviteter genomförs under de fem faserna, som det framgår av bilden är projektledning en övergripande del, andra delar kan medverka i en till tre faser. Dessa delar kan alla genomföras av samma företag eller läggas på underentreprenader, i det senare fallet tillkommer dock samordning mellan företag som en aktivitet. (Hollender, 2010)

Första steget anbud inkluderar att ta reda på all information som krävs för att genomföra projektet, exempelvis komponentlistor, funktionsbeskrivning med mera. All information i detta bildar en kravspecifikation för anbuds företaget att förhålla sig till, med det kan en offert skapas. Offerten skall innehålla en materialspecifikation, uppskattat antal arbetstimmar, projektplan och ett pris. Insamling av krav sker oftast genom ett antal möten där kund och entreprenör gemensamt formar en mer detaljerad specifikation över hur det skall se ut. Denna läggs ofta till i kontraktet och innehåller bland annat hur säkerheten skall se ut och vilken typ av dokumentation som skall levereras. Skapandet av

ett projektbibliotek görs för att effektivisera arbetet, att återanvända tidigare gjorda lösningar med eventuella modifieringar för att passa kunden. (Hollender, 2010)

Ofta vill kunden att nya utrustningar skall ha gemensamma faktorer med redan existerande, detta för att underlätta både felsökning och reservdelshantering. Exempel på detta kan vara motorstyrningar och HMI bilder, därför skall ofta projektspecifika lösningar godkännas av kunden. I/O hanteringen är en central del i projekt som innehåller namnet på in eller utgången samt en beskrivning och adress. Smidigast är ofta att göra dessa listor i exempelvis Excel och ha en tanke bakom strukturen redan från början, exempelvis sortera på placering eller annat lämpligt. (Hollender, 2010)

Beräkningar för val av specifikationer exempelvis vilken kW på varje motor krävs måste även göras, vilket sedan blir en beställningslista. Logistik är även det inkluderat i projekt, förutsättningar som installationstid påverkar om utrustningen monterats/testas i förväg eller kan skickas direkt till kunden. Programmeringen av styrsystemet ses ofta som kärnan i projekt och kan genomföras med många olika programmeringssätt och språk. Ofta sker en initial del som endast innehåller definition och skapandet av inputs och outputs, därefter programmeras förreglingar till outputs och slutligen sekvenser (Hollender, 2010). Dock kan programmeringsfasen se annorlunda ut, med de tre komponenterna finns alltid med.



Figur 4, Faser och aktiviteter inom automationsprojekt, tolkad från Hollender (2010).

Troligtvis har vissa funktioner redan funktionstestats, men i testfasen sker flera test, bland annat testas kommunikationen mellan enheter (PLC, distribuerade I/O, HMI), minnet säkerställs och laddning av CPU genomförs. Därefter testas koden, så att sekvenser och förreglingar fungerar enligt specifikation, slutligen genomförs ett FAT. Fabrikstester genomförs hos leverantören och innebär ett antal förbestämda tester av funktionalitet som checkas av, fungerar allt som tänkt kan anläggningen levereras till kund. Hårdvaruinstallation innebär att alla komponenter installeras enligt ritning och byggs upp i fabriken, för att sedan testas på plats vilket sker i flera steg. Först testas alla signaler,

därefter sekvenser, för att slutligen landa i "kallskott" vilket innebär att en full maskincykel genomförs utan material. Vid ett godkänt resultat på tomkörningen kan en riktig cykel med material köras och maskinens parametrar kan trimmas in. (Hollender, 2010)

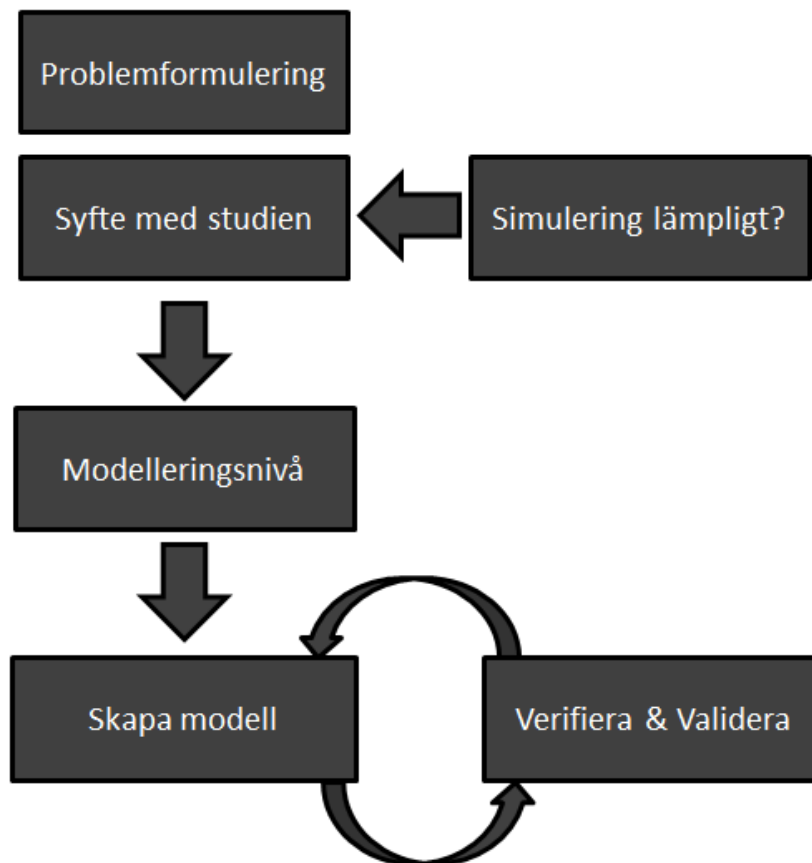
Oppelt & Urbas (2014) hänvisar till den tyska standarden NA35 när de beskriver industriella projekt, se figur 5. Mycket i deras beskrivning ser likt ut när det jämförs med Hollenders (2010). Dock antyder denna beskrivning ett projekt sett ifrån en programmerares håll. Till skillnad från Hollender som beskriver projekt som komplett systemleverans. Det blir tydligt i fas 5 där endast förberedelse och övervakning av installation sker, ingen faktisk installation.

1 Grundläggande bestämmelser	1. Sätt projektmål 2. Gör grova kostnadsuppskattningar
2. Förarbete	1. Skapa ett förslag på produktionscell 2. Gör kostnadsuppskattning
3. Grundläggande ingenjörsarbete	1. Bestäm hur funktioner ska se ut 2. Samla in processdata 3. Bestäm den tekniska implementeringen 4. Beräkna kostnader
4. Detaljerat ingenjörsarbete	1. Välj utrustning 2. Bestäm styrsystem 3. Skapa flödesscheman 4. Skapa funktionsbeskrivningar 5. Förbered installationsdokument
5. Konstruktion	1. Beställ utrustning 2. Konfiguera mjukvara 3. Förbered installation 4. Övervaka installation 5. Gör ett prestandatest
6. Driftsättning	1. Utbilda personal 2. Supporta vid driftsättning 3. Se över dokumentation 4. Lämna över dokumentation
7. Projektavslut	1. Förbered slutrapport 2. Förbered kostnadskalkyler

Figur 5, Projekt enligt NAMUR 35 (Manske, et.al 2008) tolkad från Oppelt & Urbas (2014)

3.3.2 Simuleringsprojekt

Ett antal modeller för hur simuleringsprojekt bör genomföras har presenterats av bland annat Law & Kelton (2007), Banks et al (2005) och Pegden et al (1995). Mycket är liknande och gemensamt i dessa modeller se figur 6. Exempelvis att de inleds med en problemformulering, då det måste vara klart och tydligt i både beställarens och leverantörens ögon vad som skall göras. När syfte och mål med arbetet är definierat skall dessa kontrolleras mot ett antal kriterier för att säkerställa att simulering är ett lämpligt verktyg att använda. Syfte och mål med studien bestämmer även vilken till vilken detaljrikedom modellen skall byggas.



Figur 6, Inledning av simuleringsprojekt

Först när dessa steg har passerats kan skapandeprocessen börja, innehållande datainsamling och modellbyggande, följt av att programkod skrivs. Dessa steg för att skapa en modell är en iterativ process, vilket innebär att validering och verifiering av systemet sker. Är inte allt enligt specifikation återgår man till tidigare steg. Verifieringen i dessa arbeten handlar om att säkerställa att koden fungerar som tänkt, alltså att modellen är byggd rätt. Valideringen innebär att säkerställa att modellen är en tillräckligt bra representation av det verkliga systemet, att överenskommen detaljnivå finns samt att den levererar vad som förväntas i utdata. Därefter designas experiment med olika indata för att testa scenarior enligt specifikationer från början av projektet, resultaten av dessa analyseras och dokumenteras. Därefter kan resultaten presenteras för kunden, är resultaten goda och tillförlitliga kan de implementeras som förbättringar. Eventuellt krävs mer undersökningar av de faktorer som påträffats under studien, om så är fallet skall de göras innan implementering.

3.4 Sammanfattning & analys av teoretisk referensram

I inledningen av kapitlet introducerades framtidsvisioner som pekar mot att arbetet med utveckling av arbetssätt är nödvändigt, vilket bidrar till motivationen att genomföra detta arbete.

Simulering och emulering beskrevs kort för att ge en bild av vad det är, samt skillnaden mellan dem. Användningsområdet för emuleringsmodeller beskrivs främst i virtuell driftsättning, vilket ger möjligheten att provköra programkod innan ett system existerar fysiskt. Virtuell driftsättnings största negativa faktor ligger i ansträngningen att producera den virtuella modellen. Fyra olika modelleringsnivåer har beskrivits, där mindre ansträngning ger en mer abstrakt modell. Större ansträngning vid modellering resulterar i en mer verklighetstrogen modell som kan användas mer intuitivt. Målet som sätts med den virtuella driftsättningen skall bestämma till vilken nivå modelleringen skall göras.

Generellt har projektledning och industriprojekt beskrivits, för att ge en bild av vilka aktiviteter som genomförs i projekt. För att senare kunna utvärdera om emuleringsmodeller i dessa aktiviteter kan öka kvalitén, minska ledtid eller risken för problem vid driftsättning.

Vid sökningar efter en metod att genomföra emuleringsprojekt påträffades inga tydliga modeller, simuleringsprojekt däremot har genomförts och undersökts under lång tid. Vilket medför att det där finns ett flertal modeller för vad som skall genomföras och vad som behöver beaktas. Aktiviteterna som genomförs i början av simuleringsprojekt kan eventuellt även appliceras på emuleringsprojekt. Eftersom de handlar om hur mål och krav påverkar nivån av modellering, vilket även nämndes i delen om virtuell driftsättning. Verifiering och validering behöver genomföras även på emuleringsmodeller, däremot är efterföljande steg inte något av intresse när det gäller arbetet med emulering. Detta enligt vad som beskrevs i skillnaden mellan simulering och emulering, nu är inte fokus att hitta någon optimal lagernivå, utan snarare testa funktioner. Möjligtvis skulle experimentell design kunna ersättas med testning av programkod och funktioner som larmhantering och kontroll av HMI bilder.

4. Litteraturstudie

Nedan presenteras tidigare gjorda studier inom områdena emulering och virtuell driftsättning samt forskning som diskuterar hur virtuella miljöer kan implementeras som arbetsätt. Avslutningsvis kommer en slutsats och analys av dessa studier för att sammanfatta hur dagens läge ser ut i forskningen runt integration och tillämpning av emulering vid industriprojekt.

4.1 Emuleringsmodeller

Skapandet av en virtuell modell är en grundförutsättning för att kunna genomföra en virtuell driftsättning. Denna modell behöver skapas i någon mjukvara. Drath, Weber Och Mauser (2008) beskriver kraven på den virtuella miljön och programvaror enligt följande:

1. PLC, Robot och HMI kodning måste vara oförändrat mellan virtuell och verklig idrifttagning.
2. Mjukvaror som används idag för programmering av ovanstående skall vara desamma för att kunna tillämpa de gamla biblioteken av redan genomföra lösningar på problem.
3. Den virtuella delen av arbetsprocessen måste integreras med de redan existerande arbetsmomenten. Merarbetet som tillkommer för att bygga en modell och sedan koppla den till programmeringsverktyg får inte vara för stort.
4. Det skall vara möjligt att koppla olika fabrikat av PLC till simuleringen, även möjlighet att uppdatera programvaran för nya PLC moduler.
5. De utvecklade PLC och robotprogrammen skall köras på virtuella kontroller som i beteende är identiska med de verkliga.

De menar på att när studien genomfördes hittades ingen mjukvara som levde upp till samtliga krav som listats.

De flesta ingenjörer som jobbar med automation har inte spetskompetens inom emulering och modellering, därför måste byggandet och användandet av modeller göras så enkelt som möjligt Oppelt och Urbas (2014).

4.1.1 Uppbyggnad

Drath, Weber Och Mauser (2008) byggde en modell i Cosimir, som är en mjukvara med stöd för OPC för att möjliggöra kommunikation med programmeringsverktyg. De beskriver att målet med byggandet av emuleringsmodellen är endast att realisera sensorer och ställdon så likt originalet som möjligt. Detta eftersom kommunikationen mellan programmen endast är ingångar och utgångar. Eftersom all logik ligger i respektive program för robot och PLC behöver ingen logik programmeras i simuleringsverktyget. På så sätt minimerade de arbetsbördan för att implementera emulering.

Hoffmann, Schumann, Maksoud & Premier (2010) väljer i sin studie ett emuleringsverktyg kallat CIROS, som stödjer både robotintegrering, 3D mekanismer och både virtuella och riktiga PLC system via OPC kommunikation. Det finns även stöd för modellering av sensorer, ställdon, kollisionupptäckning, transportsystem inklusive AGV samt stöd för XML modeller.

Park, Ko och Chang (2013) vill sprida arbetsbördan på mer än en person, låta de som konstruerar den mekaniska lösningen även konstruera den grafiska modellen. Vilken innehåller geometrierna hos objekt i systemet samt dess möjliga rörelser, för att sedan addera en logisk modell. Den logiska modellen bygger på elkonstruktion och PLC programmering, alltså kan dessa personer skapa den. I deras studie visar de på hur arbetsbördan för den logiska modellen i vissa fall kan minskas. Nämligen i renoveringsarbeten eller när ett system redan existerar kan den gamla maskinkoden användas för

att generera den logiska modellen, genom att spela in I/O signaler i PLC:n under en maskincykel. Dessa signaler grupperas sedan för att beskriva beteendet hos en enhet i systemet, exempelvis ett transportsystem kan bestå av 2 utgångar för att köra framåt och bakåt samt ett antal ingångar för givare. Kombinerar sedan dessa enheter erhålls en beskrivning av hela systemet. De ser alltså det virtuella systemet som en kombination av olika enheter, precis som ett verkligt system består av flera enheter.

4.1.2 Högnivå/Lågnivå-emulering

Hoffmann, Schumann, Maksoud & Premier (2010) beskriver att införandet och kopplingen mellan mekaniska komponenter till emuleringsmjukvaror görs på två olika sätt, högnivå och lågnivå. Där högnivå innebär att det finns modeller av objekt i biblioteket och endast koppling mellan objekt behöver genomföras. Dock finns det inget bibliotek som innehåller emuleringsmodeller av samtliga komponenter, vilket leder till deras önskan om att tillverkare i framtiden skall erbjuda virtuella kopior av sina komponenter.

Lågnivå krävs när objekt saknas i biblioteket, vilket innebär att ett nytt objekt behöver skapas. Detta kräver modelleringskunskaper av högre nivå och import av CAD-data till emuleringsmjukvaran. Lågnivåmodelleringen kan delas upp i tre aktiviteter, geometrisk, funktionell och elektrisk modellering. Geometrisk innebär att strukturera CAD-data efter import samt förenkla ytor och konturer för att minska processorkraften att hantera dem. Funktionell innebär att koppla rörelser till de delar som skall styras, exempelvis linjära rörelser eller rotationer. Elektrisk modellering handlar om att koppla ingångar och utgångar till den funktionella modellen.

Deras tillvägagångssätt för att lösa detta smidigare innebär att använda sig av Siemens objektorienterade planeringsverktyg COMOS för att addera nya utrustningar. Fördelen med detta är att automatiskt generera objektens hierarki med rätt struktur till simuleringsverktyget, i deras fall CIROS.

4.2 Virtuellt driftsättning

Zäh, et.al, (2006) visar i en experimentell studie på 75 % kortare driftsättningstid och 15 % kortare ledtid med hjälp av virtuellt driftsättning. Studien av dem tar dock ingen hänsyn till tiden det tog att utveckla modellen.

I studien av Rossmann et al. (2007) beskrivs en virtuellt driftsättning med hjälp av mjukvaran COSIMIR och ett tillverkningsystem från FESTO. Där samtliga komponenter fanns virtuellt i bibliotek, resultatet var 50 % minskad utvecklingstid och 50 % snabbare produktionsstart.

