

Digital tvilling och flödessimulering för stålindustrin

Digital twin and discrete event simulation for the steel industry



Examensarbete för högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

OSCAR ELM

KARL WESTMARK

EXAMENSARBETE IMSX20

Digital tvilling och flödessimulering för stålindustrin

Examensarbete i högscoleingenjörsprogrammet

Maskinteknik

OSCAR ELM

KARL WESTMARK

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2019

Abstract

Uddeholms AB is an old Swedish company that has produced steel for more than 350 years. To continue to be a world-leading company of tool steel, it is necessary to have a modern and competitive production process. Especially at this time when digitization and automation are two of the hottest topics in industry.

The work is based on Uddeholms AB's demand for digitization of its production. They want to see how simulations and a digital twin can benefit them as a company. For instances they would like to use simulation as a tool to evaluate the need of a new investment. The work includes a production cell in one of their production departments called MB2, at Uddeholms AB factory in Hagfors, where steel rods of different lengths, diameters and materials are produced. The production cell has five machines. Two shell lathes, a straightening machine, an inductive machine (steel control), and a cutting machine.

The goal is to construct a digital twin according to the conditions that are present in the cell and also create a model that can simulate the flow of steel through the cell. The program Visual Components was used to create the simulation model. Uddeholms AB has an interest to simulate the cell, and also simulate the cell with an extra steel straightening machine. The model could work as a basis for a future investment or a basis for other kinds of production development decisions.

Sammanfattning

Uddeholms AB är ett gammalt och anrikt svenskt företag som har producerat stål i mer än 350 år. För att fortsätta vara ett världsledande företag i produktion av verktygsstål krävs det att man har en modern och konkurrenskraftig produktionsprocess. Speciellt i en tid där digitalisering och automatisering är hetare än någonsin.

Arbetet tar avstamp i Uddeholms ABs efterfrågan kring digitalisering av sin produktion. De vill se hur simuleringar och digitala tvillingar kan gynna dem som företag, hur simuleringar kan bidra till, bland annat, underlag för investeringar. Arbetet omfattar en produktionscell i avdelningen MB2 i Uddeholms fabrik i Hagfors, där det produceras stålstänger i olika längd, diameter och material. Produktionscellen har fem maskiner. Två skalsvarvar, en tvåvalsriktmaskin, en induktiv (kontroll av ytor/sprickor) och en kapmaskin.

Målet är att konstruera en digital tvilling efter de förutsättningarna som finns i dagsläget i cellen och skapa en modell som kan simulera flödet av stål genom cellen. Simuleringsprogrammet Visual Components kommer användas för att skapa simuleringsmodellen. Intresse finns hos Uddeholms AB att simulera cellen med en extra riktmaskin som underlag för en framtida investering.

Förord

Examensarbetet är utfört hos företaget Uddeholms AB. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och skrivs för Chalmers tekniska högskola. Arbetet utfördes under vårterminen 2019. Examensarbetet är det sista steget innan högskoleingenjörsexamen på maskinteknikprogrammet. Maskinteknikprogrammet är treårigt, och omfattar 180 högskolepoäng.

Tack till

Vi vill passa på att tacka de som har varit inblandade i examensarbetet och har gjort arbetet möjligt. Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare från både Uddeholms AB och från Chalmers tekniska högskola, Ludvig Lundberg (Uddeholms AB) och Maja Bärning (Chalmers), som har guidat oss och alltid stått till befogande när vi behövt hjälp. Vi vill även tacka företaget Uddeholms AB för ett gott samarbete och ett väldigt fint bemötande, samt vår examinator Anders Skoogh för sin expertis inom området. Vi vill även tacka Jonatan Berglund (Chalmers) som har hjälp till med simuleringen och fungerat som ett bollplank i uppstarten av arbetet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Uppdragsbeskrivning	2
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
1.5 Avgränsningar	2
2. TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1 Industrie 4.0	3
2.2 Digital tvilling	3
2.3 Simulering	7
2.4 Datainsamling	8
3. METOD	10
3.1 Fallbeskrivning	10
3.2 Projektgenomförande	10
3.3 Datainsamling	13
3.3.1 Litteraturstudie	13
3.3.2 Halvstrukturerade intervjuer (Föreläsning av MB2)	13
3.3.3 Sekundärdata (Tilldelning av dokument)	13
3.3.4 Fokusintervjuer (Intervjuer med operatörer)	13
3.2.5 Kartläggning	14
3.4 Framtagande av simuleringsmodell	14
3.5 Verifiering och validering	14
3.6 Simulering	14
4 RESULTAT	15
4.1 Datainsamling	15
4.1.1 Processtider	15
4.1.3 Mänskliga inverkan	18
4.1.4 Fokusintervjuer	19
4.2 Digital tvilling	20
4.3 Simulering	21
5 DISKUSSION	22
5.1 Datainsamling	22

5.2 Digital tvilling	22
5.3 Simulering	24
5.4 Metoddiskussion	25
5.5 Hur skall Uddeholms AB arbeta vidare?	25
6. SLUTSATSER	27
REFERENSLISTA	28

Beteckningar

Beteckning:	Beskrivning:
Cell	Avgränsad del av produktionen
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
MB2	Den studerade cellen i Uddeholms AB produktion i Hagfors
PIA	Produkter i Arbete
Visual Components	Programmet som modellen är konstruerad i och där simuleringarna körs

1. INLEDNING

Nedan introduceras arbetets bakgrund, syfte, frågeställningar och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Idag arbetar många företag mot en ny era av digitalisering industri 4.0. Att ständigt utvecklas och förbättra produkter, samt produktionssystem är väldigt viktigt för att kunna vara slagkraftig inom dagens industri. Att kunna analysera produktionssystem med hjälp av simuleringsprogram har länge varit aktuellt och det är något många företag efterfrågar, eller har börjat använda sig av. Även att visuellt kunna se sin produktion i realtid i form av en digital tvilling är något som har börjats användas mer och mer [1].

För att kunna röra sig mot, och tillslut nå industri 4.0, är det viktigt att kunna skapa representationer av verkliga system i virtuella miljöer. Detta möjliggör att virtuella system kan testas innan riktiga fysiska tester görs. Tester i virtuell miljö kan synliggöra problem och/eller möjligheter i ett befintligt/nytt verkligt system. En digital tvilling eller en simuleringsmodell är en del av digitalisering, och denna del ger företag en möjlighet att simulera och testa sina befintliga, eller nya produktionssystem [1]. Idag finns det olika simuleringsprogram på marknaden, såsom exempelvis 'Visual components' och 'Plant simulation'. Med hjälp av dessa kan företag, simulera och införskaffa sig en bättre förståelse kring bland annat sina produktionssystem.

Simulering är något som har varit bekant för människor, sedan urminnes tider. Ett citat från Björn Johansson (2006)[2] beskriver hur människor försöker simulera sin verklighet.

“Simulations are practice by all humans everyday, as we in our minds plan and predict future events. We try to measure how our behavior will affect the outcome of different actions in our dynamic world. We try to find the best possible output of our actions in relation to the required input. The author believes that this is what makes the human being intellectual and superior to other life-forms on our planet: The ability to abstract and predict the future in terms of actions taken.”

Att simulera digitalt är något som har blivit stort på senare tid, men det bygger på samma sak som mänsklig simulering. Att försöka förutse en reaktion eller olika utfall, utifrån tidigare erfarenhet.

1.1.1 Uppdragsbeskrivning

Uppdraget är att konstruera en digital tvilling av en produktionscell i företaget Uddeholms ABs fabrik. Detta görs i ett simuleringsprogram. Uddeholms AB jobbar mycket med uppföljning och digitalisering av maskiner. Bland annat har olika typer av programvaror implementerats i produktion, för att följa upp Overall Equipment Effectiveness (OEE-värdet) för maskiner. Nästa steg i denna digitalisering är att kunna simulera produktionen. Detta för att kunna förutse hur investeringar kommer påverka resten av produktionen, samt vart optimering bör ske för att öka effektiviteten av maskinparken.

En modell av cellens nuläge utformas, samt en ny modell med förbättringar i cellen. Med hjälp av simuleringsmodellen skall behovet och fördelarna med en digital tvilling redovisas.

1.2 Syfte

Arbetets syfte är att ge Uddeholms AB samt författarna en bättre inblick och djupare förståelse i ämnena digital tvilling och flödessimulering. Detta för att i framtiden bland annat kunna använda flödessimulering som underlag för investeringar.

1.3 Mål

En digital tvilling skall utformas, byggas upp i den mån som är möjlig och redovisas. Fördelarna med en digital tvilling skall visas. Även visa vilka användningsområden som finns för flödessimulering. Samt lägga fram förbättringsförslag av den berörda cellen.

1.4 Precisering av frågeställningar

- Vilka förutsättningar behövs för att kunna skapa en digital tvilling?
- På vilket sätt har produktionslinor och/eller produktionsceller nytta av en digital tvilling?
- Hur kan digital simulering underlätta och ligga till underlag för olika beslut?

1.5 Avgränsningar

Ingen hänsyn tas till övriga processer som sker innan eller efter den berörda cellen. Arbetet avser endast att skapa en simuleringsmodell, ej någon fysisk förändring i cellen. Snitt kommer göras över processtider och övrig data. Modellens syfte är att skapa en visuell överblick över flödet, ej någon exakt modell över in- och utdata. Arbetet syftar endast till att ge Uddeholms AB riktlinjer kring digitala tvillingar, och vad de kan jobba vidare med. Inga helt färdiga förslag på lösningar kommer lämnas.

2. TEORETISK REFERENS RAM

För att skapa en djupare förståelse kring projektets frågeställningar, samt för att ge en rättvis grund för att kunna besvara frågorna, har en teoretisk förstudie gjorts. Några viktiga teoretiska referenspunkter har valts ut och studerats, detta för att lägga en god grund för projektet.

