

Master Thesis

CODEN:LUTMDN/(TMMV-5245)/1-131 /2012



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Simulering av produktionsflöde i ny produktionsanläggning – Greenfield

Louise Hjortsberg
Industriell ekonomi

Amanda Svensson
Maskinteknik

Lund april 2012

INSTITUTIONEN FÖR MASKINTEKNOLOGI

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Förord

Detta examensarbete har utförts under hösten 2011 och våren 2012 på Sandvik SRP AB i Svedala som en avslutning på undertecknades civilingenjörsutbildning i industriell ekonomi respektive maskinteknik vid Lund Tekniska Högskola, LTH. Det har varit en väldigt intressant och lärorik period och vi ser nu fram emot att ge oss ut i arbetslivet.

Ett speciellt tack riktas till Niklas Wackå, som varit vår handledare på Sandvik AB och stöttat oss under arbetets gång. Vi vill även tacka övriga medlemmar i projektgruppen Greenfield för att de alltid tagit sig tid till våra frågor och funderingar. Tack Sabine Blomqvist, Christopher Carlström, Sofia Hedenström, Caj Lindskoug, Ibrahim Mujadzic, Magnus Mårtensson, Jonas Nilsson samt Magnus Nilsson.

Dessutom vill vi tacka alla övriga trevliga och kunniga medarbetare på Sandvik SRP AB för kommentarer, hjälp och delaktighet i enkätstudien.

Vi vill även tacka Jan-Eric Ståhl, professor vid institutionen för industriell produktion vid LTH, för hans idéer och intressanta infallsvinklar. Ett tack riktas också till Fredrik Olsson, universitetslektor vid institutionen för produktionsekonomi vid LTH, för hjälp med litteratur och frågor.

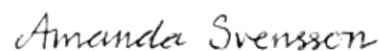
Ett stort tack till våra familjer för allt stöd under hela vår studietid. Slutligen vill vi tacka varandra för positivitet, engagemang och en superb avslutning på våra studier.

Lund, april 2012

Louise Hjortsberg



Amanda Svensson



Sammanfattning

Sandvik SRP AB i Svedala har gjort en stor satsning då man investerat i en helt ny produktionsanläggning med namnet Greenfield. Anläggningen, som kommer tas i drift under 2013, rymmer elva toppmoderna axel- och karusellsvarvar vars syfte är att förädla gjutgods till färdiga artiklar som ingår i stenkrossmaskiner. Målet med Greenfield är att få en tillverkningsanläggning i världsklass med en högre produktionskapacitet än dagens anläggning. Examensarbetets syfte är att ta fram en simuleringsmodell för det planerade flödet i Greenfield i det händelsestyrda simuleringsprogrammet Extend. Effekten av olika förändringar analyseras genom simulering av olika scenarion där batchstorlek, årsvolym och kvalitetsbrister varieras. Resultat erhålles och analyseras bland annat för maskinutnyttjandegrad, buffertytor samt eventuella flaskhalsar. Företagets Lean-arbete sammanfattas i förbättringsprogrammet Nautilus vars principer är ständiga förbättringar och ett strukturerat och systematiskt arbetssätt. I Greenfield vill man arbeta efter Nautilus principer och därför diskuteras även Lean produktion. Simuleringar används med fördel i situationer då objektet inte finns i verkligheten, då det är för komplext eller för dyrt för att testa en förändring. En väl utförd simuleringsstudie kan öka förståelsen för vilka faktorer som är kritiska för att nå ett gott resultat. På Sandvik SRP AB i Svedala har man tidigare inte använt sig av simulering men är positivt inställda då man ser möjligheterna att få information som kan vara till hjälp i olika projekt som bedrivs inför uppstarten av Greenfield. Metoder som tillämpats för datainsamling till modellen är enkätundersökning, interjuver, litteraturstudier och analys av historisk data. Modellen byggs upp med små steg i taget där varje ny förändring testas innan man går vidare i arbetet. Validering är viktigt då fel indata till en simulering riskerar att äventyra resultatens giltighet. Simuleringarna visar att resurserna är väl fördelade och inga flaskhalsar identifieras vid normal produktion. Dock krävs mer kapacitet för att klara av en ökad årsvolym eller enstyckstillverkning. Ytor för lagring av artiklarna inne i Greenfield är begränsade, vilket innebär att det krävs god framförhållning och väl utformade buffertytor. Den simuleringsmodell som tagits fram kan i framtiden användas för att testa förändringar i Greenfield innan de införs i praktiken.

Abstract

Sandvik SRP AB in Svedala has recently made a big investment in a completely new production facility that is called Greenfield. The facility will be ready for production in 2013 and will have eleven top modern axle lathe- and vertical boring milling machines. The machines will process casting to parts for the stone crushers Sandvik SRP in Svedala manufacture. The goal with Greenfield is to get world-class production with higher capacity than today. The aim of the master thesis is to build a simulation model for the production flow in Greenfield in the event-driven simulation program Extend. The outcome from different scenarios are being analyzed where batch size, annual volume and quality defects are the factors being changed. Results regarding for example machine utilization, buffer areas and bottlenecks are obtained and analyzed. The company is working with Lean production through their improvement program Nautilus. Nautilus consists of six principles regarding continuous improvements and a structured and systematic way of working. The goal is also to implement the Nautilus principles in Greenfield, which implies that Lean production philosophies will be apparent. To that purpose, lean production is discussed in the thesis. Simulations are advantageously used if the object does not exist, is highly complex or if tests are too expensive. A properly designed simulation model may increase the understanding of the key factors in achieving a good result. Sandvik SRP AB has no previous experience of simulating production flows. The company is supportive to the simulation project as they found great benefits in obtaining essential information that can be used in other Greenfield projects as well. The data were gathered through surveys, interviews, literature studies and analyses of historical data. The approach for the modeling of the flow is to develop the model in miniscule steps so that any changes made to the model can be continuously evaluated. Validation of the model is very important to avoid invalid results. The simulations indicate that the resources are well distributed and no bottlenecks are identified. However there is a need for a higher capacity to manage an increase in the annual production volume or in one-piece flow. In Greenfield the areas for storage are small and will require a good planning of production and buffer areas. The simulation model created in this thesis can be used for future tests of future changes in production.

Ordlista

Acklimatisering	En aktivitet som krävs innan bearbetning av en artikel för att minimera risken för temperaturspänningar och väta
Assembly	Den funktion på Sandvik SRP AB som ansvarar för montering av stenkrossar
Batch	Produkter som tillverkas i en grupp och inte kontinuerligt en och en
FIFO First in first out	Benämning på kösystem där uppgifter behandlas i den ordning de ankommer till kön
Greenfield	Den anläggning för bearbetning av stenkrossar som är under uppbyggnad och kommer stå klar för produktion under 2013
Konditionering	En aktivitet som kräver att artikeln står rums-tempererad en tid efter rostskyddsplastning för att rostskyddet ska få verkan
Parts	Den funktion på Sandvik SRP AB som ansvarar för bearbetning av artiklar till stenkrossar
PDCA Plan Do Check Act	Cykel inom kvalitetsteknik för systematiskt förbättringsarbete. Även kallad Demingcykeln
PIA Produkter i Arbete	Antalet produkter som befinner sig inom ett produktionsavsnitt vid en viss tidpunkt

Sandvik SRP AB	Verksamheten i Svedala som är en del av affärsområdet Sandvik Construction
Stycktid	Den tid det tar för en artikel att bearbetas i maskin
Ställtid	Den tid det tar att ställa om maskinen mellan olika artiklar
TPS Toyota Production System	Ett produktionssystem där man arbetar för att uppnå bästa kvalitet, lägsta kostnaderna och kortaste ledtiderna genom att eliminera slöseri
Wearparts	Den funktion på Sandvik SRP AB som ansvarar för gjutning

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 FÖRETAGSPRESENTATION	1
1.1.1 Sandvik AB	1
1.1.2 Sandvik Construction	3
1.1.3 Produkter	5
1.1.4 Företagets Lean-arbete, Nautilus	6
1.2 BAKGRUND	7
1.3 SYFTE OCH MÅL	8
1.4 AVGRÄNSNINGAR	8
1.5 RAPPORTENS UPPBYGGNAD	9
2. METOD	11
2.1 METODIK	11
2.1.1 Val av metod	12
2.2 GILTIGHET	12
2.2.1 Studiens giltighet	12
2.3 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	13
2.3.1 Uppstart och planering	14
2.3.2 Datainsamling	14
2.3.3 Modellbygge och simuleringar	17
2.3.4 Resultat och analys av utdata	18
2.3.5 Avslutning	18
3. TEORI	19
3.1 FLÖDESSIMULERING	19
3.1.1 Fördelar	20
3.1.2 Nackdelar	21
3.1.3 Modellverifiering	22
3.1.4 Modellvalidering	22
3.1.5 Vanliga svårigheter	23
3.1.6 Summering och val av simuleringsverktyg	24
3.2 EXTEND	24
3.2.1 Möjligheter och uppbyggnad av Extend	25
3.2.2 Extend8	26
3.3 EXPONENTIALFÖRDELNINGEN OCH DESS ROLL I SIMULERING	29
3.3.1 Definition	29
3.3.2 Egenskaper	30
3.3.3 Exponentialfördelningen, Poissonfördelningen och Poissonprocessen	30
3.3.4 Triangulär fördelning	30
3.4 LEAN PRODUKTION	31
3.4.1 Inledning	31
3.4.2 Toyotas 14 principer	31
3.4.3 Ständiga förbättringar	33
3.4.4 Flöde	34
3.4.5 5S	34

3.4.6	<i>Muda, Muri och Mura</i>	35
3.4.7	<i>Lager</i>	36
3.4.8	<i>Kvalitet</i>	37
3.4.9	<i>Visuell styrning</i>	38
3.4.10	<i>Gemba</i>	39
4.	SIMULERING	41
4.1	BAKGRUNDSFAKTA GREENFIELD.....	41
4.2	SIMULERINGSMODELL.....	43
4.2.1	<i>Flödesschema</i>	43
4.2.2	<i>Modellens uppbyggnad och indata</i>	44
4.2.3	<i>Modellens begränsningar och antaganden</i>	48
4.3	BAKGRUND TILL VAL AV SCENARION	49
4.3.1	<i>Enkätundersökning</i>	50
4.4	SCENARION	52
4.4.1	<i>Normal produktion</i>	52
4.4.2	<i>Enstycksflöde</i>	52
4.4.3	<i>Halverad batchstorlek mot dagens batchstorlek</i>	52
4.4.4	<i>Dubblerad batchstorlek mot dagens batchstorlek</i>	52
4.4.5	<i>Halverad årsvolym</i>	53
4.4.6	<i>Ökad årsvolym</i>	53
4.4.7	<i>Ökad kvalitetsbrist</i>	53
4.4.8	<i>Rostskydds- och transportinplastningsscenario</i>	53
5.	RESULTAT OCH ANALYS	55
5.1	UTDATA FRÅN EXTEND.....	55
5.2	ACKLIMATISERINGSBUFFERT	56
5.2.1	<i>Resultat</i>	56
5.2.2	<i>Analys</i>	57
5.3	BLÄSTER OCH BLÄSTERBUFFERT.....	59
5.3.1	<i>Resultat – acklimatiseringsbuffert bläster</i>	59
5.3.2	<i>Analys – acklimatiseringsbuffert bläster</i>	60
5.3.3	<i>Resultat – utnyttjandegrad</i>	61
5.3.4	<i>Analys – utnyttjandegrad</i>	61
5.4	IN- OCH UT-RUTOR.....	61
5.4.1	<i>Resultat</i>	61
5.4.2	<i>Analys</i>	64
5.5	MASKINER.....	64
5.5.1	<i>Resultat - utnyttjandegrad</i>	65
5.5.2	<i>Analys – utnyttjandegrad</i>	66
5.5.3	<i>Resultat - blockering</i>	67
5.5.4	<i>Analys - blockering</i>	68
5.5.5	<i>Resultat - stillestånd</i>	68
5.5.6	<i>Analys - stillestånd</i>	68
5.6	SVETS.....	69
5.6.1	<i>Resultat</i>	69
5.6.2	<i>Analys</i>	70

5.7 ROSTSKYDDS- OCH TRANSPORTINPLASTNING	71
5.7.1 Resultat.....	71
5.7.2 Analys	74
5.8 TRUCKAR	75
5.8.1 Resultat.....	75
5.8.2 Analys	75
5.9 GENOMLOPPSTID.....	76
5.9.1 Resultat.....	76
5.9.2 Analys	77
5.10 VALIDERING.....	77
5.11 ANALYS UR ETT LEAN-PERSPEKTIV	78
5.12 BATCHANALYS.....	79
6. SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	83
6.1 SLUTSATS	83
6.2 REKOMMENDATION	86
6.3 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	87
REFERENSER.....	88
BILAGA A.....	90
BILAGA B.....	91
BILAGA C.....	96
BILAGA D.....	97
BILAGA E.....	98
BILAGA F.....	102
BILAGA G.....	103
BILAGA H.....	104
BILAGA I.....	105
BILAGA J.....	110
BILAGA K.....	111
BILAGA L.....	116
BILAGA M.....	117
BILAGA N.....	122
BILAGA O.....	125

1. Inledning

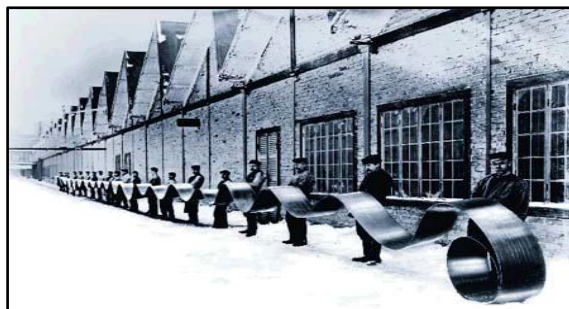
I detta inledande kapitel presenteras Sandvik AB och företagets olika affärsområden kort. Fokus riktas också mot Sandviks Lean-arbete Nautilus, samt beskrivs bakgrunden till arbetet. Vidare redogörs det för arbetets syfte, mål och avgränsningar. Till sist presenteras översiktligt dispositionen för denna rapport samt vad de olika kapitlen innehåller.

1.1 Företagspresentation

1.1.1 Sandvik AB

Sandvik AB är en verkstadskoncern inom metallbearbetning, materialteknik, gruv- och anläggningsindustri. Med sina avancerade produkter är Sandvik världsledande inom tre segment; verktyg och komponenter i hårdmetall, maskiner och verktyg för gruv- och anläggningsindustrin samt produkter i avancerade rostfria material. Koncernen är representerad i 130 olika länder och har cirka 50 000 anställda. Omsättningen år 2011 var 94 miljarder kronor. Sandvikkoncernens medarbetare arbetar efter tre kärnvärden; *Open Mind, Fair Play* och *Team Spirit*.

Sandvik grundades 1862 av Göran Fredrik Göransson. Nedan i Figur 1.1 ses exempel på tillverkningen för 110 år sedan. Då, liksom idag var strategin densamma; hög kvalitet och vidareförädling, satsning på forskning och utveckling, export samt nära samarbete med kunderna (Sandvik 2012).



Figur 1.1 År 1902, Sandvik börjar leverera transportband av stål (Sandvik 2012).

Affärsidé och strategi

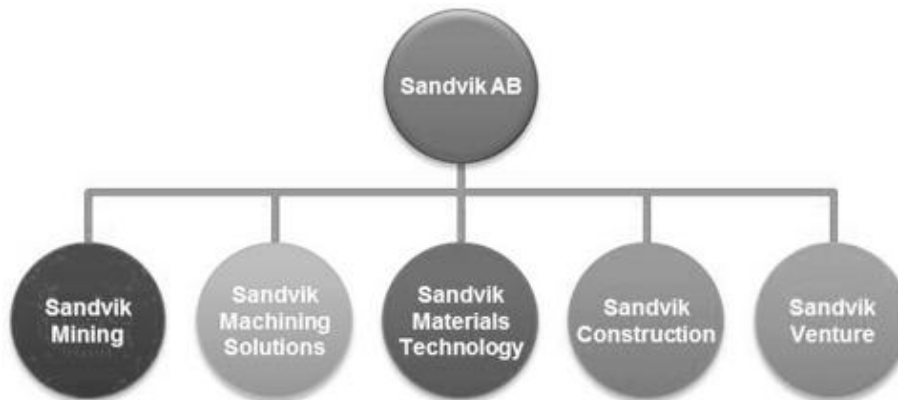
Sandviks affärsidé är att utveckla, tillverka och marknadsföra högteknologiska produkter och tjänster som förbättrar kundernas produktivitet och lönsamhet.

Den 1 januari 2012 trädde en ny koncernstrategi i kraft som är fokuserad på att stärka positionen inom attraktiva marknader och segment, öka lönsamheten och skapa en mer aktiv styrning av verksamheten. Den nya strategin är baserad på fyra huvudpunkter;

- *Ambition* att vara i världsklass inom varje kärnområde
- Ökad *snabbhet* i varje process
- Ökat *fokus* inom valda kärnaffärer
- Bli mer globala i tankesätt och organisation men med starka lokala förankringar (Sandvik 2012)

Organisation

Verksamheten innefattar idag fem olika affärsområden vilka kan ses i Figur 1.2 nedan. Vidare följs en kortare beskrivning av varje område.



Figur 1.2 Sandvik ABs fem affärsområden (Sandvik 2012).

Sandvik Mining

Sandvik Mining levererar världsledande produkter för bergavverkning, bergborring, lastning, krossning samt transportlösningar. Antal anställda är ca 13 200 och omsättningen 2011 var 32 200 MSEK.

Sandvik Machining Solutions

Sandvik Machining Solutions är marknadsledande tillverkare av verktyg och verktygssystem för metallbearbetning med produkter av hårdmetall, diamant, kubisk bornitrid och specialkeramer. Antal anställda är ca 18 500 och omsättningen 2011 var 28 200 MSEK.

Sandvik Materials Technology

Även Sandvik Materials Technology är världsledande och tillverkar förädlade produkter i rostfria stål, speciallegeringar, keramiska och metalliska motståndsmaterial. Antal anställda är ca 8 200 och omsättningen 2011 var 16 300 MSEK.

Sandvik Construction

Sandvik Construction tar fram lösningar för anläggningsindustrin. Produkter kan vara bergborrverktyg, hydraulhammare, borrhjull samt maskiner för krossning och sortering. Antal anställda är ca 3 900 och omsättningen 2011 var 9 200 MSEK.

Sandvik Venture

Sandvik Venture skapar möjligheter för lönsamhet och tillväxt i snabbväxande och attraktiva verksamheter. Antal anställda är ca 4 100 och omsättningen 2011 var 8 100 MSEK (Sandvik 2012).

1.1.2 Sandvik Construction

Sandvik Rock Processing (SRP) i Svedala är en del av Sandvik Construction och är verksamheten där detta examensarbete är utfört. Här tillverkas stenkrossar i olika modeller. Inom SRP finns Process Parts vars mål är att bli en tillverkningsprocess i världsklass med fokus på svarvning och fräsning av stora detaljer (Sandvik Intranät 2012). I Figur 1.3 kan Svedalaanläggningen ses från ovan.



Figur 1.3 Svedalaanläggningen (Sandvik Intranät 2012).

Historia för fabriken i Svedala, Sandvik SRP AB

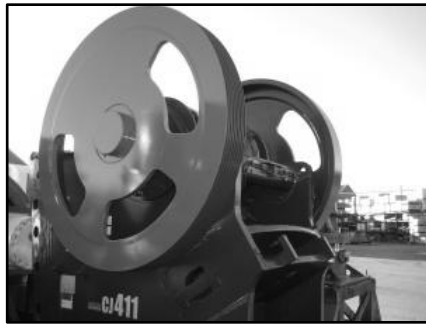
Det hela började redan 1867 då den myndige Åbjörn Anderson skaffade en egen smedja. År 1882 var Åbjörn med och grundade Åbjörn Anderson & Co och verksamheten placerades strategiskt vid järnvägsstationen i Svedala. Verkstadsbyggnaderna inrymde då smedja, gjuteri, maskinverkstad, måleri och lager. Senare kom företaget att bli Åbjörn Anderson Mekaniska Verkstads-aktiebolag som var inriktat på jordbruksmaskiner samt tegelbruksmaskiner. En dag då Åbjörn och Nils Fredriksson, som var anställd ingenjör vid företaget, var ute på en hästvagnstur på usla vägar med obearbetad sten fällde Nils Fredriksson orden:

”Det vore väl också fan, om det inte skulle kunna göras en maskin, som krossade de här stenarna, utan att det skall ske med vagn.” (Fredriksson, 1950)

Så föddes idén till en liten, lätt och transportabel stenkross. Företaget utvecklades i snabb takt och blev senare AB Åbjörn Andersson. Sonen Herman Åbjörnsson tog över efter faderns död 1922 och krossmaskinerna var något av ett signum för verksamheten. 1970 gick AB Åbjörn Anderson ihop med Arbrå Verkstads AB, som hade en nästintill identisk produktion. Namnet blev Svedala-Arbrå AB. År 2001 köptes Svedala-Arbrå av Sandvik AB och blev en sektor inom Sandvik som gavs namnet Sandvik Rock Processing (SRP). Svedala-Arbrå fick då namnet Sandvik SRP AB (Bergman 2007).

1.1.3 Produkter

I Svedala tillverkas huvudsakligen två olika typer av stenkrossar: käftkross, se Figur 1.4, och konkross, se Figur 1.5. De tillverkas i en rad olika varianter.



Figur 1.4 Käftkross (Sandvik 2012).



Figur 1.5 Konkross (Sandvik 2012).

Käftkross

Ramen består av två sidoplatror, en främre del av gjutgods med försänkningar samt en rörlig käke. Käkens rörelse gör att stenen krossas mot den fasta gjutgodsdel. Krossen har en hög kapacitet och kan ställas om för att erhålla önskad storlek på stenkrosset.

Konkross

Processen för denna robusta kross bygger på att ingående stenar slungas ut mot innerväggar när de träffar den roterande konan i krossens mitt. Krossens ovala axel bidrar till konans oscillerande rotationsrörelse. Med hjälp av hydraulik kan konan justeras och olika storlekar på stenkrosset erhållas. För en genomskärningsbild på en konkross, se Figur 1.6.



Figur 1.6 Konkross i genomskärning.

1.1.4 Företagets Lean-arbete, Nautilus

På Sandvik arbetar man efter sex principer som bygger på hur man på ett strukturerat och systematiskt sätt ska agera och uppträda i allt som görs. Strävan är att alltid tillämpa ständiga förbättringar i det dagliga arbetet.

I Svedala tog Lean-arbetet fart på riktigt år 2009. I Figur 1.7 nedan åskådliggörs Nautilussnäcken som innehåller de principer man arbetar efter. Där efter följer en mer ingående beskrivning av var och en av principerna.



Figur 1.7 Sandviks Leanprinciper sammanfattat i Nautilussnäcken (Sandvik Intranät 2012).

Kundvärde

I allt arbete är både den interna och externa kunden i fokus i syfte att uppfylla det kunden behöver med rätt kvalitet, till rätt kostnad och i tid. Kunskap, service och produkter är ledord för att uppnå detta.

Säkerhet

Enligt Nautilus andra princip innebär en säker arbetsplats alltid en god psykisk och fysisk hälsa, där anställda är säkra och trygga. Denna princip sträcker sig också ut till återförsäljare, kunder och alla individer eller företag som associeras med Sandvik.

Standardiserade processer

Att en process är standardiserad innebär att de är väldokumenterade och att det finns specifikationer och instruktioner för alla moment. Detta ihop med bästa utförandet leder till det effektivaste arbetssättet. Denna princip är en nyckel för principen om ständiga förbättringar.

Kommunikation

Inom denna princip ingår att påverka sättet vi agerar, känner och tänker genom att skapa, processa och dela information utan fördomar genom hela organisationen. Kommunikation är en plattform för att dela och tillföra erfarenheter.