I en studie av Drath, Weber Och Mauser (2008) undersöktes hur virtuellt driftsättning skulle introduceras till industrin för praktisk användning. De listar fördelar som möjligheten att provköra före avstängning vid ombyggnationer, riskfri testmiljö, flexibiliteten att testa olika layouter samt testning av kritiska sekvenser och fellägen. De ser en möjlig förkortning av driftsättningstid och testfasen med 10-30 % och möjligheten att få bättre kvalitet på automationslösningen som helhet med hjälp av den virtuella miljön. De presenterar ett koncept som bygger på att kombinera redan existerande automationsverktyg och koppla dem till en emuleringsmjukvaran Cosimir för att representera systemet. De presenterar ett förslag på hur en virtuellt driftsättning kan sättas upp med hjälp av olika program och kommunikation där emellan. De använde sig av Codesys för programmering och virtuellt representation av PLC. Robotstudio för robotprogrammering och virtuellt kontroller.

4.3 Emulering integrerat i arbetssätt

Oppelt och Urbas (2014) har i sin studie presenterat en lösning till problemet med integrering i befintligt arbetssätt. Deras mål med arbetet är att modellen skall bidra mer till projektet än enbart för virtuell driftsättning, de ser en möjlighet att låta modellen växa från nivå 1-4 under projektets gång. För att kontinuerligt kunna testa olika delar av programmeringen mot någon nivå av emuleringsmodell. Initialt handlar det om att testa exempelvis larmhantering, för att sedan utökas till FAT, test av manuellkörning via HMI och slutligen optimering av parametrar. Detta arbetssätt kräver minst 3 mjukvaror för planering, simulering och programmering. I studien presenteras en uppsättning mjukvaror från Siemens, COMOS för planering, SIMIT för simulering samt PCS7 för programmering. Då utan robotprogrammering, vilket möjligheten till att inkludera skulle behöva undersökas noggrannare.

Dahl, Bengtsson, Bergagård, Fabian Och Falkman (2016) nämner studien av Oppelt och Urbas, för att sedan i sin studie presentera ett ramverk som utökar användningen av modellen ytterligare. De vill bygga en modell redan i planeringsstadiet av projekt för att kunna verifiera layout och koncept. I detta stadie programmeras tillfällig logik för att sedan ersättas med PLC kod. Alltså skall modellen användas under hela projektet som ett stödjande verktyg, samma modell som används tidigt i projektet återanvänds senare för virtuell driftsättning. Målet med studien var endast att påvisa möjligheten att med hjälp av en modell verifiera funktionalitet och testa koncept tidigt i projekt.

4.4 Sammanfattning och analys

Forskningsvärlden verkar vara rörande överens om att kraven med kortare ledtider påverkar de som utvecklar automationslösningarna till industrin. Virtuell driftsättning ses som ett framgångsrikt koncept för att minska tiden det tar att driftsätta en anläggning samt minska ledtiden för projektet. Forskningen med integrerad virtuell driftsättning möjliggör även stöd vid mekanisk konstruktion, båda medför däremot konsekvensen i form av att en virtuell miljö behöver skapas.

Det ses problematiskt med kostnaden för att utveckla modeller, speciellt om de skall vara så pass detaljerade (nivå fyra) att parameterinställningar skall kunna utföras virtuellt. Dessutom medför mer detaljerade modeller att arbetet med validering och verifiering blir omfattande. Olika forskningsspår har därför vuxit fram för att underlätta modellbyggandet, första spåret bygger på att generera modeller med hjälp av program och redan existerande data. Vilket dock ställer krav på att data finns tillgänglig, det resulterar i att modellen blir framtagen sent men kan ske till lägre kostnad. Kan ses som användbart vid framtagning av modeller för redan existerande system. Andra spåret innebär att bygga upp sin virtuella miljö med hjälp av ett modellbibliotek, vilket innebär att endast högnivå-modellering krävs. Att bygga upp biblioteket i sig, lågnivå-modellering kräver djupare kunskap inom modellering i emuleringsmjukvaror, det är dessutom väldigt tidskrävande. Detta forskningsspår hoppas att tillverkare av komponenter i framtiden kan erbjuda emuleringsmodeller av sina produkter.

Vissa forskare har redan för tio år sedan konstaterat att en integrering i det normala arbetsflödet behöver ske för att det skall bli accepterat till 100 % detta kan ses som ett tredje spår. Tyskland som kan anses ligga långt fram i utvecklingen av tillverkande industrier, har virtuell driftsättning beskrivet i sina riktlinjer för att riskeliminera driftsättningen. De ser dock behovet av att använda den virtuella modellen i större utsträckning för att motivera kostnaden, även svensk forskning går mot att integrera arbetet för att utnyttja modeller mer.

Det finns eventuellt även en marknad för att sälja modellen till det beställande företaget för att ha den till utveckling av systemet samt träning av operatörer. Till skillnad från vad som beskrevs i den teoretiska referensramen har användningsområdet utökats till att även verifiera design av anläggningen med hjälp av modeller.

Olika modeller och metoder för att genomföra arbetet smartare och minska på ansträngningen för att ta fram modeller har presenterats. Vissa med större planeringssystem som sedan innehåller flera mjukvaror för olika delar i projektet, andra med endast en ny mjukvara. Några metoder bygger på att logik programmeras vid sidan om den slutgiltiga programmeringen, endast för att styra sekvenser eller robotar i modellen. Något som kan anses vara behövt om den virtuella miljön skall användas tidigt vid konstruktion av cellen, samtidigt som viss forskning menar på att all programmering skall ske i de ursprungliga programmen.

Detta arbetssätt att integrera virtuell miljö kopplat till flera olika aktiviteter i konstruktionsfasen ställer krav på arbetssätt och samordning. Det krävs kommunikation eller helst ett system som möjliggör att ändringar i ett program skall generera ändringar för samtliga berörda.

5. Datagenerering

5.1 Förberedelse till intervjuer

Syftet med intervjuerna är att identifiera hur virtuella miljöer kan bidra till kortare ledtider och ökad kvalitet i automationsprojekt. Företag i och runt Skövde skall få besvara frågor som bygger på den studerade litteraturen. En lista med koncept, se figur 7, kommer tillsammans med slutsatsen av litteraturstudien att användas som grund för att formulera frågor.

Sammanställning av koncept		
Koncept	Definition	Referens
Industri 4.0	4:e industriella revolutionen, uppkopplad produktionskedja. Högfleksibel produktion. Tvärgående digital kommunikation.	Almada-Lobo, (2016), Alpman, (2014), Helbig, et.al (2013).
Emulering	Att realisera, rörelser, egenskaper och funktioner hos objekt virtuellt.	McGregor (2002).
Modelleringsnivå	Beroende på till vilken detaljnivå modelleringen görs kan olika saker verifieras	Manske & Lotz (2012) se Oppelt & Urbas, (2014)
Modellbibliotek	För att underlätta och effektivisera modellbyggandet behövs bibliotek över tidigare gjorda lösningar	Oppelt & Urbas, (2014), Hoffmann, et.al, (2010), Rossmann et al. (2007)
Högnivå-emulering	Enbart kopplingar mellan objekt och vissa parametrar behöver ställas in	Hoffmann, et.al, (2010), Lee och Park, (2014)
Lågnivå-emulering	Geometri, funktioner och elektriska kopplingar skall definieras	Hoffmann, et.al, (2010)
Generering av modeller	Att generera modeller av redan existerande system, med hjälp av I/O lista samt loggar över PLC I/O över tid	Lee & Park (2013)
OPC Kommunikation	Standardiserad kommunikation mellan olika mjuk och hårdvaror	OPC Foundation (2018)
Virtuell Driftsättning	Att virtuellt genomföra ett test av systemets funktioner och egenskaper, för att säkerställa kundkrav.	Dahl, Et.al, (2016), Lee & Park, (2013, 2014), Oppelt & Urbas, (2014), Drath, et.al, (2008), Hoffmann, et.al (2010), Park,
Hardware in the loop konfiguration	Att med hjälp av en Fysisk PLC och virtuellt system testa funktioner hos systemet och koden i PLC:n	Lee & Park, (2013, 2014), Hoffmann, et.al, (2010)
Konstruktionsdriftsättning eller full virtuell driftsättning	Både PLC och systemet som skall styras representeras virtuellt	Lee & Park, (2014)
Integrerad virtuell driftsättning	Möjliggöra tidigare verifiering än vid virtuell driftsättning, modellen växer med resten av projektet.	Oppelt & Urbas, (2014), Dahl, et.al, (2016)

Figur 7, Koncept som framkommit under litteraturstudie

5.1.1 Frågeformuleringar

Till att börja med skall en uppfattning av dagsläget skapas, hur företag idag arbetar med sina projekt. Det är av intresse att identifiera olika projektsteg, aktiviteter samt hur företag kvalitetssäkrar projekt, detta för att undersöka vart emulering kan bidra på ett eller annat sätt. Även ledtiden och förutsättningar för projekt behöver undersökas. McGregor (2002) påstår att om utrustningen inte finns tillgänglig för testning av programkod kan kostnaden för emulering motiveras. Då styrsystemsbyten innebär att testning inte kan ske innan installation, skall det undersökas i hur stor utsträckning sådana projekt genomförs. För att kunna specificera vilken eller vilka mjukvaror som skall användas är det även viktigt att erhålla information gällande vilka leverantörer av styrsystem och robotar som vanligtvis används. Själva driftsättningsfasen behöver också brytas ned för att identifiera hur tiden vid en idrifttagning används, intresset ligger i att se hur mycket tid som spenderas för testning och modifiering av programkod. Slutligen skall även restpunkter kontrolleras, ett intresse finns i att undersöka vilken typ av restpunkter som är vanligast. Då virtuella miljöer kan erbjuda tidigare kvalitetssäkring av HMI och PLC kod.

Konceptet emulering genererar frågor gällande huruvida företag använder sig av det idag samt tankar på hur det kan användas i framtiden. Specifikt önskas svar på vilka möjligheter och hinder företagen ser med användandet av emulering samt vilken kompetens de själva besitter. Kompetensfrågan krävs för att identifiera om lågnivå-emulering är aktuellt, eller endast högnivå lösningar kan tillämpas, vilket kan resultera i begränsningar vid val av mjukvara. Därefter behöver de olika forskningsspåren beskrivas för att identifiera för och nackdelar med respektive spår. Koppling till projektaktiviteter är även av intresse, i vilka aktiviteter tänker företag att de kan ha nytta av virtuella miljöer.

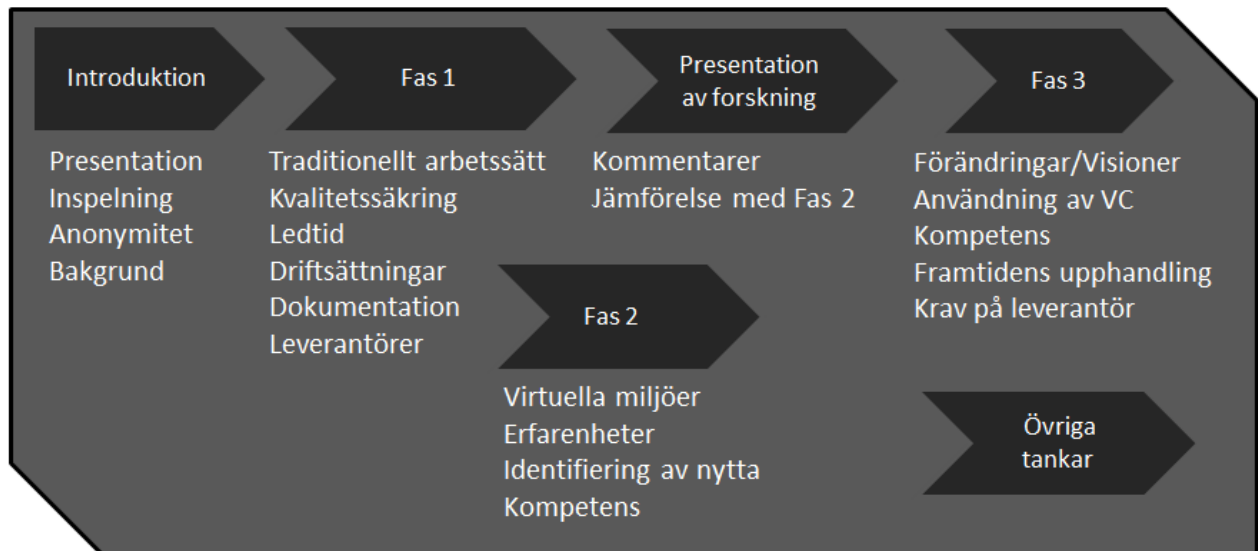
När det kommer till virtuell driftsättning skall företagen själva få berätta om eventuell erfarenhet av projekt som involverat konceptet. Även intresse och framtida behov av användning skall undersökas, samt anledningen eller hinder till användning. Det är även viktigt att undersöka om företag är intresserade av att använda modellen längre fram i tiden, då detta kan motivera kostnad för framtagning av modell. Exempelvis vid kommande ombyggnationer eller till operatörsträning, eftersom möjligheten till båda finns.

Med första konceptet industri 4.0 är syftet att ta reda på hur företagen ser på den kommande revolutionen. Helbig, et.al, (2013) påstår att företag behöver förbereda sig med metoder och verktyg för att hantera komplexitet, därför är en relevant fråga hur företag ställer sig till detta. Hur de tänker gällande förändringar, utveckling av arbetssätt, visioner, framtida affärer och hur en upphandling kan ske i framtiden.

5.1.2 Intervjuns struktur

Intervjufrågorna är uppdelade i tre faser av frågor enligt figur 8, utöver dessa faser inleds intervjun med en introduktion och avslutas med övriga frågor. Fas ett skall ge en uppfattning om hur projekt genomförs idag. Frågorna i fas två ställs till företag som tidigare har genomfört försöksprojekt innehållande emulering och virtuell driftsättning, alltså har en uppfattning om vad de innebär i praktiken. Intervjupersonen skall få berätta hur de upplevde att arbeta med projekt med stöd av virtuella modeller, vad som gick bra och vad som upplevdes problematiskt.

Efter fas två skall likheter och skillnader jämfört med det tyska arbetssättet för integrerad virtuell driftsättning studeras, intervjupersonen får då möjlighet att komma med synpunkter och invändningar på arbetssättet och övriga forskningsspår. Om fas två inte genomförs presenteras tidigare forskning för att visa på vad som har testats och vilka möjligheter som finns med virtuella miljöer. Därefter får intervjupersonen identifiera vart i deras arbetsprocess virtuella miljöer kan bidra till ett effektivare arbetssätt. Fas tre innehåller frågor med kopplingar mot industri 4.0, hur företaget ser på projekt och förändringar i framtiden.



Figur 8, Intervjuernas innehåll

Eftersom intervjun genomförs som en semistrukturerad intervju är endast en struktur med olika frågeområden definierad, de tre faserna. Tanken är att inte presentera tidigare forskning innan intervjupersonen fått uttrycka sina tankar i området, i övrigt kan frågornas följd ändras beroende på hur intervjun fortlöper.

Formuläret används alltså som en ram för att få svar på frågor i följande områden:

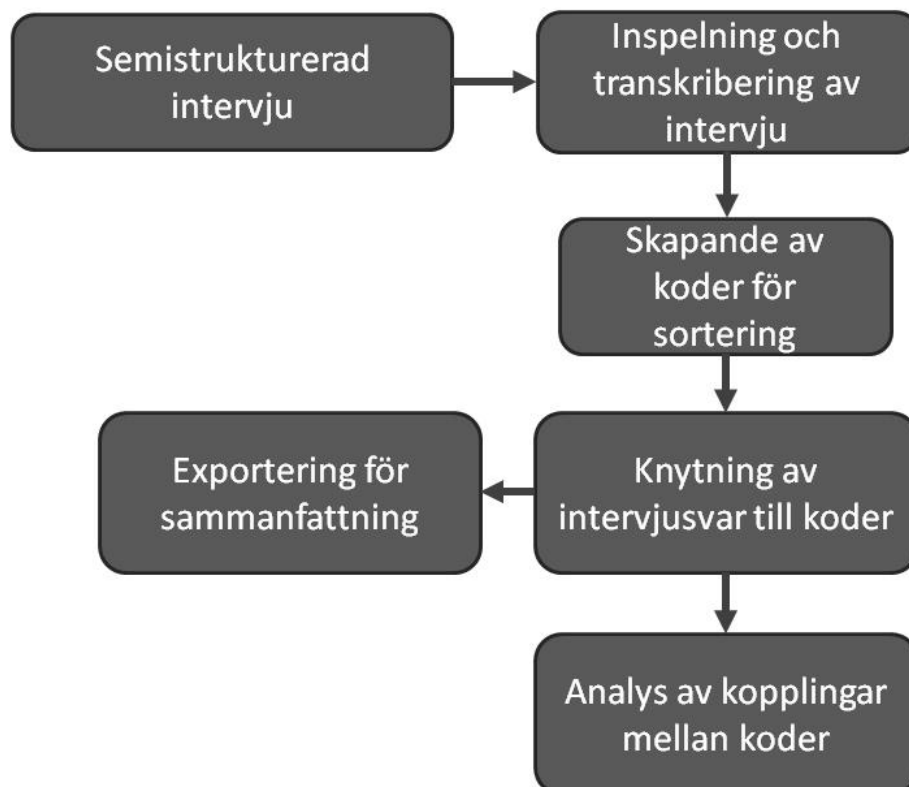
- Hur arbetar företag med Automationsprojekt idag
 - Skillnad mellan nyproduktion och reoveringar
 - Kvalitetssäkring
- Vad för erfarenheter erhöles vid pilotprojekt med virtuella miljöer
 - Positiva och negativa
 - Jämförelse och tankar kopplat till forskning
- Hur kan framtidens arbetssätt se ut

5.1.3 Intervjupersoner

Vid val av intervjupersoner har personer med längre erfarenhet av automationsprojekt eftersökts för att få en bild av hur projekt genomförs i praktiken. Både personer som beställer nya lösningar och renoveringar av maskiner har intervjuats. Även personer på företag som levererar lösningar har medverkat, där eftersöktes personer med erfarenhet från tidigare pilotprojekt inkluderande virtuell driftsättning. Både programmerare och personer i mer kontrollerande positioner har inkluderats, för att täcka ett bredare område.