2.1 Industrie 4.0

Det var först 2011 som det börjades prata om industri 4.0, rättare sagt i Tyskland, ett land som är en tydlig ledare inom ämnet. Industri 4.0 refererar till det intelligenta nätverket av processer och maskiner inom industrin, med hjälp av smart informations och kommunikations teknologier som gör det möjligt. Skillnaden mot industri 3.0 som har datorn som huvudteknologi, är att i industri 4.0 är det internet som är grundpelaren. Det finns många sätt att använda sig av dessa intelligenta nätverken [3]. Några exempel som finns är:

Anpassningsbara fabriker - Framtida produktionslinor kan byggas i moduler och kan snabbt anpassas till efterfrågad produkt. Individanpassade produkter kan produceras i små skalor till ett förmånligt pris. Produktivitet och effektivitet skulle ökas.

Flexibel produktion - Många företag produceras sin produkter via en steg för steg process. Med ett intelligent nätverk kan dessa steg bli bättre koordinerade och produktionen kan planeras bättre.

Optimerad logistik - Maskiner meddelar självständigt när de är i behov av material, via algoritmer som räknar ut ideala leveranspunkter. Intelligent nätverk optimerar flödet av material.

Datainsamling - Data rörande processen och produktens status samlas och analyseras. Den samlade datan är grunden för nya företagsmodeller. Exempelvis kan företag ha koll på hur maskiner och produkter mår, vilket gör att man kan utföra underhållsservice innan saker börjar gå sönder [3].

2.2 Digital tvilling

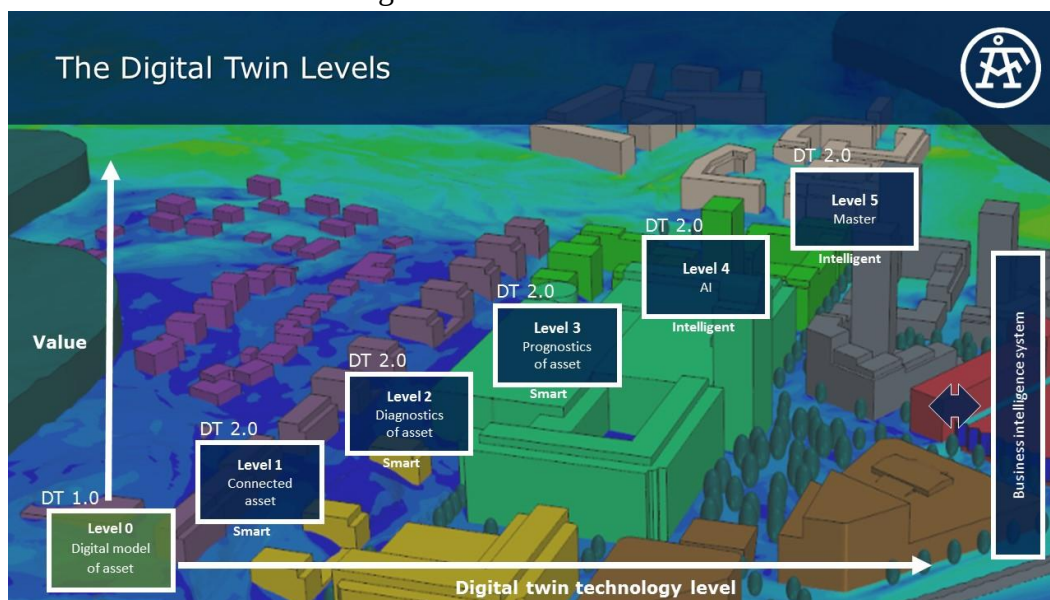
I grund och botten är en digital tvilling en virtuell modell, fast än mer avancerad. Den kan representera en fabrik, en produkt eller ett annat typ av system. Tvillingen är en samling av sensordata, allmän information av det fysiska objektet samt ekonomiska data. En virtuell modell, eller en simuleringsmodell, ger en mer generell bild av systemet, medans den digitala tvillingen är tack vare den konstanta uppdateringen av data, en digital replika av objektet *just nu* [4].

För att den digitala tvillingen skall nå sin fulla potential krävs det mer än att maskiner och operationer är upp- och ihopkopplade via ett nätverk, de måste även kunna "tänka själva". En viss mån av artificiell intelligens krävs. Utveckling inom maskiners "själv tänkande" är en aktuell tendens, rörande allt mellan kommunikation till självständig optimering. Med system

som agerar själva krävs dock en tillgänglighet av kraftfulla mjukvaruprogram, som kan hanterat ett konstant utbyte av information i produktionsprocessen [5].

Inom exempelvis fordonsindustrin ser man ljust på digitala tvillingar. Inom fordonsindustrin finns en vision att hela fordonets livscykel kan följas. Inte bara under själva tillverkningen, utan också efter försäljning när användaren brukar fordonet. Genom detta hoppas man kunna få en bättre återkoppling på hur fordonet verkligen fungerar. Det ger en möjlighet till att se problem samt problemens samband. Även ur ett serviceperspektiv är en digital tvilling intressant, för att upptäcka aktuella fel i fordonet, eller fel som snart kommer uppstå. Vilket gör att man kan arbeta mer förebyggande med underhållet [4].

Kategoriseringar och riktlinjer börjar allt mer dyka upp kring digitala tvillingar. Flera aktörer har skapat sina egna modeller för att kunna använda som måttstock. Exempelvis ÅF som är ett ingenjör- och designföretag med verksamhet inom industri, energi och infrastruktur har tagit fram graderingar med intelligensnivåer från 0 till 5. Desto högre upp i nivåerna man befinner sig, desto intelligentare modell besitter man [6], i Figur 1 visar de olika nivåerna, och i Tabell 1 beskrivs de olika stegen kortfattat.

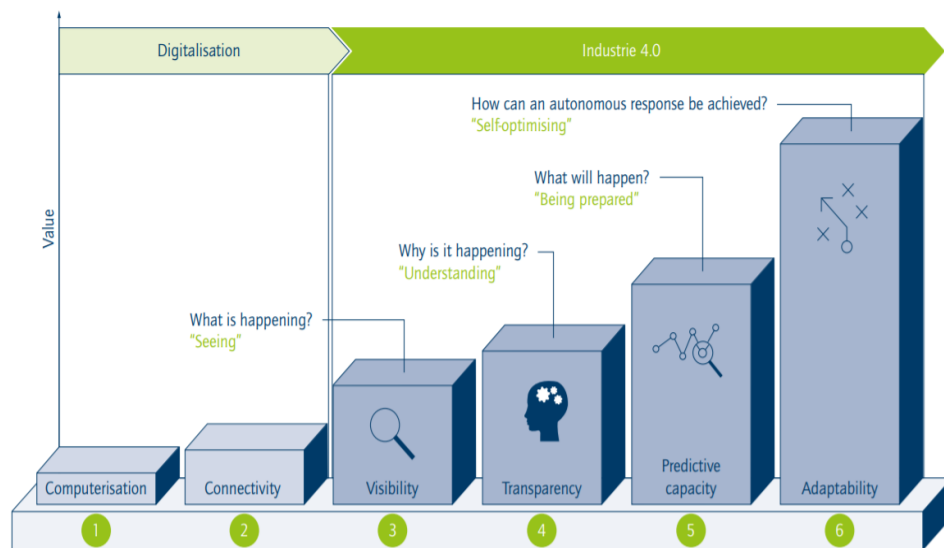


Figur 1, ÅF:s kategorisering av digitala tvillings nivåer [6].

Hur de olika nivåerna beskrivs	
Nivå:	Beskrivning:
0	<i>“Ej uppkopplad digital simuleringsmodell av en verklig produkt, process, maskin, infrastruktur i ett samhälle eller system av detsamma, här kallad objektet. Används av brukaren som ett hjälpmedel för att under antagna förutsättningar konstruera objektet eller simulera hur objektet responderar på olika scenarier.”</i>
1	<i>“Digital simuleringsmodell som är uppkopplad mot det verkliga objektet i realtid, det vill säga en digital tvilling. Den digitala tvillingen har egenskaper som gör att den kan beskriva det verkliga fysiska objektet över tid och presentera resultatet på ett värdebaserat sätt för brukaren.”</i>
2	<i>“Den digitala tvillingen kan användas för diagnos av objektet, till exempel för att diagnostisera hur objektet fungerar just nu.”</i>
3	<i>“Den digitala tvillingen kan prognostisera och räkna ut när i tiden till exempel delar av objektet kommer att få nedsatt funktion eller få stillestånd. Baserat på detta utfall kan en optimal användning av objektet tas fram som minimerar uppkomna kostnader och maximerar återbetalning av eventuella nödvändiga investeringar.”</i>
4	<i>“Med inbyggd artificiell intelligens lär sig den digitala tvillingen kontinuerligt av sina egna och andras erfarenheter och kan själv föreslå åtgärder till exempel hur objektet skall styras för att uppnå bästa prestanda.”</i>
5	<i>“Den digitala tvillingen tar egna beslut och handhar objektet själv. På den här nivån har den ersatt operatörer och personal.”</i>

Tabell 1, En kort beskrivning av varje nivå av digitala tvillingar, Citerat från ÅF [6].

Acatech har tagit fram en mognadstrappan för Industri 4.0 med totalt sex steg. Fyra av stegen tillhör Industri 4.0 och de andra två tillhör industrirevolution, 3.0. Figur 2 representera Acatechs mognadstrappa kring digitalisering, och Tabell 2 beskriver kortfattat de olika nivåerna i Acatechs mognadstrappa [1].



Figur 2, representerar Acatechs mognadstrappa kring digitalisering [1].