Rätt från mig

Rätt från mig innebär att alltid leverera rätt kvalitet vidare till den interna eller externa kunden. Strävan är att göra rätt första gången men om problem uppstår skall detta signaleras omedelbart. Detta för att så snabbt som möjligt hitta grundorsaken och åtgärda både felet och felkällan.

Ständiga förbättringar

Arbetssättet ska vara baserat på ständiga förbättringar där alla anställda är involverade och kan använda sina kunskaper för att steg för steg utveckla arbetet (Sandvik Intranät 2012).

1.2 Bakgrund

Sandvik Rock Processing, SRP, i Svedala står inför en stor förändring. En helt ny anläggning för bearbetning av nyckelkomponenter till Sandviks stenkrossar håller på att ta form och beräknas vara i full drift under 2013. Den nära 6000 kvadratmeter stora anläggningen heter Greenfield och kommer att förses med toppmodern produktionsutrustning. Anläggningen kommer att byggas på det stora fältet som kan ses i överkant i Figur 1.3. Anledningen till att man bygger en ny anläggning är att den befintliga verksamhetens maskinpark är gammal. Målet med den nya anläggningen är att få en tillverkningsanläggning i världsklass med en högre produktionskapacitet än dagens anläggning. I dagens anläggning korsar många flöden varandra och många buffertområden är dåligt utformade. Det finns ett behov av att simu-

lera flödet inne i den nya anläggningen för att kunna avgöra hur olika funktioner påverkar varandra i olika scenarion, samt hur produktmixen och ytbehovet i buffertar kan komma att bli vid olika scenarion. Idag bedrivs det olika projekt med olika fokus och omfattning i Greenfieldprojektet. I simuleringsstudien samlas information in från de olika projekten och resultatet kommer att ge en helhetsbild av flödet i Greenfield. I Greenfield vill man arbeta efter Nautilus principer och därför kommer även Lean produktion diskuteras.

”Visionen för projektet är att etablera världsledande tillverkning av krossar.” – Magnus Nilsson, Projektledare Greenfield (Sandvik Intranät 2011)

1.3 Syfte och mål

En djupare kartläggning av produktionsflödet i Greenfield genomförs. Huvudsyftet är att skapa en giltig simuleringsmodell över flödet i den nya anläggningen Greenfield för ett antal olika scenarion samt analysera utfallet från dessa. Målet är att presentera resultat från simuleringsmodellen i form av buffertstorlekar, utnyttjandegrader samt eventuella flaskhalsar. En enkät genomförs för att kunna analysera de förväntade förbättringarna i Greenfield för en rad faktorer inom Lean produktion. De olika scenariona analyseras utifrån Lean och modellens resultat för att kunna ge rekommendationer till företaget hur man på ett bra sätt kan tillämpa Nautilus i Greenfield.

1.4 Avgränsningar

För att kunna genomföra simuleringen på ett smidigt sätt utan att riskera att simuleringsmodellen innehåller onödiga detaljer som inte ger något mervärde har författarna gjort vissa avgränsningar.

- Simulerar endast Greenfield, ej befintliga verksamheten
- Endast artiklar som är planerade att bearbetas i Greenfield beaktas i modellen
- Simulering av uppstartsfasen genomförs ej. Endast simulering vid full produktion med alla maskiner på plats

1.5 Rapportens uppbyggnad

Kapitel 1 – Inledning

I det första kapitlet introduceras rapportens ämne. Kapitlet innehåller en presentation av företaget, bakgrunden till studien samt syfte, mål och avgränsningar.

Kapitel 2 – Metod

I det andra kapitlet redogörs för olika tekniker och metoder som kan användas vid forskningsprojekt. Val av metodik och tekniker som används under arbetsgången presenteras också.

Kapitel 3 – Teori

I det tredje kapitlet presenteras den teoretiska referensramen. Flödessimuleringens möjligheter samt simuleringsstudiers fördelar och nackdelar introduceras från olika perspektiv. Programmet som har används i denna studie, Extend, presenteras närmare samt beskrivs begreppet Lean produktions verktyg och filosofier.

Kapitel 4 – Simulering

I det fjärde kapitlet beskrivs modellen och dess uppbyggnad ingående. Data som förts in som indataparametrar i modellen presenteras på ett överskådligt sätt.

Kapitel 5 – Resultat och analys

I det femte kapitlet presenteras resultaten från simuleringsmodellen. Utdata analyseras och jämförs från olika simulerings scenarion.

Kapitel 6 – Slutsats och rekommendation

I det sjätte och sista kapitlet presenteras vilka slutsatser som kan dras efter analysen av simuleringsresultaten. I detta avslutande kapitel ingår även rekommendationer till företaget om hur de kan använda resultaten och göra vidare analyser.

Referenser

Bilagor

2. Metod

I detta kapitel beskrivs olika metoder och tekniker samt valet av metod. Tillvägagångssättet för arbetets gång presenteras och en mer djupgående beskrivning av varje steg görs.

2.1 Metodik

En metodik kan vara fix eller flexibel (Robson 2002 se Höst et al 2006). En flexibel metodik kan ändras i takt med att förutsättningar ändras under studiens gång medan en fix till största del är definierad innan genomförandet påbörjats. Exempelvis kan man inte ändra eller lägga till frågor till en enkät då man redan skickat ut enkäten till hälften om man vill ha jämförbara resultat. Nedan beskrivs de fyra metoder som är mest relevanta inom tillämpade vetenskapsområden (Höst et al 2006).

- *Kartläggning* – Är att beskriva en företeelse. Frågeundersökning med beskrivande och förklarande syfte. Vid större grupper görs ett urval
- *Fallstudie* – Är att på djupet beskriva ett fenomen eller objekt. Beskriver ett specifikt fall. Tekniker för datainsamling är intervjuer, observationer och arkivanalys
- *Experiment* – Är att förklara vad olika fenomen beror på och hitta orsakssamband
- *Aktionsforskning* – Är en forskning i syfte att förbättra något. Observation → Lösning → Utvärdering, nära besläktat med PDCA-cykeln. Plan → Do → Check → Act

Av de fyra ovanstående metoderna är aktionsforskning och fallstudier ofta flexibla. Kartläggning och experiment är däremot fixa. Triangulering kallas det då flera olika av metoderna kombineras. Detta används ofta för att på ett lättare sätt täcka in det man studerar.

2.1.1 Val av metod

Under arbetets gång tillämpas såväl kartläggning som fallstudier genom enkät och simuleringsmodell. Metoden som valts blir således triangulering.

2.2 Giltighet

Det finns tre kategorier av giltighet beroende på vad man avser. Att slutsatserna är väl underbyggda handlar om reliabilitet. Validitet handlar om att man verkligen mäter det man avser mäta. Representativitet menas med att slutsatserna är generella. Vad som krävs för att uppnå hög giltighet beskrivs noggrannare genom de tre begreppen nedan.

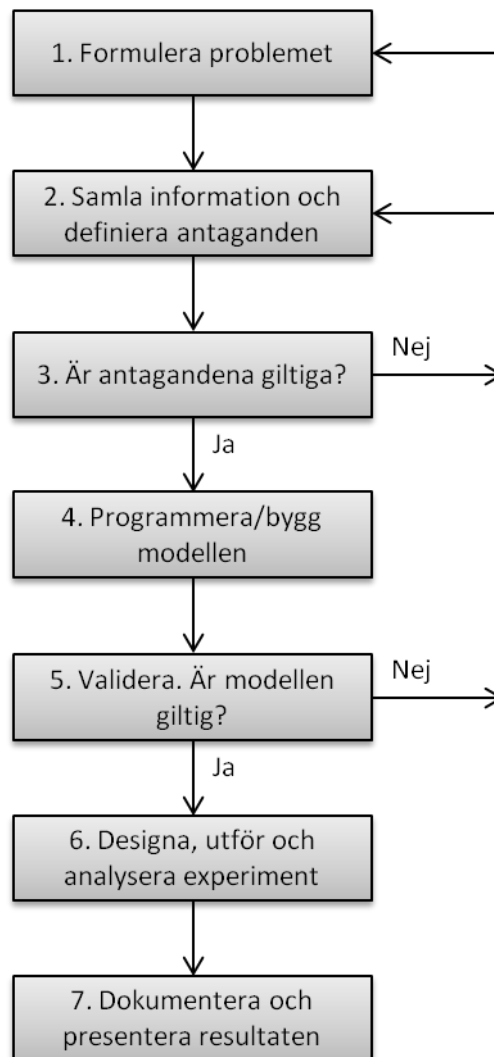
- *Reliabilitet* – noggrann datainsamling och analys. Redovisa tillvägagångssättet tydligt. Urvalsmetod är också viktigt
- *Validitet* – tillämpning av triangulering för att studera samma objekt med olika metoder
- *Representativitet* – detaljrik beskrivning av den undersökta kontexten. Även här är urvalet viktigt, bortfallet får inte bli för stort eller drabba en viss kategori (Höst et al 2006)

2.2.1 Studiens giltighet

Då enkäten genomförs utformas den på ett sätt som säkerställer reliabiliteten genom att dela ut enkäten enbart till de som har insikt i Greenfieldprojektet samt att de överlämnades personligen. Den personliga överlämningen samt alternativet ”Vet ej” bidrog även till att bortfallet inte blev för stort. Vid simuleringen används historisk indata med försiktighet då denna med stor sannolikhet ej kommer spegla verkligheten i Greenfield. Dock utgör många av de indata-källor som använts ett hot mot giltigheten då inga indata kan mätas eller observeras på grund av att arbete i anläggningen är i planeringsstadiet.

2.3 Tillvägagångssätt

Vid framtagandet av en simuleringsmodell finns en struktur för arbetet framtagen av Law (2009). Denna struktur som innehåller sju steg presenteras i Figur 2.1.



Figur 2.1 Struktur för modellbygge (Law 2009).

Strukturen representerar arbetsgången på ett tillfredställande sätt men författarna har valt att sammanfatta arbetsprocessen, med inspiration från Law, mer utförligt i följande i fem steg:

1. Uppstart och planering
2. Datainsamling
3. Modellbygge och simuleringar
4. Resultat och tolkning av utdata
5. Avslutning

2.3.1 Uppstart och planering

Målen med arbetet definieras och en projektplan upprättas. Det är viktigt att målen är realistiska under de förutsättningar som råder. Alla inblandade parter ska godkänna de detaljerade projektspecifikationerna (Höst et al 2006). En detaljerad planering av olika aktiviteter görs i form av ett Gantt-schema.

I detta projekts uppstartsfas spenderas mycket tid till att formulera projektet och utforma projektplanen. Målet är att leverera konkreta resultat inom den utsatta tidsramen.

2.3.2 Datainsamling

Data som samlas in kan enligt Lekvall och Wahlbin (2001) delas upp i primär- och sekundärdata. Primärdata avser data man själv samlar in från den ursprungliga källan medan sekundärdata redan finns insamlad i tidigare undersökningar eller befintlig statistik. Genom att systematisera datainsamlingen kan man få ut mer av de mätningar man gör (Höst et al 2006). Under arbetets gång har datainsamlingen skett parallellt med nästa steg, modellbygge och simuleringar. Då simuleringsmodellen utvecklats steg för steg har ny indata behövts och datainsamlingen har då fortlöpt samtidigt som modellbygget. Då vetenskapliga studier utförs finns många olika metoder för att samla in och bearbeta data (Björklund och Paulsson 2003). Nedan beskrivs några av de vanligaste och som också använts under arbetets gång.

Litteraturstudier

Vid litteraturstudier samlas sekundärdata in från till exempel böcker och tidskrifter, vilket innebär att man måste vara försiktig med att lita på materi-

al då det kan vara vinklat (Björklund och Paulsson 2003). Att ifrågasätta källors relevans och trovärdighet är väldigt viktigt i arbeten som utförs på ett vetenskapligt vis. Väl genomförda litteraturstudier minskar risken att förbise redan gjorda lärdomar. Att bilda sig en helhetsuppfattning om nuläget är viktigt som utgångspunkt. Grundliga litteraturstudier kräver djup ämneskunskap och noggrann planering (Höst et al 2006).

Fokus i detta projekts litteraturstudier är att använda böcker med så aktuell information och forskning som möjligt. Syftet med texterna har diskuterats för att undvika texter som på något sätt är vinklade.

Intervjuer

En intervju ger tillgång till information som är direkt relaterad till studiens syfte samt möjlighet till djupare förståelse kring ämnet. Intervjuer innebär utfrågningar av personer genom direktkontakt eller via telefon. Det är primärdata som samlas in och det finns olika former för att samla in data genom intervju. I en strukturerad intervju är alla frågor bestämda och tas upp i en bestämd ordning. I en semi-strukturerad intervju är endast ämnesområdet bestämt och frågor tas upp och formuleras efterhand intervjuaren anser det lämpligt. Det förekommer även ostrukturerade intervjuer där frågorna formuleras efterhand där intervjun kan liknas vid ett samtal (Björklund och Paulsson 2003).

I detta projekt genomförs intervjuerna i syftet att få bättre förståelse för ett problem eller för att verifiera att insamlad data är giltig. De flesta intervjuer är genomförda genom direktkontakt med den intervjuade personen. Det är möjligt då många av de personer som varit av intresse att intervjuas finns tillgängliga i samma arbetslokal. De personer som inte arbetar i direkt anslutning befinner sig på gångavstånd. Strukturen i intervjuerna varierar mellan semi-strukturerad och ostrukturerad. Många intervjuer börjar semi-strukturerade med bestämda frågor men övergår efterhand till att likna ett samtal.

Enkäter

En enkät är ett frågeformulär med fördefinierade svarsalternativ och fasta frågor. Svaren fylls i själv av den tillfrågade personen genom att exempelvis kryssa i rutor (Höst et al 2006). Enkäter innebär att man kan samla in en stor

mängd data till en förhållandevis liten arbetsinsats. En nackdel är att miss-tolkningar lätt kan göras och att man i jämförelse med intervjuer får korta svar (Björklund och Paulsson 2003).

Då urvalsramen är utvald väljer man ut vilka enkäten ska skickas till enligt någon av följande principer:

- *Totalundersökning* – Samtliga personer i urvalsramen. Möjligt för små populationer
- *Obundet slumpmässigt urval* – En delmängd av urvalsramen väljs ut med hjälp av ett slumpantal och där alla individer har samma sannolikhet att väljas ut
- *Systematiskt urval* – Var N:te individ väljs ut. Risk finns om det finns periodicitet i listan
- *Klusterurval* – Då urvalsramen är grupperad i kluster gör man ett så kallat tvåstegsurval. Enligt slumpmässigt urval väljs först vissa kluster ut, därefter väljs individer i klustret ut till vilka man sänder enkäten
- *Stratifierat urval* – En systematisk skillnad mellan klustren finns. Klustren tillhör olika strata, kategorier, och ur dessa kategorier väljs personer ut till enkäten. Denna princip är mycket tillämpbar då storleken på kategorierna är olika stor, eftersom urvalsandelen inte behöver vara lika stor i alla kategorier (Ejlertsson 2005 se Höst et al 2006)

Till den enkätundersökning som genomförts är personer utvalda med tanke på att de har positioner i företaget som förutsätter att de har tillräcklig kännedom om ämnet i enkäten. De förväntas kunna besvara frågorna på ett tillfredställande sätt. Olika yrkeskategorier är representerade i urvalsgruppen för att enkätsvaren kan förväntas att variera beroende på vilken roll man har. I dessa yrkeskategorier som motsvarar klusterna är personer med kännedom om ämnet utvalda. Urvalet är således stratifierat.

Av de fyra olika mätskalorna för variabler som Lekwall och Wahlbin (2001) diskuterar; nominalskala, ordinalskala, intervallskala och kvotskala är intervallskalan den som valts ut för enkätstudien. Denna skala passar särskilt bra då medelvärde och standardavvikelse ska beräknas. Att beräkna standardav-

vikelsen och inte bara medelvärdet i samband med enkäter är mycket viktigt för att även få en bild av spridningen på svaren. Då enkäten är utlämnad vill man att bortfallet blir så litet som möjligt. Bortfall kan delas upp i internt (enstaka frågor i enkäten besvaras ej) och externt (personer som ej svarar alls på enkäten). Det interna bortfallet reduceras främst genom att enkäten utformas väl (Höst et al 2006).

Loggbok

I loggboken dokumenteras vad som gjorts och när. Den publiceras inte i rapporten men är en viktig källa till data som används i rapporten. Till exempel redogörs för val som görs baserat på insamlad och bearbetad data (Höst et al 2006).

Under arbetsgången dokumenteras beslut, anteckningar, möten, intervjuer och författarnas reflektioner i en elektronisk loggbok. Denna uppdateras varje dag för att inte riskera att glömma viktiga data eller beslut.

2.3.3 Modellbygge och simuleringar

Modeller är en förenkling av verkligheten och kan tas fram i syfte att kunna analysera ett visst fenomen eller för att modellen har ett värde i sig. Härigenom kan bland annat olika scenarion tas fram. Då modelldesignen avgörs innebär det enligt Höst et al (2006) att beslut tas kring tre viktiga områden:

- *Avgränsning* – Omfånget får inte vara för stort så att modellen blir ohanterlig men måste vara tillräckligt stor så att de viktiga aspekterna kommer med
- *Indata och utdata* – Indata som har störst inverkan på det modellerade fenomenet bör väljas i första hand. Indata är de parametrar som varierar medan utdata är det man vill analysera
- *Abstraktionsnivå* – Genom att ha en detaljerad modell fångar man många aspekter. Risker är dock att en del aspekter inte är viktiga för att kunna analysera fenomenet och bidrar istället till en mycket komplex och överskådlig modell

Detta steg i arbetsgången tillsammans med datainsamlingen är det mest tidskrävande. Då data samlats in ska den anpassas för att passa in i mo-

dellens logik. Att bygga modellen enligt verkligheten med alla kopplingar och få indata bekräftade är ett omfattande arbete. Valideringen ingår också här för att bekräfta att modellen är giltig. Valideringen har skett genom test-simuleringar där utdata jämförts med förväntat utfall. Resultaten av simuleringen har även jämförts med analytiska beräkningar, för att ytterligare validera simuleringsresultatens giltighet.

2.3.4 Resultat och analys av utdata

Utdata bearbetas och analyseras med hjälp av den teoretiska referensramen. Majoriteten av innehållet i detta avsnitt utgörs av författarnas egna tankar. Diskussioner förs och samband och mönster eftersöks. Alla moment måste beskrivas väl för att andra läsare ska kunna dra egna slutsatser och granska materialet (Björklund och Paulsson 2003).

2.3.5 Avslutning

Avslutningen innebär att rapporten sammanställs och presenteras.

3. Teori

I detta kapitel presenteras den teoretiska referensramen. Teori kring flödes-simulering inom produktion och exponentialfördelningens betydelse för simuleringsstudier tas upp. Vidare beskrivs det händelsestyrda simuleringsprogrammet Extend och dess uppbyggnad ingående. Kapitlet tar även upp begreppet Lean produktion och vilka verktyg och tankesätt en Lean produktion innebär.

3.1 Flödessimulering

Alla flödessimuleringar bygger på att man har en dynamisk modell av ett system. Den dynamiska modellen består av objekt med tillstånd och beteende. Objektets beteende styrs av vilket tillstånd det befinner sig i. Vanligtvis tillämpar man en kontinuerlig simuleringstid eller en diskret simuleringstid. Då en diskret simuleringstid tillämpas blir simuleringen händelsestyrd. Simuleringen bygger på att objekten tilldelas attribut och metoder. Attributen representerar objektens tillstånd som styr dess beteende (Ståhl 2010). Händelser kommer endast ske baserade på aktiviteter som skall inträffa enligt en aktivitetslista. Simuleringsmodellen tar inte hand om aktiviteter under själva processen, utan endast startar och stoppar dessa. Till skillnad från analytiska metoder har simuleringsmodeller även möjlighet att beakta systemets variation och statistiska beroenden. Simuleringsprojekt har varierande storlek och kan innefatta olika resurser med olika kompetens. Dock innefattar de allra flesta simuleringsprojekt följande steg:

1. Datainsamling
2. Byggande av modell
3. Tester för att verifiera modell
4. Simuleringsexperiment
5. Analys av resultatet (Ståhl 2010)

3.1.2 Fördelar

Simuleringar har blivit ett allt viktigare verktyg för att analysera, planera, utveckla och optimera tillverkningsystem. Möjligheten ges att analysera befintliga eller framtida planerade system. Antalet företag som väljer att använda sig av simuleringar ökar i takt med att produktframtagningen blir komplexare med större krav på parallella processer. Nedan beskrivs olika tillfällen då det är fördelaktigt att simulera:

- Då objektet inte finns i verkligheten. Exempelvis en simulering av en ny och ännu inte byggd fabrik
- Då det är för komplicerat att testa en förändring
- Då det är för dyrt att testa en förändring i verkligheten. Exempelvis är man inte tvungen att stänga ner produktionen och förlora dyrbar produktionstid för att undersöka en förändring
- Då det är för farligt att testa en förändring
- Då det tar för lång tid att testa en förändring (Ståhl 2010)

De vinster man kan uppnå med simulering är bland annat:

- En minskad igångkörningsperiod
- Hitta problem innan de uppstår
- Beslutsunderlag för avgörande beslut
- Gemensam bild av produktion för ledning, operatör, underleverantör etc.
- Regler för produktionsstyrning och planering

I takt med att tekniken utvecklas kan man få fram mer komplexa simuleringar. Simuleringar av system kan underlätta i beslutsprocesser då de kan ge viktig information. Nedan nämns exempel på hur en tillverkningsprocess kan förbättras genom analys av resultat från flödessimulering:

- Flaskhalsar kan identifieras och alternativa lösningar på flödet kan simuleras för att eliminera flaskhalsen
- Överkapacitet kan identifieras och man kan minska antalet resurser eller införskaffa resurser med lägre prestanda. Det ger en mer välproportionerad anläggning med lägre kostnader

- Minska tidsåtgång för omställningar mellan olika produkter. Simulering ger möjligheten att testa och analysera olika situationer och komma fram till den bästa lösningen
- Öka förståelsen hos personalen kring vilka faktorer som är kritiska för att man ska uppnå ett gott resultat
- Få möjligheten att förstå att vissa ovanliga problem kan uppstå och få tid på sig att utarbeta en åtgärdsplan innan problemen uppkommer i verkligheten (Ståhl 2010)
- Reducera antalet produkter i arbete (PIA) och optimera produktmix
- Resultaten kan komma att bli del i beslutsunderlag för avgörande beslut (DELFOi 2012)

Pegden et al, se Banks et al (2005) nämner också följande fördelar med flödessimulering:

- Få insikt i betydelsen för variabler för systemets prestation
- Få insikt i hur systemet uppträder istället för hur personer tror att systemet uppträder
- Hypoteser om hur och varför särskilda fenomen uppstår

3.1.2 Nackdelar

Även om simulering är ett bra verktyg finns det nackdelar och riskmoment med simulering som alltid bör beaktas. Begränsningar och förenklingar som förts in i simuleringsmodellen kan resultera i en felaktig bild av processen. Nedan beskrivs några av nackdelarna och riskerna med simulering:

- Fel indata ger farlig utdata. Man bör alltid kritiskt granska de resultat som erhålles av en simulering
- Simulering i sig kan inte lösa problem utan lösningar måste komma ut av att resultatet tolkas på ett korrekt sätt
- Modellering och analys är mycket tidskrävande och kostsamt. Att ta fram en simuleringsmodell tar ofta längre tid än beräknat och det finns stor risk för att tidsramen inte kommer att hålla
- Den mjuk- och hårdvara samt licens som krävs för att kunna använda ett simuleringsverktyg är dyr

- Den simulerade modellen kommer aldrig att helt överensstämma med verkligheten och det kan medföra vissa problem
- Simuleringen kommer antagligen bli bättre om personen som utför den är van vid att simulera
- En 3D-visualisering av processen med felaktiga eller för enkla modeller kan ge en felaktig uppfattning om komplexiteten. En annan risk med visualisering är att den kan ta för stor del i anspråk på kostnad av datainsamling och analysarbete (Ståhl 2010)

3.1.3 Modellverifiering

Modellverifiering är processen att säkerhetsställa att alla delar i modellen fungerar som förväntat, givet logiken. Ett sätt att göra detta är att bygga modellen med en teknik som innebär små stegvisa förändringar och påbyggningar. Efter varje litet steg som inneburit en förändring testas modellen för att kontrollera att den uppträder som förväntat. Ett annat tillvägagångssätt för modellverifiering är att skala ner modellen till en väldigt enkel modell där resultatet enkelt kan räknas ut. Det kan bland annat göras på följande sätt:

- Ta bort all variation och få en deterministisk modell
- Kör den deterministiska modellen två gånger. Samma resultat ska då uppstå
- Koppla bort delar som påverkar varandra för att se hur de uppträder en och en
- Kör modellen med animering för att se flödet grafiskt (Laguna och Marklund 2005)

Då modellen har verifierats måste den bli validerad.