5.1.4 Metodik för dataanalys

För att säkerställa kvaliteten på insamlad data har en systematisk metodik följts för behandling av data, se figur 9. Samtliga 8 intervjuer spelades in och skrevs sedan ned för att underlätta hanteringen av den stora mängden data. Efter transkriberingen sorterades intervju svaren genom att knytas till olika koder i en programvara (Dedoose) avsedd för datahantering. Sorterad data sammanfattades sedan för att beskriva gruppens svar i respektive område. Därefter undersöktes även om olika områden påverkade varandra, alltså hur olika koder kopplades till varandra.



Figur 9, Metodik för dataanalys

5.1.5 Koder för hantering av data

Baserat på svaren i intervjuerna skapades 16 koder i fyra olika områden se tabell 2, nuvarande arbetssätt, virtuell driftsättning, virtuella modellen samt framtidens arbetssätt. Allt material knutet till respektive kod exporterades för att sedan sammanfattas. Skillnaden mot de förväntade svaren var främst detaljer om den virtuella modellen, som majoriteten av intervjupersonerna gärna diskuterade.

Tabell 2, koder för datahantering.

<u>Nuvarande arbetssätt</u>	<u>Svar som:</u>
Arbetsgång	påvisar i vilken ordning aktiviteter utförs.
Driftsättningsfasen	beskriver hur en driftsättning kan se ut, aktiviteter, förutsättningar, planering
Kritiska projekt	beskriver vad som gör ett projekt mer kritiskt eller riskfyllt
Kvalitetssäkring	förklarar hur kvalitetssäkringen av projekt går till
Ledtid för projekt	Redogör för hur lång tid projekt kan ta, samt vad som påverkar det
Leverantörer	innehåller information om vilka tillverkare av robot och PLC som används
Restpunkter	beskriver typiska restpunkter och vad de innebär för projektet
 <u>Virtuell Driftsättning</u>	
Erfarenheter sedan tidigare	redogör för intervjupersonens personliga erfarenheter av virtuell driftsättning
Förutsättningar	beskriver ingående förutsättningar för att genomföra en virtuell driftsättning
Hur skall det användas	förklarar hur virtuell driftsättning är tänkt att genomföras
Nyttan med virtuell driftsättning	påvisar vilket resultat som önskas vid användandet av virtuell driftsättning
 <u>Modellen</u>	
Hur skall den byggas	innehåller tankar om hur modellen kan byggas, olika mjukvaror
Nivå	beskriver hur detaljerad modell som efterfrågas
När skall den användas	redogör när användandet av en modell är värdefullt
Vem skall bygga den	diskuterar vem som skall bygga modellen
 <u>Framtidsvision</u>	
	intervjupersonerna ger vid frågan om hur utvecklingen av detta arbetssätt kan se ut

5.2 Genererad data från intervjuer

I detta kapitel återges intervjupersonernas tankar och åsikter i frågorna som diskuterats under intervjuerna. Vilka koder som kopplades till svar i respektive intervju kan ses i figur 10, där en färgad ruta innebär att ett svar knutet till den koden finns. Det är endast visuell skillnad mellan röda och blå rutor. Ganska snabbt upptäcktes att definitionen "Ett automationsprojekt" inte var en tillräckligt tydlig ram att ställa frågor utifrån. Ofta kom svaret, det beror på vilket projekt... därför har i intervjuerna ett standardprojekt specificerats till ett uppdrag med fast pris på "Miljonbelopp". En sammanfattning av intervjustudien kan läsas i kapitel 5.3.

	Arbetsgång	Driftsättningsfasen	Kritiska projekt	Kvalitetssäkring	Ledtid för projekt	Leverantörer	Restpunkter	Erfarenheter sedan tidigare	Förutsättningar	Hur skall det användas	Nyttan med virtuell driftsättning	Hur skall den byggas?	Nivå?	När skall den användas?	Vem skall bygga den?	Framtidsvision
Beställare, nya maskiner/system	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
Beställare, renoveringar/styrsystemsbyten	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
Leverantör, programmerare	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
Leverantör, chef automation	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
Beställare, renoveringar/styrsystemsbyten	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
Leverantör, Chef / Programmerare	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
Leverantör, Chef / Programmerare	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
Leverantör, Chef / Programmerare	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd	Blå	Röd
	Nuvarande arbetsätt					Virtuell Driftsättning				Modellen						

Figur 10, Områden som täcktes i intervjuer.

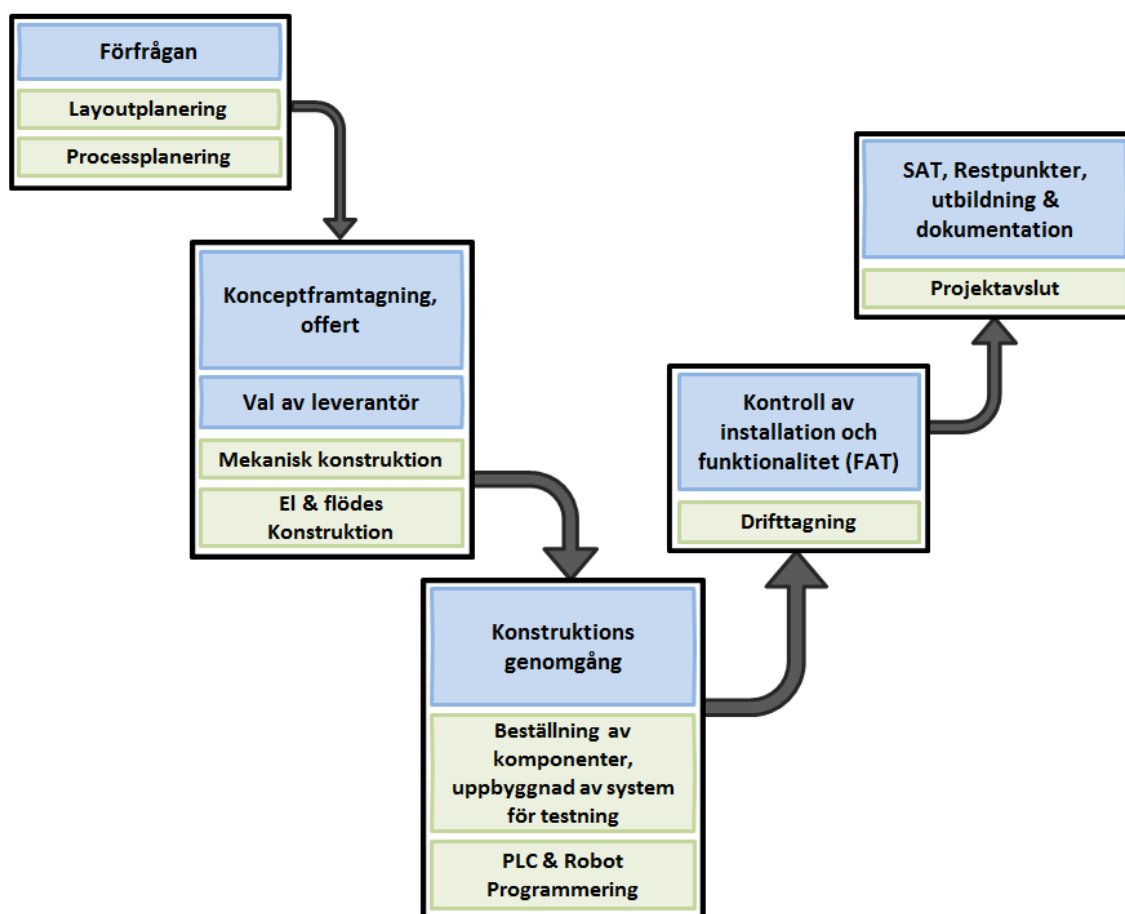
5.2.1 Nuvarande arbetsätt

I figur 11 illustreras hur intervjupersonerna i grova drag beskriver arbetsgången, där blåa rutor innebär att både kund och leverantör involveras. De gröna rutorna visar vilka aktiviteter leverantören genomför innan de kan ta pilen till nästa box. De kvalitetssäkrande rutorna, konstruktionsgenomgång och FAT måste godkännas av kunden innan arbetet i den boxen kan starta.

5.2.1.1 Arbetsgången

När det kommer till arbetsgången är samtliga intervjupersoner i stort sätt ganska överens, men vissa detaljer skiljer sig. Kunder skickar ut en förfrågan och väntar på en offert tillbaka från leverantörer. Offerten innehåller en beskrivning av hur leverantören tänkt lösa kundens problem, ofta lämnar minst tre leverantörer pris. När en leverantör har valts, sker en beställning och konstruktion av anläggningen kan starta. Här skiljer sig svaren något mellan intervjupersoner, det läggs olika mycket tid på att hitta samsyn mellan kund och leverantör gällande detaljer i lösningen. Majoriteten beskriver att löpande konstruktionsmöten sker för att säkerställa att leverantör förstått kundens krav och förväntningar. Två av intervjupersonerna menar på att alla oklarheter skall redas ut innan konstruktion börjar. För att kunna arbeta effektivt måste det vara klart vad som skall göras och hur kunden vill ha det. Samtidigt menar en av intervjupersonerna på att kunder ibland inte kan svara på detaljerade frågor, ibland får ett förslag tas fram för att få en åsikt från kunden.

Första kvalitetssäkringen är granskning av ritningar, en konstruktionsgenomgång som genomförs innan komponenter får beställas. Programmering har ofta redan startats enligt de programmerare som intervjuats, önskvärt är att elkonstruktionen skall ha I/O-lista klar innan programmerare startar. Undertiden programmering färdigställs byggs anläggningen upp hos leverantören och driftsätts sedan internt. När driftsättningen internt är klar, eller när tidsplanen säger att det är dags för FAT, kommer kunden för att granska installation samt testa funktionalitet. Intervjuade beställare menar att ofta sker detta två gånger innan godkänt resultat uppnås. Vilket kan vara mer eller mindre kostsamt beroende på i vilken världsdel leverantören har sin verksamhet. Vid godkänt FAT kan utrustningen levereras till fabriken och installeras ihop med övrig utrustning, ett SAT genomförs inkluderande synkronisering med kringutrustning. Vid godkänt resultat kan kunden överta maskinen, projektet avslutas först när utbildning genomförts och slutgiltig dokumentation överlämnats, vilket ofta är ett par veckor efter SAT.

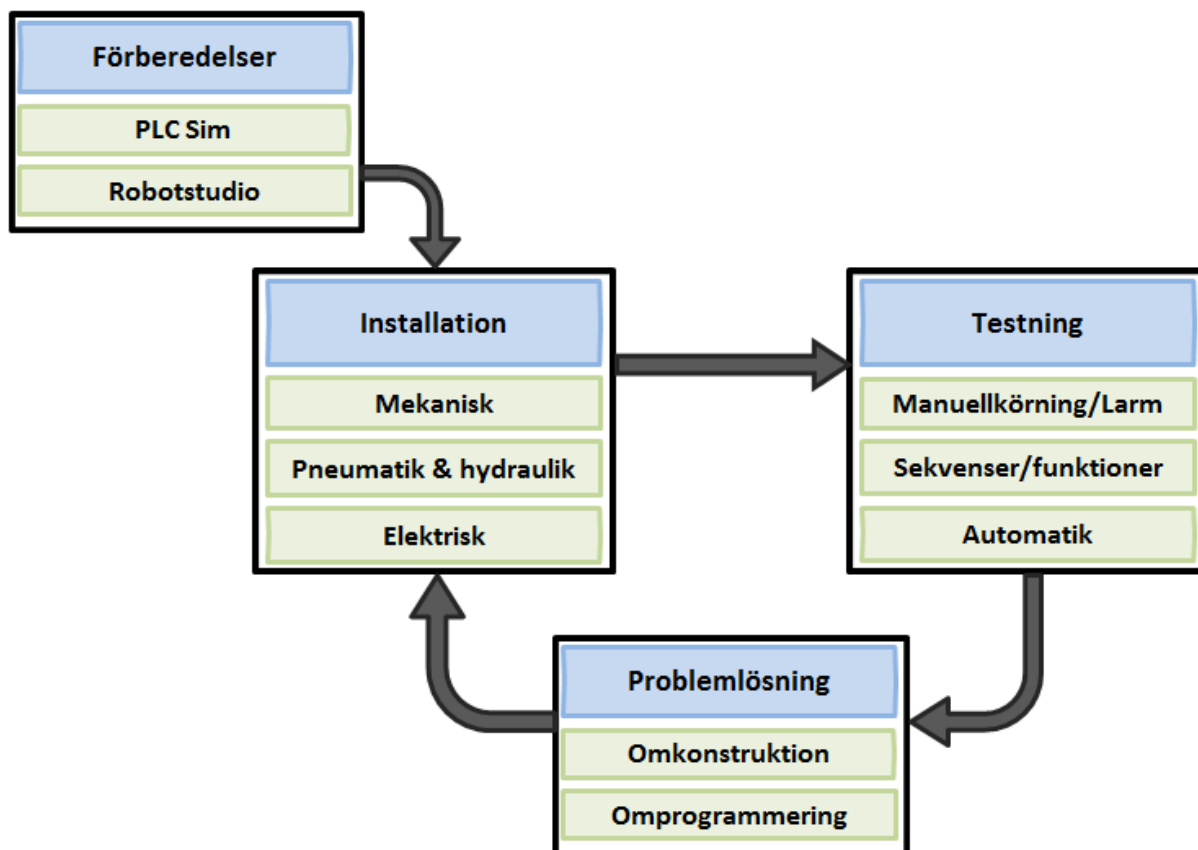


Figur 11, Intervjupersonernas bild av arbetsgången

Samtliga intervjupersoner nämner även att de eftersträvar att arbeta på detta sätt, planerar noggrant, genomför konstruktion av först mekanik sedan el. För att slutligen programmera, de menar att det är effektivt i avseende på antal timmar som behöver spenderas. Detta eftersom arbete då kan ske mot ett färdigt underlag som stöd, dock påverkar det ledtiden negativt och ibland finns inte det utrymmet. Då krävs det mer parallellt arbete och samordning mellan olika personer, vilket enligt intervjupersonerna löses med en gemensam arbetsbok i Excel där exempelvis I/O och komponentlistor finns.

5.2.1.2 Driftsättningsfasen

De intervjuade leverantörerna som arbetar med systemleveranser bygger alltid upp sina system och drifttar dem i förväg, vilket är en förutsättning för att genomföra ett FAT. Vid denna interna driftsättning se figur 12, löses många problem som annars hade dykt upp vid idrifttagning i fabrik. Den förbereds med hjälp av mjukvaror för att testa programmen, för att sedan installeras enligt konstruktionsunderlagen, alltså framtagna ritningar.



Figur 12, Intern driftsättning

Dock beskriver två programmerare i intervjun att även denna brukar vara ganska stressig, alla funktioner hinner inte alltid testas innan kunden kommer för att genomföra sina tester. Detta på grund av att programmeraren kan börja testa funktioner först när alla andra problem är lösta. Under intervjuerna beskrevs problem som allt från tekniska lösningar som inte fungerade till elektriska felkopplingar. Om kundens tester inte godkänns erhålls en punktlista med upptäckta brister som skall rättas till innan leverans kan ske. Är testet godkänt monteras anläggningen ned och levereras till kunden för att byggas upp på plats. Där finns oftast 1 vecka för att riva ut eventuell gammal utrustning samt installera den nya. Följt av 1 vecka för I/O test och egna kontroller, 1 vecka för kundens testning samt 1 vecka för provkörning. Skillnaden här mot testerna hos leverantören är att signalutbyten mot kringutrustning som överordnade system samt föregående och efterföljande maskiner även testas. Många leverantörer upplever detta skede i projektet som stressigt och ofta förknippat med mycket övertid. En person beskriver att de inte alltid vågar genomföra alla tester efter renoveringar, då rädsla för att köra sönder maskinen finns.

5.2.1.3 Kritiska projekt

Det finns ett antal kriterier enligt intervjupersonerna som kan göra projekt mer kritiska än andra. Nummer ett är om projektet rör en kritisk del av flödet, alltså att det inte finns några parallella flöden att använda sig av om installationen inte skulle vara färdig i tid. Då riskeras att produktionen inte kan fortlöpa enligt plan. Ett annat problem är om både mekanik och styrsystem skall renoveras, då finns risk att det blir svårt att felsöka om exempelvis kvalitén inte är okej. Att ha en ansträngd tidsplan ses också som ett kritiskt projekt, anledningen till detta kan vara att behovet av en större ombyggnation har dykt upp oväntat. Exempelvis om en ny produkt skall börja tillverkas ett år tidigare än planerat.