De olika stegen kortfattat:	
Steg:	Beskrivning:
Computerisation	Isolerade informationssystem som opererar internt inom egna systemet, exempelvis en maskin.
Connectivity	De isolerade informationssystemen blir ihopkopplade, grunden för IoT.
Visibility	Modell med indata som uppdateras i realtid, en digital tvilling.
Transparency	Analysering av indata. Förstå varför saker sker i processen.
Predictive capacity	Simulering av framtida tillstånd i processen. Möjligheten att upptäcka haverier innan de sker och förebygga dem.
Adaptability	Att utan mänsklig hantering, använda sig av indatan, ta de mest optimala besluten som ger bäst möjliga resultat på kortast tid och implementera dem automatiskt.

Tabell 2, beskriver de olika stegen i Acatechs trappa [1].

I Acatechs trappa finns det några teorier som är mer aktuella för den här studien än andra. På Connectivity-steget lyfts några väldigt relevanta saker. Internet Protocol (IP) blir ett mer och mer använt verktyg i fabriker. Dagens IP version, IPv6 tillåter mycket längre adresser än föregångaren vilket möjliggör en uppkoppling av alla komponenter i en fabrik. Detta är en av de fundamentala grunderna för IoT.

I redan existerande fabriker finns det ofta många äldre maskiner, inte sällan äldre än 50 år, men som fortfarande producerar varor med hög kvalite. Tack vare IP erbjuder standardiserad kommunikation på golvet ute i industri, kan nya moderna sensor enkelt appliceras till äldre maskiner för att sedan kopplas upp mot ett nätverk och skicka maskindata.

2.3 Simulering

Appliceringen av digitala tvillingar inom produktion skapar en virtuell modell med exakt data av allt från maskiner och stationer, till hela produktionslinor. Tvillingen kan sedan användas för att köra fullskaliga simuleringar digitalt. Simulationer görs för att kunna optimera processen utan att påverka den verkliga produktionen och undviker därmed dyra stillestånd. Obalanser och fel i processen kan upptäckas och förhindras innan den verkliga processen startar, vilket sparar pengar, tid och ökar tillgängligheten i processen. Det spelar ingen roll om det handlar om enkla eller väldigt komplexa produktionsprocesser, simulering är ett vedertaget verktyg som fungerar i båda fallen [5].

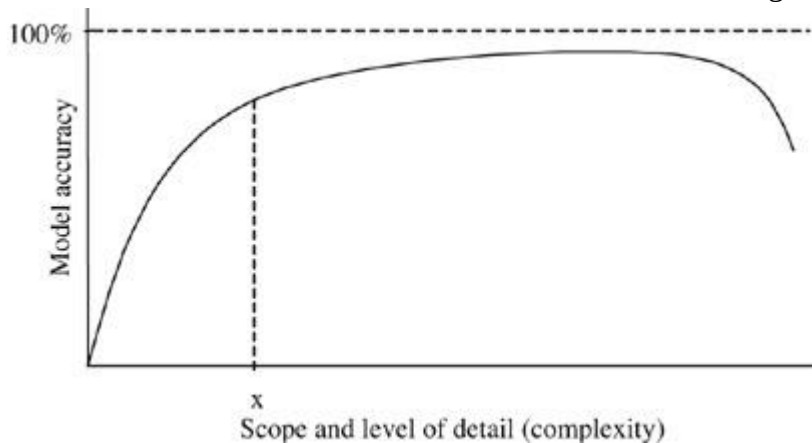
I många fall är det en god ide att försöka hålla simuleringsmodellen simpel, alltså att undvika att göra modellen för komplex och inte använda sig av digitala tvillingar. Målet bör alltid vara att skapa en så enkel modell som möjligt [7]. Det finns många anledningar till varför modellen skall vara avskalad och någorlunda simpel. Se Tabell 3, för exempel.

Fördelar med en simpel modell:	
1	Enkla modeller går snabbare att skapa.
2	Enkla modeller är flexiblare.
3	Enkla modeller kräver mindre data.
4	Enkla modeller går snabbare att simulera.
5	Resultatet av simuleringen är lättare att förstå, på grund av att strukturen i modellen är enkel.

Tabell 3, stadgar upp fördelarna med en simpel simuleringsmodell[7]

Då modellen är för komplex kan dessa fördelar gå förlorade. I vissa fall kan det dock finnas ett behov av en komplex modell. Men en simuleringsmodell skall generellt sett vara så enkel som möjligt [8].

Grafen nedan visar relationen mellan hur verklig modellen är och hur detaljrik modellen är. När detaljrikedomen i modellen ökar, ökar också hur verklighetstrogen den är. En modell kan dock aldrig vara träffsäker till 100%, då det är omöjligt att veta exakt allt om ett verkligt system. Bortom punkt x ökar inte modellens verklighet i förhållande till detaljrikedomen nämnvärt. Alltså bortom punkt x, finns det inget större värde i att fortsätta göra modellen mer detaljrik. Grafen illustrerar också vad som händer när en modell blir allt för detaljrik. Då minskar värdet, och därmed får man ut sämre resultat, se Figur 3 [9].



Figur 3, representerar relationen mellan hur detaljerad och hur exakt en modell är [9].

2.4 Datainsamling

Det mest kritiska steget i en simuleringsuppbyggnad, anses ofta vara datainsamlingsprocessen. Stor vikt ligger i vilken kvalitet datan har, detta påverkar hur tillförlitlig och exakt simuleringen blir. Principen 'GIGO' eller 'Garbage In, Garbage Out' säger att resultatet, av utdata, i en simulering aldrig blir bättre än den data som stoppas in. Bra data är dock ingen garanti för ett perfekt resultat. I de bästa fall har företag redan data att tillgå. Detta sparar mycket tid och kan medföra att simuleringsprojekt blir lyckade. Men i många fall kan datan visa sig vara otillräcklig för att kunna skapa en bra simuleringsmodell. Datainsamling görs i regel innan simuleringen börjar, men den kan även pågå under tiden man genomför simuleringen [10].

Problemen och svårigheterna som finns vid datainsamling, presenteras med hjälp av fem punkter i Tabell 4.

Svårigheter kring datainsamling:	
Del:	Beskrivning:
Datanoggrannhet, Reliabilitet och Validitet	Det är modellbyggarens ansvar att modellen speglar verkligheten till den mån som önskat, genom att uppfylla kraven på datanoggrannhet, reliabilitet och validitet.
Datakällor	Utspritt i hela organisationen finns källor man kan hämta data ifrån. En kategorisering av dessa kan göras in till fyra huvudgrupper. Projektteam, Modellbyggare, affärssystem och externa referenssystem. Att välja rätt källa att hämta data från till det specifika ändamålet, kräver stor förståelse, kunskap och erfarenhet.
Datasystem	För att samla in datan finns det tre olika så kallade "datasystem". Datorbaserade system i form av kalkylblad, pappersbaserade system med exempelvis loggbok för underhåll, och mänskligtbaserade system där via dataintervjuer från relevanta individer samlas in.
Dataduplicering	Är kopplad med föregående punkt, men pekar på där data finns lagrad hos flera olika system och hur man väljer det "bästa" systemet att hämta datan ifrån.
Tidsintervall	Data man behöver samla in finns ofta utspridd på flera olika system, vilket gör att insamling väldigt lätt blir tidskrävande. Modellbyggarens arbete med modellen stannas ofta upp, för att den berörda data inte finns att tillgå, och denne behöver då samla in den för att kunna fortsätta.

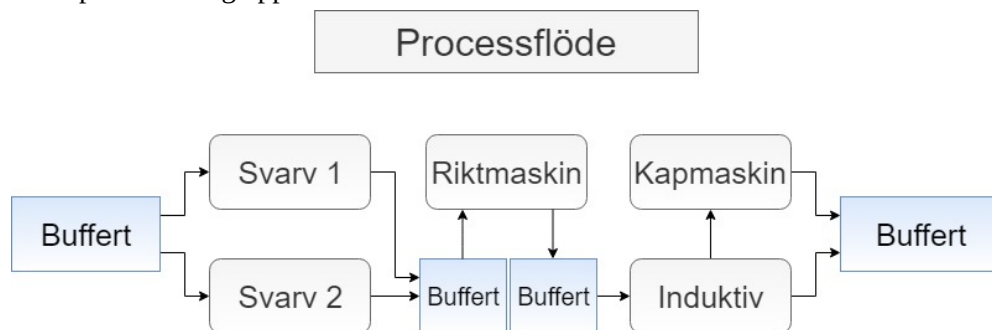
Tabell 4, visar svårigheter kring datainsamling enligt [10]

3. METOD

Metodarbetet har delats upp i fem delar: Projektgenomförande, datainsamling, framtagande av digital tvilling, simulering och förslag till ny layout. Metoden för arbetet beskrivs steg för steg. Först I detta kapitel finns en fallbeskrivning av arbetet och en beskrivning av cellens processflöde.

3.1 Fallbeskrivning

Den studerade cellen som arbetet kretsar kring är belagd hos Uddeholms ABs fabrik i Hagfors och heter MB2. Cellen har två svarvmaskiner som bearbetar varsitt intervall av diametrar, en riktmaskin, en induktiv och en kapmaskin Figur 7. Cellen behandlar rundstål och är placerad i slutfasen av produktionskedjan. Svarvarna skalar av höljet på stålet och när det görs släpper normalt sett spänningar i materialet och stålet kan förlora sin form. Därför riktas materialet efter svarvningen för att önskad rakhet uppnås. När materialet fått sin profil utförs en kvalitetskontroll med hjälp av induktiven som röntgar stålet. Om det finns defekta delar av materialet kapas det bort och återvinns. All transport av material mellan maskinerna utförs med travers och lyfts i rack. Moderniteten inom cellen är väldigt varierad, med exempelvis en riktmaskin från 1950-talet och en induktiv med bara några år på nacken. Mellan maskinerna finns idag obalans som skapar stora buffertar i cellen, vilket gör att stor kapitalbindning uppstår.