3.1.4 Modellvalidering

Validering är en mycket viktig del vid simuleringsstudier. Med modellvalidering menas att bestämma om simuleringsmodellen representerar den verkliga processen. För att validera behövs jämförelse mellan modellen och den verkliga processen i form av vissa mätetal. Modellbyggaren kan även be en

som har mycket god kännedom om processen titta på modellen då den kör för att godkänna modellens beteende. Simuleringen kan även jämföras med historisk data för att validera att modellen uppträder på samma sätt som verkligheten (Laguna och Marklund 2005).

Det är ofta svårt att validera modellen till fullo då någon del av modellen kanske inte existerar i verkligheten. Det kan till exempel handla om en monteringslina där utbyggnad för kapacitetsökning är under designstadiet (Kelton och Law 2000).

Kelton och Law (2000) uppmärksammar också faran med att ersätta en sannolikhetsfördelning med medelvärdet. Det kan ske då det saknas information om den faktiska fördelningen eller då det saknas förståelse för sådana fördelningar. Utdata kan då bli felaktig eftersom denna beror både på medelvärde och varians.

3.1.5 Vanliga svårigheter

Enligt Law (2009) finns en rad svårigheter med simulering som kan äventyra validiteten. Dessa är:

- Data är inte representativ för vad man egentligen vill modellera
- Data är inte av dess lämpliga typ eller format. Den största källan till variation i simulering av ett tillverkningsavsnitt är vanligtvis slumpmässiga stillestånd på maskinerna. Ofta finns information om maskinernas haveri men i fel format. Exempelvis så kan den vara baserad på tid som inkluderar ledig tid
- Data kan innehålla mät- eller avrundningsfel
- Data kan vara påverkad på grund av egenintresse. Exempelvis kan underhållsavdelningen rapportera att maskiner går bättre än vad de gör i verkligheten för att få bättre statistik till avdelningen
- Data är insamlad under okända förhållanden

3.1.6 Summering och val av simuleringsverktyg

Då simuleringsprogram ska väljas ut är det viktigt att ta hänsyn till en rad funktioner som kan sammanfattas i:

- Allmänna aspekter såsom flexibilitet och användarvänlighet
- Hårdvaru- och mjukvaruöverväganden
- Animering
- Statistiska funktioner
- Support och dokumentation
- Utdatarapporter och plottar (Kelton och Law 2000)

Sammanfattningsvis är simulering ett bra verktyg i många avseende då man vill testa förändringar eller implementera nya tillverkningsavsnitt. De två största fördelarna är att det är tids- och kostnadseffektivt i jämförelse med att testa förändringen i verkligheten. Dock finns också nackdelar med simulering, främst att modeller är svåra att utforma så de helt stämmer med verkligheten. Det finns även en risk att projektet med modellbygget och analys i många fall tar längre tid än beräknat (Kelton och Law 2000).

För simulering finns en mängd simuleringsverktyg att välja bland om programmeringsalternativet väljs bort. Några vanligt förekommande är; Auto-Mod, Extend och SIMUL8. Följande delkapitel ger en beskrivning av simuleringsprogrammet Extend.

3.2 Extend

Extend är ett kraftfullt händelsestyrt simuleringsprogram och är det program som använts i simuleringsstudien. Genom Extend kan man bygga dynamiska modeller av verkligheten. En av fördelarna med programmet är att väldigt enkla modeller kan byggas till en början för att sedan bygga ut dessa vartefter kunskap om processerna utvecklas. Detta stegvisa förfarande ger möjligheten att skaffa goda approximationer av väldigt komplexa problem. Modellens noggrannhet begränsas av kunskapen om systemet som ska simuleras, därför består en stor del av simuleringsanalysen i att samla information om processerna. Att simulera i Extend ger en snabb och kostnadseffek-

tiv metod för att bestämma konsekvenserna, värdet och kostnaderna av förändringar samt minskar motståndet för förändringar. Effekterna av förändringar kan snabbt och relativt enkelt testas, flaskhalsar kan hittas, kapacitet och utnyttjandegrad kan förutspås (ExtendSim 2010).

3.2.1 Möjligheter och uppbyggnad av Extend

Det som Extend möjliggör sammanfattas bland annat i:

- Att förutse resultat och riktning av särskilda handlingar
- Att få insikt i processerna och stimulera kreativt tänkande
- Att visualisera processerna i en virtuell miljö
- Att identifiera problemområden före implementeringen
- Att utforska de potentiella effekterna av förändringar
- Att utvärdera idéer
- Att skapa förståelse för varför observerade händelser uppstår (ExtendSim 2010)

I Extends bibliotek finns en rad så kallade block som bygger upp Extend-modellen. Dessa kopplas samman och beskriver då flödet grafiskt. Exempelvis kan ett block representera en maskin. I detta block kan man då ge indatainformation om exempelvis hur många produkter som kan vara i maskinen samtidigt samt vilka skifftider maskinen har. Det finns även block som kan kopplas på utanför det verkliga fysiska flödet och dessa kommer med input till blocken. Exempelvis kan ett block kopplas in till en transport med indata om vilken fördelning transporttiden har.

Submodeller som utgörs av ett antal block som en del av modellen kan grupperas in till ett hierarkiskt block och kan också sparas för återanvändning. Det finns även möjlighet att skapa egna nya block (Banks et al 2005). För indata i modellen finns ett obegränsat antal slumpmässiga frön och runt 20 olika teoretiska sannolikhetsfunktioner och empiriska fördelningar. Då flera simuleringar körs av samma modell fås utdata presenterad på ett bra sätt där det även redogörs för spridningen (Kelton & Law 2000). I en artikel om simuleringsmodellering inom Lean-program beskriver Curry (2006) möjligheten att använda simuleringsmodeller som ett komplement till verk-

tyg i förbättringsprogram inom Lean. Lean produktion beskrivs senare i avsnitt 3.4. Modeller kan användas genom att testa scenarion och utvärdera fördelarna av Lean processförändringar samt skapa djupare förståelse för processen.












Utvecklingen av en Extendmodell görs enligt Laguna & Marklund (2005) i följande steg:












1. Bestäm målen med modellen
2. Skapa förståelse för processen som ska modelleras genom exempelvis ett flödesschema
3. Rita upp ett blockdiagram genom att använda de block som kommer att behövas och representera varje element riktigt
4. Specificera passande parametervärden för varje block
5. Definiera modellens logik och passande kopplingar mellan block
6. Validera modellen
7. Lägg till datainsamling
8. Analysera utdata och redogör för slutsatserna

3.2.2 Extend8

Extend8 kom ut år 2010 och är den senaste versionen av Extend. Programmet innehåller sex kategorier av block; *Animation 2d-3d*, *Item*, *Plotter*, *Rate*, *Utilities* och *Value*. Item och Value används mest frekvent vid simulering av ett produktionsavsnitt i tillverkningsindustrin. Item är ett sådant block som kopplas i flödet och kan exempelvis vara av typen aktivitet, information, köer eller resurser medan Value kopplas vid sidan av flödet med indata till Itemblock. I Tabell 3.1 nedan beskrivs några av de vanligaste, ständigt återkommande blocken mer ingående.

Tabell 3.1 Beskrivning av block till Extend8.

Itemblock		
	Executive	Detta block ska alltid placeras i översta vänstra hörnet för att modellen ska fungera.
	Create	Detta block genererar produkter/kunder/ordrar utifrån en fördelning eller enligt ett schema.
	Queue	Detta är en buffert som kan begränsas till ett visst antal platser eller vara oändlig. Förinställningen är att den är en FIFO-kö dvs. First-In-First-Out. Det går även att ställa in så att blocket prioriterar ut artiklar.
	Activity	Detta block kan processa en eller flera artiklar samtidigt, till exempel bearbeta en produkt eller betjäna i kassa. Tiden det tar i blocket ställs in efter önskemål och artikeln lämnar blocket så fort den är klar.
	Shutdown	Detta block kopplas in i ett activityblock för att förse exempelvis en maskin med stillestånd. Användbar för att sätta tid mellan fel och tid för reparation.
	Gate	Detta block kan användas då man öskar begränsa antalet artiklar inom ett visst område.
	Select Item In	Detta block sammanför artiklar från två olika vägar. Blocket kallas även Merge.
	Select Item Out	Detta block talar om vilken väg, av multipla alternativ, artikeln ska gå. Blocket läser av attribut och släpper igenom artikeln genom viss utgång beroende på attributet.
	Information	Detta block läser endast av information. Då simuleringen är färdig kan här t ex. utläsas hur många produkter som gått igenom blocket.
	Shift	I detta block anges klockslag under vilka vissa block ska arbeta efter.
	Set	I detta block tilldelas attribut. Exempel på attribut är tid det tar att måla. Då en produkt kommer in i målningen läses sedan attributet av för att få tiden.

	Get	Det är i detta block man läser av attributet för att kunna ge information till nästa block om till exempel tid för målning.
	Unbatch	Detta block möjliggör att splitta upp en batch till det antal batchen innehåller.
	Resource Pool	I detta block finns ett förutbestämt antal resurser. Resurser kan exempelvis vara tekniker, truckar eller doktorer.
	Transport	Detta block transporterar artiklar från ett block till ett annat. Möjligt att bestämma med vilken hastighet och hur långt artikeln åker.
	Resource Pool Release	Då ett block krävt en resurs krävs det att man lösgör resursen så den blir tillgänglig igen. Det gör man med detta block.
	Exit	Här samlas alla produkter/kunder upp som går ut ur modellen.
Valueblock		
	Random Number	I detta block slumpas tal fram från en viss fördelning eller från egenkonstruerad tabell med sannolikheter för att ett visst värde inträffar.
	Statistics	Dessa block är mycket användbara då man genomfört simuleringen. Här samlas all statistik för exempelvis medellängd av kö eller maxtid i en aktivitet.
	Lookup Table	I detta block letar man upp ett värde utifrån det attributet man vill använda.
	Decision	I detta block bestäms vilket värde som ska skickas ut beroende på det värde som skickas in till blocket.
	Equation	Här kan man enligt någon ekvation avgöra vilket värde som ska skickas ut. Exempelvis om $kö längd1 + kö längd2 > 5$ skicka ut 1, annars 0.

3.3 Exponentialfördelningen och dess roll i simulering

Exponentialfördelningen har en betydande roll vid simulering av två huvudsakliga anledningar. Studier har visat att många kösystems ankomst och servicetider i verkligheten ofta följer en exponentialfördelning. Dessutom har den vissa matematiska egenskaper som gör den relativ enkel att manipulera (Laguna och Marklund 2005).

3.3.1 Definition

Låt T vara en slumpmässig eller stokastisk variabel som representerar tid mellan ankomst eller betjäningstid i en köprocess. T sägs följa en exponentialfördelning med parameter α om dess täthetsfunktion $f_T(t)$ följer Formel 3.1 nedan (Laguna och Marklund 2005).

Formel 3.1 Exponentialfördelningens täthetsfunktion.

$$f_T(t) = \begin{cases} \alpha e^{-\alpha t} & \text{då } t \geq 0 \\ 0 & \text{då } t < 0 \end{cases}$$

Exponentialfördelningens fördelningsfunktion beskrivs genom uttrycket i Formel 3.2 nedan:

Formel 3.2 Exponentialfördelningens fördelningsfunktion.

$$F_T(t) = \int_{-\infty}^t f_T(x) dx = \int_0^t \alpha e^{-\alpha x} dx = 1 - e^{-\alpha t}$$

Exponentialfördelningen har till skillnad från exempelvis andra fördelningar endast en parameter. I Formel 3.3 presenteras uttrycket för exponentialfördelningens medelvärde.

Formel 1.3 Exponentialfördelningens medelvärde.

$$E(T) = \frac{1}{\alpha}$$

3.3.2 Egenskaper

Exponentialfördelningen har tre egenskaper som gör den användbar att anta för tid mellan ankomster och tid för betjäning (Laguna och Marklund 2005).

1. Täthetsfunktionen är strikt avtagande i t . Detta leder till att värden nära noll förekommer ofta medan stora värden förekommer sällan
2. Minneslöshet vilket innebär att tiden det tar till nästa händelse inträffar är oberoende av hur lång tid som gått sedan föregående händelse. Tiden till nästa händelse är således oberoende av föregående ankomst. Exponentialfördelningen är den enda kontinuerliga fördelningen som har minneslösa egenskaper
3. Minimumet av oberoende exponentialfördelade slumpmässiga variabler är exponentiellt fördelade. Detta är speciellt viktigt då analyser av system med multipla betjäningstationer

3.3.3 Exponentialfördelningen, Poissonfördelningen och Poissonprocessen

Om tiden mellan händelser är oberoende och exponentialfördelade så inträffar händelser inom ett visst tidsintervall som en Poissonprocess (Banks et al 2005). Antalet händelser som inträffar under tidsintervallet är Poissonfördelat. Varje värde på t har en motsvarande slumpmässig variabel som representerar antalet händelser som skett fram till tid t (Laguna & Marklund 2005).

3.3.4 Triangulär fördelning

En annan fördelning som kan användas i simuleringsstudier är den triangulära fördelningen. Den används när fördelningen begränsas av en övre och undre gräns och då det mest sannolika värdet finns inom intervallet. Fördelningen har alltså tre parametrar; minimumvärdet, mest sannolika värdet samt maximumvärdet.

3.4 Lean produktion

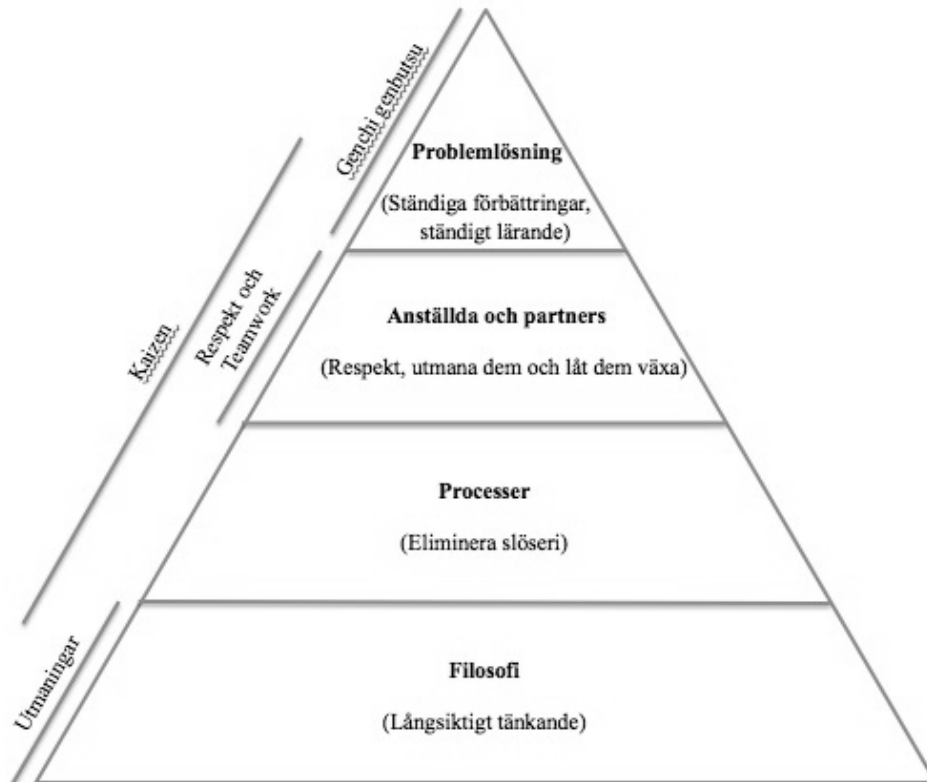
3.4.1 Inledning

Först 1988 såg begreppet *Lean produktion* dagens ljus i artikeln ”*Triumph of the Lean production System*”, skriven av John Krafcik. I artikeln symboliserar Lean ett ändamålsenligt produktionssystem. Artikeln förändrade världens syn på effektiv produktion (Modig & Åhlström 2011). Långt innan dess har dock Lean utvecklats som en filosofi i företaget Toyota. Det var i efterkrigstidens Japan som Toyota, på grund av resursbrist, tvingades arbeta fram en flödeseffektiv verksamhet. Lean handlar i korta drag om att eliminera slöseri och leverera det kunden vill ha; på rätt plats, på rätt tidpunkt och till rätt kvalitet. Lean har idag blivit mer ett medel än ett mål där man använder verktygen men där man ofta missar att Lean är en verksamhetsstrategi. Lean har även blivit allt bra och allt bra har blivit Lean, som Modig och Åhlström (2011) uttrycker det. Även Liker (2009) menar att företag fokuserar för mycket på verktygen, till exempel 5S och just-in-time, utan att se Lean som ett helhetssystem som måste genomsyra hela organisationskulturen. Liker menar också att för att bli en Lean tillverkare krävs det att man tänker på ett sätt som får produkten att flöda oavbrutet genom värdeadderande processer och där företagskulturen är sådan att alla strävar efter ständiga förbättringar. Genom att ta bort steg som inte tillför något värde uppstår de största förbättringarna i en Lean förändring.

3.4.2 Toyotas 14 principer

I boken *The Toyota Way* av Liker (2009) beskrivs 14 olika principer som är viktiga för att kunna upprätthålla en företagskultur som genomsyrar Lean med ständiga förbättringar. I Figur 3.1 visas 4P-modellen (Problem solving, People, Processes, Philosophy) under vilka grupper de olika principerna samlas. Tanken är att man ska bygga en Lean organisation från grunden genom att först utveckla filosofier och sedan avancera uppåt genom processer, anställda och problemlösning. Sedan följer de 14 principerna under den grupp de tillhör. Som nämnts tidigare fuskar många företag genom att endast använda verktygen (nivån processer). Om man inte inför de andra tre P:na leder det till att förbättringarna som införs inte vilar på en grund av engagemang och intelligens som behövs för att det ska bära kraft inom hela

företaget. Dessa företag kommer att hamna efter företag som inför en sann företagskultur av ständiga förbättringar (Liker 2009).



Figur 3.1 4P-modell (Problem solving, People, Processes, Philosophy) från *The Toyota Way*, här översatt till svenska (Liker 2009).

Filosofi

- Basera ledningsbeslut på långsiktigt tänkande, även om det sker på bekostnad av kortsiktiga ekonomiska mål

Processer

- Skapa flöde i alla processer för att få upp problem till ytan
- Låt efterfrågan styra för att undvika överproduktion
- Jämna ut arbetsbelastningen (heijunka)
- Stoppa när det föreligger kvalitetsproblem (jidoka)

- Standardisera arbetssätten för att möjliggöra ständiga förbättringar
- Använd visuell styrning så att inga problem förblir dolda
- Använd endast pålitlig och väl utprovad teknik

Anställda och partners

- Utveckla ledare som lever efter filosofin
- Respektera, utveckla och utmana anställda individer och team
- Respektera, utmana och hjälp era leverantörer

Problemlösning

- En organisation som har ett ständigt lärande med ständiga förbättringar
- Gå och se med egna ögon för att verkligen förstå situationen (genchi genbutsu)
- Fatta beslut långsamt och i konsensus, överväg noga samtliga alternativ, verkställ snabbt

Liker (2009) hör ofta i hans kurser om Toyota Production System (TPS) kommentarer som ”TPS kan väl inte tillämpas i min verksamhet. Vi gör inga stora mängder bilar, vi gör små mängder specialiserade produkter.” Av deras tankesätt att döma har de missat poängen. Liker framhäver att Lean inte handlar om att imitera de verktyg som Toyota använder i en viss tillverkningsprocess. Lean handlar om att utveckla de principer som passar just en bestämd organisation och att använda dem flitigt för att få hög produktivitet som kontinuerligt tillför värde för kunden och samhället. För att uppnå det är principerna en god utgångspunkt.

3.4.3 Ständiga förbättringar

Kaizen är den japanska benämningen på ständiga förbättringar. Kaizen är ett Lean-verktyg och handlar om ständiga förbättringar i små steg, för all framtid på alla nivåer. Det är viktigt att alla är delaktiga, från styrelseledamöterna till medarbetarna på verkstadsgolvet. Att se ett problem och möjligheter till förbättring är mycket viktigt då det utan problem inte kan ske några förbättringar. Men någon sådan perfekt produktion finns inte. Förutom att använda Kaizen för ständiga förbättringar finns flera varianter av förbättrings-

cykler, en av dem är PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Det är ett standardiserat synsätt på förbättringar där *Plan* innebär identifiering av problem och behov, söka grundorsaken samt sätta upp mål och samla in data. *Do* innebär att implementera förbättringen. *Check* innebär utvärdering av resultaten och *Act* är det sista steget där man arbetar efter ny standard och säkerställer att de gamla problemen inte upprepas. Under Act-steget identifieras också framtida förbättringar som blir grunden för nästa cykel. Det är viktigt att alla steg i cykeln är balanserade. Många företag ägnar sig bara åt Plan och Do och glömmer bort att även Check och Act är lika viktiga steg i cykeln. Något av de allra viktigaste är också att få med alla i dessa ständiga förbättringar. Om det finns medarbetare som strävar emot kommer förbättringarna inte att lyckas. Därför bör det framgå varför förändringen behöver genomföras och att det kommer innebära positiva följder för de som jobbar i anslutning till förändringen. Detta skapar motivation hos arbetarna att vara med att påverka sin egen arbetssituation (Bicheno et al. 2011).

3.4.4 Flöde

Att analysera kapacitet och variation i efterfrågan är liksom flaskhalsar mycket viktigt. Att skapa, upprätthålla, organisera och mäta flödet är kärnan för att det är flödet som ger värde åt kunden och pengar åt företaget. Genom fokusering på flöde och ledtid förs slöseri bort. Ett balanserat flöde bör eftersträvas. Ett dragande systems fördelar är att genomloppstiden och Produkter i Arbete (PIA) minskas. Även kvaliteten förbättras eftersom system med korta köer inte kan tolerera höga nivåer kvalitetsfel. Att i så stor utsträckning som möjligt tillämpa enstycks-tillverkning bidrar till ett bättre flöde ur Lean-perspektivet (Bicheno et al 2011).

3.4.5 5S

5S är troligtvis det populäraste verktyget inom Lean-filosofin. Anledningen är att den är lätt att utföra, kan användas av alla och ger oftast en förbättring av kvalitet och produktivitet. 5S ger också en känsla av att Lean har börjat implementerats på företaget. De klassiska 5S:en är följande:

- *Sortera (Seiri)* – Kasta allt som inte används.
- *Strukturera (Seiton)* – Placera det som används på det bästa stället. Allt har sin plats. Minimera onödiga rörelser som gång eller sträckning.
- *Städa (Seiso)* – Håll utkik efter felplacerade saker och flytta dem omedelbart till sin rätta plats.
- *Standardisera (Seiketsu)* – Utveckla standarder för de tre första S:en. Standarderna ska vara självklara och visuella.
- *Skapa vana (Shitsuke)* – Alla deltar löpande i 5S. Det handlar om deltagande och förbättring.