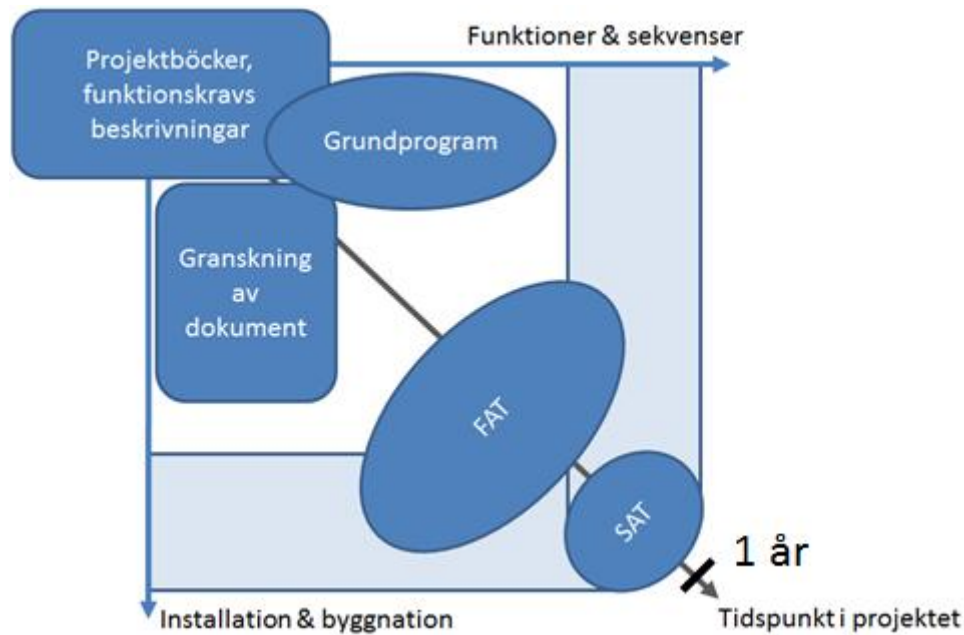
Ett problem som enligt två av intervjupersonerna dykt upp de senaste åren är att vid byte av styrsystem fungerar det inte längre att konvertera kod rakt av. Tidigare har en uppgradering i Siemens styrsystem från S5 till S7 varit möjlig genom att "lyfta" programmet, med nya TIA- system fungerar detta inte. Vilket medför att en helt ny programkod behöver skrivas, då ökar risken att något kan bli fel i funktionalitet. Just funktionalitet är dessutom något som i renoveringsprojekt är svårt att testa innan projektet är i ett väldigt kritiskt läge, de sista veckorna före produktion skall starta. Ett problem när det gäller styrsystemsbyten är att det gamla systemet rivs ut, vilket gör det nästan omöjligt att "backa" om programmet inte skulle fungera.

Ytterligare en aspekt som påverkar är erfarenhet, en intervjuperson beskrev en större renovering av en utrustning som genomfördes under en sommaresemester på 4 veckor. Hela fabriken var på helspänn inför projektet, ett likadant projekt utfördes året efter på en likadan utrustning. Den sjunde gången genomfördes installationen på 5 dagar.

5.2.1.4 Kvalitetssäkring

I figur 13 illustreras när i projekt aktiviteter som beskrivits under intervjuerna sker, samt om de bidrar till att säkra kvalitén på funktioner eller installation. Detaljerade förfrågningsunderlag och projektböcker tillhandahålls vid förfrågan för att visa hur leverantören skall strukturera konstruktion och program.

Beställarens kvalitetssäkring under projektets gång ligger i granskning och testning av leverantörens produkter. Alltså konstruktionsgranskning och FAT, för att säkerställa att det som skall levereras håller efterfrågad kvalitet. Även om det enligt en intervjuperson ibland genomförs två eller tre tester, levereras ändå ibland utrustningar som inte uppfyller samtliga krav. De beskrivs att vid renoveringsprojekt finns där ett problem med svårigheten att testa funktioner innan drifttagning i fabriken. I dessa fall genomförs ofta flera möten med leverantören för avstämning gällande funktionskrav.



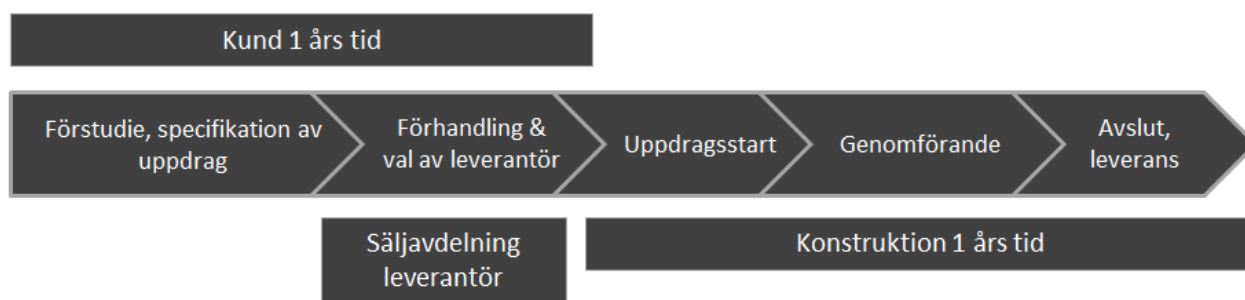
Figur 13, Kvalitetssäkrande aktiviteter i förhållande till tidpunkt i projektet

Några av de intervjuade leverantörerna menar på att kvalitetssäkring ligger främst i användandet av grundprojekt. För exempelvis PLC-programmering finns redan programkod för driftmoder, larmhantering och manuellkörning. Med detta minskas mängden unik kod i varje projekt, vilket resulterar i att risken för felprogrammering även reduceras. Utöver detta genomförs emuleringar i nivå ett och ibland två för att kontrollera att rätt funktionalitet uppnås. Nivå ett i detta fall innebär att kontrollera så inga syntaxfel finns samt att testa specifika funktioner i programkoden, ofta enskilda nätverk. Med nivå två menas att skriva ett program som svarar på programmet som skall levereras till kund, vilket innebär att en programcykel skulle kunna köras med ideala förutsättningar. När det gäller robotar testas det mer i 3D-miljö, där exempelvis räckvidd kan kontrolleras tack vare ABB:s mjukvara RobotStudio som upplevs allmänt accepterad och välanvänd.

Intervjupersoner har tryckt på vikten av att dela upp projekt i mindre aktiviteter, programmering beskrivs som en större aktivitet. Alltså behöver den delas upp i mindre komponenter, helst skall varje funktionalitet i förfrågan från kund beskrivas på en nivå som går att programmera efter. Under denna uppdelning av projekt är det även viktigt att hitta de svåra utmaningarna, att tidigt identifiera vilka delar i projektet är komplicerade. Dessa delar bör man enligt flera av intervjupersonerna lösa först.

5.2.1.5 Ledtid

Här är intervjupersonerna väldigt enade, trots att fyra olika leverantörer intervjuats erhöles i princip samma svar. Från beställning lagd, alltså när leverantör och kund skriver på ett avtal tar det ofta 10-12 månader att slutföra arbetet. Däremot kan det vara lika lång tid innan beställning läggs, för att förbereda underlag och förhandla med olika leverantörer, vilket resulterar i en total ledtid runt 2 år, se figur 14. Det framkommer att nuvarande projektmodeller hos både beställare och leverantörer fungerar bäst i de fall när denna tid finns tillgänglig. I de fall tiden är knapp blir ofta resultatet sämre, de intervjuade beskriver att många faser i projekt då stressas igenom.



Figur 14, Ledtid projekt

Flertalet intervjupersoner påpekar att det tar lång tid att diskutera fram hur funktioner skall se ut, frågor kan gå fram och tillbaka många gånger innan beslut är fattat. Alltså svårighet i att få konkreta svar på funktionalitet, detta gäller främst uppdrag mot kunder med mindre erfarenhet och kunskap om automation.

Något som lyfts fram som positivt från leverantörer är att genomföra förstudier, alltså hjälpa kunder med deras arbete innan beställningen. Detta för att minska på diskussionen emellan kund och leverantör under projektets gång, möjligt att vara mer överens om underlagen tas fram tillsammans. Fördelen med detta beskrivs som lägre totalkostnad, snabbare ledtid och möjligheten att lösa problemet billigare med om- och tillbyggnation istället för en helt ny utrustning.

5.2.1.6 Fabrikat

Här råder stor enighet hos den intervjuade gruppen, Siemens styrsystem och ABB robotar är det som används i absolut störst utsträckning. KUKA robotar är något som även förekommer men inte lika vanligt som ABB. Detta gäller nyinstallation, flertalet leverantörer menar på att de kan serva, felsöka och omprogrammera de flesta fabrikat.

5.2.1.7 Restpunkter

Generellt säger både leverantörer och kunder att allt inte hinner testas, varken vid FAT eller SAT. Samt att inga projekt saknar restpunkter, det är alltid något som inte stämmer. Restpunkterna kan kategoriseras till installationsfel som ofta är enklare att åtgärda eller kapacitet/funktionsfel vilket kan bli mer kostsamt. Installationsfel kan handla om märkning eller att något inte följer kundens specifikationer i projektboken. Även dokumentation hamnar i denna kategori, stämmer inte ritningen med vad som är installerat måste den uppdateras. När det gäller kapacitet och funktionsfel handlar det om att maskinen inte är intrimmad tillräckligt. Småstopp och problem med kod eller mekanik kan medföra att kapaciteten inte når upp till kraven som överenskommit.

Ett annat problem som beskrivs är rena programfel, vilket kan vara antingen att förreglingar saknas eller att något är för hårt förreglat. Detta innebär att maskinen kan köras sönder eller hamna i ett läge där operatören inte kan köra något alls (moment 22). Mindre programfel som att ett larm inte finns är också ganska vanligt, dock ganska enkelt att korrigeras. Det som generellt vill undvikas är att inte uppnå krav på cykeltid när produktionen skall starta. Då krävs det avbrott i produktionen längre fram för att genomföra förbättrande arbeten på utrustningen, vilket blir omständigt och kostsamt för båda parter.

Ofta finns en överenskommen tid med "Babysitting" efter leverans av en utrustning, vilket innebär att leverantören är redo att supporta vid problem. Arbetsbördan för leverantören under denna tid är direkt kopplad till hur välbyggd maskin och testad programkod som levereras.

"Mitt mål som leverantör är att kunden inte skall ringa mig förrän de vill ha hjälp med en ny utrustning" – Maria Ganebäck, 2018.

5.2.2 Virtuellt driftsättning

Samtliga intervjupersoner visar intresse för ämnet och är väldigt intresserade av att vidare undersöka hur det kan användas. I detta kapitel återges intervjupersonernas egna erfarenheter av virtuellt driftsättning, mycket av informationen som kom fram bygger på tidigare examensarbeten och resultaten från dessa.

5.2.2.1 Erfarenheter sedan tidigare

Majoriteten av de intervjuade personerna har medverkat i examensarbeten med virtuellt driftsättning, vissa har genomfört flera och några endast ett. Några har tidigare erfarenheter från Simumatik3D och andra från Xcelgo's Experior, där de har upptäckt möjligheter med virtuella miljöer. Tre utav de intervjuade håller just nu på med att testa olika programvaror och konfigurationer för att se möjlig användning av virtuellt testning.

5.2.2.2 Förutsättningar

En intervjuad beställare av system menar på att de vill störa leverantörers arbetssätt så lite som möjligt, samtidigt har de börjat efterfråga virtuella testmiljöer. De anser att modellen kan byggas på två veckors tid, vilket de även ser som en rimlig kostnad. De vill blanda in så lite nya mjukvaror som möjligt för att kunna kontrollera hur modellen är byggd. Det ses som en fördel om personer som arbetar med projektet själva kan skapa modellen, för att slippa ytterligare informationsled. Även en intervjuad leverantör ser att två veckors tid för byggande av modell kan vara aktuellt för egen kvalitetssäkrings skull, utan att kunden efterfrågar det. De motiverar användande av virtuella modeller för att öka kvaliteten på programkod samt bekvämare arbetsmiljö vid testning på kontoret.

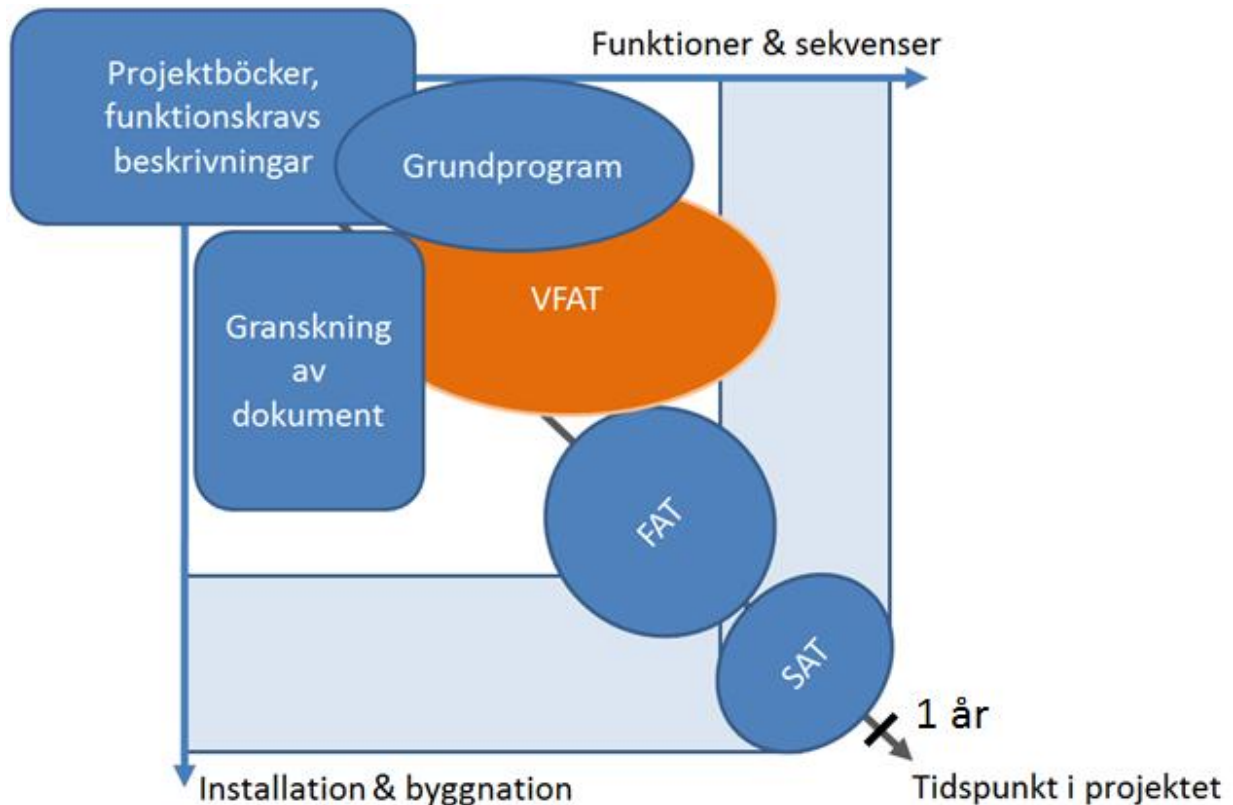
Absolut krav är att de virtuella kontrollerna måste bete sig som de riktiga, annars minskas tillförlitligheten av den virtuella driftsättningen avsevärt.

Önskvärt vore om mjukvaror kunde vara kompatibla med varandra, vid ändring av 3D modellen i CAD verktyget skall den ändringen automatiskt även ske i mjukvaran för emulering. Filformat blir "döda" när de idag exporteras mellan programvaror, detta resulterar i onödig arbetsbörda, alternativt får modellen byggas först när all konstruktion är färdig.

5.2.2.3 Hur skall det genomföras

Intresset för virtuellt driftsättning har väckts hos en av Skövdes större beställande företag, de har genomfört en marknadsundersökning för att undersöka möjligheten att realisera detta. Undersökningen resulterade i en konfiguration med ABB:s RobotStudio, Siemens SIMIT samt Siemens PLCSim Advanced, där det anses rimligt att bygga en modell inom ramen på två veckor. Om ingen robot används i utrustningen kan alternativt Siemens NX MCD användas istället för RobotStudio. Krav ställs på att ingen förändring i PLC/Robot-kod får ske mellan virtuellt och verklig miljö, behöver något

manipuleras får det göras i SIMIT. Planen är att i de projekt som inkluderar virtuell driftsättning skall ett nytt test genomföras för kvalitetssäkring av programmering, kallat Virtual Factory Acceptance Test (VFAT), se figur 15. Detta test skall innehålla en automatikcykel, manuellkörning, larmhantering samt utgångslägeskörning. Vilket innebär att funktioner kan testas i större utsträckning tidigare i projektet, de andra testerna behålls men kan eventuellt minskas i omfattning.



Figur 15, *Införande av virtuellt FAT för kvalitetssäkring*

Intervjupersoner i programmeringsroll ser gärna att modellen som används för att kvalitetssäkra koden inte bygger på programkod. Den skall inte programmeras för att göra rätt, endast utföra det PLC:n säger åt den att göra, alltså skall en bandrift gå tills PLC:n säger stopp, inte en förutbestämd tid. Önskvärt är att bygga ett system där samtliga in och utgångar från PLC:n finns representerade, för att erhålla ett svar från givare när den blir påverkad istället för när det programmeras att komma. Tre intervjupersoner nämner Simumatik3D som ett alternativ för att bygga modeller och utveckla system.