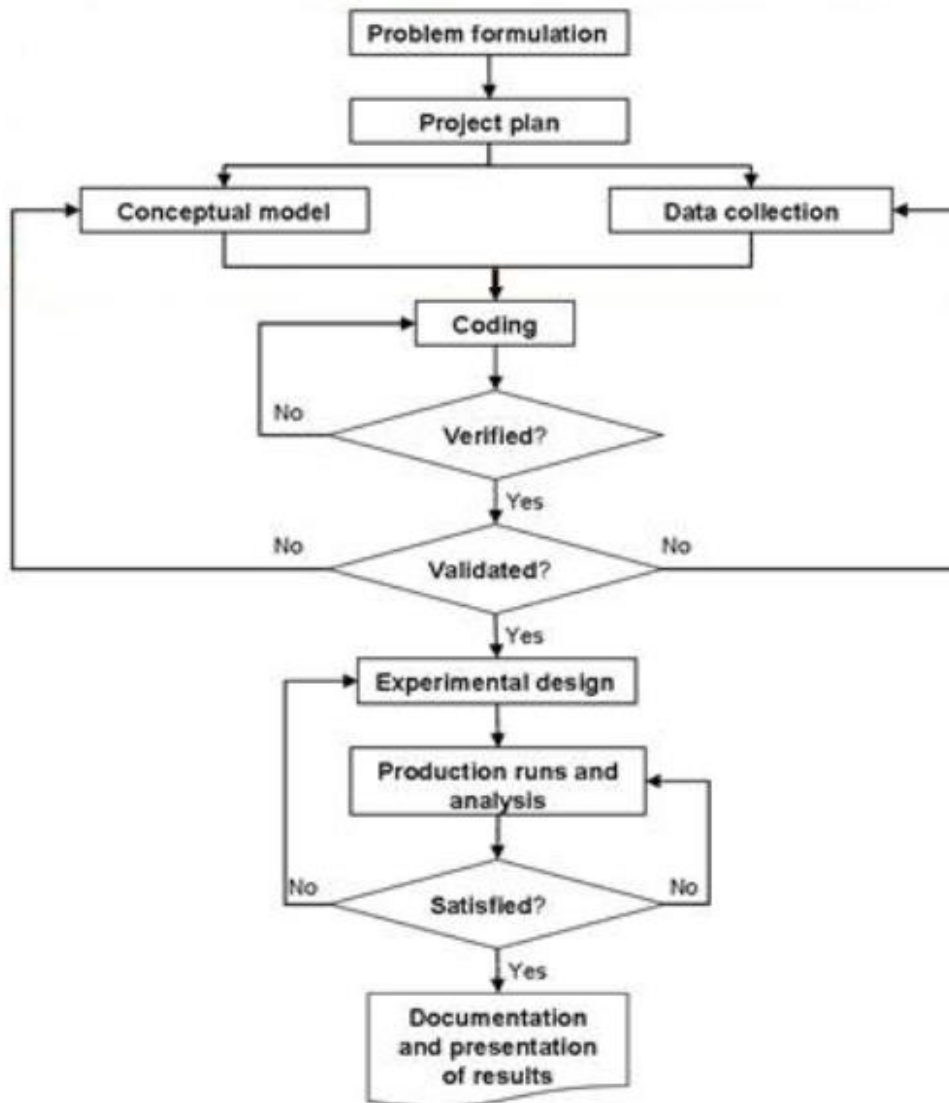


Figur 7, är den studerade cellens processflöde.

Uppdraget är att simulera den process som presenteras i Figur 7. Uddeholms AB har som framtida mål i att investera i en riktmaskin, och vill se hur simuleringar kan ligga till underlag för den typen av investeringar. Även ett nytt flöde skall utformas, där flödet simuleras med två riktmaskiner.

3.2 Projektgenomförande

Uppdragets arbetsgång är uppdelat i två olika etapper. Där etapp 1 behandlar nuläget i produktionen. Målet är att konstruera en digital tvilling för simulering. Etapp 2 rör framtagning av en ny layout, samt framtagande av förbättringsförslag. Som stöd i arbetet kommer modellen för simuleringsprojekt att användas, se Figur 4. Se Tabell 5, för arbetsgång.



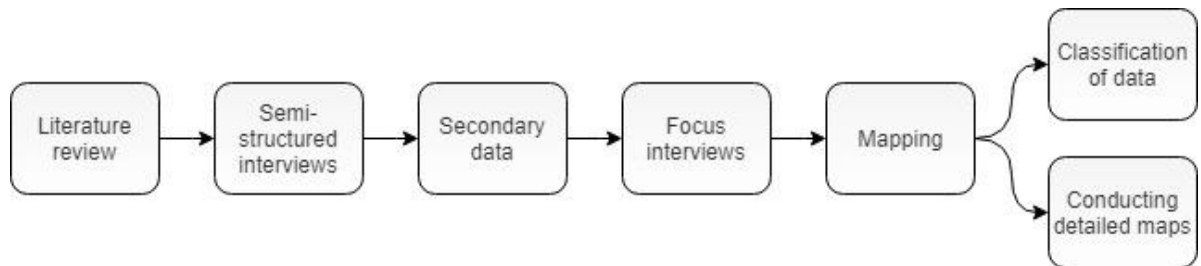
Figur 4, Simuleringsprojekt [11].

Ettapp 1	
Steg:	Beskrivning:
Litteraturstudie inom digital tvilling och flödessimulering	För att angripa uppgiften på rätt sätt och möjliggöra en hög reliabilitet i det slutliga resultatet krävs en god teoretisk förståelse kring digitala tvillingar och flödessimulering. Genom Chalmers bibliotekets databaser, avhandlingar från avdelningen Produktionssystem, samt institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers, kommer denna teori hämtas.
Kartlägga vilken data som behövs	Likt litteraturstudien kring digital tvilling och flödessimulering, behövs också en förståelse angående vilken typ av data som krävs för att göra en rättfärdig simulering. Kartläggning görs i samspråk mellan studenterna och handledare från Uddeholms AB, samt från Chalmers.
Insamling av data	I dagsläget finns det data samlat hos Uddeholms AB att tillgå. Ytterligare data behöver dock samlas in. Därav krävs en större insats i insamlingen av berörd data. Insamlingen av data sker främst genom att klocka tid i produktionen och även med hjälp av dialog med operatörer.
Simulera nuläget	Då datan är insamlad görs en konstruering av simuleringsmodellen. En skannad 3D-modell av lokalen tillhandahålls av Uddeholms AB.
Ettapp 2	
Utvärdera den befintliga layouten	En grundlig utvärdering av den befintliga layouten utförs. för underlag till den nya optimerade modellen.
Skapa ny layout	Den nya layouten kommer skapas utifrån den CAD-modell som har tillhandahållits från Uddeholms AB.
Konstruera ett framtida förslag	När den nya layouten har skapats, konstrueras en ny digital tvilling med föreslagna förbättringar.
Färdigställande av rapport	Fullständig slutrapport presenteras.
Projektpresentation	Presentation av projektet både hos Uddeholms AB och Chalmers.

Tabell 5, kartlägger projektets arbetsgång.

3.3 Datainsamling

Datainsamlingsprocessen kan summeras med hjälp av följande figur, se Figur 5. I figuren ligger fokus i hur datan har samlats in, och i vilka steg [12].



Figur 5, Bärings modell för datainsamling [12].

3.3.1 Litteraturstudie

Första steget i arbetet är att införskaffa information och kunskap kring datainsamling. Först studera vilken data som skall användas vid simulering. Men även hur datan skall kartläggas och kategoriseras.

3.3.2 Halvstrukturerade intervjuer (Förevisning av MB2)

För att förstå hur den berörda cellens processer ser ut och fungerar kommer flera besök göras. Samtal med platschef, operatörer och utvecklingsavdelning för den kalla sidan av fabriken kommer utföras. I samband med besöken sker en kartläggning av processflödet i ett processdiagram, där processer, buffertar och transporter identifieras och definieras.

3.3.3 Sekundärdata (Tilldelning av dokument)

Uddeholms AB har arbetat senaste tiden med digitalisering och uppföljning av sina maskiner, vilket medför att en hel del data redan finns att tillgå. Då cellen har väldigt stor produktvariation förväntas en stor mängd data finnas som måste sammanställas och valideras.

3.3.4 Fokusintervjuer (Intervjuer med operatörer)

Kunskapen som operatörerna och ledning besitter kommer tas del av genom öppna samtal men med tydliga frågeställningar. För att fylla på, samt fylla i den datan som tilldelas av Uddeholms AB. Speciellt angående data som är säregna för de olika maskinerna, exempelvis ställtider, där operatörerna innehar stora kunskaper.

Även intervjuer, i form av en workshop, med anställda på Projekt & konstruktionskontoret utfördes. Deras svar jämförs med den faktiska teorin kring ämnet. Workshopen går ut på att förse författarna med förståelse kring vart Uddeholms AB står idag kring digitala tvillingar. Samt att väcka intresse hos de anställda om ämnet. Med deras uppfattning som grund hoppas författarna kunna lämna efter ett så användbart bidrag som möjligt till företaget och öka deras förståelse kring digitala tvillingar.

3.2.5 Kartläggning

I detta steg i processen görs en kartläggning av flödet för att få en bild/förståelse kring flödet.

3.4 Framtagande av simuleringsmodell

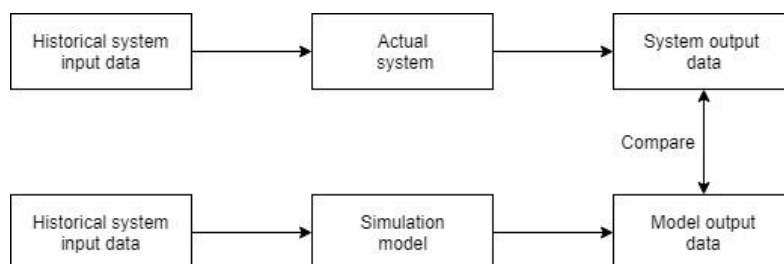
Framtagandet av en simuleringsmodell görs i programvaran Visual Components och baseras på de CAD-modeller som tillhandahålls av Uddeholm. CAD-modellerna föreställer maskinparken och lokalen i helhet. Genom att använda sig av korrekt och relevant data, skapas en digital spegling av produktionsflödet.