Målsättningarna för ett 5S-program bör vara att minska slöseri, variation och förbättra produktiviteten. Inte att städa eller sortera. All personal bör vara medveten om detta. Värt att nämnas är också att 5S konceptet gäller även för information och inte bara ute i produktionen (Bicheno et al 2011).

Att engagera personalen för att skapa motivation och arbetsmoral är även något av det viktigaste inom Lean . Om inte alla medarbetare strävar åt samma håll med engagemang blir det svårt att genomföra förbättringsaktiviteter i 5S-program. När Liker (2009) talar om Lean finns även arbetsmoral högt på listan. ”Högsta Kvalitet – Lägsta kostnad – Kortast ledtid – Bästa säkerhet – Hög arbetsmoral” - Liker (2009).

3.4.6 Muda, Muri och Mura

Dessa tre begrepp är sammankopplade och då det finns kunskap om alla tre fås en mer komplett bild av Lean. Mura (ojämnheter) innebär variation i ankomsten av beställningar och variation av kapacitet. Kapaciteten är direkt kopplad till Muri (överbelastning). Muda (slöseri) är en följd av Mura och Muri. Nedan följer slöserier som går under Muda.

De 7 + 1 slöserierna

Slöserier är former av ineffektiviteter, som ej adderar värde till produkten eller kunden utan istället hämmar produktionsflödet. Följande vill man därför undvika:

1. *Överproduktion* – tillverka mer än vad som behövs. Det värsta av slöserierna, eftersom det orsakar flera andra slöserier
2. *Väntan* – på att någonting ska hända
3. *Lager* – att lagra mer än vad som är nödvändigt
4. *Rörelse* – onödiga rörelser när medarbetarna utför sina jobb
5. *Omarbete* – reparationer och omarbete som inte tillför något värde för kund
6. *Överarbete* – att göra mer arbete än vad kunden kräver
7. *Transporter* – onödiga transporter
8. *Medarbetarnas outnyttjade kreativitet* – att inte ta till vara på personalens kompetens och engagemang. Detta var inte med bland de ursprungliga slöserierna men har sedan lagts till som det åttonde slöseriet (Leanab)

Bicheno et al (2011) nämner även en rad nya sorters slöseri. Till exempel:

- Slöseri med för mycket information och kommunikation – vi drunknar i e-post, böcker, genomgångar och kurser
- Slöseri med energi och vatten – syftar till världens begränsade energiresurser
- Slöseriet med att inte fullfölja – att spara tid men inte göra något av den
- Slöseri med kunskap – risk att information går förlorad då person lämnar företaget. Bevara inte kunskap i huvudet på en person

3.4.7 Lager

Ofta förknippas Lean med att minska lager. Lean är att minska lagernivån gradvis, hitta problem och lösa detta innan man sänker lagernivån ytterligare. Felaktigt är om man använder lagerminskning som ett mål i sig med

Lean. Ofta görs exakt detta misstag eftersom man lätt kan göra kostnadsbesparingar genom att minska lager. Detta kan dock få negativa konsekvenser. Flera problem dyker upp samtidigt och man försöker ta itu med alla problem samtidigt. Då det inte fungerar återställs den ursprungliga lagernivån. Lean innebär inte att alla lager ska försvinna utan lager kan absolut finnas till för att:

- Skapa buffert mot intern osäkerhet (defekter, maskinstopp)
- Skapa buffert mot obalans i anläggningens kapacitet och förmåga
- Skapa buffert mot extern osäkerhet (efterfrågan, tillgång, kvalitet) (Bicheno et al 2011).

Japanska sjön

Som nämnt ovan förespråkar Lean-filosofin bland annat att successivt minska lagrena för att steg för steg ta itu med problem som blir synliga då lagrena minskar. Den japanska sjön kallas detta då vattennivån (lagernivån) minskar och stenar (problem) kommer upp till ytan som måste tas itu med. Problemen kan exempelvis vara maskinstopp och försörjningsproblem. Istället för att dölja dessa genom att ha lager löser man problemen utifrån grundorsaken (Bicheno et al 2011).

3.4.8 Kvalitet

En viktig del då Lean implementeras är kvalitet. Icke-defekta produkter ska levereras i rätt tid till rätt plats. För att uppnå detta krävs ett omfattande kvalitetsarbete inom verksamheten där alla strävar efter ”rätt från mig”. Nästföljande moment eller kund ska alltid få produkten levererad i rätt skick. Nedan följer två begrepp som handlar om att underlätta kvalitetsarbetet.

Jidoka

Jidoka innebär att vem som helst, när som helst, kan stoppa produktionen då problem uppstår. Problemet identifieras, analyseras och elimineras omedelbart för att aldrig någonsin återkomma (Modig & Åhlström 2011).

Poka-Yoke

Poka-Yoke innebär förebyggande att fel uppstår. Misstag som leder till defekter undviks genom att designa mekanismer som förhindrar att misstag blir till defekter. Det finns fem områden där fel kan förebyggas; Människan, Materialet, Maskinen, Metoden och Informationen.

3.4.9 Visuell styrning

Som den sjunde principen Liker (2009) tar upp finns *Använd visuell styrning så att inga problem förblir dolda*. Visuell styrning är en mycket viktig metod inom Lean. Inom en verksamhet bör scheman, standardiserat arbete, kvalitet, underhåll och problemlösningsprocessen finnas tydligt och uppdaterat. Om inte finns en stor risk att verksamhetens drift ligger långt ifrån Lean-filosofin.

Exempel på visuell styrning är:

- Rutinmässiga grafer över ställtiderna för att säkra att standard följs.
- Håll teamen informerade om nya produkter och utvecklingen med hjälp av statusavlor, inklusive Gantt-scheman
- Se till att standarder och metoder alltid finns vid arbetsplatsen
- En underhållstavla för röda lappar, som visar alla identifierade problem
- Lampor som är högt placerade visar status för produktionen

En kommunikationstavla är ett bra verktyg för att stödja och driva förbättringar. Den är ett medel för att kommunicera syfte och säkerställa hållbarhet, visualisera och lösa problem, avvikelser och slöseri, samt stärka lagarbetet (Bicheno et al 2011). Vid kommunikationstavlan hålls sedan ett möte varje dag för reflektion, kommunikation och problemlösning.

Visuell planering

Fördelar med visuell planering är att det ger effektiv kommunikation, förbättrad arbetsfördelning, gemensam helhetsbild och förbättrad avvikelshantering (Söderberg 2012). Söderberg belyser också vikten av att utbilda personalen och belysa hur metoden kommer att förbättra arbetssituationen samt

att låta dem anpassa metoden till deras behov. En nackdel med metoden är risken att man spenderar för lång tid i mötena kring tavlan om man fastnar i långa diskussioner. För att undvika detta kan man använda timglas för att tvingas kommunicera kort och koncist och hålla tiden.

3.4.10 Gemba

Gemba betyder att man går till platsen där det sker för att se vad som egentligen händer i processen. Detta istället för att stanna kvar på kontoret och diskutera uppfattningar. Frågor som normalt inte kan besvaras av chefer som sitter vid sitt skrivbord kan besvaras av chefer som nyttjar Gemba. Begreppet kan definieras som fyra faktum: Gå till den verkliga arbetsplatsen, studera den pågående processen, lägg märke till vad som händer och samla in fakta (Bicheno et al 2011).

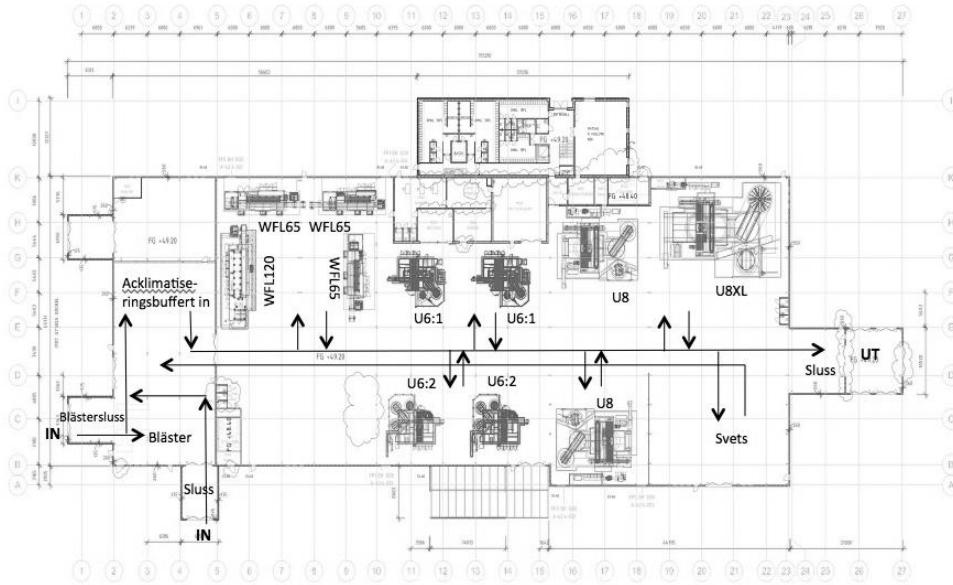
4. Simulering

I kapitlet Simulering presenteras simuleringsmodellen. För att simuleringsmodellen ska kunna spegla verkligheten så bra som möjligt krävs det att man verkligen förstår flödet. För detta har ett flödesschema skapats. För att få fram underlag till olika simuleringsscenario har en enkätundersökning genomförts från vilken information kommer att presenteras i detta kapitel. Slutligen presenteras de valda simuleringsscenarioerna.

4.1 Bakgrundsfakta Greenfield

Då ett av målen med Greenfield är att etablera världsledande tillverkning av krossar, krävs en robust och flexibel maskinpark. För att klara detta har man investerat i elva stycken nya maskiner med stor kapacitet och hög teknisk tillgänglighet. För en överskådlig bild av Greenfields layout och dess maskiner, se Figur 4.1. Maskingruppen i Greenfields övre vänstra hörn är axelvarvar av märket WFL. Det finns fyra WFL-maskiner varav en är större än de tre övriga. De tre mindre maskinerna är av typen WFL65 och i de maskinerna kommer batchade artiklar att bearbetas. Den större maskinen är av typen WFL120 och klarar även större artiklar som exempelvis långa axlar. I WFL-maskinerna är ställtiden separerad från maskintiden dvs. det går ej att ställa om medan maskinen bearbetar. Resterande sju maskiner i Greenfield är av märket Unisign. De är karusellvarvar och har palettväxling, dvs. möjligheten finns att förbereda och ställa om för nästa artikel medan maskinen bearbetar en annan. De sju maskinerna skiljer sig dock åt. Maskingruppen i mitten av anläggningen innehåller fyra maskiner. Två av maskinerna har två stycken paletter och de andra två har en palett. De maskinerna med två paletter kommer fortsättningsvis betecknas U6:1 och de med en palett betecknas U6:2. U6:2 kan även bearbeta produkter som egentligen ska gå i U6:1 om det är fullt i de sistnämnda. Den sista maskingruppen som ligger längst till höger i Greenfield är typen U8 där en av karusellvarvarna är av typen U8XL som klarar de allra största artiklarna som ska tillverkas i Greenfield. Se fundament för U8XL-maskinen i Figur 4.2. Alla U8-maskiner har en

palett. I det nedre vänstra hörnet på layouten kommer ett bås med utrustning för blästring att finnas. I Greenfield finns det även fem stycken bås där man utför svetsning. De är placerade i närheten av slussen ut, se Figur 4.1. I Figur 4.3 ses en del av byggnaden inifrån under uppbyggnad.



Figur 4.1 Layout över Greenfield.



Figur 4.2 Fundament för U8XL-maskinen, 2012-03-23 (fotograf Caj Lindskoug).

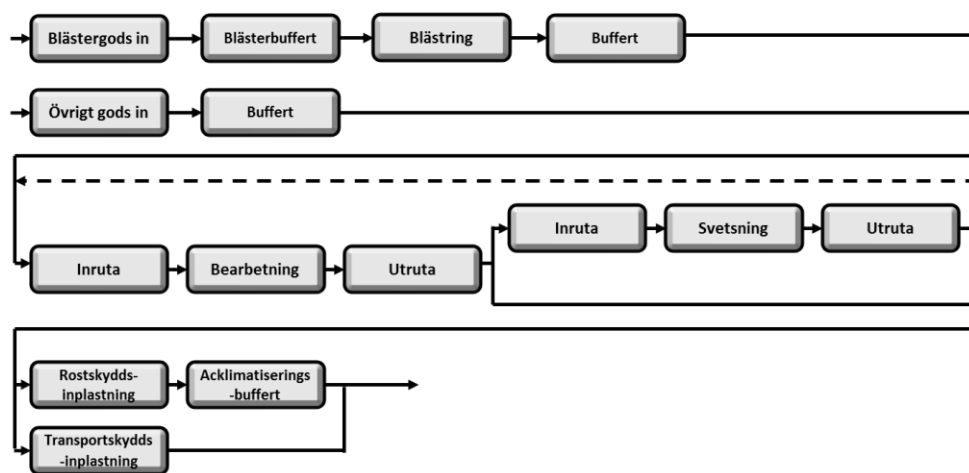


Figur 4.3 Bild inifrån Greenfield tagen mot slussen ut, 2012-03-23 (fotograf Caj Lindskoug).

4.2 Simuleringsmodell

4.2.1 Flödesschema

Ett flödesschema är en bra grund att utgå ifrån för att kunna bygga upp en simuleringsmodell. Flödesschemat, se Figur 4.4, beskriver en artikels väg från det att den passerar slussen in i Greenfield som ett obearbetat ämne till det att den lämnar lokalen som en färdig artikel.



Figur 4.4 Flödesschema över Greenfields produktionsflöde.

Alla transporter i Greenfield sker med truck. Ämnena för bearbetning hämtas från ett utomhuslager och bör acklimatiseras för att minimera risken för temperaturspänningar. Acklimatiseringen är även nödvändig för att ämnena ska torka då de är utsatta för både regn och snö i utomhuslagret. Blästergods och övrigt gods kommer att ställas i en buffertarea och acklimatiseras innan bearbetning kan ske. Blästergodset kommer placeras i slussen som kan ses i Figur 4.1. Efter blästringoperationen flyttas ämnena till en annan buffertarea närmre de övriga ämnena. När ämnen tas ut ur bufferten för bearbetning placeras de i en in-ruta i anslutning till maskinen. En artikel kommer enbart att bearbetas i en maskin. Maskinerna är av fleroperationstyp som klarar alla bearbetningssteg för en artikel. Det medför att inga flöden kommer ske mellan maskinerna. Efter operationen placeras den färdigbearbetade artikeln i en så kallad ut-ruta. Färdiga och felfria artiklar plastas in. Om kvalitetsbrister upptäcks efter eller under bearbetning kommer artikeln att transporteras till svetsning för lagning. Det finns även grupper av artiklar

som alltid svetsas efter bearbetning. Artiklar placeras i en inruta och ligger där tills det finns ledig svetskapacitet. Efter en svetsreparation kan artikeln komma att köras tillbaka till maskinen för fortsatt bearbetning eller vidare till inplastning. De artiklar som ska till målning eller montering kommer endast att transportinplastas. De artiklar som ska direkt till kund eller till centralförrådet kommer att plastas in på ett sådant sätt att de inte rostar även om de lagras utomhus. De artiklar som rostskyddas måste stå tempererat en tid för att rostskyddet ska få verkan. Det kallas konditionering. Det finns i dagsläget inget beslut taget om var inplastning och lagring av rostskyddade artiklar ska placeras. Det är inte säkert att det kommer att ske i Greenfield. I de tidigare ritningarna av Greenfield fanns ytor tillägnade för inplastning och måleri, men av ekonomiska skäl kommer den delen av byggnaden inte att byggas. Det har lett till att funktionerna får dela på en mindre yta och det kan komma att leda till brist på ytor i Greenfield.

4.2.2 Modellens uppbyggnad och indata

Det händelsestyrda simuleringsprogrammet Extend valdes ut för simuleringsstudien då det fanns befintlig kunskap och erfarenhet om programmet hos författarna samt att programmet fanns tillgängligt. Extend används hos många tillverkningsföretag för simulering av förändringar i produktionsflöden och passar därför ett projekt som Greenfield. Simuleringsmodellen i Extend byggdes upp med ett stegvist förfarande. Ytterligare steg adderades först när det är fastställt att tidigare förändring har fallit väl ut. Testsimuleringar genomfördes kontinuerligt och ger en snabb bekräftelse på att modellen fungerar, modellverifiering. Nedan ges en mer ingående förklaring till de olika områden som bygger upp modellen. För en översiktlig bild över grundmodellen, se Bialag A. Indata till modellen kommer att presenteras i bilagor. Av sekretesskäl kommer viss information inte att publiceras.

Generering av artiklar

Artiklar skapas slumpvis genom en Poissonprocess. Fördelningen blir då exponentialfördelad där medelvärdet beräknas från prognostiserad årsvolym, då denna fördelning lämpar sig bäst då historisk data ej finns att tillgå. Vid till exempel en hög årsvolym kommer medelvärdet vara lägre då fler artiklar anländer med kortare tidsintervall. Alla artiklar som skapas kan

tilldelas ett oändligt antal attribut. Tidigare i kapitel 3 konstateras det att det är attributen som bestämmer hur artikeln kommer att agera vid olika beslutspunkter. I det första steget tilldelas artikeln flera olika attribut som kommer ha betydelse längre fram i flödet. Det attribut som har störst betydelse är vilket artikelnummer artikeln som genererats tilldelas. Många aktiviteter och beslut bestäms av vilket artikelnummer artikeln har. Artikelnumret tilldelas slumpvis efter en sannolikhetslista där de artiklarna med högsta årsvolymen har störst sannolikhet. En längre simulering kommer att ge rätt fördelning mellan de olika artiklarna då sannolikheten är baserad på procentuell andel av totala årsvolymen.

För indata till modellen angående artiklar, krosstyp, bearbetningsmaskin årsvolym och procent av årsvolym, se Bilaga B.

Ett utklipp från modellen gällande genereringen och där attribut sätts, se Bilaga C.

Acklimatiseringsbuffert

Då artiklarna är skapade fördelas de till en buffert där FIFO-principen tillämpas. I modellen finns en buffert för varje sorts bearbetningsmaskin och en speciell buffert för de gods som ska blästras. Det är artikelns artikelnummer som styr till vilken buffert artikeln tillhör. Oavsett buffert eller artikelnummer är acklimatiseringen på 24 timmar.

För indata till modellen angående artikellista med tillhörande buffert baserat på bearbetningsmaskin, se Bilaga B.

Hur acklimatiseringsbufferten är uppbyggd i Extendmodellen, kan ses i Bilaga D. I samma bilaga kan även uppbyggnaden av nästföljande område, blästern, ses.

Bläster

Vissa artiklar kräver alltid att de blästras innan bearbetning i maskin. Artiklarna urskiljs med hjälp av artikelnumret. Tiden för blästringsoperationen beror på vilken artikel det är och hur stor batchen är.

För indata till modellen angående artiklar som blåstras och tider för blästeroperation se Bilaga E.

Bearbetning

Alla artiklar som genereras kommer att bearbetas i en maskin i Greenfield. Från acklimatiseringsbufferten transporteras artikeln till en in-ruta som finns framför maskinen de ska bearbetas i. Från in-rutan sker sedan en prioritering till maskinerna. Om den först prioriterade maskinen inte är ledig förs artikeln istället till nästa. När det finns ledig kapacitet i en maskin kommer den föras till en aktivitet som kallas ställ. Aktiviteten läser av artikelns artikelnummer och kopplar den till en specifik ställtid. På samma sätt fungerar det med stycktiden. Både ställ- och stycktiden är baserad på gamla bearbetningstider inklusive en förbättringsfaktor då de nya maskinerna kan utföra bearbetningen snabbare.

För indata till modellen angående artiklarnas ställ och stycktid se Bilaga E.

Ett utklipp för hur maskinernas uppbyggnad ser ut i Extendmodellen, se Bilaga F. Exemplet är för WFL-, U6:1- och U8XL-maskinerna.

Stillestånd

Alla maskiner i Greenfield kommer utsättas för planerade och oplanerade stopp. Varje maskin har därför tilldelats en fördelning för hur ofta och hur långa dessa stopp är. Då rimliga stillestånd togs fram analyserades stilleståndsloggen från den befintliga WFL-maskinen som funnits i dagens verkstad sedan sommaren 2011. Värdena för tid mellan stopp och tid för reparation användes till en empirisk fördelning och antogs spegla WFL-maskinernas stillestånd. Eftersom ingen annan data finns tillgänglig och Unisign-maskinerna också kommer att vara nya i Greenfield antogs även dessa maskiner ha en likadan stilleståndsfordelning.

För indata till modellen angående tid mellan stillestånd och tid med stillestånd kan ses i Bilaga G.

För indata till modellen angående vilka skifttider som gäller för maskiner (3-skift) respektive bläster och svets (2-skift), se Bilaga H.

Svetsning

I Greenfield kommer det att finnas fem stycken svetsbåsar med plats för ett eller två jobb åt gången. Två av båsarna är dedikerade för underdelar. Vissa artiklar kräver alltid svetsning som en del i bearbetningsprocessen. Det kallas att de produktionssvetsas. I modellen kommer samma artiklar som i dagsläget att produktionssvetsas. Kvalitetsbrister efter bearbetning kommer även de att åtgärdas i svetsbåsen, det kallas då reparationssvets. I modellen kommer de artiklar som historiskt sett har påvisat kvalitetsbrister att reparationsvetsas. Artiklar som har produktionssvetsats kan även påvisa kvalitetsbrister.

För indata till modellen angående vilka artiklar som produktionssvetsas och har kvalitetsbrister samt artiklarnas svetstider se Bilaga I.

Hur svetsningen är uppbyggd i Extend visas i Bilaga J. Där visas även exempel på hur kontrollen går till samt hur tiden i svets sätts.

Rostskyddsinplastning

Det finns fyra olika alternativ för en färdigbearbetad artikel när den lämnar Greenfield. Den kan transporteras till efterbehandling i måleriet, till montering, till lagring i centralförrådet eller direkt till kund. Vid transport till måleriet eller monteringen räcker en enkel transportinplastning för att skydda artikeln under transporten. Vid de två andra alternativen bör artikeln rostskyddsinplastas för att inte börja rosta. En del av de producerade artiklarna i Greenfield kommer alltid att transporteras till efterbehandling i måleriet och kommer då transportinplastas. En viss andel av de övriga artiklarna kommer att transporteras till monteringen och därför kommer även dessa transportinplastas. Det finns inga data på hur stor denna andel som går till monteringen är. I modellen kommer det antas att 80 procent av artiklarna, som ej skickas direkt till måleriet, kräver rostskyddsinplastning. Detta på grund av att rostskyddsinplastningen tar längre tid än transportinplastningen och antagandet är då väl tilltaget åt det mest tidskrävande. Rostskyddsinplastningen tar olika lång tid i anspråk beroende på vilken artikel som inplastas.

För indata till modellen angående tider för rostskyddsinplastning se Bilaga K.

Transportinplastning

För de färdigbearbetade artiklar som ska målas räcker det med en enklare transportinplastning. De artiklar som alltid målas urskiljs på attributet artikelnummer och av de övriga artiklarna transportinplastas 20 procent slumpvis. En transportinplastningsoperation antas ta fem minuter i medeltal att genomföra. Istället för att lägga in medelvärdet som en konstant används i modellen en triangulär fördelning med fem minuter som mest troligt, tio minuter som maximum och två minuter som minimum, för att få en bättre spridning.