5.2.2.4 Nyttan med virtuell driftsättning

Intervjuade beställare av automationslösningar är intresserade av att få längre tid på sig att provköra koden som levereras, möjligheten att sitta på kontoret och testa cellen efterfrågas. Då kan även på ett enkelt sätt operatörsträning genomföras, samt att de kan få lämna synpunkter på HMI-bilder och funktionalitet. Beställare ser en stor fördel i att VFAT ger en indikation av hur färdig programmeraren är när de åker iväg för FAT. Vid goda resultat i VFAT kan i framtiden stickprovstest av funktioner genomföras vid FAT och tiden på plats hos leverantör kortas ned.

Leverantörer av system ser även de fördelar i användningen av virtuella modeller, de programmerare som använt modeller under programmering menar på att möjligheten att testa kod är värdefull. Mer kontrollerande funktioner som projektledare och chefer ser en möjlighet att snabbt se status på hur färdigt programmet är. Samt möjligheten att testa programmet i förväg mot en modell istället för att vänta på att anläggningen skall vara installerad ses som en stor fördel. Det ses som en ren kvalitetssäkring och möjligheten att kvalitetssäkra tidigt i projekt. En intervjuperson beskriver även att virtuella modeller kan användas för att enkelt beskriva, skapa och utveckla grundprojekt för PLC och robot. Samt att upplärningen av nya medarbetare troligtvis kan kortas ned då det blir lättare att förstå och kvalitetssäkra sin kod.

Tre av intervjupersonerna har medverkat i samma pilotprojekt, deras bild är att mycket mindre tid spenderades på testning och korrigering vid driftsättningen. Samt att tiden efter med support har varit nästan obefintlig. De beskriver att resultatet av den virtuella testfasen blev ett bättre program och bekvämare arbete då testningen genomfördes i lugn miljö på ett kontor. Detta pilotprojekt genomfördes med Simumatik3D, modellen som användes anses hålla nivå tre med endel förenklingar.

5.2.3 Emuleringsmodellen

I detta kapitel presenteras tankar rörande hur modellen skall byggas, vilken nivå som skall uppnås, när modellen skall användas samt vem som kan bygga den. Som tidigare nämnt har några av intervjupersonerna börjat undersöka noggrannare hur de kan arbeta med virtuell driftsättning, detta beskrivs lite mer ingående i detta kapitel. Även diskussioner gällande vem som skall bygga modellen samt när den kan användas nämns.

5.2.3.1 Hur skall den byggas

Beställarna som nu efterfrågar virtuell driftsättning i förfrågningsunderlag menar på att endast kommersiellt supportade mjukvaror kan ställas som krav på leverantörer att använda sig utav. Vill dock leverantörer använda exempelvis Simumatik3D är det inget kunden sätter sig tvärt emot, bara det kan levereras en körbar modell.

Det framtagna förslaget från beställare innebär att nuvarande programmeringsverktyg för robot och PLC behålls, dessa kopplas båda mot SIMIT för att utbyta information via Shared Memory. Tanken är att även kunna koppla in komponenttillverkares emuleringsmjukvaror mot SIMIT, exempelvis avancerade givare eller momentdragare. Den grafiska miljön kan byggas i lämplig mjukvara, där några intervjupersoner föredrar RobotStudio, andra har testat att bygga direkt i SIMIT även möjligheten att använda Siemens NX MCD finns.

I både SIMIT och RobotStudio finns enligt intervjupersonerna ett bibliotek med standardkomponenter, samt möjligheten att skapa egna objekt med lågnivå-emulering.

I RobotStudio beskriver intervjupersoner hur en virtuell modell kan byggas genom att importera 3D geometri från en CAD miljö. Därefter får rörliga och statiska delar definieras i RobotStudio, de rörliga delarna kopplas till smarta komponenter för att sedan länkas till in och utgångar i styrsystemet. En ytterligare analys av detta sätt att bygga sin emuleringsmodell finns i kapitel 6.2.

Köra viss hårdvara live är ett alternativ, speciellt när det rör sig om komplicerade komponenter exempelvis bearbetningsmaskinernas styrning med mycket interna gränssnitt vilket gör dem svåra att emulera. I dessa fall finns en hårdvara, SimulationUnit från Siemens som möjliggör att välja vilken hårdvara som finns fysiskt samt vilken som skall representeras virtuellt. Två intervjupersoner menar även de att vid användning av exempelvis servon som behöver laddas med parametrar kan en lösning med viss hårdvara tillämpas. Det upplevs mer realistiskt i avseende på tid och komplexitet att köpa den hårdvaran istället för att garantera exakt funktion och beteende i modellen.

5.2.3.2 Vilken nivå av emulering skall användas

De intervjuade är intresserade av grafisk representation då det möjliggör att fler kan testa och köra programmet. Exempelvis beställaren av anläggningen, operatören som skall köra utrustningen eller underhållspersonal. Fördelen med detta beskrivs som att programmeraren får en större förståelse för hur maskinen fungerar, samt att fler personer kan tycka till om funktioner tidigare i projektet. Nedan kopplas intervjupersonernas svar direkt mot de fyra nivåer av emulering som beskrevs i den teoretiska referensramen.

Nivå ett används idag, dock har det sina begränsningar. Tiden det tar att sätta värden på in och utgång blir inte realistisk, det tar helt enkelt för lång tid att sätta dem manuellt.

Nivå två används även det idag, dock med viss skepticism då det program som svarar normalt skrivs av samma person som programmerat. Problemet med detta är att programmeraren vet när och i vilken ordning ingångar skall komma för att koden skall fungera.

Nivå tre är det som intervjupersonerna generellt tänkt på när de diskuterat virtuell driftsättning, tidigare pilotprojekt som genomförts har varit ungefär på denna nivå. Vilket beskrivs av intervjupersonerna som lagom detaljerat för att testa de funktioner som just nu önskas.

Generellt är samtliga intervjupersoner skeptiska till nivå fyra emuleringar. Om en modell byggs till nivå fyra ställs frågan "Kan jag lita på den till 100 % " eller behövs andra tester ändå. De menar på att FAT kommer i dagsläget genomföras ändå, vilket gör att inte allt vid systemleveranser måste verifieras i virtuell miljö. Vid renoveringar är endast programkoden förändrad vilket även där resulterar i att modell av nivå fyra inte krävs. Väldigt svårt intresse för exempelvis energianalyser erhöles, det ses som orealistiskt i dagsläget samt inte motiverat av kostnad.

5.2.3.3 När skall modellen användas

En kund efterfrågar en körbar modell två till fyra veckor före FAT, samma gäller för de leverantörer som inte tidigare har programmerat med en modell att testa mot. De som i tidigare projekt haft en modell tillgänglig för testning ser en stor fördel i detta och beskriver det som önskvärt att ha modellen när de programmerar. En person beskriver att modellen skall användas för att säkerställa att programmet är mer kvalitetssäkrat inför driftsättning. Vidare beskrivs att om modellen används tidigt i projektet kan många problem elimineras före driftsättning.

5.2.3.4 Vem skall bygga modellen

Här har både kunder och leverantörer funderat på att bygga modellen, även tankar på att köpa in färdiga modeller från någon tredje part nämns. Kunder har i dagsläget kommit fram till att det inte är önskvärt att ansvara för att modellen är korrekt, därför skall det istället efterfrågas vid beställning.

Leverantörer ställer sig frågan om de skall låta en person bli specialist på att bygga modeller, eller om det skall inkluderas i nuvarande arbetsuppgifter. Att bygga ett bibliotek med lösningar och standardisera arbetssätt skulle möjliggöra att personen som konstruerat ritningen även kan visualisera det grafiskt i modellen. Ett tredje alternativ att köpa in en modell nämns men läggs inte någon större tyngd på, möjligtvis köpa en modell av någon komponent som saknas i biblioteket.

En arbetsgång för modellbyggande i RobotStudio beskrivs som att personer genomför olika delar i modellbyggandet, den som konstruerar mekaniken skall även importera dessa objekt till den grafiska miljön. Elkonstruktören ansvarar för att koppla samman objekt, detta med hjälp av RobotStudios Smart Components. För att programmeraren slutligen kopplar in och utgångar till objekten via SIMIT, där även icke rörliga komponenter som exempelvis tryckvakter kan emuleras.

5.2.4 Framtidens affär och vägen dit

Intervjupersonerna är avvaktande i frågan om virtuella kopior och digitala original är framtiden. Det nämns som en möjlig framtid att produkten som skall levereras är en modell med tillhörande program, men just nu känns det orealistiskt i avseende på tiden det tar och mjukvarorna som finns tillgängliga. De vet helt enkelt inte och är väldigt försiktiga i att göra kvalificerade gissningar, de är dock överens om att försöka vara med på banan om utvecklingen sätter fart.

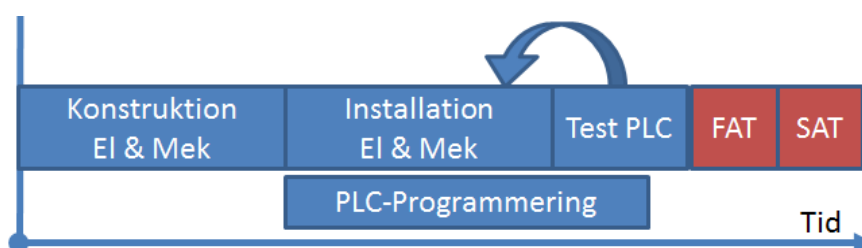
I dagsläget erhålls uppfattningen att samtliga intervjupersoner vill börja med ett litet steg in i den virtuella världen. Majoriteten beskriver att de vill se nyttan med virtuell uppbyggnad av system och etablera ett arbetssätt för att sedan eventuellt utveckla det vidare.

5.3 Sammanfattning av intervjustudie

5.3.1 Nuvarande arbetssätt systemleveranser

I dagsläget genomförs automationsprojekt på cirka ett år, detta från beställning av jobb till leverans av system. Tiden kunden lägger på specifikation och upphandling före beställning kan vara ungefär densamma, alltså totalt två år. De kvalitetskontroller som idag genomförs av kunden under projektets gång är en tidig konstruktionsgenomgång samt testning av utrustning före leverans (FAT). Utöver det finns styrande dokument leverantören behöver förhålla sig till från vissa kunder som vill följa ett koncept.

Flertalet leverantörer har därför skapat sig grundprojekt som uppfyller kraven i dessa styrande dokument. Generellt anses det att projekt med gott om tid går bäst, däremot upplever intervjuade leverantörer att det ofta är stressigt och ont om tid inför FAT. Programmeraren har ofta begränsat med tid innan kunden kommer och genomför FAT, tiden för testning av PLC påverkas av alla problem som uppstår tidigare i projektet, se figur 16. Detta ses som ett problem idag.



Figur 16, Nuvarande arbetssätt (OBS inte skalenlig storlek på rutor).

Innan programmeraren har en utrustning för att testa sin kod, kontrolleras ofta koden med hjälp av nivå ett och ibland nivå två emuleringar. Utöver det säkerställs kvalitén genom att tydligt bryta ned kravspecifikationer tillsammans med kunden tidigt i projektet, detta är leverantörer olika duktiga på. Beroende på hur väl nedbrytningen lyckas, sker ofta ett antal möten där oklarheter eller problem som uppstått reds ut. Leverantören säkrar slutligen leveransen på samma sätt som kunden, testning av utrustningen.

Flera av de intervjuade menar på att allt inte hinner testas och ofta levereras maskiner som egentligen inte är helt enligt specifikation. Detta medför att leverantören får återkomma och rätta till brister längre fram under exempelvis underhållsstopp. Ofta tar det fyra till åtta veckor efter drifttagning innan projektet är helt avslutat.

5.3.2 Nuvarande arbetssätt styrsystemsbyten

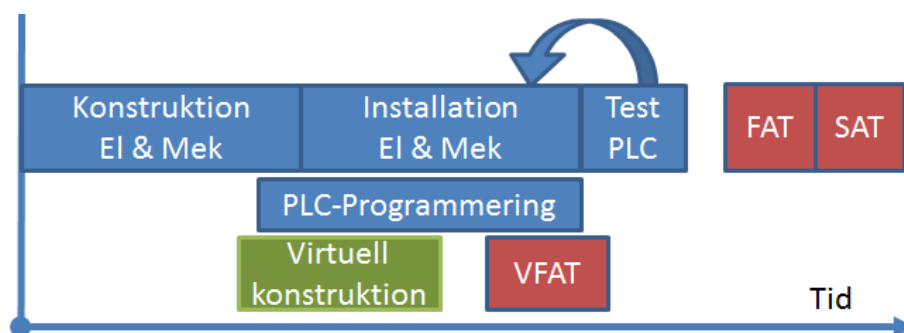
Den stora skillnaden jämfört med systemleveranser ligger i att FAT inte kan genomföras, då arbetet sker i befintlig utrustning. Detta medför att kunden ofta känner oro inför dessa projekt, flera intervjupersoner menar på att det är problematiskt att koden inte på ett enkelt sätt kan säkras försen installationen är klar. I detta skede är det oftast endast någon vecka till produktionsstart, alltså i ett väldigt kritiskt läge. Problemet har blivit mer påtagligt i samband med Siemens nya generation av PLC hårdvara, då de gamla programmen inte kan konverteras till dem.

Fördelen ligger i att den mekaniska lösningen ofta inte förändras, endast elkonstruktion och programmering behöver genomföras och kvalitetssäkras. Samt att det finns ett "facit" i det ursprungliga programmet. I dessa projekt beskrivs även att stor vikt läggs vid framtagning av funktionskrav.

5.3.3 Tankar om virtuell driftsättning

Merparten av de intervjuade har erfarenheter från tidigare examensarbeten i ämnet och är generellt positiva och nyfikna på att undersöka mera. Ett beställande företag har börjat efterfråga virtuell testning då nyttan upptäcktes efter just ett examensarbete.

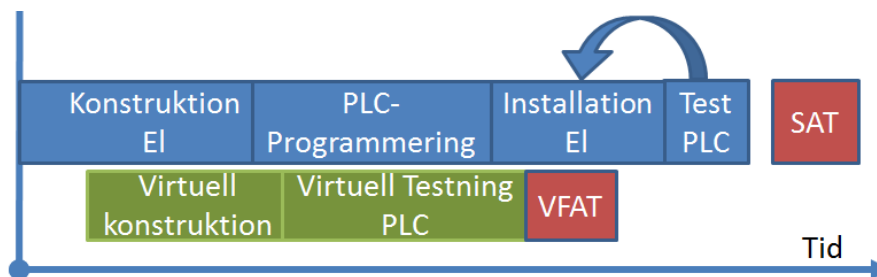
Angreppssättet för införandet av virtuella miljöer är i dagsläget att förändra arbetsprocessen minimalt hos leverantörerna. Krav ställs på oförändrad kod mellan virtuell och verklig testning samt att virtuella kontrollers från tillverkare av PLC och robot skall användas. Förändringen av arbetssättet ligger i att avsätta två veckors tid för att bygga en modell, samt eventuellt påbörja programmeringen något tidigare, se figur 17. Då anser kunden att programmeraren bör vara någorlunda färdig med programmeringen ändå.



Figur 17, Införande av VFAT (OBS inte skalenlig storlek på rutor).

Fördelen med den virtuella testmiljön ses av kunder som att de kan säkerställa att FAT kan genomföras, alltså att programmeraren är färdig. Från programmerarens sida innebär det att programmet kan börja testas och eventuellt åtgärdas innan anläggningen är färdigbyggd. Förhoppningen hos de intervjuade är att mindre problem relaterade till programkoden skall finnas, både vid den interna driftsättningen samt den slutgiltiga hos kunden. Vilket möjliggör att både kund och leverantör når sitt gemensamma mål, en välfungerande anläggning efter drifttagning.

Levererande företag är även intresserade av virtuella miljöer för ökad kvalitetssäkring av sina projekt. Ytterligare en stor fördel hos leverantörer är de mjuka frågorna som mindre övertid och bättre arbetsmiljö, vilket med hjälp av virtuell testning kan erhållas. De programmerare som använt modeller för kontinuerlig verifiering i uppdrag med styrsystemsbyten, samt låtit operatörer provköra maskinen virtuellt för att säkerställa rätt funktionalitet önskar en arbetsgång mer likt figur 18.



Figur 18, Exempel på arbetssätt vid styrsystemsbyten (OBS inte skalenlig storlek på rutor).

5.3.4 Emuleringsmodeller

Under intervjustudien framkom det att företag hade börjat undersöka hur byggandet av modeller för testning av automation kunde gå till. Ett antal olika programvaror har nämnts som alternativ att använda, RobotStudio, NX MCD, SIMIT, Simumatik3D samt Xcelgo's Experior. Målet hos de intervjuade är att kunna testa sekvenser, larm, HMI och körning till utgångsläge. Modellen skall i största möjliga mån bestå av skapat 3D-underlag från mekanikkonstruktörer i kombination med existerade bibliotek i någon av mjukvarorna ovan. När det gäller hårdvaror som är svåra eller tidskrävande att representera i modellen ses det om ett alternativ att köpa den hårdvaran och köra den live vid sidan om modellen.