3.5 Verifiering och validering

Enligt R. G. Sargent [13], finns det fyra olika sätt/metoder att validera och verifiera en simuleringsmodell. Alla dessa fyra bygger på att man validerar och verifierar under hela simuleringsprocessen. Den första valideringsmetoden bygger på en subjektiv bedömning som görs av de som är inblandade i simuleringsprojektet och baseras på modellens resultat. Då projektgruppen är liten är metod två bättre, där man låter de/den som är mest insatta i modellbyggandet, avgöra validering och verifiering. En tredje metod är att låta en tredje part gå in och validera och verifiera. Denna metod bör tillämpas då simuleringen är storskalig. Den tredje parten i detta fall är varken skapare eller beställare av simuleringsmodellen. Den fjärde och sista metoden används sällan i praktiken, den bygger på ett poängsystem. Om simuleringen uppnår en tillräcklig hög poäng, anses den då enligt denna metod, vara validerad. I det här projektet kommer framförallt den metod två användas, då både simuleringen och projektgruppen är liten[13].

3.6 Simulering

Efter den digitala modellen är validerad och verifierad, startar arbetet med simuleringen. Med rätt indata, kan simulering över verkliga tidsperioder utföras. Utfallet visar på antal producerade produkter, hur högt PIA cellen har, tillgänglighet i maskinerna, för att nämna några. Därefter ges ytterligare tillfälle att utvärdera den data man har implementerat i modellen. Se Figur 6 nedan, figuren visar hur man går tillväga för att jämföra sin simulering med det verkliga utfallet.



Figur 6, visar jämförelsen mellan cellens resultat, och simuleringmodellens resultat, alltså valideringen [14].

4 RESULTAT

Med stöd i metoderna och i den teoretiska referensramen, presenteras resultaten och utfallen av arbetsgången.

4.1 Datainsamling

Nedan presenteras utfallet kring insamlingen av den data som krävs för att konstruera en digital simuleringsmodell.

Arbetet kring datainsamling har följt Maja Bärings et al(2017)modell (figur 5), med de olika stegen.

- Literature review.
- Semistructured interviews (Förevisning av MB2).
- Secondary data (Tilldelning av dokument).
- Focus interviews (Intervjuer med operatörer).
- Mapping.

Stora delar av den sökta data har tillhandahållits genom tilldelning av dokument från Uddeholms AB.

Under datainsamlingen upptäcktes det att berörda delen av produktion är inte digitaliserad och uppkopplad till den nivån som krävs för att kunna konstruera en digital tvilling [6].

Utfallet av det är att en ren simuleringsmodell kommer skapas för att på ett så bra sätt som möjligt spegla produktionen istället för en exakt digital spegling av produktionen i *just nu* - läget.

4.1.1 Processtider

De tio vanligaste stålsorterna valdes ut för skapandet av simuleringsmodellen, de sorterna står för 75% av den totala produktionen och därför utgör ett representativt urval av produktionen. Det speglar produktionen väl, med varierande snittdiametrar och snittlängder som är spridda över hela produktionsintervallet. Genom att studera fjolårets orderingång (Tabell 7) har snittdiametrar samt snittlängder klargjorts. Det märktes dock att vissa stålsorter fick diametrar och längder som ligger utanför det tillåtna intervallet som maskinerna klarar. Vilket gör att man får se på orderdokumentet med viss försiktighet när det inte stämmer överens med verkligheten. Orderingången är väldigt stor, och innehåller mycket data, därför presenteras ordergången med hjälp av en exempeltabell(Tabell 6). Tabellen visar inte några verkliga ordrar utan bara ett exempel hur dokumentet är upplagt.

Exempel på hur Uddeholms ordergång kan se ut								
Stålsort	Dimension	Planerad Antal	Planerad vikt	Rapporterad vikt	Rapporterad längd	Rapporterat antal	Rapporterat datum	
Produkt A	30	6	139	160	28	3	2018-05-18	
Produkt A	32	15	380	420	65	15	2018-04-18	
Produkt A	32	15	380	420	65	15	2018-04-17	
Produkt B	82	14	2400	2500	58	14	2018-04-12	
Produkt B	82	14	240	2500	57	14	2018-04-04	
Produkt C	25	72	1250	1200	290	72	2018-04-04	
Produkt C	25	72	1250	1200	290	72	2018-04-03	
Produkt D	38	6	245	235	26	6	2018-04-01	
Produkt D	38	6	245	235	26	6	2018-03-29	

Tabell 6, Visar exempel på hur ordergångarna presenteras i ordergångsdokumentet.

Processtiderna har framställts från dokumentet med standardtider (Tabell 7) för de olika stålsorterna, med hänsyn till diameter och längd. Som i sin tur har satts i relation med de 10 vanligaste sorternas snittdiametrar och snittlängder (tabell 8). Se tabell 8, för exempel på hur dokument med processtider ser ut. I dagsläget samlas processtiderna hos Uddeholms AB i meter per timme (m/h) som påverkas med hänsyn till stålets diameter.

Exempel på dokument med processtider (Standarddata MB2)				
Operation	Stålsort	Dimension Min	Dimension Max	m/h
Svarv 1	Produkt A	76	79	22
Svarv 1	Produkt B	60	76	35
Svarv 2	Produkt A	55	63	38
Svarv 2	Produkt B	55	63	38
Rikt	Produkt A	50	60	105
Rikt	Produkt B	50	60	105
Induktiv	Produkt A	50	60	90
Induktiv	Produkt B	50	60	90

Tabell 7, Visar exempel på hur processtidsdatan ser ut.

Modell	Processtid			Andel av totala produktionen
	Svarv (min)	Tvåvalsrikt (min)	Induktiv(min)	
BURE	4,28	2,6	1,41	10,59%
BURE HT	6,98	4,24	2,3	3,42%
CALDIE	2,87	1,39	1,63	2,74%
IMPAX SUP	4,2	2,04	2,38	5,27%
ORVAR 2m	3,49	1,1	0,49	4,01%
ORVAR SUPREME	3,3	2,37	1,3	17,27%
STAVAX ESR	4	1,93	2,25	20,05%
SVERKER 21	4,18	1,53	1,79	4,75%
UNIMAX	3,04	1,48	1,72	3,58%
VANADIS 4 EXTRA	5,54	2,03	2,37	3,38%

Tabell 8, de tio vanligaste modeller (ståltyper) och deras processtider.

4.1.2 Stillestånd och förluster i cellen

Tillgängligheten i maskinerna är en viktig parameter i produktionen och det finns flera aspekter som inverkar på den. Stillestånd som sker när maskiner går sönder eller vid planerade förebyggande underhållsstillestånd påverkar. Likadant gör ställtider som uppstår i skalsvarvarna och tvåvalsrikten när man ställer om för att kunna bearbeta olika diametrar på det ingående stålet. Ställtider i maskinerna, som kan ses i Tabell 9, de är väldigt långa och skapar obalans i produktionen. Det var snabbt synligt att antalet produkter i cellen (PIA), är väldigt högt. Mellan svarvarna och riktmaskinen låg vid besök en buffert kring 110 ton, vilket efter samtal med operatörer, inte var en ovanlig siffra.

I skalsvarvarna finns en mjukvara som kategoriserar de olika orsakerna som leder till stillestånd. Nedan i tabellen visas stillestånden mellan maj 2018 - februari 2019.

Stillestånd skalsvar 212 och 214	
Orsak	Totaltid (h)
Flöde	336,46
Maskinfel	91,03
Mikrostopp	75,33
Okategoriserat	1047,69
Omställning	392,09
Organisatorisk	519,22
Planerat stillestånd	147,38
Resursbrist	1726,7
Övrigt	292,02
Totalt	4627,92

Tabell 9, olika orsaker till stillestånd i skalsvarvar.

Stillestånden i tvåvalsrikten och induktiven kartlades inte genom samma metod som svarvarna, utan på ett enklare sätt. Nedan finns deras snittstillestånd per månad och mellan vilka intervall de pendlar på, se Tabell 10. Eftersom dokumenten inte visar precis när stoppen sker, tas denna tabell i beaktning med varsamhet. Den påvisar dock en bild av hur tillgängligheten ser ut i maskinerna.

Stillestånd Tvåvalsrikt och induktiv			
	MTTR	Max (h)	Min (h)
Rikt	10.04h/månad	18	6
Induktiv	11.79h/månad	58	2

Tabell 10, visar stillestånd i cellen.

Eftersom slutbearbetningen och syning av stålet utförs i MB2:an leder det till en betydande del kassering. Om man studerar perioden mars 2018 - februari 2019 finns en kassering på 22,66% med avseende på stålets vikt genom cellen. Se Tabell 11.

Vikt planerad (kg)	Vikt rapporterad (kg)	Kassering
15025931,01	11621675,69	22,66%

tabell 11, avser kasseringen i cellen.

4.1.3 Mänskliga inverkan

Med en maskinpark där många moment fortfarande görs med manuell handpåläggning, får den mänskliga inverkan en betydande roll. Svarvarna är beroende av operatörernas styrning och kräver konstant bemanning. Likadant gäller också för tvåvalsrikten. Det senaste tillskottet i maskinparken, induktiven, är konstruerad att fungera helautomatiskt och kräver därefter bara viss översyn.