För indata till modellen angående vilka artiklar som alltid efterbehandlas i måleriet se Bilaga K.

Hur inplastningsstationerna är uppbyggda i Extendmodellen, se Bilaga L.

Truckar

I modellen finns fem truckar. De är identiska i modellen och alla fem truckar klarar att transportera vilken artikel som helst som ska bearbetas i Greenfield. Så kommer det i verkligheten inte att vara. Truckarna kommer att vara dedikerade till vissa artiklar beroende på storlek och vikt. Tiderna det tar att transportera i Greenfield, oavsett var, som används i modellen är uppskattade som en triangulär fördelning med 45 sekunder som mest troligt, två minuter som maximum och 15 sekunder som minimum. Återigen för att inte använda ett medelvärde och gå miste om variationen som sannolikt kommer ske. Då truckarna även kommer utföra annat arbete än enbart transport av artiklar har en aktivitet i form av utkörning av spånor lagts till i modellen. Tidsintervallet detta sker samt tiden det tar är grovt uppskattade till 30 minuter varannan timme.

4.2.3 Modellens begränsningar och antaganden

Modellen tar inte hänsyn till alla olika företeelser som kan kunna uppstå. Vissa förenklingar av verkligheten har gjorts då de är direkt omöjliga att simulera på ett korrekt sätt eller inte ger mervärde till simuleringen. Det är

bra att känna till modellens begränsningar och de kan ha stor påverkan på situationen.

- De historiska data som använts i simuleringsmodellen kommer antagligen inte att spegla den nya situationen i Greenfield
- De uppskattade data som använts i simuleringsmodellen kommer antagligen inte att spegla den nya situationen i Greenfield
- Tillverkningsordrarna prioriteras lika

Den begränsning som uppskattas vara av störst betydelse är att historisk data används.

För att kunna utforma modellen har även vissa antagande gjorts.

- Produkterna antas komma in till Greenfield jämt under dygnet
- Råmaterial antas alltid finnas tillgängligt
- Montering eller måleriet antas alltid kunna ta emot artiklar från Greenfield
- Det antas att inget skrotas
- Kontroller antas inte ta någon tid
- För maskinerna antas att ett 3-skifts schema tillämpas
- För bläster och svets antas att ett 2-skifts schema tillämpas
- Personal antas alltid finnas tillgänglig att utföra arbete
- Traverser för att flytta gods till och från maskiner antas alltid finnas tillgängliga
- Alla truckar antas kunna transportera alla artiklar
- Det antas att maskinerna av typen Unisign kan liknas vid typen WFL när det kommer till stilleståndstider

4.3 Bakgrund till val av scenarion

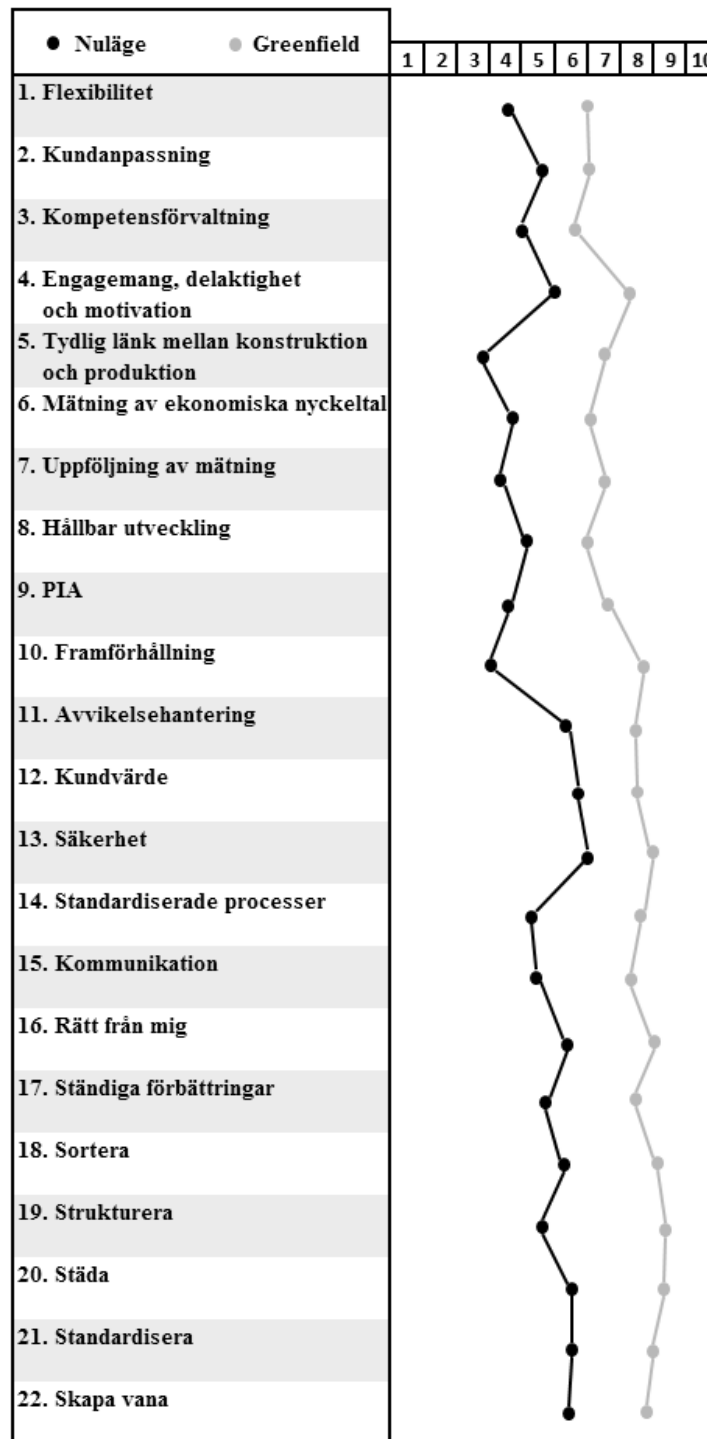
En rad olika scenarion simuleras för att verifiera hur olika strategier slår mot produktionen. De scenarion som simuleras kan delas in i två olika grupper:

- Scenarion som kommer av att strategiska beslut inte är tagna. Till exempel om rostskyddsplastning kommer att ske i Greenfield eller annan lokal.
- Scenarion som kommer av att förutsättningar kan komma att ändras. Till exempel varierande efterfrågan.

Scenariona växer fram genom diskussioner med de personer som är insatta i projektet Greenfield och med hänsyn av vad som på ett rimligt sätt går att simulera.

4.3.1 Enkätundersökning

För att få fram en bättre bild över förväntningarna på den nya fabriken Greenfield genomfördes en enkätundersökning. Enkätundersökningen ger även underlag till val av simuleringsscenario. Urvalsgruppen till undersökningen begränsades till personer som förväntades ha bra uppfattning om Greenfieldprojektet. De personer som tillfrågades tillhör alla *Parts* och har någon av följande arbetsuppgift: projektledare i Greenfieldprojektet, produktionsplanerare, inköpare, produktionsledare, teamledare, produktionsexperter, processägare eller process service. Enkäten består av 22 stycken påståenden där man tar ställning till hur väl dessa stämmer med dagens verksamhet och hur väl man hoppas det kommer att stämma med verksamheten i Greenfield. Man prickar in hur väl påståendet stämmer på en 10 gradig skala som sträcker sig från ”instämmer inte alls” till ”instämmer helt”. Påståendena har koppling till arbetssätt, strategi och företagets Lean-arbete. Se Bilaga N för exakta formuleringen av påståendena. Sammanlagt delades 32 stycken enkäter ut och alla lämnades in besvarade. Att inget externt bortfall förekom kan förklaras med att enkäten lämnades ut personligen och i de flesta fall samlades in personligen. Det interna bortfallet var litet, förmodligen på grund av att man kunde välja alternativet vet ej. Resultatet sammanställdes och ett medelvärde beräknades för att kunna skapa Figur 4.5. I Bilaga O presenteras resultatet för varje påstående samt den beräknade standardavvikelsen.



Figur 4.5 Medelvärde för de olika påståendena i enkätundersökningen.

4.4 Scenarion

4.4.1 Normal produktion

Med normal produktion avses den årsvolym som är planerad för i Greenfield samt dagens batchstorlekar. Detta scenario är det som andra scenarion utgår från. I simuleringen av detta scenario undersöks bland annat om flaskhalsar finns i produktionen samt hur stora buffertyorna i Greenfield behöver vara.

4.4.2 Enstycksflöde

I detta scenario simuleras ett enstycksflöde som innebär att alla artiklar anländer enstyck och lämnar Greenfield enstyck. Detta scenario är intressant att simulera ur flera perspektiv. Till exempel hur det påverkar flödet då ställtiderna i vissa maskiner, där palettsystem ej är möjligt, är nästan lika långa som processtiderna. Kommer det att bildas flaskhalsar vid dessa maskiner? Kommer ställtiden jämfört med processtiden att bli orimligt hög? Simulerat enstycksflöde ger en artikel per pall trots att fler artiklar ryms på pallen. Kommer det att finnas utrymme i Greenfield för alla pallar? Lean förespråkar ett enstycksflöde och därför är det även intressant att simulera ur det perspektivet.

4.4.3 Halverad batchstorlek mot dagens batchstorlek

I detta scenario minskas batchstorleken till hälften av dagens storlek. Ur ett planeringsperspektiv ökar detta flexibiliteten men då dessa ej går att utläsa eller mäta ur simuleringen kommer fokus att ligga på hur scenariot påverkar beläggning av maskiner, buffertytor och flödet.

4.4.4 Dubblerad batchstorlek mot dagens batchstorlek

Att dubblera antalet artiklar i en batch ger färre antal omställningar av en maskin, vilket medför lägre ställkostnader. I detta scenario undersöker vi hur dubblerade batchstorlekar påverkar flödet i Greenfield och hur det påverkar buffertyorna. Finns det plats i maskinens in- och ut-ruta för de artiklarna som kommer att anlända? Kommer det att bildas flaskhalsar?

4.4.5 Halverad årsvolym

I detta scenario simuleras en hälften så stor årsvolym mot den prognostiserade. Vad händer med maskinutnyttjandegraden? Kommer man kunna stänga ner vissa maskiner helt eller bör man kunna ta bort ett skift? Det finns intressanta frågor att granska om detta oönskade scenario skulle inträffa.

4.4.6 Ökad årsvolym

En ökad årsvolym avser antalet tillverkade krossar. Scenariot utgår från att alla krossmodeller kommer att öka lika mycket. Ökningen ligger i detta scenario på 33 %. Då den prognostiserade årsvolymer redan från början är högt satt anses en inte allt för hög ökning rimlig anser författarna. Intresset i detta scenario ligger i att se om det finns tillräcklig maskinkapacitet att tillgå men även påverkan på buffertytorna granskas.

4.4.7 Ökad kvalitetsbrist

En ökad kvalitetsbrist ger en ökad beläggning i svetsbåsen och även ett större flöde tillbaka i Greenfield av de artiklar som efter svetsreparationen behöver ytterligare bearbetning i maskin. Fokus ligger på svetsbåsens beläggning och det totala flödets påverkan. I scenariot kommer de artiklar som historiskt sätt har haft kvalitetsbrister få en procentuellt ökad risk för brister. Hur stor ökningen är beror på vilken artikelgrupp det är.

4.4.8 Rostskydds- och transportinplastningsscenario

Alla artiklar bör rostskydds- eller transportinplastas innan de lämnar Greenfield. De artiklar som rostskyddsplastas kräver rumstempererad lagring, konditionering, i 24 timmar för att rostskyddet ska bli effektivt. Det innebär att man ej kan ställa godset direkt i ett utomhuslager. I dagsläget finns det som tidigare nämnt, i kapitel 4.2.1, inget beslut om hur och var inplastningen ska ske. Man har fyra möjliga scenarion som är av stort intresse att simulera.

Scenario 1: Rostskydds- och transportinplastning vid maskin och konditionering i Greenfield

Det första scenariot innebär att man vid varje maskin har en station med utrustning för rostskydd- och transportinplastning. Ett undantag görs för WFL-maskinerna där det endast finns utrymme för två stationer fördelat på de fyra maskinerna. Konditioneringen av rostskyddade artiklar kommer förslagsvis placeras i slussen ut.

Scenario 2: Rostskydds- och transportinplastning i tält och konditionering i tält utanför Greenfield

I scenario 2 sker all inplastning och konditionering i ett uppvärmt tält i nära anslutning till Greenfield. Förslagsvis finns två stationer för rostskydds- och transportinplastning. Det är viktigt att man kan transportera artiklarna till tältet utan att de vistas i utomhusmiljö någon längre tid eller helst inte alls.

Scenario 3: Rostskydds- och transportinplastning vid maskin och konditionering i tält utanför Greenfield

Rostskydds- och transportinplastning utförs vid maskin med undantag för WFL-maskinerna där det endast finns utrymme för två stationer fördelat på fyra maskiner. De artiklar som rostskyddas kommer sedan att transporteras till ett tempererat tält för konditionering i nära anslutning till Greenfield.

Scenario 4: Transportinplastning vid maskin

I det sista scenariot transportinplastas alla artiklar vid maskinen. Rostskyddsinplastningen kommer att utföras på en annan plats, inte nödvändigtvis i nära anslutning till Greenfield. Inget utrymme för konditionering krävs i Greenfield. Utrustningen för transportinplastning tar mindre plats än utrustningen för rostskyddsinplastning.

5. Resultat och analys

I detta kapitel presenteras utdata från simuleringsmodellerna baserat på de olika scenarierna. Kapitlet är uppdelat efter de områden som kommer att påverkas av de olika scenarierna. De berörda områdena är: acklimatiseringsbuffert, bläster, blästerbuffert, in- och ut-rutor, maskiner, svets, inplastning, truckar samt genomloppstider. Även Lean produktion och batchanalys uppmärksammas. Det jämförs, samt diskuteras, vilka svårigheter som kan uppkomma i produktionen vid vissa scenarion.

5.1 Utdata från Extend

Resultaten i detta kapitel är baserade på simulering av ett års produktion. Produktion sker cirka 240 dagar per år då helger, semester och dyl. är borträknat vilket leder till 5760 timmar produktion. Från simuleringsprogrammet Extend fås vissa utdata direkt medan andra intressanta resultat måste räknas fram manuellt baserad på denna utdata. Exempel på data som erhöles direkt av Extend är medel- och maxantal i buffert och stilleståndsandelen för maskin. Exempel på resultat som räknats fram manuellt är ytbehov och utnyttjandegrad.

Resultaten kommer i detta kapitel att redovisas utifrån inplastningsscenarioerna:

- **Scenario 1:** Rostskydds- och transportinplastning vid maskin och konditionering i Greenfield
- **Scenario 2:** Rostskydds- och transportinplastning i tält och konditionering i tält utanför Greenfield
- **Scenario 3:** Rostskydds- och transportinplastning vid maskin och konditionering i tält utanför Greenfield
- **Scenario 4:** Transportinplastning vid maskin

Då inplastningsscenario 1 och 3 ger samma utdata från modellen kommer resultatet från scenario 3 inte redovisas. Vi hänvisar då till scenario 1.

Inom dessa inplastningsscenarior finns även sju andra varierande utfall varav en utgår från normal produktion. Dessa sju scenarior är: Dagens batchstorlek, enstyckstillverkning, halverade batchstorlekar, dubblerade batchstorlekar, halverad årsvolym, ökad årsvolym, samt en ökad andel kvalitetsbrister som beskrivs i kapitel 4.4.1 - 4.4.7. Inom vissa områden påverkar vissa scenarion inte resultatet. Det förklaras då i samband med att resultaten redovisas. Exempelvis påverkas inte Unisign-maskinerna av varierande batchstorlek eftersom batchade artiklar går i WFL-maskinerna.

5.2 Acklimatiseringsbuffert

5.2.1 Resultat

Simuleringar av de olika scenariona har gett data beträffande hur många artiklar som i medelantal lagras i acklimatiseringsbufferten och det maximala antalet artiklar som vid en tidpunkt under simuleringen lagrats i acklimatiseringsbufferten. Utifrån antalet artiklar kan ett ungefärligt behov av yta beräknas. De tre olika inplastningsscenariorna påverkar ej hur mycket som lagras i acklimatiseringsbufferten och därför tas dessa scenarion inte hänsyn till i redovisat resultat. De scenarion som är av intresse att analysera är följande sju scenarion; Dagens batchstorlek, enstyckstillverkning, halverade batchstorlekar, dubblerade batchstorlekar, halverad årsvolym, ökad årsvolym, samt en ökad andel kvalitetsbrister. Nedan i Tabell 5.1 kan en sammanställning ses av medelantalet artiklar i acklimatiseringsbufferten. Observera att antalen inom parentes kan vara en batch av artikeln.

Tabell 5.1 Simuleringsresultat för medelantal artiklar i buffert vid olika scenarion.

	Batchstorlek				Årsvolym		Ökad kvalitetsbrist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
U6:1	6	6	6	6	3	8	6
U6:2	3	3	3	3	1	4	3
U8	2	2	3	3	1	4	4
U8XL	0	0	0	0	0	0	0
WFL120	2	1	2	2	1	30 (±) 34	2
WFL65	(2)	1342	(7)	(1)	(1)	(30) ± (20)	(3)
Totalt antal	15	1354	21	15	7	76	18
Total yta (m²)	22	≈2000	42	30	15	215	40

5.2.2 Analys

Hur området ska utformas kommer påverkas av hur arbetsuppgifter organiseras samt hur ansvar i buffertområdet fördelas. Det finns idag inget beslut om utformningen av organisationen. Det har dock diskuterats ett förslag där olika arbetslag ansvarar för olika maskingrupper och försörjningen av artiklar till maskinen. Det innebär att det vore passande att ha artiklarna uppdelade i bufferten efter maskingrupp. I simuleringsmodellen är artiklarna uppdelade efter vilken typ av maskin de ska bearbetas i. Hur stor yta artiklarna kommer att ta upp är mycket svårt att förutbestämma eftersom mixen kan variera mycket. Vid beräkningen har historikloggen i simuleringsmodellen beaktas för att få en uppfattning av mixen i bufferten. Därefter väljs främst de artiklarna med en hög årsvolym samt de artiklarna med ett stort ytbehov ut för beräkningen av ytan. För alla artiklars enskilda ytbehov se Bilaga M. Vid beräkningar av värsta scenarion väljs främst artiklar med ett stort ytbehov. I Tabell 5.2 ses en sammanställning av medelantalet samt maximalt antal artiklar i acklimatiseringsbufferten och det beräknade behovet av yta.

Tabell 5.2 Beräkning av behov av yta vid olika scenarion.

	Batchstorlek				Årsvoly m		Ökad kvalitets- brist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
Medelantal	15	1354	21	15	7	76	18
Medelyta	22 m ²	≈2000 m ²	42 m ²	30 m ²	15 m ²	215 m ²	40 m ²
Maxantal	94	2800	114	98	55	235	102
Maximal yta	215 m ²	≈5000 m ²	241 m ²	290 m ²	141 m ²	669 m ²	254 m ²

Det går att utläsa ur Tabell 5.2 att ett enstycksflöde kommer att ta stor yta i anspråk då det antas att det är en artikel per pall. Detta kommer inte vara optimalt ur ett yteffektivt perspektiv. Ytbehovet kommer att vara så mycket större än den yta som finns att tillgå att man skulle kunna utesluta detta alternativ. Vid en simulering av en ökad årsvoly m varierar medelantalet artiklar mycket för WFL-maskinerna. Variationen blir tydligast för WFL-maskinerna eftersom medelantalet i bufferten är högst för dessa maskiner. Med ökad årsvoly m är det kapacitetsbrist framförallt i WFL-maskinerna som leder till att artiklar som väntar på att bli bearbetade samlas i bufferten. Det beräknas en procentuell uppskattning av hur stor del av acklimatiseringsområdet som varje maskingrups artiklar kan komma att ta i anspråk, se Tabell 5.3.

Tabell 5.3 Procentuell behov av yta för respektive maskingrupp.

	Batchstorlek				Årsvoly m		Ökad kvalitets- brist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
U6	37 %	1 %	25 %	60 %	36 %	7 %	15 %
U8	28 %	0 %	35 %	40 %	27 %	8 %	85 %
WFL	35 %	99 %	40 %	0 %	37 %	85 %	0 %

I dagsläget är det inte helt bestämt hur stor yta som bufferten har till sitt förfogande men det kommer att röra sig om ett område på cirka 380 kvadratmeter, se Figur 4.1. I detta område ska även gångar och svängrum för truckar ingå. Det är mycket troligt att det kommer finnas en mix av pallstall och fristaplingsyta i buffertområdet. Vissa av artiklarna lämpar sig för

att lagras i pallställ. I Tabell 5.4 presenteras antal pallar per år och andelen som kan sättas i pallställ för respektive maskingrupp.

Tabell 5.4 Antal pallar per år och andelen som kan sättas i pallställ för respektive maskingrupp.

	U6	U8	WFL
Totalt antal pallar per år	2093	611	1998
Totalt antal pallar per år som kan ställas i pallställ	1534	59	1370
Andel pallar som kan ställas i pallställ	73 %	10 %	69 %

5.3 Bläster och blästerbuffert

Blästerbufferten är separat belägen från den stora acklimatiseringsbufferten. Det blästergods som hamnar i acklimatiseringsbufferten före blästern hantearas därför separat då resultaten redovisas. Eftersom de tre olika rostskydds-scenariorna inte påverkar hur mycket som kommer in i acklimatiseringsbufferten tas dessa scenarion inte hänsyn till i blästerresultaten. De scenarion som är av intresse att analysera hur de påverkar blästern är följande sju scenarion; Dagens batchstorlek, enstyckstillverkning, halverade batchstorlekar, dubblerade batchstorlekar, halverad årsvoly, ökad årsvoly samt ökad andel kvalitetsbrister.

5.3.1 Resultat – acklimatiseringsbuffert bläster

I Tabell 5.5 visas resultaten för blästerns acklimatiseringsbuffert från simuleringen. Medelantal och maxantal fås direkt ur modellen medan ytorna har räknats ut baserat på dessa antal. När ytan togs fram beräknades den utifrån storleken på de artiklar som blåstras. Värt att notera är att det finns batchade artiklar som går till blästern. Då detta inträffar räknas batchen som en styck artikel i modellen vilket kan vara missvisande i tabellen nedan. Dock är ytan i dessa fall baserad på totala ytan en hel batch tar upp så det påverkar inte slutresultatet.

Tabell 5.5 Simuleringsresultat för antal i blästerbufferten vid olika scenarion.

	Batchstorlek				Årsvoly m		Ökade kvalitetsbrister
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
Medelantal	12	18	14	12	4	237	15
Medelyta	30 m ²	32 m ²	40 m ²	33 m ²	13 m ²	500 m ²	48 m ²
Maxantal	40	49	37	40	15	455	40
Maximal yta	100 m ²	86 m ²	106 m ²	110 m ²	48 m ²	1000 m ²	100 m ²

5.3.2 Analys – acklimatiseringsbuffert bläster

Ur tabellen går att utläsa att det blir problem om den prognostiserade årsvoly men ökar till med 33 %. Det kommer då behövas extra blästerkapacitet för att inte kön innan ska byggas större och större under årets gång. Ytbehovet som uppstår i detta scenario med oförändrad blästerkapacitet är orimligt stort. Att det behövs mer blästerkapacitet vid ökad årsvoly m kommer även att bevisas senare i resultaten för utnyttjandegraden. En minskad årsvoly m kommer resultera i färre antal artiklar i acklimatiseringsbufferten vilket leder till mindre behov av yta. I Tabell 5.5 kan utläsas att ytbehovet vid enstyckstillverkning inte blir större än vid scenariot med dagens batchstorlekar. Detta beror dels på att det inte är så många batchade artiklar som kräver blästring och att de som är batchade inte är stora batcher och inte heller många per pall. När dessa batcher splittas upp i enstycksscenario t blir därför ytbehovet inte nämnvärt större. Att ytan istället blir mindre kan förklaras av att mixen återigen är avgörande för ytbehovet.