Nivå ett och två - emuleringar används i varierande omfattning idag, behovet av att ta sig till nivå tre motiveras av flera intervjuade. Motiveringen baseras på att fler än programmeraren kan provköra koden samt att programmeraren kan börja testa och korrigera programkod innan systemet är byggt. I dagsläget är företag inte redo att skippa FAT vid systemleveranser då det även innefattar inspektion av installation.

5.4 Granskning av Projektengagemangs förutsättningar

De kvalitetssäkrande aktiviteterna och stöd som finns i dagens arbetsprocess hos Projektengagemang beskrivs i detta kapitel mer ingående.

5.4.1 Stödmodell vid konstruktion

Projektengagemang AB arbetar idag med en ganska omfattande Excelbok som stöd vid uppdrag, där central information för konstruktion och granskning av ett projekt lagras. Totalt består denna bok av

17 flikar och är främst riktad mot elkonstruktion, dock används dokumentet även vid programmering av PLC. De första fem flikarna är kopplade mot planering av uppdraget och innehåller bland annat vilken dokumentation som erhålls från kunden vid beställning. Även funktionskrav, komponentval, säkerhetsfunktioner och skåpsplacering skall vara bestämt innan elkonstruktion påbörjas.

Fyra flikar för konstruktion finns med uppdelning mellan kraftmatning, manöverspänning, PLC samt övrigt. För kraftmatning finns 25 kontrollpunkter för säkerställning att allt är dimensionerat och ritat på rätt sätt. Manöverspänningen består av en liknande lista med 14 punkter, där exempelvis kontroller av artikeldata och kabelareor skall genomföras. För ritning av PLC finns 21 punkter där bland annat nätverk, I/O-moduler och säkerhet skall kontrolleras. Slutligen övrigt som innehåller generering av rapporter för installation samt kontroller av skåpslayout.

När konstruktören är färdig och kontrollerat allt, kan dokumentet och ritningen skickas för granskning, samma punkter kontrolleras då av någon kollega. För att sedan övertas av programmeraren som använder I/O och komponentlistan från dokumentet vid programmering. Detta dokument används även vid parallellt arbete i de projekt där programmerare och elkonstruktör arbetar samtidigt.

5.4.2 Grundprojekt

För elkonstruktion har företaget grundprojekt, men oftast används kunders projektmallar för att de skall få samma struktur som i övrig dokumentation. För PLC och HMI programmering finns dock inget centralt grundprojekt. Upplevelsen är att de oftast utgår från något tidigare projekt de genomfört, eller att de har ett eget bibliotek av funktioner. Kvalitetssäkringen och uppbyggnaden av programkod är alltså mycket upp till varje enskild programmerare på företaget. Förklaringen till avsaknaden av ett grundprogram är den stora variationen på uppdrag, samt att personal ofta hyrs ut som rena konsulter och då arbetar enligt andra företags förutsättningar.

5.4.3 Styrkor och svagheter

Projektengagemang har stor kunskap och erfarenhet av ombyggnationer och renoveringar av system, i Skövde finns stor kompetens inom elkonstruktion och programmering. De arbetar i dagsläget inte med robotar eller systemleveranser i någon större utsträckning, något som dock sker på andra kontor inom koncernen. De har en stor variation på uppdrag vilket resulterar i svårigheter med standardisering, medvetenhet om detta finns och arbete genomförs för att erhålla ett grundkoncept.

Deras tidigare erfarenhet av virtuell driftsättning är begränsad till Simumatik3D, en mjukvara som passar företagets kompetens. Eftersom system där byggs på liknande sätt som i verkligheten, alltså införande av ett elskåp som sedan fylls med samma typ av komponenter som finns i elkonstruktionen.

6. Analys

Varje intervju spelades in och analyserades sedan med hjälp av verktyget Dedoose, där intervjupersonernas svar knöts till koder. Som tidigare nämnt skapades 16 koder i fyra olika områden, nuvarande arbetssätt, virtuell driftsättning, virtuella modellen samt framtidens arbetssätt. Nedan jämförs intervjumaterialet med forskningen samt analyseras djupare.

6.1 Analys av intervjustudie

Intervjupersonerna pratar mycket om att kvalitetssäkringen sker väldigt tidigt i projekt, vid formulering och nedbrytning av funktionskrav. Detta innebär att de anser att deras arbetsgång påverkar kvaliteten på projekten. Vilket styrks av figur 19 där koppling mellan kvalitetssäkring och arbetsgång finns i 11 fall. Detta genomförs med varierad noggrannhet, uppfattningen från intervjuerna är att för lite tid läggs på planering. Alternativt att kommunikationen mellan planering och genomförande inte fungerar, då felaktigheter alltid hittas vid FAT. Intressant är att i figur 19, som filtrerats för att endast visa de koder med fem kopplingar eller fler till andra koder syns det att kvalitetssäkring och ledtid endast hör ihop med det nuvarande arbetssättet. Ledtiden kopplas till arbetssättet då parallellt arbete kan sänka ledtiden, däremot pratar flera av intervjupersonerna om svårigheten med synkronisering mellan personer vid just parallella flöden. Intervjupersoner nämner att ökad kvalitet har varit ett resultat av tidigare examensarbeten innehållande emulering. Vilket i analysen hamnar i kopplingen mellan nyttan med virtuell driftsättning och erfarenheter sedan tidigare. Hur modellen skall användas knyts samman med nivå av emulering samt hur den skall byggas. Vilket stämmer väl med forskningens syn av att modelleringsnivån skall bestämmas med hjälp av vad man vill uppnå med arbetet. Nyttan med virtuell driftsättning i kombination med när modellen skall användas innehåller tankar som, om testningen sker i en lugnare miljö på kontoret blir resultatet bättre. Samt att vid kritiska projekt, framförallt större styrsystemsbyten känns det som ett måste för att garantera produktionsstart i tid. Vid systemleveranser handlar det om att flytta tid, tidigare lägga testningen för att ha en mer testad och kontrollerad kod vid FAT. De programmerare som tidigare programmerat med en tillgänglig modell hävdar att det är en trygghet vid utveckling av programkod. Önskvärt från deras sida är att ha en modell att testa av kod mot undertiden den implementeras.

Koders koppling till varandra	Koder															
	Arbetsgång	Kritiska projekt	Kvalitetssäkring	Ledtid för projekt	Erfarenheter sedan tidigare	Förutsättningar	Hur skall det användas	Nyttan med virtuell driftsättning	Hur skall den byggas?	Nivå?	När skall den användas?	Vem skall bygga den?	Nuvarande arbetssätt	Virtuell driftsättning	Emuleringsmodellen	
Arbetsgång			11	6												
Kritiska projekt																
Kvalitetssäkring																
Ledtid för projekt																
Erfarenheter sedan tidigare						5										
Förutsättningar																
Hur skall det användas							5	5								
Nyttan med virtuell driftsättning										12						
Hur skall den byggas?								9			6					
Nivå?																
När skall den användas?																
Vem skall bygga den?																

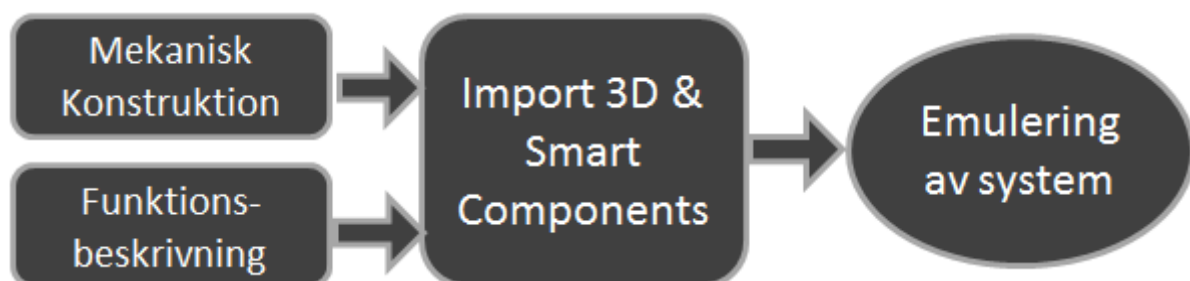
Figur 19, kopplingar mellan koder, exporterat från Dedoose.

Det har under intervjustudien framkommit att företag börjat efterfråga virtuell testning, den största motivationen är att kunna testa mer och i lugnare miljö. Ett koncept för att passa systemleveranser av robotceller har framtagits och presenteras mer detaljerat nedan. Istället för forskningsvärldens arbete med att hitta användningsområden som motiverar kostnaden för modellbygge ligger fokus på enkelhet och att bygga sin modell billigt. Den allmänna uppfattningen hos de intervjuade är att det inte går att lita på en modell till 100 %. Ses som möjligt idag att testa kommunikation, funktionalitet och logik till ett rimligt pris. Svårare att garantera att fysik och beteende är korrekt, krävs för mycket jobb att modellera exakta komponenter.

Företagen som intervjuats är nischade i varierad grad, vilket gör att de har olika stor variation på sina uppdrag. Denna variation gör det svårt att identifiera en lösning som passar för samtliga projekt. Detta känns igen från Lee & park (2014) som menar på att målen med den virtuella driftsättningen påverkar hur den skall genomföras. Från intervjuerna kan även konstateras att både kunder och leverantörer i inledningen av projekt behandlar funktionskrav med varierad detaljnivå. Samt att användningen av grundprogram ses som en stor fördel, ett prövat koncept att utveckla istället för att genomföra alla projekt från grunden.

6.2 Metod för modellbygge vid systemleveranser i RobotStudio

Ett företag utmärker sig med väldigt bra koll på systemleveranser av robotceller och de är intresserade av att utforska RobotStudios nya möjligheter, då de sedan tidigare är bekväma med mjukvaran. Tanken är att importera allt 3D underlag som skapas, se figur 20 och sedan sätta rörelse på det med hjälp av smart components. De undersöker just nu i detalj hur de skall bygga sina modeller, men klart är att 3D underlag för samtliga komponenter med rörelse skall importeras. Alltså kommer det i mekaniskt avseende resultera i en kopia av systemet som skall byggas. Detta eftersom ett av kraven från kunden är att anläggningen skall kunna köras till utgångsläge från alla positioner, vilket kräver att objekten med risk för kollision måste vara identiska. Styrsystemet kommer att kopplas via Siemens SIMIT, som i sig ansluts till SmartComponents i RobotStudio. Detta sätt att bygga modeller går att standardisera med hjälp av bibliotek i både SIMIT och RobotStudio som även kan utökas. Det ställer dock krav på att logik i modellen som programmeras med hjälp av RobotStudios SmartComponents, måste kontrolleras och kvalitetssäkras innan programkoden kan testas. Aktiviteterna i detta arbetssätt är vad Hoffmann, et.al (2010) beskriver som lågnivå-emulering. Dock sker det i en grafisk miljö som med användning av befintligt bibliotek begränsas till att koppla ihop objekt, vilket då kan klassas som högnivå.



Figur 20, Skapande av emuleringsmodell med RobotStudio

6.3 Styrsystemsbyten med objektorienterad modellering

McGregor (2002) påstår att emulering bör användas för testning i de fall anläggningen inte finns tillgänglig. Vid styrsystemsbyten ser förutsättningarna lite annorlunda ut, FAT är inte möjligt att genomföra som vid systemleveranser då anläggningen oftast inte är tillgänglig. Dock finns det ett fungerande program som kan vara till hjälp vid programmering, samt en färdig mekanisk lösning. Vilket centrerar riskerna till endast programmering och installation av elektriska komponenter. Detta innebär att mekaniken i modellen inte behöver vara identisk med befintlig, då redan vetenskapen om att den fungerar finns. Däremot ökar förståelsen för systemet i takt med hur likt verkligheten det ser ut, en avvägning i detaljnivå bör kanske göras om underlag för anläggningen saknas. Det krävs underlag i form av mekanikritningar, givarlayouter och objektlista för att bygga en realistisk modell av nivå tre och högre. Förutom objektlistan skapas normalt inte detta underlag, vilket innebär att i renoveringsprojekt måste en undersökning av nuvarande dokumentation genomföras. Finns dokumentationen kan således steget mekanisk konstruktion skippas i denna modell, se figur 21. I annat fall behöver underlag tas fram.



Figur 21, Skapande av emuleringsmodell byggd på objekt

6.4 Vad skall testas virtuellt och vilken nivå krävs

De flesta är intresserade av att testa PLC och robotkod, vilket kan uppnås utan att avancerade nivå fyra modeller byggs. Det är i dagsläget inte aktuellt att verifiera hela systemets funktion virtuellt, det skall vid systemleveranser ändå göras strax efter i FAT. När det gäller renoveringar är risken i projektet mer begränsad till programkoden, vilket gör att intressent ligger främst i att kontrollera PLC-kod. Det finns och skapas olika material i projekt, vilket gör det svårt att generalisera användningen av emuleringsmodeller. Olika lösningar passar olika företag och projekt, att undersöka sina förutsättningar och krav innan nivå av modellering fastställs är något som rekommenderas. Samt att välja ett modelleringssätt som passar projektets ingående förutsättningar. De uppsatta målen att kunna testa programkod innan ett system finns uppbyggt känns realistiskt, dock kommer det troligtvis inte att påverka ledtiden märkbart till en början. Kvalitetsmässigt finns goda möjligheter att lyckas bättre med hjälp av emulering. Främst i renoveringsprojekt, men även en trygghetskänsla erhålls vid systemleveranser då programmet kan testas innan systemet är färdigbyggt. Möjligheten att hinna provköra programmet även om problem med andra saker dyker upp under driftsättningen ses som oerhört värdefullt.

6.5 Sammanfattning

Intervjustudien gav väldigt mycket information gällande hur företag arbetar idag, samt många tankar och idéer gällande virtuella miljöer. Möjligheten att bygga modeller för testning av PLC program direkt i RobotStudio upptäcktes, samt att stor del av kvalitetssäkringen ligger i planeringsfasen.

Leverantörer som ofta arbetar mot samma kunder har använt sig av deras funktionskrav för att skapa sig grundprojekt. Nedbrytning av projekt i mindre aktiviteter ses även det som viktigt i arbetet med kvalitetssäkring. Målet med virtuella driftsättningar är att tidigarelägga testningen av programkod, förutsättningarna är vid systemleveranser att bygga modellen på två veckors tid. De företag som redan undersökt hur de skall genomföra virtuella tester siktar på runt nivå tre av emulering. Vid kritiska renoveringar har emulering efterfrågats och motiveras med riskelimineringen det ger att testa innan det gamla systemet rivs ut.

Projektengagemang behöver utveckla sin konstruktionsmall för att inkludera PLC programmering samt komplettera undersökning av underlag för skapande av emuleringsmodeller. I resultatkapitlet beskrivs förslag på hur Projektengagemang kan utveckla sitt arbetssätt för automationsprojekt med hjälp av emulering för att öka kvaliteten på sina uppdrag.

7. Resultat

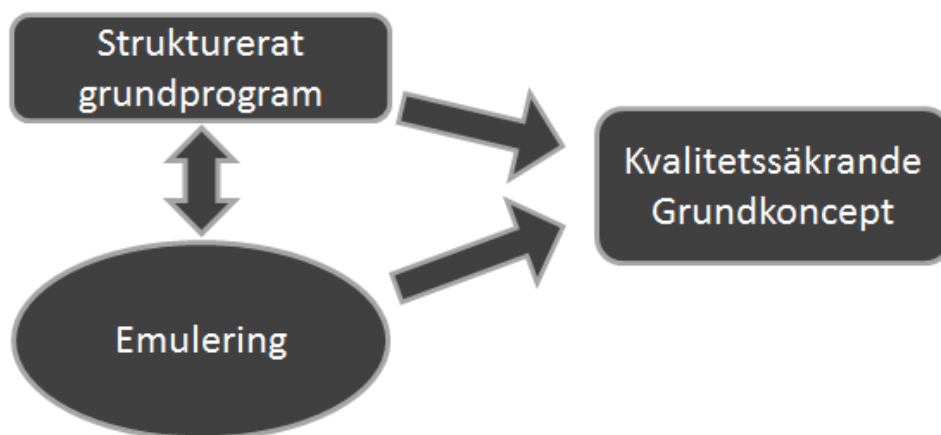
I resultatkapitlet skall konkreta förslag presenteras för hur Projektengagemang kan gå tillväga för att utveckla sitt arbetssätt med hjälp av emulering. Med målet att öka kvaliteten på kort sikt samt minska leddiden på lång sikt.

7.1 Skapande av ett koncept

En stark rekommendation till Projektengagemang är att skapa sig ett grundkoncept, vid skapandet av detta bör företaget använda sig av en kravspecifikation från en av sina större kunder. Just nu sker ett projekt mot en av de kunderna, möjligheten att använda detta för att i efterhand utvärdera hur arbetet gick samt utveckla konceptet med det projektet som stöd finns.

Vid skapandet av detta koncept finns möjligheten att inkludera emulering på flera sätt, se figur 22. En emuleringsmodell kan användas vid både framtagning och utveckling av grundprogrammet samt inkluderas i konceptet för att visa hur företaget arbetar. Enligt vad som framkommit under både teori och intervjuer är det viktigt att först bestämma vad som skall rymmas i detta grundkoncept. Skall det passa både systemleveranser av system och styrsystemsbyten eller endast ett av fallen.