Som så många gånger vid automationsimplementeringar i industrier uppkommer en av automationens ironier i Uddeholms AB's lokaler, *Left over automation*. Induktivens kvalitetstestade av stålet är inte helt pålitligt enligt operatörerna, samt skapar den vissa problem senare i produktionskedjan. Stålet som klarar kvalitetstestet och inte kapas bort, hamnar i ett rack, men med olika längder på det kvarvarande och godkända stålet behöver operatörerna senare i processen sortera om allt för att märkningen av materialet skall kunna utföras. Summan av det här, är att stationen ger upphov till ett större resursbehov än planerat.

De olika mänskliga faktorerna som inverkar i den berörda delen av fabriken presenteras i tabell 12. Den mänskliga faktorn är en uppskattning som platschefen på MB2an har gjort.

Mänskliga faktorn	
Frånvaro:	Skiftgång
Skalsvarvning: 18,0 %	60 h/vecka. 2skift(38h) och dag(40h). Extra styrka 07-16.
Reelning tvåvalsverk: 10,4 %	
Induktiv: 23,0 %	Resursbehov
Övertid:	100% på svarvarna och rikten
Skalsvarvning: 6,4%	Tillsyn på induktiven
Reelning tvåvalsverk: 7,0 %	Effektivitetsindex
Induktiv: 11,2 %	Faktorn 0,8 (Operatörer)

Tabell 12, Den mänskliga faktor som påverkar produktionen.

4.1.4 Fokusintervjuer

För att införskaffa en större förståelse i Uddeholms AB tankar kring digitala tvillingar, utfördes en workshop. Workshopen utfördes med några anställda från Uddeholms AB Projekt & Konstruktionskontor. På Projekt & Konstruktionkontoret har de ansvar för bland annat investeringar för produktionen. Fyra generella frågor, kring ämnet digital tvilling, ställdes till de anställda. Det ställda frågorna och, deras svar punktas upp.

- **Hur definierar ni en digital tvilling?**
 - Visuell modell av produktionen, en “replika” av en fabrik.
 - “Offline” programmering så man inte stör verkliga produktionen
 - Uppkopplad produktion I/O, som man kan se i realtid
- **Vilka fördelar finns med digitala tvillingar?**
 - Machinelearning
 - Kan simulera produktionen
 - Övervaka produktionen
 - Utbildning- och träningssyfte
 - Säkerhet, som exempelvis brandövning
 - Testa nya lösningar i en cell
- **Hur ser förutsättningarna ut idag för en digital tvilling i er produktion?**
 - Bra, vi har alla förutsättningar
 - Vi är långt därifrån i MB2 med våra gamla maskiner.
 - Förutsättningar för en virtuell modell finns, men kanske inte på samma sätt för en direktkopplad modell.
- **Vad tycker ni att ni behöver arbeta vidare med?**
 - Koppla upp maskiner
 - Utvärdera hur man samlar in data och varför
 - Införskaffa sig någon form av tagare och givare, sensorer.

Diskussionen riktade sig framförallt mot simulering, några nämnde kort om I/O mot en dator. Överlag så är deras uppfattning att en simuleringsmodell och digital tvilling är samma sak. Att en digital tvilling ligger till grund för att kunna simulera. Det fanns en delad uppfattning kring vilka förutsättningar de har för att skapa en tvilling. Vissa tyckte att alla förutsättningar fanns, och andra trodde att det skulle ta lång tid. Något som också diskuterades mycket var syftet med datainsamling.

4.2 Digital tvilling

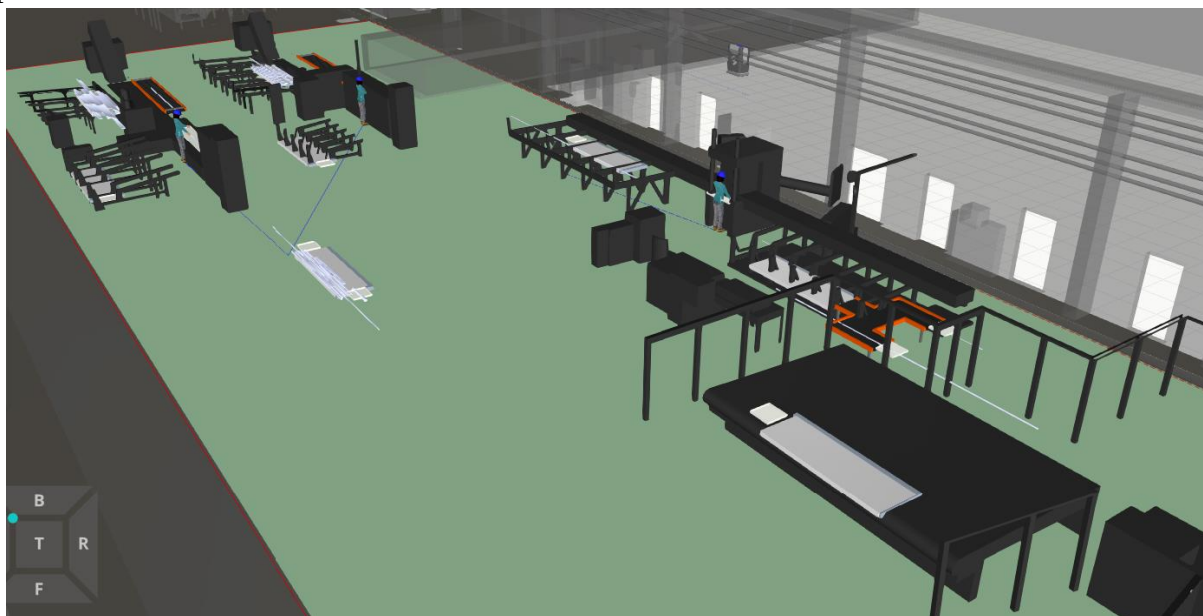
Som det nämndes i datainsamlingen upptäcktes det att tekniken MB2:an inte når upp till kraven som finns för att möjliggöra konstruering av en digital tvilling. Att skapa en exakt spegling utefter den tilldelade datan, som i vissa fall är en uppskattning av den verkliga datan, skulle bli ett enormt tidskrävande arbete och inte fylla en funktion i det längre perspektivet, med avseende på att data alltid förändras. Därför skapas en enklare simuleringsmodell som med sina preferenser speglar produktionscellen väl.

Enligt ÅF:s modell för digitala tvillingar, med frånvaro av mjukvara i maskinerna som kan kopplas direkt till tvillingen, landar i dagens läge MB2:an på Nivå 0.

Nivå 0: *“Ej uppkopplad digital simuleringsmodell av en verklig produkt, process, maskin, infrastruktur i ett samhälle eller system av detsamma, här kallad objektet. Används av brukaren som ett hjälpmedel för att under antagna förutsättningar konstruera objektet eller simulera hur objektet responderar på olika scenarier.”*

Med förankring i vilken nivå cellen är placerad i, har några avgränsningar och ställningstaganden gjorts kring utformningen av den digitala modellen. Att lyfta och påvisa styrkorna i att kunna simulera en process har prioriterats framför att ha en exakt spegling av produktionen i form av en digital tvilling. Istället skapa en digital representation över cellen med förenklad design och indata, för att sedan kunna jämföra mot en modell med en extra tvåvalsrikt.

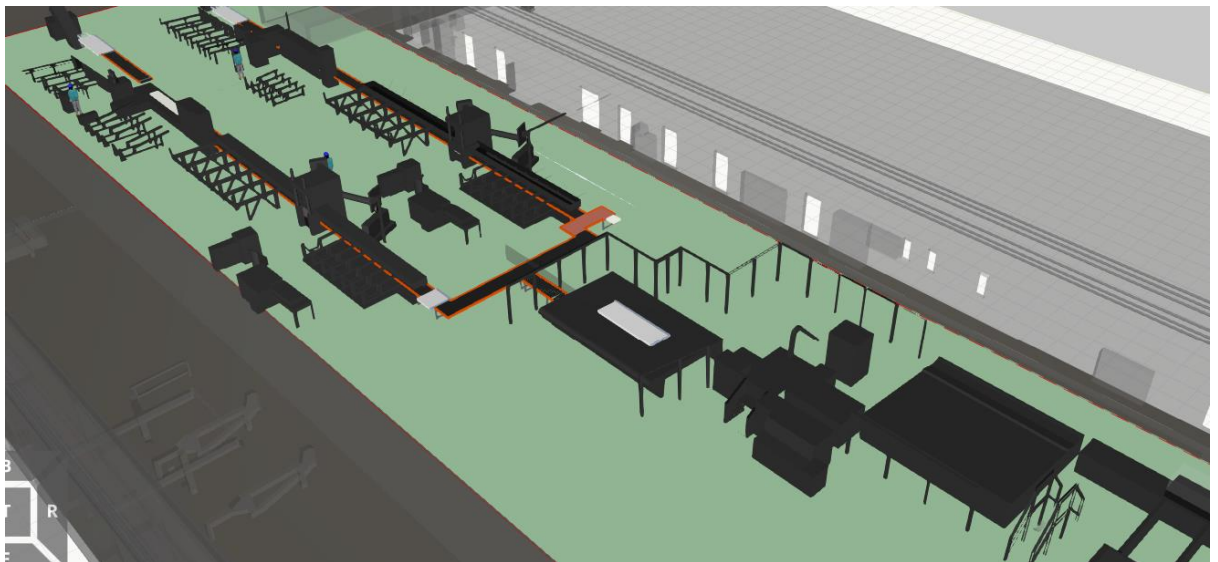
Modellen har skapats efter en befintlig CAD modell över produktionen i MB2:an i programmet Visual Components. Ett missförstånd kring att en 3D-scannad modell av MB2:an skulle finnas att tillgå uppstod, men CAD-modellen ger åskådaren en väl tydlig bild över produktionen.



Figur 8, på nulägesmodell i Visual Components.