En variation i batchstorleken kommer inte att påverka ytbehovet nämnvärt. Inte heller en ökad andel kvalitetsbrister påverkar ytbehovet då kvalitetsbrister inte påverkar blästern. I tabellen kan även ses att mixen produkter har stor inverkan på ytbehovet. Detta har också med att göra att batchade artiklar går genom blästern. En del enskilda artiklar tar upp en lika stor yta som 20 stycken andra artiklar gör tillsammans.

För alla artiklars enskilda ytbehov, se Bilaga M.

5.3.3 Resultat – utnyttjandegrad

I Tabell 5.6 nedan visas simuleringsresultaten för blästerns utnyttjandegrad.

Tabell 5.6 Simuleringsresultat för blästerns utnyttjandegrad vid olika scenarion.

	Batchstorlek				Årsvoly m		Ökad kvalitetsbrist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
Utnyttjandegrad	83 %	89 %	88 %	89 %	43 %	99 %	87 %
Variation	86 ± 3 %				45 ± 2 %	99 ± 0 %	86 ± 3 %

5.3.4 Analys – utnyttjandegrad

Blästern kör i modellen 2-skift. Vid varierad batchstorlek är utnyttjandegraden relativt stabil. Detta torde bero på att blästern inte har någon ställtidsberoende batchstorlek blir då beläggningen på blästern oförändrad. Dock varierar den cirka 3 procent upp och ner kring 86 procent. Denna lilla förändring kan enbart förklaras av att modellens variation av antalet artiklar den genererat som ska blåstras. Vid en varierande årsvoly m är dock förändringen i utnyttjandegrad stor. Vid en halverad årsvoly m skulle blästern klara att gå ner till endast dagskift. Som nämnts tidigare behövs extra kapacitet om årsvoly men skulle öka med cirka 33 %. Detta kan förslagsvis göras genom att gå från 2-skift till 3-skift eller investera i ytterligare en bläster.

5.4 In- och ut-rutor

5.4.1 Resultat

Val av inplastningsscenario kommer att ha påverkan på in- och ut-rutorna i det avseende att ytbehovet vid maskinen kommer att öka i de scenarion då en inplastningsstation ska placeras där. Ut-rutan kommer att vara en kombinerad inplastnings- och ut-ruta. I beräkningarna kommer hänsyn inte tas till denna extra yta för rostskydd- och/eller transportinlastning. Beräkningarna kommer att vara baserade endast på artikelns behov av yta och detta ger oss sju olika scenarier att studera. Dagens batchstorlek, enstyckstillverkning, halverade batchstorlekar, dubblerade batchstorlekar, halverad årsvoly m,

ökad årsvolym samt ökad andel kvalitetsbrister. Se Tabell 5.7 för medelantal artiklar i in-rutor samt ytbehov.

Tabell 5.7 Simuleringsresultat för in-ruta vid olika scenarion.

	Begrän- sning	Medel- antal artiklar	Maximalt antal artiklar	Ytbehov vid maxi- malt antal artiklar
Med dagens batchstorlek				
U6:1	1	0,0	1	2 m ²
U6:2	1	0,1	1	3 m ²
U8	1	0,0	1	10 m ²
WFL120	1	0,6	1	3 m ²
WFL65	3	0,9	3	34 m ²
Svets	6	0,2	5	26 m ²
Svets underdel	3	0,1	3	15 m ²
Enstyck				
U6:1	1	0,0	1	2 m ²
U6:2	1	0,1	1	3 m ²
U8	1	0,0	1	10 m ²
WFL120	1	0,5	1	3 m ²
WFL65	3	3,0	3	6 m ²
Svets	6	0,2	6	30 m ²
Svets underdel	3	0,1	2	10 m ²
Halverad batchstorlek				
U6:1	1	0	1	2 m ²
U6:2	1	0,1	1	3 m ²
U8	1	0,1	1	10 m ²
WFL120	1	0,5	1	3 m ²
WFL65	3	1,6	3	16 m ²
Svets	6	0,2	5	26 m ²
Svets underdel	3	0,2	3	15 m ²

	Begrän- sning	Medel- antal artiklar	Maximalt antal artiklar	Ytbehov vid maxi- malt antal artiklar
Dubblerad batchstorlek				
U6:1	1	0,0	1	2 m ²
U6:2	1	0,2	1	3 m ²
U8	1	0,1	1	10 m ²
WFL120	1	0,6	1	3 m ²
WFL65	3	0,1	3	61 m ²
Svets	6	0,3	5	26 m ²
Svets underdel	3	0,1	2	10 m ²

Halverad årsvolym				
U6:1	1	0	1	2 m ²
U6:2	1	0	1	3 m ²
U8	1	0	1	10 m ²
WFL120	1	0,1	1	3 m ²
WFL65	3	0,1	3	34 m ²
Svets	6	0,1	3	16 m ²
Svets underdel	3	0	2	10 m ²

Ökad årsvolym				
U6:1	1	0	1	2 m ²
U6:2	1	0,3	1	3 m ²
U8	1	0,3	1	10 m ²
WFL120	1	1,0	1	3 m ²
WFL65	3	2,8	3	34 m ²
Svets	6	0,4	5	26 m ²
Svets underdel	3	0,2	3	15 m ²

	Begrän- sning	Medel- antal artiklar	Maximalt antal artiklar	Ytbehov vid maxi- malt antal artiklar
Ökad kvalitetsbrist				
U6:1	1	0,0	1	2 m ²
U6:2	1	0,2	1	3 m ²
U8	1	0,2	1	10 m ²
WFL120	1	0,6	1	3 m ²
WFL65	3	1,3	3	34 m ²
Svets	6	0,5	6	30 m ²
Svets underdel	3	0,2	3	15 m ²

5.4.2 Analys

I alla olika scenario som simulerats har det satts samma begränsning på antalet artiklar i maskinernas respektive in- och ut-rutor. Det som har varierat är hur många artiklar det i medelantal varit i rutorna. Då medelantalet har varit lågt jämfört med det begränsade antalet har man kunnat konstatera att antalet platser varit tillräckligt. I de fall där maximala antalet i in-rutan varit under det begränsande antalet skulle man kunna överväga att minska rutan då det är omotiverat att den ska ta upp större plats än den någonsin behöver. Vid beräkning av ytbehov har man utgått från den artikel som har största ytbehovet. Det bör observeras att antalet artiklar för WFL65 kan avse en batch av artikeln. Det kan förklara den stora skillnaden i ytbehov beroende på vilken batchstorlek man tillämpar.

5.5 Maskiner

De elva maskinerna i Greenfield kommer att generera olika resultat gällande utnyttjandegrad och andel tid de är blockerade beroende på vilket scenario som inträffar. Nedan presenteras maskinernas utnyttjandegrad, dess blockering på grund av att en aktivitet framför i kedjan är en flaskhals och stoppar upp produktionen. Stilleståndstiderna för maskinerna påverkas inte av scen-

ariona men resultatet för vad indataparametrarna resulterade i för procent stillestånd av totala tiden presenteras också.

5.5.1 Resultat - utnyttjandegrad

I Tabell 5.8 visas resultat för maskinernas utnyttjandegrad för olika scenarion i fråga om batchstorlek, årsvolym eller kvalitetsbriser. De resultat som skiljer sig mycket från grundmodellen med dagens batchstorlekar är markerade med en gråare ton. Att inte de olika inplastningsscenariorna presenteras är på grund av att det inte påverkar maskinernas utnyttjandegrad nämnvärt. Det enda som påverkar maskinerna i inplastningsscenariorna är blockeringen. Detta kommer påverka utnyttjandegraden genom att den går ner någon eller några tiondelars procent. Då detta inte har någon inverkan av betydelse på utnyttjandegraden presenteras inte resultaten från olika inplastningsscenarion. Värt att nämnas är även att WFL-maskinernas utnyttjandegrad är baserad på både ställ- och stycktid. Det är så produktionen definierar utnyttjandegraden idag. Anledningen till denna definition att det inte går att bearbeta medan man ställer om i dessa maskiner. Utnyttjandegraden för Unisign-maskinerna är endast baserad på tiden för bearbetning då dessa maskiner använder palettväxling och kan ställas om under bearbetning.

Tabell 5.8 Simuleringsresultat för maskinernas utnyttjandegrad vid olika scenarion.

	Batchstorlek				Årsvolym		Ökad kvalitetsbrist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
WFL120	72 ± 5 %				35 ± 1 %	85 ± 2 %	72 ± 5 %
WFL65:1	73 ± 2 %	91 ± 2 %	85 ± 3 %	70 ± 2 %	48 ± 2 %	85 ± 2 %	73 ± 2 %
WFL65:2	70 ± 2 %	91 ± 2 %	80 ± 5 %	62 ± 3 %	35 ± 1 %	85 ± 2 %	70 ± 2 %
WFL65:3	67 ± 2 %	91 ± 2 %	78 ± 5 %	56 ± 2 %	22 ± 3 %	85 ± 2 %	67 ± 2 %
U6:1:1	74 ± 3 %				46 ± 2 %	81 ± 1 %	74 ± 3 %
U6:1:2	31 ± 2 %				6 ± 1 %	46 ± 1 %	31 ± 2 %
U6:2:1	57 ± 3 %				33 ± 1 %	69 ± 1 %	61 ± 2 %
U6:2:2	39 ± 2 %				11 ± 2 %	59 ± 1 %	45 ± 2 %
U8:1	75 ± 3 %				50 ± 1 %	84 ± 2 %	78 ± 2 %
U8:2	57 ± 3 %				22 ± 1 %	72 ± 2 %	67 ± 3 %
U8XL	41 ± 5 %				10 ± 2 %	62 ± 1 %	55 ± 7 %

5.5.2 Analys – utnyttjandegrad

Vid förändrade batchstorlekar är det endast WFL65-maskinerna som påverkas eftersom det är i dessa maskiner de batchade artiklarna bearbetas. Att de förändras är på grund av att ställtiden räknas in i utnyttjandegraden. Vid enstyckstillverkning krävs mer bearbetningskapacitet för att kunna producera. WFL65-maskinerna blir annars flaskhalsar eftersom ställtiden är lång i förhållande till stycktiden.

Vid varierande årsvolymer kommer samtliga maskiners utnyttjandegrad påverkas. Då årsvolymer ökar med 33 % krävs mer kapacitet för att alla krossar ska hinna produceras på ett år. De maskiner som har en utnyttjandegrad på 85 % är fullt utnyttjande och har inget utrymme för ökad produktionstakt eftersom återstående 15 % är stilleståndandelen. Se resultat nedan för stilleståndsandelen. Maskinen bearbetar alltså hela tiden förutom då det är något fel på den. Vid en halverad årsvolymer är utnyttjandegraden på vissa maskiner så låg att det går lika bra att stänga av maskinen och låta de andra likadana maskinerna täcka upp det produktionsbortfallet, eller att man går ner från 3-skift till 2-skift. Om maskiner stängs ner kan det förslagsvis göras, enligt Tabell 5.8, på U6:1:2, U6:2:2 samt U8XL. Eftersom det finns en artikel som endast kan gå genom U8XL kanske det är lämpligt att istället stänga ner en annan U8-maskin. Vid normal produktion med den prognostiserade årsvolymer behövs alla maskiner och ingen kan stängas ner. I detta scenario finns även möjlighet att jämna ut utnyttjandegraden inom samma maskinrupp. Istället för att en maskin får 80 % i utnyttjandegrad och den andra 30 % i utnyttjandegrad, som modellen kan ge på grund av att den prioriterar en maskin före den andra, går det att styra så att det blir mer jämnt fördelat mellan maskinerna. Att U6:1-maskinerna har större skillnad i utnyttjandegrad mellan maskinerna än U6:2-maskinerna beror på att de har två paletter medan U6:2 endast har en. Vid ökad andel kvalitetsbrister kommer de maskiner som bearbetar stor andel artiklar som ofta reparationssvetsas att påverkas en aning. Dessa maskiner är främst U6:2- och U8-maskinerna. Utnyttjandegraden höjs då eftersom fler artiklar går två varv i fabriken. Även U6:1 maskinerna påverkas, men marginellt då det bara är ett fåtal artiklar som historiskt sett haft kvalitetsbrister som kommer att bearbetas i U6:1. Dessutom kan U6:1 artiklar bearbetas i U6:2 maskinerna men inte tvärtom. Att i WFL-maskinerna räkna in ställtiden som utnyttjad tid motiverar inte att

få ner ställtiderna. Istället kan man få högre utnyttjandegrad genom att ställtiden blir längre.

5.5.3 Resultat - blockering

Blockeringen på maskinerna påverkas både av inplastningsscenario och de olika batchstorlek-, årsvolym- och kvalitetsandelsscenariorna. Det är främst WFL-maskinerna som påverkas av blockeringar. I vissa scenarion uppstår en minimal blockering även för U6-maskinerna. Detta handlar dock om ett fåtal sekunder per dag. Därför kommer endast blockering för WFL-maskinerna presenteras och analyseras. Simuleringsmodellen har givit procentsatser för andelen under ett år som maskinen varit blockerad på grund av att en aktivitet framför stoppar upp flödet. Från procentsatserna har medelantal timmar per dag maskinen står still på grund av stopp framför kunnat räknas ut.

Resultaten från inplastningsscenario 1 kan ses i Tabell 5.9 nedan. Om två inplastningsstationer efter WFL-maskinerna ej är möjligt så kommer blockeringen av maskinerna öka markant för detta inplastningsscenario. För inplastningsscenario 2 och 4 sker ingen blockering av maskinerna.

Tabell 5.9 Simuleringsresultat för inplastningsscenario 1 för blockering av maskin vid olika batch-, volyms- och kvalitetsandelsscenarion.

	Batchstorlek				Årsvolym		Ökad kvalitetsbrist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
WFL120 (timmar/dag)	0,35	0,01	0,15	0,32	0,03	0,56	0,34
WFL65:1 (timmar/dag)	0,30	0,05	0,13	0,15	0,02	0,43	0,19
WFL65:2 (timmar/dag)	0,16	0,04	0,15	0,22	0,01	0,35	0,24
WFL65:3 (timmar/dag)	0,15	0,05	0,15	0,11	0,02	0,46	0,23

Variationen är som högst cirka $\pm 0,1$ timme. Det handlar om 6 minuters tidsvariation.

5.5.4 Analys - blockering

Ur Tabell 5.9 går att läsa att blockeringen inte för något scenario förutom ökad årsvolym år vid WFL120-maskinen uppgår till över 30 minuter per dag. Detta är förutsatt att två inplastningsstationer finns parallellt. Att blockeringen har en spridning beror på att vad som rostskyddsplastas och när detta utförs har betydelse. Går en stor batch ut ur maskinen och till rostskyddsplastning, medan en annan artikel som har en kort ställ- och stycktid går in i en maskin, finns stor risk för blockering. Att risken för blockering blir större vid större batcher beror på att rostskyddsplastningen sker enstyck och transportskyddsplastningen sker pallvis. Framförallt rostskyddsplastningen tar lång tid i anspråk och kan stoppa upp flödet. Vid större batcher tar alltså dessa tider längre tid. Att det inte blir större skillnad mellan dagens batchstorlek och dubblerade batchstorlekar beror på att även stycktiden blir längre med större batcher. Dock rör sig variationen endast om minuter per dag.

Anledningen till att blockeringen blir 0 för inplastningsscenario 2 och 4 beror på att i scenario 2 transporteras färdigbearbetade detaljer direkt ut till tält medan i scenario 4 sker endast transportskyddsplastning vilket tar runt fem minuter.

5.5.5 Resultat - stillestånd

Utifrån den indata för stilleståndstiderna som presenteras i Bilaga C kunde intressant utdata erhållas. Ett medelvärde beräknades utifrån stilleståndsandelen modellen gav i de olika maskinerna. Medelvärdet blev 0,138 vilket innebär att 13,8 % av den totala tiden står maskinen still. Detta kan stämma mycket väl med verkligheten även om dessa inmatade data är en av modellens svagheter. Spridningen för stilleståndsandelen är stor. Vid simuleringarna erhöles värden allt från 5 % till 38 %.

5.5.6 Analys - stillestånd

Resultaten kan stämma väl med vad verkligheten i Greenfield kan komma att bli. Den tekniska tillgängligheten är cirka 95 % enligt leverantören. Om sedan egenproducerade fel som leder till stopp, underhåll och övriga stopp räknas in bör tillgängligheten minska 5-10 % till vilket resultaten visar. De

inmatade värdena för tid mellan fel och tid för reparation har stor inverkan på maskinernas kapacitet i modellen. Om stilleståndsandelen blir hög kan det leda till att maskinernas utnyttjandegrad dras ner. Stilleståndsandelen tar inte hänsyn till störningar på maskinerna som innebär reducerad bearbetningshastighet. Under tiden då maskinen står still bör andra aktiviteter utföras av operatör såsom till exempel 5S-aktiviteter.

5.6 Svets

5.6.1 Resultat

De resultat som är av intresse är främst beläggning av svetsarna samt in- och ut-rutor. De olika inplastningsscenarioerna kommer inte påverka svetsen och kommer därför ej redovisas i resultaten. Då ingen av artiklarna som svetsas är batchade bör scenarioerna med varierande batchstorlek ge samma resultat. Det är framförallt scenarioerna med varierande årsvolymer och ökad kvalitetsbrist som är av intresse. Svetsbåsen kommer som tidigare nämnt att vara bemannade under 2-skift. I Tabell 5.10 redovisas utnyttjandegraden för svetsarna vid de olika scenarioerna och Tabell 5.11 visar vad den genomsnittliga beläggningen blir per dag. För medelantalet artiklar i in-rutan, se Tabell 5.12.

Tabell 5.10 Simuleringsresultat för svetsarnas utnyttjandegrad vid olika scenarioerna.

	För alla batchscenarioerna	Årsvolymer		Ökad kvalitetsbrist
		Halverad	Ökad	
Svets1	59 ± 2 %	34 ± 2 %	67 ± 4 %	72 ± 2 %
Svets2	40 ± 4 %	14 ± 1 %	54 ± 1 %	59 ± 1 %
Svets3	41 ± 5 %	17 ± 3 %	49 ± 1 %	54 ± 1 %
Svets underdel:1	48 ± 5 %	28 ± 3 %	56 ± 3 %	58 ± 1 %
Svets underdel:2	22 ± 3 %	9 ± 1 %	32 ± 4 %	35 ± 5 %

Tabell 5.11 Simuleringsresultat för svetsarnas beläggning per dag

	För alla Batchscenarion	Årsvolym		Ökad kvali- tetsbrist
		Halverad	Ökad	
Svets1 (h/dag)	≈8,9	≈5,1	≈ 10,1	≈ 10,9
Svets2 (h/dag)	≈6,5	≈2,2	≈ 8,1	≈ 8,9
Svets3 (h/dag)	≈6,2	≈2,6	≈ 7,5	≈ 8,2
Svets underdel:1 (h/dag)	≈7,3	≈4,2	≈ 8,5	≈ 8,8
Svets underdel:2 (h/dag)	≈3,3	≈1,4	≈ 4,8	≈ 5,3

Tabell 5.12 Simuleringsresultat för medelantalet artiklar i in-rutan

	För alla Batchscenarion	Årsvolym		Ökad kvali- tetsbrist
		Halverad	Ökad	
in-ruta	0,3	0,1	0,5	0,5
in-ruta underdel	0,1	0,04	0,2	0,2

5.6.2 Analys

2-skiftet vid svetsbåsen innebär att artiklar kommer att transporteras till svetsen under 3-skift men endast svetsas under 2-skift. Det skulle kunna leda till att ett stort antal artiklar samlas i in-rutan. Resultaten för medelantal artiklar i in-rutan, se Tabell 5.12, ger dock ett lågt värde på medelantalet så det inte kan ses som ett problem.

Det har tidigare förklarats att orsaken till att svets 1 har högre utnyttjandegrad än svets 2 och svets 3 finns i prioriteringen, se Tabell 5.10. Samma sak gäller för svetsen som för underdelarna. Utnyttjandegraden för de scenariona med varierande batchstorlek har exakt samma resultat på utnyttjandegraden med en spridning på endast någon procent. Enligt simuleringarna kommer det att finns tillräcklig kapacitet i svetsbåsen. Scenariot med ökad kvalitetsbrist gav som väntat högre utnyttjandegrad men den är inte så hög att man skulle kunna identifiera svetsen som en flaskhals.

5.7 Rostskydds- och transportinplastning

5.7.1 Resultat

Vid simulering av de fyra olika rostskydds- och transportinplastningsscenario tillämpas dagens batchstorlek och den prognostiserade årsvolymen. Buffert i tält avser den yta som kommer att behövas innan inplastningsstationen för att ställa artiklar som har transporterats från Greenfield. Det som är av största intresse att analysera är hur stor yta konditioneringen av rostskyddade artiklar kräver samt om maskinerna blir blockerade då inplastning utförs vid maskin.

Scenario 1

I detta scenario sker, som nämnt i inledningen i detta kapitel, rostskydds- och transportinplastning vid maskin och konditionering i Greenfield. Resultaten från scenario 1 kan ses i Tabell 5.13.

Tabell 5.13 Simuleringsresultat för rostskydds- och transportinplastningsscenario 1.

Konditioneringsbuffert	
Medelantal artiklar	27
Ytbehov vid medelantal artiklar	25 m ²
Maximalt antal artiklar	89
Ytbehov vid maximalt antal artiklar	80 m ²
Ytbehov vid värsta scenario maximalt antal artiklar	140 m ²

	Transportskyddsinplastning		Rostskyddsinplastning	
	Beläggning (timmar/dag)	Utnyttjandegrad	Beläggning (timmar/ dag)	Utnyttjandegrad
Svets	0,06 ± 0,01	0,3 ± 0,1 %	3,0 ± 0,1	13,7 ± 0,5 %
U6:1:1	0,18 ± 0,05	0,8 ± 0,2 %	2,7 ± 0,1	11,0 ± 0,4 %
U6:1:2	0,11 ± 0,05	0,5 ± 0,2 %	1,1 ± 0,1	4,9 ± 0,2 %
U6:2:1	0,09 ± 0,01	0,4 ± 0,1 %	2,8 ± 0,1	12,7 ± 0,3 %
U6:2:2	0,07 ± 0,01	0,3 ± 0,1 %	1,9 ± 0,1	8,5 ± 0,3 %
U8:1	0,06 ± 0,01	0,3 ± 0,1 %	0,7 ± 0,1	3,2 ± 0,2 %
U8:2	0,04 ± 0,01	0,2 ± 0,1 %	0,5 ± 0,1	2,5 ± 0,3 %
U8XL	0,03 ± 0,01	0,1 ± 0,01 %	0,6 ± 0,1	2,9 ± 0,3 %
WFL 1	0,15 ± 0,01	0,7 ± 0,1 %	4,6 ± 0,4	20,8 ± 0,9 %
WFL 2	0,07 ± 0,01	0,3 ± 0,03 %	2,2 ± 0,2	9,7 ± 0,6 %
Totalt	0,86 ± 0,02		20,1 ± 1,0	

Scenario 2

I detta scenario sker, som nämnt i inledningen i detta kapitel, rostskydds- och transportinplastning i tält och konditionering i tält utanför Greenfield. Resultaten från scenario 2 kan ses i Tabell 5.14.

Tabell 5.14 Simuleringsresultat för rostskydds- och transportinplastningsscenario 2.