Projektengagemang bör alltså bygga en modell i en emuleringsmjukvara, därefter programmera den med hjälp av ett grundprogram som sköter exempelvis driftmoder, manuellkörning och HMI. Målet bör vara att skriva så lite unik kod som möjligt i varje projekt. Arbetet med att ta fram detta motiveras med tryggheten det inger för kunden att se hur företagets lösning ser ut. Dessutom minskas variationen beroende på vem som programmerar, standardisering möjliggör att samtliga programmerare inom företaget kan assistera eller överta om någon skulle bli sjuk. Ytterligare en fördel med detta är att de kan möta efterfrågan av virtuella modeller som några av deras kunder nu har. När grundkonceptet är etablerat behöver de projektspecifika delarna skapas.



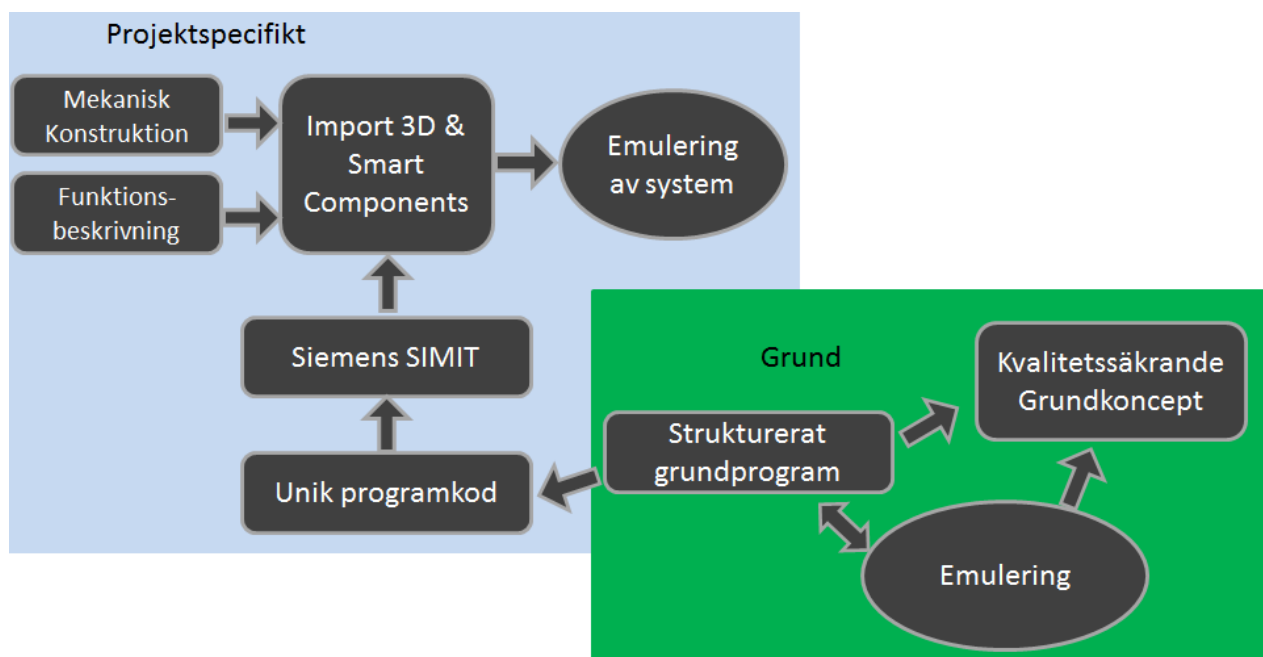
Figur 22, Skapande av grundkoncept med emulering

7.2 Byggande av emuleringsmodell

Projektengagemang behöver välja en mjukvara att använda sig utav, enligt avgränsningarna har ingen större undersökning av mjukvaror genomförts. Dock kan från intervjustudierna konstateras att det finns alternativ från tidigare examensarbeten, samt att ett företag har genomfört en undersökning som resulterat i mjukvaror passande för dem.

7.2.1 Konfiguration 1, RobotStudio, SIMIT & PLCSim ADV

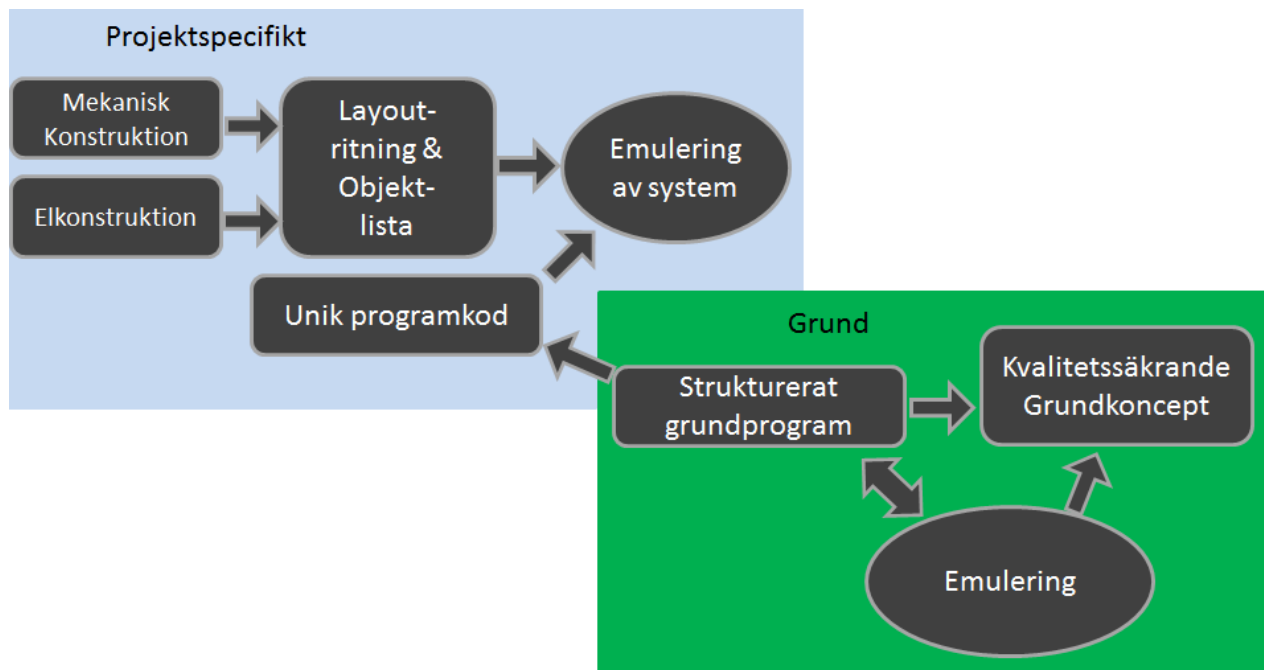
Ett alternativ är att använda sig av den lösningen, där mjukvaror kostar endel. Programvaran SIMIT erbjuder kommunikation in och ut via OPC, Shared Memory, med mera, vilket möjliggör framtida utökning. Denna lösning ses fördelaktig vid systemleveranser då alla geometrier kan importeras till RobotStudio, se figur 23. Därefter på ett relativt enkelt sätt i kombination med Smart Components erhålla en funktion i form av rörelse eller signalutbyte.



Figur 23, Grundprojekt kombinerat med modell för RobotStudio

7.2.2 Konfiguration 2, Simumatik3D, PLCSim ADV (& RobotStudio)

Ett annat alternativ är att testa sig fram med Simumatik3D som Projektengagemang har använt i tidigare examensarbete med gott resultat. Fördel i att det är gratis samt möjligt att koppla till RobotStudio. Skall robotceller levereras är det alltså möjligt att använda RobotStudios virtuella kontroller för robotstyrning. Samt att i denna programvara byggs system mer likt hur elkonstruktörer ritlar, då användning av elektriska komponenter för att bygga systemet tillämpas. Mekaniska komponenter som exempelvis bansystem kan anpassas i storlek och utförande, vilket kan räcka i vissa projekt. Vid systemleveranser kan en modell byggas när anläggningens layout är färdigställd samt en lista över elektriska komponenter finns, se figur 24. Vid styrsystemsbyten finns ofta delar av denna dokumentation från start, vilket gör att start av modellering kan ske ganska omgående. Förutsatt att det räcker med detaljnivån som finns i biblioteket, inte en exakt kopia av komponenten.



Figur 24, Grundprojekt kombinerat med objektorienterad emuleringsmjukvara.

Ett tredje alternativ är att använda sig av Xcelgo's mjukvara Experior, ett kommersiellt alternativ som enligt en intervjuperson är ganska likt Simumatik3D. Experior möjliggör modellering till nivå 4, alltså skapa system som beter sig likadant i den virtuella miljön som verkliga. Detta är inte efterfrågat i dagsläget men möjligheten att växa med mjukvaran erbjödes.

7.3 Tillägg i stöd för konstruktion

Projektengagemang bör tillägga följande i listan för ingående material från beställare:

- 3D underlag för befintlig anläggning
- Nuvarande givarlayout

Detta för att tidigt i projekt vara medveten om vilken dokumentation som finns. För att erhålla klarhet i vilka förutsättningar för skapande av modell till virtuell testning som finns.

Därefter behöver de komplettera med antingen ett dokument till eller fler flikar för att strukturera vad som skall genomföras vid PLC programmering. Först och främst behöver programmeringen delas upp i mindre aktiviteter, dessa aktiviteter kommer behöva specificeras delvis unikt i varje projekt. Några aktiviteter bör däremot finnas i alla projekt, exempelvis:

- import av I/O lista
- larmhantering
- programmera sekvenser
- säkerhetsfunktioner

Aktiviteter som alltid finns med bör även finnas representerade i grundprojektet, unika punkter för projektet kan härledas från funktionskravsbeskrivningen. Utöver dessa konstruktionspunkter behövs även kontrollpunkter för programmeringen.

Punkter för kontroll av PLC programmering:

- Kontrollera att samtliga in och utgångar används i programmet
- Kontrollera att samtliga nedbrutna aktiviteter är genomförda
- Starta virtuell PLC för att kontrollera att inga syntaxfel finns
- Kontrollera att hårdvaran i projektet stämmer med komponentlistan

När emulering skall införas bör standardiserade sätt att bygga modeller ligga till grund för kontrollerna som skall säkerställa kvalitén på modellen. Troligtvis kommer punkter att läggas till beroende på vilken mjukvara som väljs, oavsett vilken mjukvara som används bör följande kontroller genomföras:

- Kontrollera att samtliga in och utgångar från PLC är kopplade till objekt i modellen
- Sätt utgångar med hjälp av nivå ett emulering för att verifiera att rätt rörelse sker
- Påverka varje givare i modellen och säkerställ att rätt ingång blir aktiv i programmet

Dessa tre punkter innebär att virtuellt I/O testa, vilket är en verifiering av modellen. Exempelvis om RobotStudio används kan eventuella fel finnas i Smart Components, används Simumatik3D kan felet ligga vid koppling mellan objekt.

När modellen är säkerställd kan testning av programmets funktioner genomföras, dessa tester bör specificeras i förväg, exempelvis kan de bestå av:

- Manuellkörning
- Larm
- Sekvenser
- Körning till utgångsläge

Dessa tester bör genomföras av flera personer, exempelvis:

- Programmeraren
- Personen som skrivit funktionskravsbeskrivning
- Operatör/ beställare

Med dessa tester i virtuell miljö kan högre kvalitet i programkoden uppnås innan systemet är byggt. Något som ses värdefullt vid systemleveranser men framförallt styrsystemsbyten då tiden för testning i byggt system är mer begränsad.

7.4 Sammanfattning

I detta kapitel har ett antal konkreta förslag presenterats, det första som innebär skapandet av ett grundkoncept innebär att Projektengagemang kan presentera sin lösning för kunder redan vid upphandling. Vilket kan ses som en marknadsfördel då det inger trygghet för kunden. Det resulterar även i att mindre tid behöver läggas på programmering och skapandet av programstruktur i enskilda projekt, alltså en tidsbesparing vilket leder till möjligheten att minska ledtid. Grundprogrammet bidrar även till högre kvalitet genom att den koden redan är testad.

Två olika konfigurationer för skapande av emuleringsmodeller presenteras, den med Robotstudio möjliggör hög nivå av mekaniskt utseende. Kräver dock 3D underlag för att utnyttjas maximalt. Konfigurationen medför även att logiken utförs med hjälp av Smart Components som måste kontrolleras i sig innan PLC kod kan testas. Konfiguration nummer två erbjuder inte samma nivå av mekanisk noggrannhet, däremot byggs logiken mer likt det verkliga systemet. Med hjälp av elektriska komponenter, vilket passar kompetensen hos Projektengagemang bättre. Inget 3D underlag krävs, men kan importeras för att göra modellen mer verklighetstrogen.

Sista delen innefattar en utökning av de kvalitetsdokument och checklistor som finns idag, där ingående förutsättningar för emulering läggs till. Även kontroller av PLC-programmering och modellbyggandet läggs till. Dessa lösningar diskuteras i nästa kapitel.

8. Diskussion

I detta kapitel utvärderas utförandet av datagenereringen, samt sker diskussion av resultaten med två olika perspektiv, författarens samt hållbar utveckling.

8.1 Utvärdering av datagenerering

Intresset hos intervjuade personer har varit stort och varje samtal tog cirka 90 minuter, totalt genomfördes åtta intervjuer med nio personer. Anledningen till detta var att ett företag ville ha med både en chef och en programmerare med erfarenhet av emulering, detta fungerade bra då de svarade på olika frågor. Under intervjuerna konstaterades att vissa företag har kommit längre i sin undersökning av virtuell testning. Det framkom att ett större beställande företag börjat efterfråga virtuella modeller vid systemleveranser av automationssystem, vilket påverkade detta arbete. Eftersom levererande företag nu faktiskt behöver inkludera virtuella modeller för testning av PLC kod i sitt arbetssätt, vilket har satt fart på tankar hos samtliga leverantörer. Däremot var även vissa intervjupersoner ganska låsta vid det förslag som presenterats från beställaren.

Det har varit intressant att intervjua personer på olika företag och i olika positioner, det har erhållits en ökad förståelse för hur komplex upphandling av automationsutrustning är. Det är svårt att generalisera automationsprocessen när det handlar om konsulter som levererar specialbyggda maskiner till kunder med varierad kravställning och kunskap.

8.2 Diskussion av resultat

Kombinationen att undersöka både systemleveranser och styrsystemsbyten, med avgränsningen till att undersöka det aktuella läget i Skövde var lite problematiskt. Då Projektengagemang i Skövde inte genomför systemleveranser inkluderande mekanisk konstruktion på egen hand. Däremot genomför andra delar av koncernen systemleveranser av robotceller, de var dock inte inkluderade i intervjuerna. Detta medförde att resultaten blev väldigt generella för att passa båda delar, vilket kan utvecklas vidare efter diskussion med företaget.

Att inte begränsa arbetet till antingen renoveringar eller systemleveranser av automationssystem resulterade i både för och nackdelar. Fördel i avseendet att teoridelen var enklare att genomföra utan begränsningen till renoveringar, nackdelen var att intervjustudien blev väldigt bred.

Grundkonceptet kan se något annorlunda ut beroende på om de skall passa systemleveranser och styrsystemsbyten eller endast ett av dem. Här behöver Projektengagemang ta ställning innan de går vidare, enligt nedan finns goda möjligheter att lyckas oavsett vilket de väljer.

Skapaden av ett grundprogram att utgå ifrån ses som en nödvändighet. Eftersom det kan stå för en stor del av kvalitetssäkringen samt kan spara mycket tid vid programmering, vilket kan bidra till att ledtiden kan förkortas. Att standardisera arbete är en förutsättning för att utveckla det, därför ses detta som en viktig del i resultatet. Det är något som kan ske samtidigt som eventuellt koncept och grundprogram införs i koncernen med hjälp av interna utbildningar samt förändringarna i stödmallen.

Oavsett om Projektengagemang skall leverera nya system eller renovera system kan en profilering och tydlig presentation av vad som erbjuds uppnås med hjälp av emuleringsmodeller. Att presentera för kunden grafiskt vad de kan förvänta sig och tidigt starta en diskussion ses som positivt och efterfrågat. Här kan en trygghet för kunden skapas genom att erbjuda provkörning av maskin före installation. Samt längre fram eventuellt kunna erbjuda en snabbare installation, vilket resulterar i att kunden kan producera mera. För att kunna garantera snabbare installation måste dock konceptet först testas och utvärderas, alltså är detta något som kommer längre fram.

Att lägga mer tid på kvalitetssäkring tidigt i projekt genom nedbrytning av aktiviteter och krav, kan enligt intervjustudien bidra till att tid tjänas in senare i projektet. Vilket även gäller för emulering, även om tid läggs på skapandet av emuleringsmodeller, så kan den tiden tjänas in senare i projektet eller efter installation. Det upplevdes av författaren som konstigt att inte kontrollera programmering likt elkonstruktionen, att programmerare idag endast kvalitetssäkrar själva så gott de kan. Med en standardisering och kontrolldokument finns helt klart förutsättningar att lyckas bättre även med programmering.