4.3 Simulering

Med produktionscellens digitala nivå kartlagd och med utgången att en digital tvilling inte kan skapas, uppstod större fokus kring att påvisa vilket starkt och användbart verktyg simuleringen är. Modellens data speglar inte fullständigt MB2:ans, men det visuella och flödet stämmer överens med verkligheten. En ny layout har skapats för att påvisa styrkan i att simulera, där en extra tvåvalsriktmaskin (den nya rikten antas vara helautomatiserad) implementerats och ett kontinuerligare flöde tillämpats. När simuleringar körs parallellt i de båda modeller syns tydliga skillnader. Simuleringar kördes i 30 virtuella timmar i både nuläget och nyläget. Från nuläget till nyläget ökade produktionen från 466 produkter till 535 produkter, vilket är en ökning på ca 15%. Simuleringen kördes kraftigt förenklad med en snittprodukt av de tio vanligaste produkterna för att simulering ens skulle vara möjligt pga bristande kunskaper i programmet. Vilket leder till att modellen i slutändan hamnar långt ifrån verklighetens resultat i antal produkter. Att spegla en produktion med en sådan extremt stor produktflora med ett enda snitt är ett tillvägagångssätt som inte är optimalt.



Figur 9, på nylägesmodellen i visual components.

5 DISKUSSION

Här framförs reflektioner och tankar kring arbetet. Diskussioner framförs kring datainsamling, digitala tvillingar, simulering och hur Uddeholm kan jobba vidare efter arbetet är slutfört.

5.1 Datainsamling

Arbetet med att samla in data till modellen visade sig vara en mer omfattande uppgift än planerat, även fast stora delar av datan blev tilldelad och inte behövdes samlas in för hand. Vid en produktion med nästa 300 olika stålsorter och med varierande dimensioner, blir dokumenten väldigt stora och en tydlig struktur kring hur data lagras blir ännu viktigare. Även om man skulle ha en cell med moderna mjukvaruprogram som är uppkopplade, behöver man sälla i all data och plocka ut det väsentliga för sin modell ändamål [1]. Det är viktigt att ha ett tydligt syfte med sin datainsamling. Att veta vilken data som är viktig och varför den är det. Det kommer underlätta både i datainsamlingsprocessen och i användningen av data.

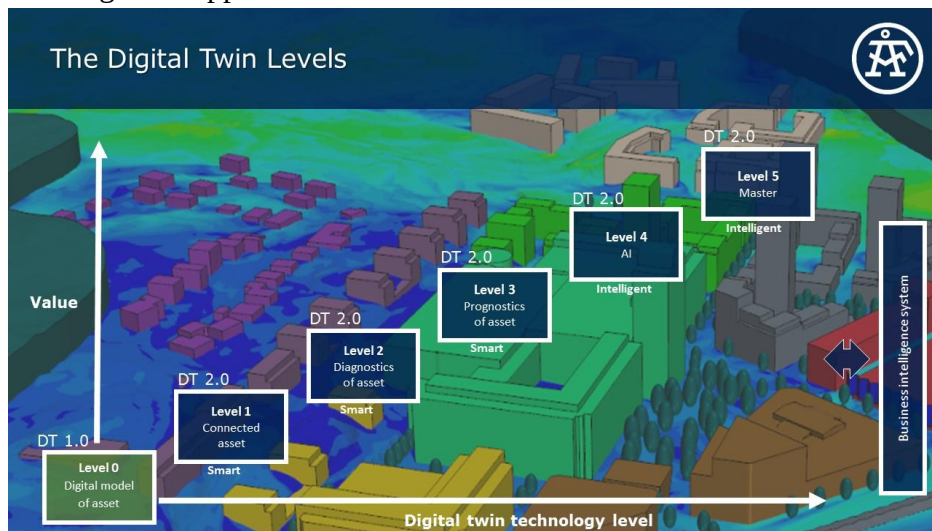
En sak som upptäcktes vid insamlingen av data, var stillestånden i maskinerna. Speciellt hur långa ställtider är på skalsvarvarna och tvåvalsrikten, när man ställer om för att köra andra diametrar, ca 0,5h respektive ca 1-1,5h. Jämförs det med SMED-metoden som japanen Shiego Shino skapade [15], när man har som mål att få ner alla ställtider till under 10 minuter, presenterade i ensiffrigt värde, blir det tydligt att här finns det stor förbättringspotential. Ett underlag för att automatisera cellen är också värdena som kopplas till det organisatoriska. Då bara under perioden maj 2018 - februari 2019 uppstår stillestånd i svarvarna pga luncher och pauser till dryga 350 timmar (vilket kan ses i Tabell 9). Att implementera en grad av automation så maskinerna inte körs med direkt styrning från operatörerna, utan att de efter inlastning klarar sig själva i ca 30 min, skulle kapa markanta tider av stillestånd.

5.2 Digital tvilling

Att skapa en digital tvilling över en produktion som har så många olika produktvarianter visade sig vara en svår uppgift. Närmare 300 olika stålsorter där alla har varierande diametrar och längder, genererar mängder av olika processtider. Det i kombinationen med frånvaro av modern mjukvara i maskinerna som underlättar kopplingen av indata till modellen, placerar cellen på en för låg nivå både i Digital tvillings stegen [6] och Industrie 4.0 [1], vilket gör det hela ogenomförbart. Cellen är helt enkelt för omodern för att en digital tvilling skall kunna skapas. För att möjliggöra skapandet av en digital tvilling krävs en digitalisering och uppkoppling av cellen, men samtidigt också en baktanke och ett syfte med vad man skall ha tvillingen till.

Efter uppvisande för en erfaren doktorand, vid Chalmers tekniska högskola, Jonatan Berglund, blev det bekräftat att det är en väldigt stor uppgift att skapa en exakt digital spegling av en produktion med så stor variation och att det uppgift som sällan utförs, just pga komplexiteten.

Cellen i MB2 ligger i dagsläget på en nivå 0 i ÅF's modell [6]. Några av maskinerna har börjat digitaliserats i liten grad, men totalt sett över cellen når den inte upp till steg 1 Acatechs mognadstrappa.



Figur 1, ÅF:s kategorisering av digitala tvillings nivåer [6].

Att nå upp till nivå 3 i ÅF's modell [6] och till steg 4 i Acatechs [1] anses vara framtida visioner för Uddeholms AB. Då fördelarna som tillhör de slutliga nivåerna skulle vara väldigt användbara för företaget. Att kunna förutspå haverier och stillestånd, samt ha så exakt underlag för nya investeringar som möjligt, är fördelar som väger tungt. Det utöver den visuella och överskådliga bilden av produktionssystem som tillkommer vid tidigare nivåer. Dock innebär det ett krävande arbete, både tidsmässigt och kostnadmässigt att ta sig dit. Vilket gör att visionerna ligger just i, framtiden. Med relativt enkla medel skulle man kunna ta de första stegen i de två modellerna.

Figur 3 (simuleringskurvan) och figur 1 (ÅF:s trappsteg) skulle kunna jämföras och överlappas. Trappstegen i ÅF:s figur kan stoppas in i kurvan i figur 3, och var trappstegen hamnar beror på hur mycket kunskap företaget besitter och/eller vika redskap företaget har, och detta kommer avgöra var varje "trappsteg" hamnar på kurvan. I Uddeholms ABs fall skulle förmodligen steg 0 och 1 vara en rimlig nivå att sikta på till en början. Alltså skulle dessa två steg ligga runt kurvans sweet spot (vid punkten X). Däremot så ligger förmodligen steg 2-5 långt till höger på kurvan, på grund av att de är mer komplexa. Detta visar i sin tur att dessa steg kommer generera mindre värde än de två första lite enklare stegen. Desto mer kunskap, verktyg och förståelse Uddeholms AB införskaffar sig, desto mer kommer "trappstegen" förflyttas åt vänster i kurvan, och då kommer det löna sig att ta ett nytt steg i ÅF:s trappa.

Vid studerande av de olika modellerna ses det att Acatechs steg 1 & 2 [1] måste uppfyllas för att man skall kunna nå första steget i ÅF's [6], alltså de två stegen måste uppfyllas innan man kan skapa en digital tvilling. Att nå dessa steg behöver inte vara en alltför stor uppgift. Äldre maskiner kan i dagens läge enkelt kopplas upp med moderna sensorer som i sin tur överför maskindata via ett nätverk [1].

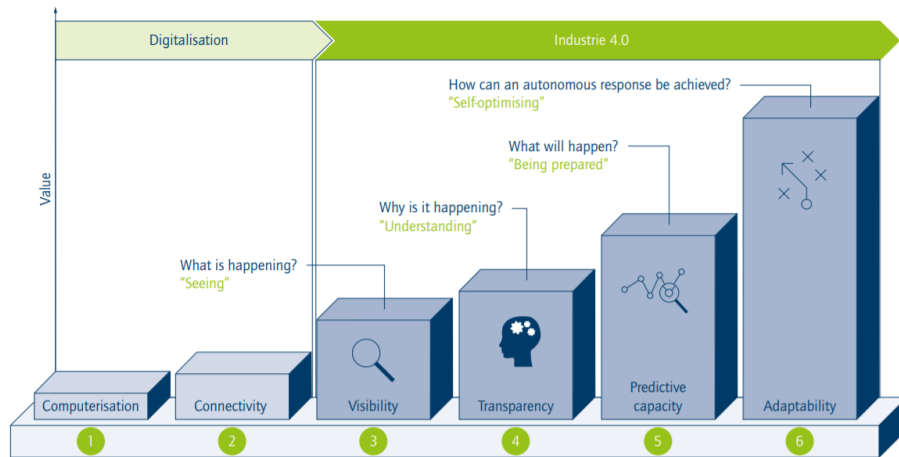


Figure 5: Stages in the Industrie 4.0 development path (source: FIR e. V. at RWTH Aachen University)

Figur 2, representerar Acatechs mognadstrappa kring digitalisering [1].

För att ta de sista stegen till steg 3 respektive steg 4 i ÅF's [6] och Acatechs [1] krävs dock en uppdatering av maskinerna. För att nå dessa stegen krävs det att maskinerna har kraftfulla mjukvaror som gör att de kan tänka själva. Vilket är något som är svårt att implementera på äldre befintliga maskiner.