Konditioneringsbuffert		Buffert tält	
Medelantal artiklar	25	Medelantal artiklar	0,5
Ytbehov vid medelantal artiklar	34 m ²	Ytbehov vid medelantal artiklar	-
Maximalt antal artiklar	70	Maximalt antal artiklar	16
Ytbehov vid maximalt antal artiklar	114 m ²	Ytbehov vid maximalt antal artiklar	47 m ²
Ytbehov vid värsta scenariot maximalt antal artiklar	140 m ²	Ytbehov vid värsta scenariot maximalt antal artiklar	131 m ²

	Beläggning (timmar/dag)	Utnyttjande- grad (3-skift)	Andel tid som går åt till transport- inplastning	Andel tid som går åt till rost- skydds- inplastning
Station 1	9,7 ± 0,1	40,5 ± 0,5 %	4,5 %	95,5 %
Station 2	13,1 ± 0,2	54,5 ± 0,8 %	4,5 %	95,5 %
Totalt	22,8			

Scenario 4

I detta scenario sker, som nämnt i inledningen i detta kapitel, endast transportinplastning vid maskin. Resultaten från scenario 4 kan ses i Tabell 5.15.

Tabell 5.15 Simuleringsresultat för rostskydds- och transportinplastningsscenario 4.

	Transportskydds-inplastning	
	Beläggning (timmar/dag)	Utnyttjande- grad
Svets	0,24 ± 0,01	1,1 ± 0,04 %
U6:1:1	0,50 ± 0,01	2,3 ± 0,03 %
U6:1:2	0,20 ± 0,01	0,9 ± 0,04 %
U6:2:1	0,31 ± 0,01	1,5 ± 0,04 %
U6:2:2	0,23 ± 0,01	1,0 ± 0,05 %
U8:1	0,06 ± 0,02	0,3 ± 0,10 %
U8:2	0,09 ± 0,01	0,4 ± 0,03 %
U8XL	0,08 ± 0,01	0,4 ± 0,04 %
WFL	0,42 ± 0,10	2,0 ± 0,47 %
Totalt	2,14 ± 0,14	

5.7.2 Analys

Konditioneringsbuffert

Det finns en tillgänglig yta i slussen ut på cirka 45 m² att lagra både fristaplingsartiklar och pallställsartiklar. Scenario 1 ger att 89 stycken är det maximala antalet artiklar som någon gång under simuleringen befunnits samtidigt i bufferten och artiklarna har ett ytbehov på cirka 80 m². Vid maximalt antal artiklar kommer ytan i slussen sannolikt inte att räcka till. Vid scenario 2 är ytbehovet vid värsta scenariot 140 m² och detta är ej en felberäkning utan bara visar på hur stor betydelse mixen av artiklar har för ytbehovet. Vid dimensionering av tältet för konditionering kan de redovisade resultaten ge en uppskattning av vilka ytor som kan komma att behövas. Scenario 3 ger samma resultat som scenario 1 dock med skillnaden att lagringen av rostskyddade artiklar sker i ett tält istället för i slussen. Vid scenario 4 undersöks ej konditioneringsalternativet.

Buffert i tält

Simuleringen visar att medelantalet artiklar i denna buffert är en halv vilket inte bör innebära något problem att få plats med denna yta i tältet. Det förutsätter att det finns två inplastningsstationer som hinner plasta in de artiklar som kommer in.

Rostskydd- och transportinplastning

Rostskyddsplastningen tar längre tid än transportinplastningen och har därmed större tendens att bli en flaskhals. I scenario 1 och 3 kan WFL-maskinerna bli blockerade om det enbart finns en gemensam inplastningsstation. Läs mer om blockering av maskin i avsnitt 5.5.3 maskin. I scenario 2, då det antas att 2-skift tillämpas, kommer det att krävas två stycken inplastningsstationer för att hinna med att rostskydd- och transportinplasta alla artiklar. I scenario 4 då alla artiklar transportinplastas kommer den totala tidsåtgången per arbetsdag vara cirka två timmar. Det finns alltså inte belägg för att en person enbart ska arbeta med inplastning.

5.8 Truckar

5.8.1 Resultat

Vid samtliga simuleringsscenarion blir utnyttjandegraden på de fem truckarna nästintill utan variation 0,28. Dvs. 28 % av den totala tillgängliga tiden utför truckarna arbete.

5.8.2 Analys

Truckarna kör i modellen 3-skift eftersom de kommer att behövas dygnet runt då maskinerna kör. Dock visar utnyttjandegraden att det faktiska arbetet truckarna utför skulle hinna utföras under ett dagskift. Detta är dock inte ett alternativ just på grund av att truckar kommer behövas så länge maskinerna går. Detta innebär att under produktion kommer truckarna användas en väldigt liten del av tiden och stå still resten av tiden. Uträkningarna visar att en utnyttjandegrad på 0,28 innebär att truckarna utför arbete 6,1 timmar per dygn. En möjlighet är därför att låta truckföraren även ha andra arbetsuppgifter vid sidan om truckkörningen, exempelvis vid inplastning eller maskin. Modellens begränsning i att alla truckar kan ta alla artiklar oavsett storlek och vikt påverkar inte resultatet eftersom utnyttjandegraden är låg. Om den var högre skulle kanske inte alltid rätt typ av truck finnas tillgänglig direkt.

Indataparametrar som påverkar resultatet är tiderna för truckkörning som är inmatade i modellen samt intervallen för utkörning av spånor. Dessa data som presenterades i Kapitel 4 är uppskattad data baserad på hur lång byggnaden är och hur fort en truck kör. Då en batch ska transporteras görs detta av en truck på en viss tid oavsett om det är flera pallar.

För att underlätta arbetet väsentligt för truckförarna bör visualiseringssignaler användas. På detta sätt får truckförarna lättare att hålla reda på vad som ska hämtas när och var. Detta gäller såväl när något placerats i ut-rutan eller då acklimatiseringen är klar.

5.9 Genomloppstid

5.9.1 Resultat

Simuleringsresultaten visar att genomloppstiden varierar mycket beroende på om rostskyddsinplastning sker i Greenfield eller inte. Inom de tre inplastningsscenariorna spelar även batchstorlek, årsvolym och andel kvalitetsbrister roll för genomloppstiden. Det sammanfattade resultatet från simuleringarna gällande kortaste, medel och längsta genomloppstid för de olika scenariorna kan ses i Tabell 5.16, Tabell 5.17 och Tabell 5.18. Genomloppstiden definieras i modellen som den tidpunkt då en artikel lämnar Greenfield minus tiden den anländer in i aklimatiseringsbufferten.

Tabell 5.16 Simuleringsresultat för genomloppstid för inplastningsscenario 1.

	Batchstorlek				Årsvolym		Ökad kvalitetsbrist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
Min (dag)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Medel (dag)	3,2	22,2	2,9	3,0	2,8	13,7	3,4
Max (dag)	9,2	79,5	8,0	7,8	6,2	66,1	8,2

Tabell 5.17 Simuleringsresultat för genomloppstid för inplastningsscenario 2.

	Batchstorlek				Årsvolym		Ökad kvalitetsbrist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
Min (dag)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Medel (dag)	3,4	23,1	2,8	4,0	2,7	8,0	3,3
Max (dag)	8,2	79,7	9,0	9,7	6,1	47,4	8,4

Tabell 5.18 Simuleringsresultat för genomloppstid för inplastningsscenario 4.

	Batchstorlek				Årsvolym		Ökad kvalitetsbrist
	Dagens	Enstyck	Halverad	Dubblerad	Halverad	Ökad	
Min (dag)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Medel (dag)	2,2	22,1	2,3	2,1	1,7	10,0	2,1
Max (dag)	8,3	80,0	8,9	11,4	5,0	70,5	7,4

5.9.2 Analys

Då endast transportskyddsinplastning sker i Greenfield, som i scenario 4, är det naturligt att genomloppstiderna blir kortare eftersom rostskyddsinplastning är en tidskrävande aktivitet. Rostskyddsinplastning innebär också att artiklarna måste konditioneras i cirka 24 timmar innan de kan lämna byggnaden. Då scenario 1 och 2 jämförs blir det ingen större förändring av genomloppstiden förutom den i modellen förväntade variationen. Det har alltså ingen inverkan på genomloppstiden om inplastning sker direkt vid maskin eller i samlade inplastningsstationer i slutet av byggnaden eller i tält. Även om artiklarna konditioneras i tält räknas det in i genomloppstiden för Greenfield. Resultaten visar att det är en relativt stor spridning kring medelvärdet. Det kan skilja många dagar för genomloppstiden för olika artiklar beroende på stycktid, kvalitetsbrister och inplastning. Medelgenomloppstiden ligger kring 2-4 dagar för samtliga scenarion utom enstyck och ökad årsvolym.

Om en ökad andel kvalitetsbrister uppstår blir medelgenomloppstiden något längre. Detta förklaras av att fler artiklar går till svets och att fler artiklar går tillbaka till maskin för en andra bearbetning. Vid enstyckstillverkning blir medelgenomloppstiden orimligt lång, runt 530 timmar vilket är 22 dygn. Att minimala genomloppstiden aldrig blir mindre än 25,5 timmar är på grund av att aklimatiseringen i bufferten in plus den kortaste stycktiden resulterar i 25,7 timmar.

5.10 Validering

Då det inte finns produktion idag så som den kommer ske i Greenfield har resultaten från modellen inte kunnat jämföras med historiska resultat eller resultat i dagsläget. Projektgruppsmedlemmar med god kännedom om processen har uppfattat att den fungerar som förväntat. I vissa fall har utfallet jämförts med teoretiska resultat. Då ingen sådan produktion finns idag har historisk data ej kunnat samlas in och anpassats till en sannolikhetsfördelning. I dessa fall har istället ett medelvärde använts. Något som inte är optimalt då variationen egentligen borde finnas med i dessa fall också. För att problemet inte skulle bli för stort genom att endast använda medelvärdet har en enkel triangulär fördelning använts i dessa fall.

5.11 Analys ur ett Lean-perspektiv

I Greenfield ska ett arbetssätt enligt Lean implementeras. Därför är det viktigt att diskutera resultaten även ur ett Lean-perspektiv. Innebär något av scenariorna att det blir svårt att implementera Lean eller är det något scenario som helt går emot ett Lean arbetssätt?

Scenariot med stora batchstorlekar är inte att föredra ur ett lean-perspektiv då enstyckstillverkning bör eftersträvas så långt det är möjligt. Det ger ett bättre flöde och en lättare översikt. Man bör undvika att släppa in för många artiklar i acklimatiseringsbufferten då detta skapar dålig översikt, det blir svårt att tillämpa FIFO och ger ett högt antal PIA. Att in- och ut-rutorna kan hållas relativt små är positivt då PIA kan hållas nere.

Nyckelbegreppen för Greenfield är uttalade som flexibilitet, genomloppstid och kapacitetsutnyttjande. Att sträva efter ett högt resursutnyttjande går emot ett tankesätt enligt Lean där man har fokus på flödet och inte nödvändigtvis behöver en hög utnyttjandegrad på samtliga maskiner och aktiviteter. Att eftersträva en hög utnyttjandegrad kan motiveras av att man investerat i dyra maskiner som helst ska gå så mycket som möjligt, men det leder lätt till överproduktion, vilket är ett av de slöserier inom Lean, beskrivna i kapitel 3.4.6, som helst ska undvikas. Kundorderstyrning bör eftersträvas så långt det är möjligt så att ett dragande flöde tillämpas och endast producera då det finns efterfrågan. Ett problem med det är att kunderna inte accepterar så långa ledtider som då är utfallet.

Visuell styrning underlättar Gemba – ut och se. Visuell styrning underlättar även för truckförare som kommer att köra i en stor fabrik. Både produktionsledare och operatörer som kommer till sitt skift ska enkelt kunna se hur det går just nu.

En fråga man kan ställa sig är om Lean passar produktionen i Svedala då det handlar om så pass stora produkter och relativt låga volymer. Svaret på detta är så som även påpekades i Kapitel 3 om det Liker hört i hans kurser om Toyota Production Systems (TPS) – ”TPS kan väl inte tillämpas i min verksamhet” Vi gör inga stora mängder bilar, vi gör små mängder specialiserade produkter. – Av deras tankesätt att döma har de missat poängen. Lean handlar inte om att imitera de verktyg som Toyota använder i en viss tillverk-

ningsprocess. Lean handlar om att utveckla de principer som passar just er organisation och att använda dem flitigt för att få hög produktivitet som kontinuerligt tillför värde för kunden och samhället. De 14 principerna som presenterades i kapitel 3.4.2 är då en god utgångspunkt.

Lean på Sandvik SRP idag

Sedan Lean-arbetet tog fart år 2009 har man på SRP kommit en bra bit på vägen med att implementera Lean i företaget. I dagsläget använder man en rad verktyg såsom Kaizen och 5S. Många saker finns dock kvar att jobba på. Kvalitet är viktigt för Sandvik eftersom de är dyrare än konkurrenterna. Ändå dras man ofta med betydande kvalitetsavvikelser. Fel som gjorts tidigt ska inte upptäckas vid exempelvis målning i slutet av flödet, då har begreppet *rätt från mig* inte fungerat korrekt. På grund av att man i dagsläget inte litar på processerna och dras med kvalitetsavvikelser producerar man i vissa fall tre istället för en, så att man är säker på att åtminstone en blir rätt från början. Detta leder till överproduktion. Kvalitetsavvikelserna är också en bidragande faktor till varför körplanen som planeras inte alltid hålls. Det händer ofta att körplanen inte kan låsas vilket medför att operatörerna inte kan förbereda sig på ett optimalt sätt. Orsakerna till detta är bland annat kvalitetsbristerna som nämndes innan men också frånvaro, brist på 5S, stillestånd, prognosvariation och att prioriterade order går före. Vissa avdelningar har kommit längre än andra med 5S men fortfarande finns det utrymme för förbättringar. Hur långt ett arbetsmoment tar beror ofta på dagsformen på maskin och människa. Om en process är standardiserad tar det lika lång tid varje gång. I Greenfield bör allt detta förbättras. Det är också vad de flesta medarbetare med insikt i Greenfield hoppas på enligt enkätsvaren. För att lyckas med detta krävs det att samtliga är delaktiga, då det är delaktighet som ger resultat – inte styrning. Kommunikationen kan också förbättras och gränser mellan *Parts*, *Wearparts* och *Assembly* måste suddas ut.

5.12 Batchanalys

Ett försök gjordes att räkna ut om en ökad batchstorlek per artikelgrupp (exempelvis Drivaxlar, Halslagerhus osv.) slår positivt eller negativt mot den totala kostnaden. Vid försöket hittades en batchstorlek som minimerade andelen ställtidsandelen av totala tiden genom Formel 5.1. I Figur 5.1 hittas ett exempel på hur ställtidsandelen varierar med batchstorlek. Kostnadssänkningarna

som den ökade batchstorleken leder till skulle sedan jämföras med den ökade lagerhållningskostnaden.

Formel 5.1 Ställtidens procentuella andel av produktionen av en viss detalj (Ståhl).

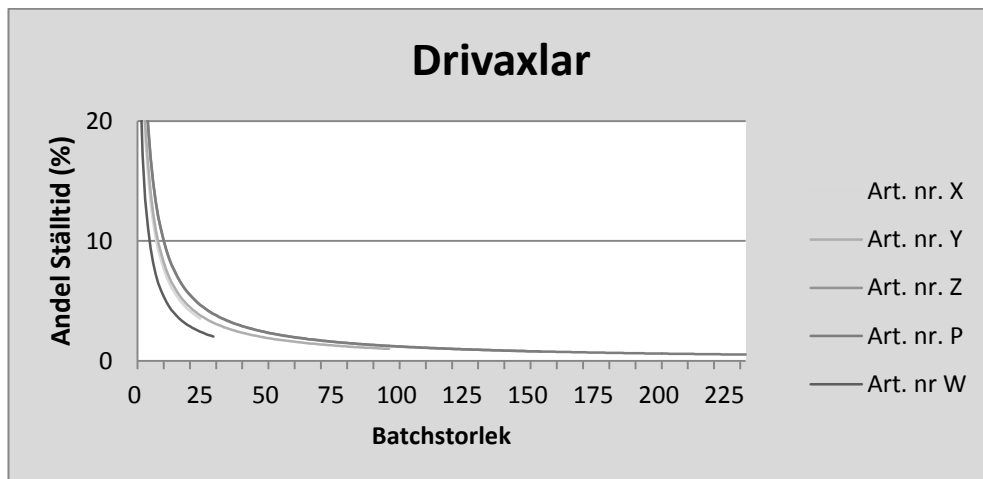
$$\frac{T_{su} \cdot 100}{T_{su} + \frac{t_0 \cdot N_0}{1 - q_S}}$$

T_{su} = ställtid

t_0 = stycktid

N_0 = batchstorlek

q_S = andel produktionsstillestånd



Figur 5.1 Ställtidsandel vid varierad batchstorlek för fem olika drivaxlar.

Om skillnaden mellan ställkostnadsänkningen och den ökade lagerhållningskostnaden är positiv torde det vara gynnsamt rent kostnadsmässigt med ökade batchstorlekar. Om skillnaden däremot är negativ bör batchstorlekarna ej ökas utan snarare minskas. Det är också en fråga rent flödesmässigt om det finns kapacitet och yta till att minska/öka batchstorlekarna. Efter information från företagets Produktionscontroller så finns ingen uttalad lagerhållningskostnad. Däremot är det hårt tryck på att hålla lagret nere. För närvarande är Sandvik SRP:s Net Working Capital (NWC) negativ. NWC beskrivs av formeln:

$$NWC = \text{Kundfordringar} + \text{Lagerkostnad} - \text{Leverantörsskulder}$$

Att företagets NWC är negativt är positivt för företaget då det innebär att pengar lånas gratis av leverantörerna. Leverantörsskulder har en återbetalningstid på 90 dagar medan kundfodringarna har 30 dagar.

Det är svårt att uppskatta lagerhållningskostnaden för yta, hantering m.m. Det finns säkerligen tröskelvärden för när lagret ökar och exempelvis en till truck behövs. Därför anses inte lagerhållningskostnaden öka linjärt. Att hitta optimala batchstorlekar enligt denna metod skulle innebära ytterligare ett scenario att tillföra simuleringsstudien. Försöket misslyckades på grund av att lagerhållningskostnaden inte fanns och ej heller kunde uppskattas på ett bra sätt. Detta var dock inte simuleringarnas syfte och påverkar inte studien som helhet.

6. Slutsats och Rekommendation

I detta kapitel presenteras först de viktigaste slutsatserna som har kunnat formuleras utifrån flödessimuleringen av Greenfield samt enkätundersökningen. Avslutningsvis redovisas rekommendationer samt förslag till fortsatt arbete.

6.1 Slutsats

Den övergripande slutsatsen som kan göras utifrån simuleringen av Greenfield är att flödet genom fabriken fungerar bra. Det finns bra med maskinkapacitet att tillgå och inga flaskhalsar har identifierats vid simulering av det produktionsscenario som planerats för. Enkätundersökningen visar att man har höga förväntningar på Greenfield. På alla påståenden om verksamheten hoppas man att det blir bättre i Greenfield och det finns inget som talar för att förhoppningarna inte ska kunna infrias.

Acklimatiseringsbuffert

Mixen är avgörande för hur stor yta acklimatiseringen kommer att ta upp. Med en god planering av körschema och framförhållning bör man kunna undvika att acklimatiseringsbufferten blir full. Genom att stapla de staplingsbara pallarna kan ytbehovet minskas.

Bläster och blästerbuffert

Blästerbufferten för acklimatisering i Greenfield har en total yta som inte täcker det ytbehov som uppstår då maximala antalet artiklar finns i denna buffert. Genom att stapla de staplingsbara pallarna samt genom att vissa artiklar kan ställas på högkant kan ytbehovet minskas. Utnyttjandegraden för blästern är vid normal produktion relativt hög, cirka 86 %. Vid en ökad årsvolym krävs ytterligare blästerkapacitet.

In- och ut-rutor

In- och ut-rutornas storlek kommer att påverkas av vilket rostskydds- och inplastningsalternativ man väljer. Man bör lägga extra fokus på in- och ut-

rutorna vid WFL-maskinerna för där kommer flest antal artiklar befinna sig. Om inplastning av något slag blir aktuellt vid maskinerna kommer till exempel 13 timmar av de totalt 27 timmar som kommer att läggas per dag på rostskyddsplastning vara av artiklar från någon av de fyra WFL-maskinerna.

Utnyttjandegraden på maskinerna

Målet för utnyttjandegraden på maskinerna i Greenfield är 75 %. Detta mål ser ut att uppfyllas för ungefär hälften av maskinerna vid normal produktion. Kapaciteten i Greenfield är väl tilltagen och fabriken klarar även en ökad årsvolym jämfört med den prognostiserade. Dock kommer ett enstycksflöde inte att fungera. WFL-maskinerna blir då flaskhals och mer kapacitet krävs för detta scenario. Vid dagens batchstorlekar och normal produktion har vissa maskiner en utnyttjandegrad ner mot 30-40 %. Detta kan dock jämnas ut med de maskiner som är likadana och har högre utnyttjandegrad, upp mot 80 %. Något som är missvisande är att ställtiden räknas in i utnyttjandegraden för WFL-maskinerna. Det är så man definierar utnyttjandegraden idag och det gör att den blir högre än om endast den faktiska bearbetningstiden beaktas. Detta motiverar heller inte att få ner ställtiden utan tvärtom fås ett bättre resultat i form av utnyttjandegrad då ställtiden ökar. För att inte blockeringen av maskinerna ska skapa problem och stoppa upp flödet krävs två inplastningsstationer vid WFL-maskinerna i scenariot med inplastning vid maskin.

Simuleringens tillförlitlighet

Kvaliteten på en simuleringsstudies resultat beror till stor del av den indata som används i modellen. I flödesanalysen som genomförts för Greenfieldanläggningen finns en viss osäkerhet i inparametrarna. Dels för att data många gånger är baserad på historiska data som kanske inte kommer spegla Greenfield och dels för att den andra gången endast är kvalificerade uppskattningar. Ett exempel är scenariot med ökad kvalitetsbrist. Ökningen är baserad på att de artiklar som redan haft kvalitetsbrister får en högre andel kvalitetsbrister. Kanske skulle denna andel vara betydligt högre. Att bygga en relativt komplex modell i Extend är utmanande och kräver stor noggrannhet. Möjligheten att använda olika fördelningar för att få med variation i modellen är något som används. En nackdel som upplevts med modellen i detta projekt

är att utdata för utnyttjandegrader inte fungerat att exportera direkt till Excel vilket medfört att dessa har räknats ut manuellt, en tidskrävande process. Något som saknas i programmet är även möjligheten att räkna ut buffertytor direkt i modellen.

Nautilus

Då Greenfield är något helt nytt finns stora möjligheter att skapa ett bra nautilus-arbete från början. Att begränsa hur många artiklar som samtidigt befinner sig i fabriken hjälper till att skapa ordning och ger en god överblick. (Speciellt är detta viktigt vid acklimatiseringsbufferten där FIFO är tänkt att tillämpas och ytan är knapp.) En kundorderstyrd produktion skulle underlätta att undvika överproduktion. Visuellt styrning är viktigt inom Lean och någon slags visuell styrning bör tillämpas i Greenfield. Både för signalering till truckförare samt stora ljusstavlor som visar hur produktionen går för tillfället. I den mån det går i denna typ av produktion bör Poka-Yoke, som beskrivs i kapitel 3.4.8, tillämpas för att förebygga att operatörer och maskiner producerar fel. Viktigast av allt för att exempelvis 5S och övriga verktyg inom Lean ska fungera är att skapa ett Leant tankesätt och motivation hos samtliga medarbetare.

6.2 Rekommendation

Simuleringsmodellen

Nu finns en väl fungerande simuleringsmodell över Greenfield. En rekommendation är att fortsätta använda denna modell och bygga om/bygga på den då förutsättningar ändras. För det krävs utbildning av personal i simulering. Detta kan vara motiverat av att händelsestyrd simulering i Extend är ett kraftfullt verktyg då man vill testa utfall av förändringar i produktionen. Detta utan kostsamma och tidskrävande verkliga försök som även stör produktionen.