Valet av mjukvara är något som företaget behöver ta ställning till, detta bör baseras med avseende på vilka projekt de tänker använda sig av emuleringar i. Samt vilka existerande bibliotek som finns i respektive mjukvara och hur väl dessa passar projekten. Önskvärt vid intervjuer var en modell med minimal programmering, detta kan även vägas in här. Oavsett vilken väg som väljs bör även detta arbete standardiseras, i Simumatik och RobotStudio upplevs det möjligt att modellera system ganska fort och utan djupare modelleringskunskap.

8.3 Hållbar utveckling

Med ett direkt eller kort perspektiv kan införandet av emuleringsmodeller möjliggöra ombyggnation och renoveringar i större omfattning, vilket kan kopplas till hållbarhet. Både ur ekonomisk synpunkt då det är mycket billigare att byta ut ett styrsystem än att köpa en helt ny maskin. Samt ur miljösynpunkt då inte en ny maskin behöver tillverkas, kan livslängden på maskinen ökas sparar det på miljön. Även produktiviteten kan öka vid byte av styrsystem, gamla program och system tar längre tid att felsöka än nya, stopptider vid problem kan därför kortas ned med uppgraderingar. Med ett välfungerande emuleringskoncept kan även installationstiden minskas, vilket även det bidrar till ökad produktion. Just produktivitet nämndes även i inledningen av rapporten som en bidragande faktor till hållbarhet.

Det nämndes även inledningsvis att eventuellt kunna eliminera uppbyggnaden av temporära anläggningar före driftsättning, vilket enligt intervjustudien inte är aktuellt i dagsläget. Framtidens möjligheter i denna fråga är svårt att svara på, att börja utvärdera virtuella miljöer är dock ett steg på vägen.

På något längre sikt och efter potentiell utveckling av arbetssättet till högre nivå av emuleringar kan även energianalyser genomföras, vilket kan minska på energiförbrukningen. Samt möjliggöra val av komponenter i förhållande till förbrukning, frågor som vilken motor driver banan med lägst förbrukning kan då påverka valet av motor.

9. Slutsats

Här redovisas författarens tankar om fortsättning på detta arbete samt om syfte och mål med projektet har uppnåtts.

9.1 Fortsatt arbete

Om objektorienterat blir vägen att gå är det högst intressant att undersöka möjligheter till utbyte av information mellan emuleringsmjukvaran och Excel, då en objektlista i dagsläget skapas där. Att underlätta byggandet av modellen med smarta funktioner eller filformat för att dela information emellan programvaror ses som ett värdefullt fortsatt arbete.

En intressant tanke är att istället för att bygga en modell baserat på underlag som i dagsläget, bygga modellen och generera underlag från den. Detta är något som skulle förändra arbetssättet radikalt och något som varken leverantörer eller kunder ser som möjligt idag.

9.2 Utvärdering av syfte och mål

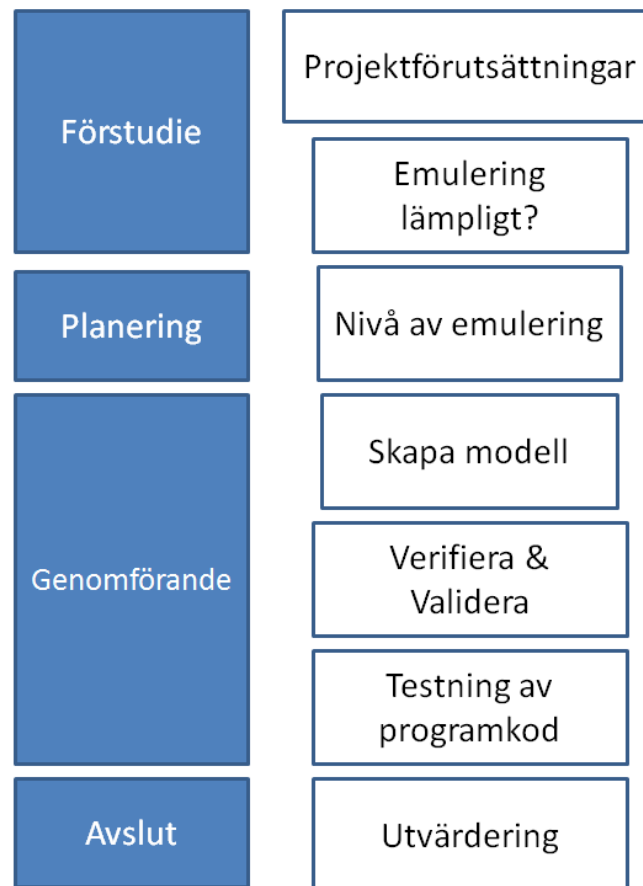
Syftet med detta arbete var att undersöka vilka möjligheter och hinder som finns om emulering införs som ett stödjande verktyg för konstruktion av automationslösningar. Projektet skall försöka identifiera i vilken omfattning och på vilket sätt emulering kan användas för att skapa ökat värde vid automationsprojekt mot industrin. Nedan följer en sammanfattning över hur emuleringen kan implementeras i projekt.

Enligt figur 25 som bygger på bilden av simuleringsprojekt från den teoretiska referensramen, med anpassning för emulering samt i förhållande till faser i projekt så inkluderas emulering i samtliga steg. Under förstudien behöver ingående förutsättningar klargöras, exempelvis: systemleverans eller renovering, installationstid, underlag, konsekvens av felprogrammering eller om en robot skall användas. Dessa förutsättningar kan sedan användas för att konstatera om emulering är ett lämpligt verktyg i projektet. Även McGregors fyra punkter kan användas som mall för att avgöra om emulering bör genomföras.

I planeringsfasen kan mer detaljer gällande emuleringen fastslås, en specifikation för vilka tester som skall göras virtuellt bör ligga till grund för val av detaljnivå i modelleringen. Det kan även påverka i vilken mjukvara modellen bör byggas.

I genomförandefasen skall modellen byggas, kontrolleras och användas. Vem som bygger modellen kan bero på vem som har kompetensen som krävs, ett alternativ är att standardisera byggandet och skapa instruktioner för det. Önskvärt är om en person insatt i projektet bygger modellen för att minska risken för feltolkningar. Verifieringen av modellen behöver göras tillsammans med den som gjort funktionsbeskrivningen, lämpligt är att testa modellen på samma sätt som anläggningen skall testas. Med en godkänd modell kan sedan programkoden testas och funktionalitet kontrolleras, här bör både programmerare, projektledare samt kund delta i testningen.

Dessutom kan emulering användas i grundkonceptet redan innan ett specifikt projekt startas.

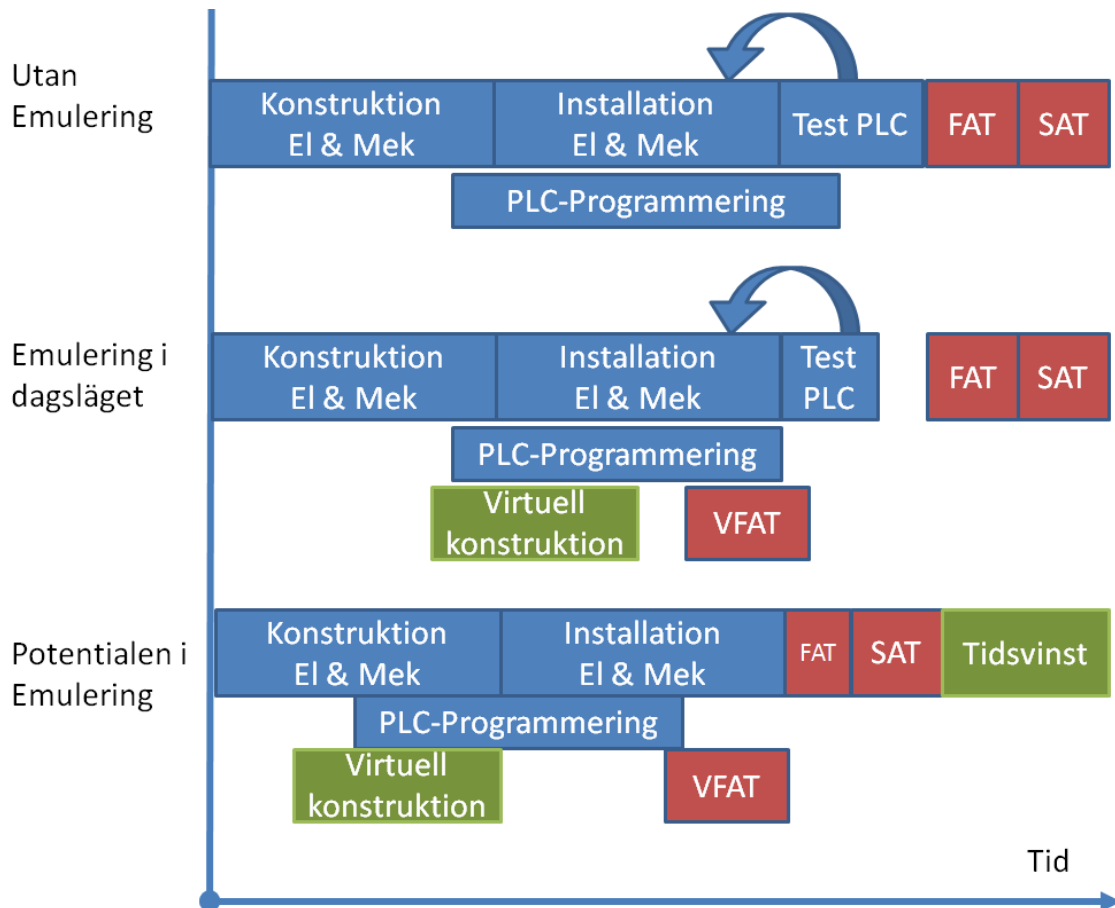


Figur 25, *Emulering i projekt*

Genom den studerade litteraturen samt fakta som erhållits under intervjustudien konstateras det att projektets mål är uppfylla. Nedan följer en sammanställning av målen samt en förklaring till varför de anses uppfyllda.

- Målet är att identifiera på vilket sätt emulering kan bidra till: ökad kvalitet av PLC och HMI programmering samt minskad ledtid för projekt.

Med förslagen presenterade i resultatkapitlet anses det att kvaliteten av programkoden kan ökas ganska markant på kort sikt. För att minska ledtiden krävs en utvärdering av arbetssättet för att inte äventyra kvaliteten när ledtiden sänks. Det finns enligt forskningens resultat stora möjligheter att sänka ledtiden samt minska på stopptiden vid installation i framtiden med hjälp av emulering, se figur 26. Där resultatet av detta projekt representeras med "Emulering i dagsläget", ett sätt att introducera verktyget i arbetsprocessen för att utvärdera och utveckla det. Potentialen med emulering visar en bild av vad forskningen anser emulering kan bidra till, alltså en kraftig minskning av ledtiden.



Figur 26, Möjlig tidsvinst med emulering

- Studera litteratur för att få djupare kunskap inom områdena simulering, emulering, virtuell driftsättning, industriella projekt samt projektledning

I kapitel tre, den teoretiska referensramen presenteras samtliga ovan nämnda områden ytligt och generellt. I kapitel 4 undersöks närmare hur virtuell driftsättning kan genomföras på olika sätt, samt hur emulering kan integreras i arbetsprocessen.

- Genomföra en intervjustudie med både leverantörer och beställare av automationssystem

Kapitel 5.1.5 samt figur 10 visar att 3 beställare samt 5 leverantörer av system har intervjuats. Både personer som arbetar med systemleveranser och renoveringar har inkluderats i studien.

- Sammanställa data erhållen från intervjuer, för att få en realistisk bild av hur industriprojekt genomförs samt vart industrin står i frågan gällande användning av emulering.

Kapitel 5.2 återger en bild av hur projekt i dagsläget genomförs och på vilket sätt industrin är intresserade av att använda emulering.

- Jämföra teorin samt data från intervjuer för att ge konkreta förslag på hur Projektengagemang kan använda emulering för utveckling av sitt arbetssätt.

I kapitel 6 analyseras en sammanställning av intervjudata och jämförs med teorin, de konkreta förslagen till Projektengagemang kan läsas i kapitel 7.

Referenser

Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3, ss. 16-21.

Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L. & Nicol, D. M. (2005). *Discret-Event System Simulation*. United States: Pearson Education.

Bengtsson, K. (2012). Flexible design of operation behavior using modeling and visualization. Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekniska högskola. Institutionen för signaler och system, Automation, Chalmers tekniska högskola.

Brundtland Commission. (1987). *Our common future*, Chapter 2: Towards sustainable development. World Commission on Environment and Development (WCED). Geneva: United Nation

Dahl, M., Bengtsson, K., Bergagård, P., Fabian, M., Falkman, P. (2016). Integrated Virtual Preparation and Commissioning: supporting formal methods during automation systems development. *IFAC-PapersOnLine*, vol 49, issue 12, pp. 1939–1944.

Dahlin, J.-e., 2014. *Hållbar utveckling - en introduktion för ingenjörer*. 1:2 ed. Lund: Studentlitteratur AB.

DiCicco-Bloom, B., & Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview. *Medical education*, 40(4), ss. 314-321.

Drath, R., Luder, A., Peschke, J. & Hundt, L. (2008). AutomationML - the glue for seamless automation engineering. *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, Hamburg, pp. 616-623.

Drath, R., Weber, P., Mauser, N. (2008). An evolutionary approach for the industrial introduction of virtual commissioning. In *Emerg. Technol. Fact. Autom. IEEE Int. Conf.*, 5–8. IEEE.

Garbie, I. H. (2015). Sustainability Optimization in Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 26, 504-509.

Graedel, T. E. & Allenby, Braden R. (2010). *Industrial ecology and sustainable engineering*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall

Gröndahl, Fredrik & Svanström, Magdalena (2011). *Hållbar utveckling: en introduktion för ingenjörer och andra problemlösare*. 1. uppl. Stockholm: Liber

Hedin, A., Martin, C. (1996). *En liten lathund om kvalitativ metod med tonvikt på intervju*. Klerfelt, Anna & Qvarsell, Birgitta (red.)(2012). *Kultur, estetik och barns rätt i pedagogiken*, 1.

Helbig, J., Kagermann, H., Wahlster, W. (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group. <http://www.acatech.de>
Hämtad [2018-02-26]

- Hoffmann, P., Maksoud, T., Schumann, R., and Premier, G. (2010) Virtual Commissioning of Manufacturing Systems a Review and New Approaches for Simplification. Proc. 24th Eur. Conf. Model. Simul., Kuala Lumpur, pp. 175-181.
- Hollender, M (2010). Collaborative process automation systems. Research Triangle Park, NC: ISA
- Kothari, C. R. (2004). Research methodology: Methods and techniques. New Age International. Delhi: New Age International.
- Law, Averill M. & Kelton, W. David. (2007). *Simulation modeling and analysis*. 4. ed. Boston: McGraw-Hill.
- Lee, C.G. & Park, S.C. (2014). Survey on the virtual commissioning of manufacturing systems. J.Comput. Des. Eng., 1(3), pp. 213–222.
- Lundberg, K., Widell, H.,(2016). Make in Sweden, Strategisk innovationsagenda Produktion2030. Tillgänglig http://produktion2030.se/wp-content/uploads/agenda_161212.pdf, Hämtad [2018-02-27].
- McGregor, I., (2002). The relationship between simulation and emulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference, Vol 2, pp. 1683-1688.
- NAMUR Worksheet NA 35, 24.03.2003: NA 35 - Handling PCT Projects.
- Naturskyddsföreningen, (2011) Klimatpolicy, Tillgänglig på: https://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/klimatpolicy_ny.pdf Hämtad [2018-02-28].
- Oppelt, M. & Urbas, L. (2014). Integrated Virtual Commissioning an essential Activity in the Automation Engineering Process From virtual commissioning to simulation supported engineering. In Ind. Electron. Soc. IECON 2014 - 40th Annu. Conf. IEEE, 2564 – 2570.
- Park, S.C., Ko, M., and Chang, M. (2013). A reverse engineering approach to generate a virtual plant model for PLC simulation. Int. J. Adv. Manuf. Technol., 69(9-12), 2459–2469.
- Pegden, C.D., Shannon, R.E., Sadowski, R.P. (1995). Introduction to simulation Using SIMAN, 2nd Ed., New York: McGraw-Hill.
- Rossmann, J., Stern, O. and Wischnewski, R. (2007). Eine Systematik mit einem darauf abgestimmten Softwarewerkzeug zur durchgängigen Virtuellen Inbetriebnahme von Fertigungsanlagen von der Planung über die Simulation zum Betrieb, atp – Automatisierungstechnische. Praxis, 07, pp. 52-56.
- Skoogh, A., & Johansson, B. (2007) Time-consumption analysis of input data activities in discrete event simulation projects. In Proceedings of the Swedish Production Symposium. Gothenburg, Sweden.
- Svensk Solenergi, Fakta om solenergi. Hämtad [2018-02-28] Tillgänglig: <https://www.svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi>
- VDI-Guideline 4499, Part 2, May 2011: VDI 4499: Digital Factory.

Zäh, M. F., Wunsch, G., Hensel, T. and Lindworsky, A. (2006). Nutzen der virtuellen Inbetriebnahme: Ein experiment - Use of virtual commissioning: An experiment, ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 101, 10, pp. 595-599.