5.3 Simulering

Relativt enkla och nedskalade modeller visar ett exempel på hur man kan använda sig av simulering när man vill prova sina tänkta förändringar i produktionen. Hanterar man en process med stor produktvariation, krävs dock en del förarbete med den ingående datan i modellen, vilket gör att modellen inte alltid blir fullt så enkel som planerat.

Att programmera både nulägesmodellen och nylägesmodellen, visade sig vara en mycket större utmaning än vad som var trott. På grund av den väldigt stora produktfloran var det svårt att hitta bra snitt och göra bra antaganden kring verkligheten. Det visade sig i ett tidigt skede att större kompetens krävdes inom programmering och simuleringsprogram. Att producera en modell med travers, personal, och även i stora batcher krävdes mycket förkunskap och programmering. Syftet med modellen landade i att visa Uddeholms AB flödet i cellen, snarare än en modell som visar resultat som stämmer överens med den riktiga produktionen. Samt en modell som visuellt visar fabriken och de anställda. Trots att simuleringsmodellen inte blev lika detaljrik som tänkt, så lämnades ändå en modell som visar

flödet i cellen, och även hur ett framtida flöde kan se ut. Detta är något som Uddeholms AB kan jobba vidare med.

En stor lärdom som dragits kring simulationer är det Robinson nämner kring hur detaljerad en modell är i relation med dess exakthet (kan även benämnas som vilket värde modellen innehar). Att när man nått en viss detaljrikhet ökar inte värdet i samma relation som innan. Det som grafen vill påvisa är att man bör tänka över hur noggrann en modell behöver vara för att fungera som investeringsunderlag. Vilket styrker varför man skall använda sig av så enkla modeller som möjligt, men som fortfarande speglar verkligheten och ger ett pålitligt resultat.

5.4 Metoddiskussion

Problem med bland annat datainsamling och validering var något som uppmärksammades under projektets gång. På grund av stor produktvariation blev det svårt att följa, simuleringsprojektets mallen (Figur 4). Eftersom tidsramen var begränsad blev det problematiskt att få fram korrekt data, och sedan kunna verifiera den på ett bra sätt. Därmed blev det även svårt att validera den uppbyggda modellen. Detta var en stor orsak till att modellen byggdes upp som en visuell presentation, och inte som ett analysverktyg för produktion och data. Däremot validerades den visuella representationen. För att kunna skapa en bättre modell som verktyg för data och produktion, bör datan kartläggas bättre i framtiden.

5.5 Hur skall Uddeholms AB arbeta vidare?

Fyra punkter har stadgats upp för att visa hur Uddeholms AB bör arbeta framöver med frågor rörande digitala tvillingar och flödessimulering. Utefter den teorin som studerats i projektet och efter de egna slutsatserna som dragits har de fastställts.

- **Införskaffa sig större förståelse och kunskap kring ämnet.** Varför vill vi investera i en digital tvilling? Vad skall vi använda den till? Vilka förutsättningar har vi i dagens läge för att möjliggöra en konstruering av en tvilling? Vilken nivå siktar vi på i den Digitala tvillingsstegen [6]? Det är exempel på frågor som behöver besvaras innan arbetet med en byggnation av en digital tvilling startar. Att skapa en digital tvilling är en kostsam uppgift vilket gör att den behöver vara befogad.
- **Enkel simulering.** I de flesta fall krävs inte en exakt spegling av produktionen för att få ut trovärdig information som kan användas till underlag för framtida beslut och investeringar [9]. Enklare modeller som ger en representativ bild över processen räcker för att se hur flödet reagerar på förändringar. Enklare simuleringar kan utföras utan en digital tvilling och är ett bra sätt att lära sig mer om vilka användningsområdena som finns för digitala modeller.

- **Datainsamling.** Standardisera hur man samlar in data och sedan hur man lagrar dem. Vid enklare simuleringar kan enormt med tid (se tabell 4) sparas in om det redan finns ett strukturerat sätt att hantera datan på i produktionen. GIGO eller “Garbage In, Garbage Out”[10] är ett vanligt uttryck vid datainsamling, vilket trycker på att man måste säkerhetsställa att den data man lagrar och använder sig av är korrekt. Vanliga typer av information som ofta används vid simulering och bör därför finnas att tillgå på ett enkelt sätt är:
 - Processtider
 - Orderingång/Orderstorlek
 - Stillestånd (MTTR, MTBF, orsak)
 - Ställtider
 - Transporttider (Förflyttning av material i och utanför cellen)
 - Kassering
 - Buffertstorlekar

- **Digitalisering och Uppkoppling.**
 - Implementera modern hård- och mjukvara i maskinerna som kan lagra information. Första steget för att närma sig Industrie 4.0 [1] är att ha en digitaliserad process. En medvetenhet från den översta punkten lägger grunden till var och hur man bestämmer sig för att digitalisera sin process.
 - För att ta sista steget och gå in i den nya industriella revolutionen 4.0 [1] och samtidigt lägga grunden för en digital tvilling [6] krävs det att maskinerna är uppkopplade gentemot varandra och kan kommunicera. Utan detta kan inte en digital tvilling skapas.

6. SLUTSATSER

Uddeholms AB har en strävan och ambitionerna att röra sig mot en mer automatiserad produktion, där operatörernas närvaro vid maskinerna och deras enskilda effektivitet i arbetet blir en mindre betydande parameter för den totala produktionseffektiviteten.

Vilka förutsättningar behövs för att kunna skapa en digital tvilling?

Många företag, har idag möjligheter att skapa en digital tvilling. Även de företag som besitter gamla maskiner i sina flöden har möjlighet att ta första steget i skapandet av en digital tvilling [1], genom att införa sensorer och mjukvara i de gamla maskinerna kan första steget uppnås. Exempelvis skulle Uddeholms AB kunna ta sin produktion i MB2 till första steget av en digital tvilling, med hjälp av denna princip.

På vilket sätt har produktionslinor och/eller produktionsceller nytta av en digital tvilling?

Digitala tvillingar medför många positiva aspekter för industriföretag. Så som: kunna analysera nya flöden och layouter, få indata och prognoser kring produktionsstatus, och i de senare stadierna kunna planera underhåll och stopp. Att kunna planera stopp och serviceunderhåll bidrar till att maskinparken inte behöver stannas upp och därmed ökar tillgängligheten i processen, vilket i sin tur sparar tid och pengar. Även det första steget i ÅFs digital tvillingstrappa visar sig ha många fördelar. Så som att kunna lägga upp planer för produktion, och effektivisera produktionen.

Hur kan digital simulering underlätta och ligga till underlag för olika beslut?

Besitta kunskap internt i ett företag att utföra avskalade och enkla simuleringar är en stark fördel. Att enkelt kunna skapa sig en visuell bild över ett flöde och utvärderas dess funktion, är något som kan vara användbart inom det flesta områden. Vilket kan utesluta dyra externa konsultuppdrag. Även ge en större förståelse och stabilare grund att stå på när väl externa parter tas in för att konstruera modeller och simuleringar.

Den skapade simuleringsmodellen är förmodligen inte tillräckligt exakt för att kunna användas som underlag för beslut. Däremot så visar modellen hur flödet ser ut, och visar även en visuell bild av fabriken. Den kan användas i syften, såsom till exempel visa hur ett nytt flöde ser ut och hur det nya flödet fungerar i en ny layout. För att kunna använda en simuleringsmodell som underlag för beslut, behöver den vara tillräckligt detaljerad för att spegla verkligheten på ett godkänt vis. [9]. Att bygga en mer komplex simuleringsmodell är något som Uddeholm kan jobba vidare med själva. De kan använda den skapade modellen som grund/mall inför framtida simuleringsprojekt.

REFERENSLISTA

- [1] *Industrie 4.0 Maturity Index*, Acatech, München 2017 https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf (Acc 2019-05-15)
- [2] Johansson: *On Virtual Development of manufacturing Systems*, 2006
- [3] *What is Industrie 4.0?*, Plattform Industrie 4.0, Tyskland.
<https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html> (Acc 2019-06-09)
- [4] *WHAT ARE: DIGITAL TWINS and DIGITAL THREADS?* Lawrence S. Gould, Automotive Design & Production, Vol 130 Issue 2, p30, 3p , Gardner Publications, 2008.
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=aa94e341-d288-413b-925e-a9963e17d6a0%40sessionmgr120> (Acc 2019-05-15)
- [5] *Digitalization in industry: Twins with potential*, Siemens,
<https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/the-digital-twin.html> (Acc 2019-05-15)
- [6] *Så gör digitala tvillingar industrin effektivare*. ÅF Pöyry AB, 2018,
<http://www.afconsult.com/sv/nyhetsrum/nyheter/nyheter/2018/sa-gor-digitala-tvilling-industrin-effektivare/> (Acc 2019-05-15)
- [7] Robinson: *The Practice of Model Development and Use*, 2004.
- [8] William of Occam, Pidd: *Tools for Thinking: Modelling in Management Science*, 2003.
- [9] Robinson: Simulation projects: *Building the right conceptual model*, vol.26, no 9, sid 34-36, 1994.
- [10] Robertson, Perera: Simulation practice and theory: *Automated data collection for simulation?* vol.9, no 6-9, sid 349-364, 2002.
- [11] Banks, Carson, Nelson, Nicol: *Discrete-Event System Simulation*, 2004.
- [12] Barring, Nåfors, Henriksen, Olsson, Johansson & Larson: "A VSM approach to support data collection for a simulation model". In *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference*, 2017.
- [13] R. G. Sergeant: "Validation and verification of simulation models". In *Proceedings of the 2004 winter simulation Conference*, 2004.
- [14] Law and Kelton: *Simulation Modelling And Analysis*, 2000.