Acklimatiseringsbuffert

Vid utformning av layouten av acklimatiseringsbufferten i avseende på hur stor yta varje maskingrups artiklar bör bli tilldelade och andel pallställ kan man kombinera tabell 5.3 och tabell 5.4.

Verksamheten

Man bör utarbeta en bra strategi för hur organisationen i Greenfield ska se ut så att man kan försörja maskinerna med artiklar och ha en god framförhållning. Eftersom utnyttjandegraden på truckarna är relativt låg men ändå behövs dygnet runt då maskinerna körs kommer det bli mycket tid över för truckförarna inne i Greenfield. Ett förslag är därför att inte ha truckförare som är dedikerade till endast truckkörning. Då tid finns över bör de även ha andra arbetsuppgifter vid sidan om truckkörningen. Förslagsvis kan de hjälpa till vid inplastning eller som operatör vid maskin.

Nautilus

Man bör överväga att investera i ljustavlor som ger en överblick över hur produktionen går just nu, i realtid. Ligger man före, i tid eller efter? Hur många kvalitetsbrister? Vilka maskiner är igång? Då man stiger in i byggnaden bör det gå att få en omedelbar överblick se hur produktionen ligger till. Viktigast är dock att implementera ett tankesätt enligt Lean bland personalen. Då man förstår varför man ska göra något på ett visst sätt skapar det motivation att efterfölja arbetssättet och komma med egna förbättringsförslag. Ständiga förbättringar måste främst komma från medarbetarna som arbetar med det dagligen och vet hur det verkligen går till.

6.3 Förslag till fortsatt arbete

Efter det genomförda examensarbetet finns områden som skulle kunna beröras vid framtida projekt.

- Börja använda det händelsestyrda simuleringsprogrammet Extend för att kunna simulera fler scenarion i framtiden. Utgå från grundmodellen detta examensarbete resulterat i. Håll modellen vid liv och utveckla och uppdatera den då förutsättningar ändras och förändringar genomförs i produktionen. Testa om förändringar leder till bättre eller sämre flöde
- Jämföra simuleringsresultaten i denna rapport med teoretiska resultat. Att senare även jämföra simuleringsresultaten med verkliga resultaten Greenfield presterar då fabriken är i full drift

Referenser

Litteratur

Banks, Jerry, John S. Carson II, Barry L. Nelson & David M. Nicol (2005) *Discrete-Event System Simulation*. Upper Saddle River NJ. Pearson Education Inc. Fjärde upplagan. ISBN 0-13-129342-7

Bergman, Kjell (2007) *"Gjuteriet" 125 år – En kulturhistoria*. Föreningen Svedala-Barabyggen. ISBN 91-975638-4-6

Bicheno, John, Matthias Holweg, Pia Anhede & Joakim Hillberg (2011) *Verktygslåda för Lean – vägledaren i en Lean transformation*. Lean Forum, Revere. Fjärde upplagan. ISBN 978-91-631-9548-8

Broms, Gunnar & Pär Lindahl (2005) *Effektivt arbete i processindustrin. Hur man gör. Från Strategi till genomförande*. Västerås. VINNOVA – Verket för Innovationssystem ISBN 91-85084-24-7

Björklund, Maria & Ulf Paulsson, (2003) *Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera*. Lund. Studentlitteratur AB ISBN 978-91-44-04125-4

Höst, Martin, Björn Regnell & Per Runesson (2006) *Att genomföra examensarbete*. Lund. Studentlitteratur. ISBN 978-91-44-00521-8

Kelton, W. David & Averill M. Law (2000) *Simulation Modeling and Analysis*. Singapore. McGraw Hill. Tredje upplagan. ISBN 0-07-116537-1

Laguna, Manuel & Johan Marklund (2005) *Business Process Modeling, Simulation and Design*. Upper Saddle River NJ. Pearson Education Inc. ISBN 0-13-091519-X

Liker, Jeffery K. (2009) *The Toyota Way – Lean för världsklass*. Malmö. Liber AB. ISBN 978-91-47-08902-4

Lekwall, Per & Clas Wahlbin (2001) *Information för marknadsföringsbeslut*. Göteborg. IHM Publishing. Fjärde upplagan. ISBN 91-86460-85-4

Modig, Niklas & Pär Åhlström (2011) *Vad är Lean? En guide till kundfokus och flödeseffektivitet*. Stockholm. Stockholm School of Economics Institute for Research. ISBN 978-91-86797-01-0

Ståhl, Jan-Eric (2010) *Industriella Tillverkningssystem del II – Länken mellan teknik och ekonomi*. Lund. Industriell Produktion LTH, Lunds Universitet. Andra upplagan.

Artiklar

Curry, J. James (2006) *Simulation Modeling in Lean Programs*. APICS - The Educational Society for Resource Management

Law, M. Averill (2009) *How to Build Valid and Credible Simulations Models*. Tucson AZ. Winter Simulation Conference

Söderberg, Björn (2012) *Lean Management*. Chalmers.

Elektroniska källor

Sandvik AB www.sandvik.se hämtad 18 februari 2012

Lean AB www.leanab.se hämtad 16 januari 2012

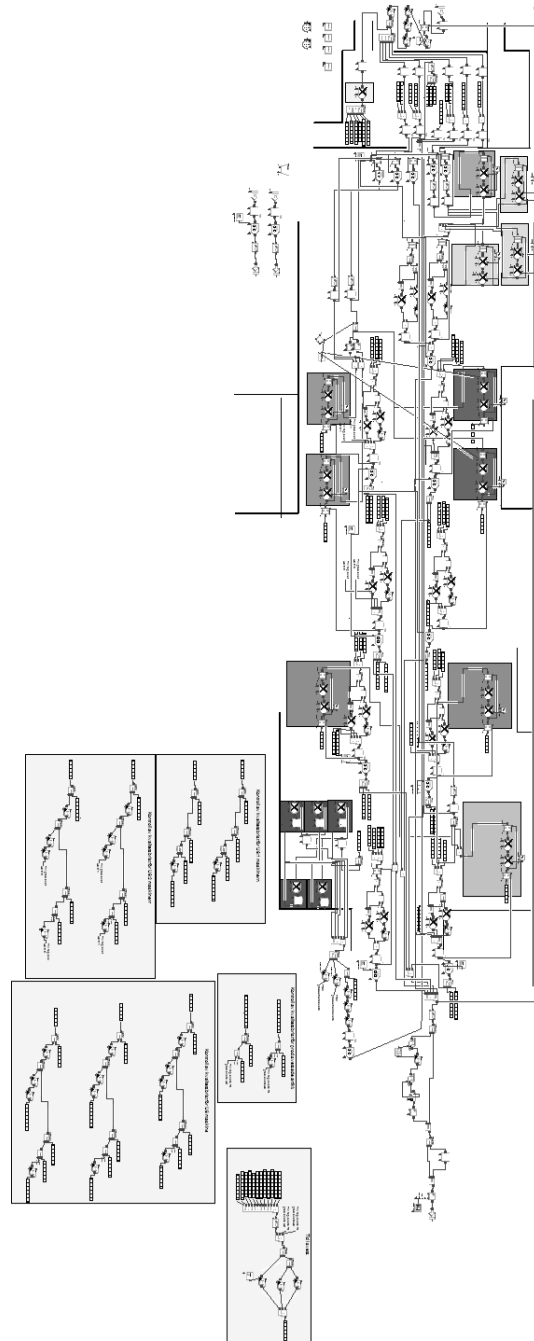
DELFOi – it will be
http://www.delfoi.com/web/web_swe/solutions/production/sv_SE/production/ hämtad 17 januari 2012

Företagsinterna källor

Sandvik Mining and Construction Sverige Intranät. Sandvik AB hämtad 16 januari 2012

Bilaga A

Simuleringsmodellen. Ovandel är inflöde i Greenfield och underdel utflöde.



Bilaga B

Artikel nummer	Artikel benämning	Krosstyp	Maskin	Prognos-tiserad årsvolym	Procent av total årsvolym
■	EXCENTERAXEL	■	WFL120	■	■
■	DRIVAXEL	■	WFL65	■	■
■	HALSLAGERHUS	■	WFL65	■	■
■	M.TRYCKPLATTA	■	WFL65	■	■
■	HA-HYLSA	■	WFL65	■	■
■	NAV	■	U6:1	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	GÄNGRING	■	WFL65	■	■
■	HA-MUTTER	■	WFL65	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	HA-MUTTER	■	WFL65	■	■
■	HA-HYLSA	■	WFL65	■	■
■	M.TRYCKPLATTA	■	WFL65	■	■
■	NAV	■	U6:1	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	KOLVHUS	■	U6:2	■	■
■	ÖVERDEL	■	U8	■	■
■	STÖDKONA	■	U6:2	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	HALSLAGERHUS	■	WFL65	■	■
■	KOLVHUS	■	U6:2	■	■
■	M.TRYCKPLATTA	■	WFL65	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	UNDERDEL	■	U8	■	■
■	STÖDKONA	■	U6:2	■	■
■	HA-MUTTER	■	WFL65	■	■
■	HA-HYLSA	■	WFL65	■	■
■	GÄNGRING	■	WFL65	■	■

Artikel nummer	Artikel benämning	Krosstyp	Maskin	Prognos-tiserad årsvolym	Procent av total årsvolym
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	NAV	■	U6:1	■	■
■	HALSLAGERHUS	■	WFL65	■	■
■	ÖVERDEL	■	U8	■	■
■	ÖVERDEL	■	U8	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	STÖDKONA	■	U6:2	■	■
■	GÄNGRING	■	WFL65	■	■
■	ÖVERDEL	■	U8	■	■
■	ÖVERDEL	■	U8	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	KOLVHUS	■	U8	■	■
■	KOLVHUSLOCK	■	U6:1	■	■
■	NAV	■	U6:2	■	■
■	M.TRYCKPLATTA	■	WFL65	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	KOLV	■	U6:2	■	■
■	HALSLAGERHUS	■	WFL65	■	■
■	DRIVAXEL	■	WFL65	■	■
■	GÄNGRING	■	WFL65	■	■
■	HA-HYLSA	■	WFL65	■	■
■	HA-MUTTER	■	WFL65	■	■
■	STÖDKONA	■	U6:2	■	■
■	TOPPDEL	■	U8	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	NAV	■	U6:2	■	■
■	KOLVHUSLOCK	■	U6:1	■	■
■	GÄNGRING	■	U6:1	■	■
■	HA-MUTTER	■	U6:1	■	■
■	HA-HYLSA	■	U6:2	■	■
■	ÖVERDEL	■	U6:2	■	■
■	KOLV	■	WFL65	■	■

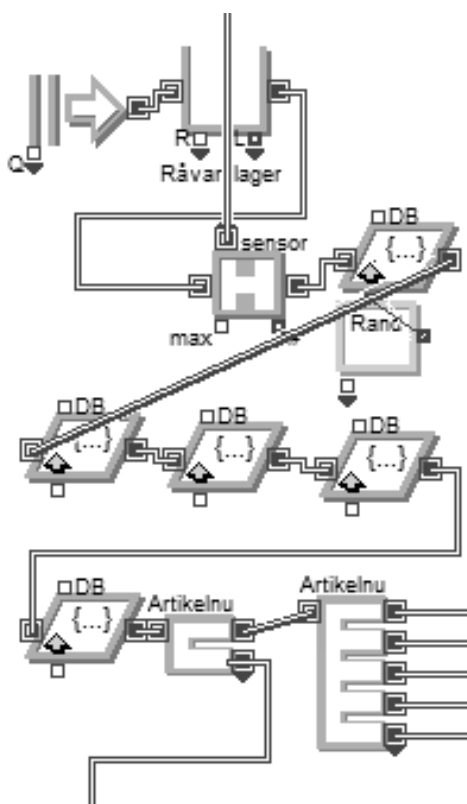
Artikel nummer	Artikel benämning	Krosstyp	Maskin	Prognos-tiserad årsvolym	Procent av total årsvolym
■	KOLVHUSLOCK	■	WFL65	■	■
■	KOLVHUSLOCK	■	WFL65	■	■
■	KOLVHUSLOCK	■	WFL65	■	■
■	KOLV	■	WFL65	■	■
■	KOLV	■	WFL65	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	M.TRYCKPLATTA	■	WFL65	■	■
■	KOLV	■	U6:2	■	■
■	UNDERDEL	■	U6:2	■	■
■	KOLVHUS	■	U6:2	■	■
■	DRIVAXEL	■	WFL65	■	■
■	DRIVAXEL	■	WFL65	■	■
■	KOLVHUS	■	U8	■	■
■	EXCENTERAXEL	■	WFL65	■	■
■	EXCENTERAXEL	■	WFL120	■	■
■	LAGERHUS STYR	■	U6:1	■	■
■	LAGERHUS FRI	■	U6:1	■	■
■	LAGERHUS STYR	■	U6:1	■	■
■	LAGERHUS FRI	■	U6:1	■	■
■	LAGERHUS STYR	■	U6:2	■	■
■	LAGERHUS FRI	■	U6:2	■	■
■	UNDERDEL	■	U8	■	■
■	HA-HYLSA	■	U6:2	■	■
■	NAV	■	U6:2	■	■
■	M.TRYCKPLATTA	■	WFL65	■	■
■	EXCENTER	■	U6:1	■	■
■	STÖDKONA	■	U6:2	■	■
■	HALSLAGERHUS	■	WFL120	■	■
■	DRIVAXEL	■	WFL65	■	■
■	GÄNGRING	■	U6:1	■	■
■	HA-MUTTER	■	U6:1	■	■
■	KOLVHUS	■	U8	■	■
■	KOLVHUSLOCK	■	U6:1	■	■

Artikel nummer	Artikel benämning	Krosstyp	Maskin	Prognos-tiserad årsvolym	Procent av total årsvolym
■	KOLV	■	U6:2	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	STÖDKONA	■	U8	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL120	■	■
■	STÖDKONA	■	U8	■	■
■	ÖVERDEL	■	U8	■	■
■	UNDERDEL	■	U8	■	■
■	STÖDKONA	■	U8	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL120	■	■
■	STÖDKONA	■	U6:2	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL120	■	■
■	STÖDKONA	■	U8	■	■
■	ÖVERDEL	■	U8	■	■
■	KOLVHUSLOCK	■	U6:1	■	■
■	KOLVHUS	■	U8	■	■
■	KOLV	■	U6:2	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL120	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL120	■	■
■	STÖDKONA	■	U8	■	■
■	RING BASIC	■	U8	■	■
■	KONTRAMUTTER	■	U8	■	■
■	UNDERDEL	■	U8XL	■	■
■	LAGERSTÖD	■	U6:1	■	■
■	HA-MUTTER	■	WFL65	■	■
■	JUSTERINGSRING	■	U8	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	STÖDKONA	■	U6:2	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	LAGERHUS	■	WFL65	■	■
■	LAGERHUS	■	WFL65	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■
■	LAGERHUS	■	WFL65	■	■
■	HUVUDAXEL	■	WFL65	■	■

Artikel nummer	Artikel benämning	Krosstyp	Maskin	Prognos-tiserad årsvolym	Procent av total årsvolym
■	EXCENTERAXEL	■	WFL120	■	■
■	EXCENTERAXEL	■	WFL120	■	■

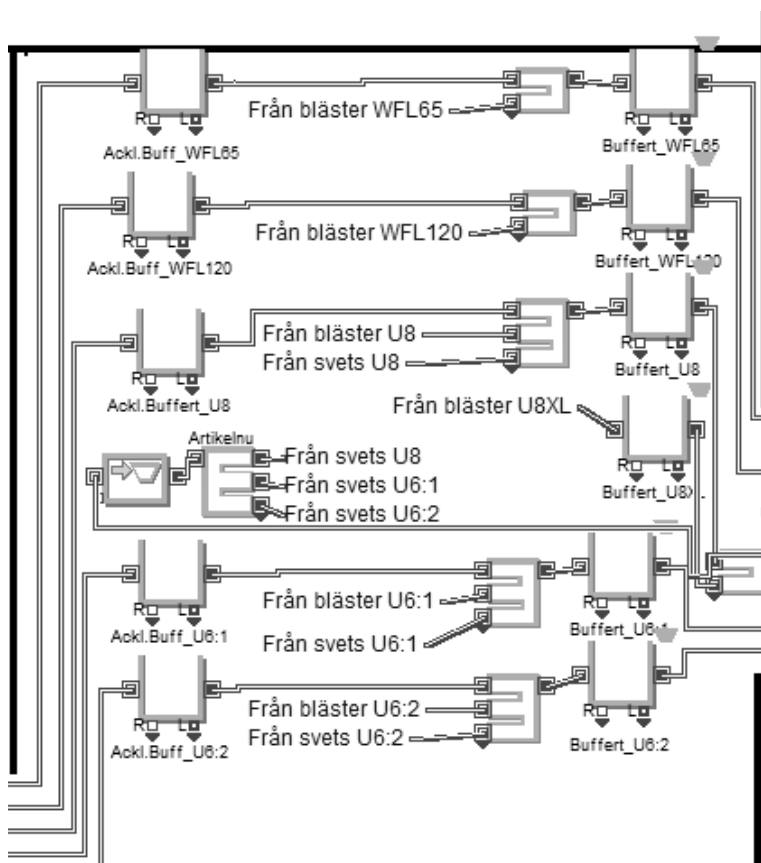
Bilaga C

Generering av artiklar i simuleringsmodellen där en rad olika attribut sätts för varje artikel som kommer in i Greenfield.

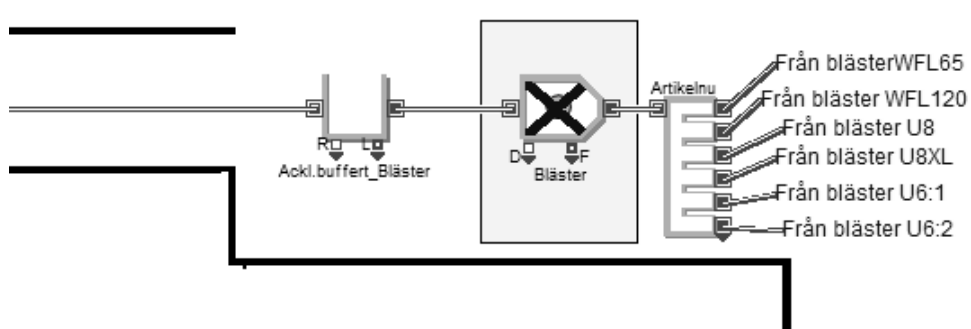


Bilaga D

Simuleringsmodellens buffertområde in samt blästern och blästerbufferten.



Buffertområde



Bläster och blästerbuffert

Bilaga E

Artikel nummer	Artikel benämning	Blästring	Blästertid (timmar)	Ställtid (timmar)	Stycktid (timmar)
■	EXCENTERAXEL			4,50	11,96
■	DRIVAXEL			1,32	1,23
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,23	2,15	2,15
■	M.TRYCKPLATTA			0,98	0,81
■	HA-HYLSA			1,04	0,72
■	NAV	Ja	1,75	1,56	2,37
■	EXCENTER			1,85	2,19
■	GÄNGRING			0,90	0,32
■	HA-MUTTER			0,58	0,32
■	HUVUDAXEL			2,46	2,23
■	HUVUDAXEL			2,66	2,49
■	HA-MUTTER			1,20	0,84
■	HA-HYLSA			1,33	1,41
■	M.TRYCKPLATTA			1,06	0,98
■	NAV	Ja	1,75	1,55	2,21
■	EXCENTER			2,16	3,07
■	KOLVHUS			2,17	1,88
■	ÖVERDEL			1,95	5,33
■	STÖDKONA	Ja	1,75	1,47	2,10
■	HUVUDAXEL			2,09	1,55
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,23	2,41	2,45
■	KOLVHUS			1,93	2,31
■	M.TRYCKPLATTA			0,98	0,98
■	HUVUDAXEL			2,63	2,29
■	UNDERDEL	Ja	2,75	3,99	8,54
■	STÖDKONA	Ja	1,75	2,23	2,73
■	HA-MUTTER			0,67	0,42
■	HA-HYLSA			1,12	1,04
■	GÄNGRING			0,96	0,40

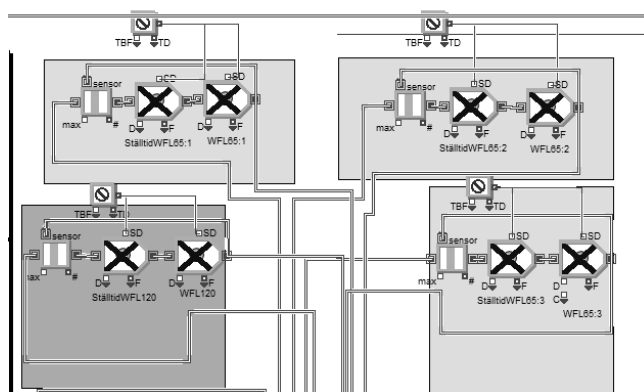
Artikel nummer	Artikel benämning	Blästring	Blästertid (timmar)	Ställtid (timmar)	Stycktid (timmar)
	EXCENTER			1,98	3,00
	NAV	Ja	1,75	1,39	1,85
	HALSLAGERHUS	Ja	0,23	2,31	2,32
	ÖVERDEL			1,95	5,33
	ÖVERDEL			1,63	7,80
	EXCENTER			2,16	3,07
	STÖDKONA	Ja	1,75	2,27	2,95
	GÄNGRING			1,17	0,95
	ÖVERDEL			1,63	3,90
	ÖVERDEL			1,63	6,50
	EXCENTER			1,98	3,00
	KOLVHUS			1,70	2,06
	KOLVHUSLOCK	Ja	0,23	2,03	2,62
	NAV	Ja	1,75	1,49	2,57
	M.TRYCKPLATTA			1,27	1,27
	EXCENTER			2,46	4,05
	KOLV	Ja	0,28	2,42	3,70
	HALSLAGERHUS	Ja	0,23	2,85	4,06
	DRIVAXEL			2,20	1,90
	GÄNGRING			1,66	1,13
	HA-HYLSA			2,08	2,16
	HA-MUTTER			1,25	1,09
	STÖDKONA	Ja	1,75	2,73	4,73
	TOPPDEL			1,95	5,53
	EXCENTER			2,46	4,04
	EXCENTER			1,02	8,40
	NAV	Ja	1,75	2,05	3,74
	KOLVHUSLOCK			3,00	6,00
	GÄNGRING			2,30	2,69
	HA-MUTTER			1,28	2,22
	HA-HYLSA			1,94	4,34
	ÖVERDEL			1,95	5,85
	KOLV	Ja	0,28	1,08	1,38

Artikel nummer	Artikel benämning	Blästring	Blästertid (timmar)	Ställtid (timmar)	Stycktid (timmar)
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,23	4,88	1,60
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,23	2,92	2,50
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,23	2,24	1,69
■	KOLV	Ja	0,28	2,36	2,86
■	KOLV	Ja	0,28	1,62	1,89
■	EXCENTER			1,85	2,19
■	M.TRYCKPLATTA			1,19	3,02
■	KOLV	Ja	0,28	2,59	5,46
■	UNDERDEL	Ja	2,75	3,29	8,05
■	KOLVHUS			1,92	2,28
■	DRIVAXEL			2,15	1,50
■	DRIVAXEL			2,60	1,80
■	KOLVHUS			2,66	7,37
■	EXCENTERAXEL			4,58	6,30
■	EXCENTERAXEL			4,73	7,35
■	LAGERHUS STYR			0,90	3,42
■	LAGERHUS FRI			0,90	3,42
■	LAGERHUS STYR			0,90	3,42
■	LAGERHUS FRI			0,90	3,42
■	LAGERHUS STYR			2,70	8,10
■	LAGERHUS FRI			2,70	8,10
■	UNDERDEL	Ja	2,75	4,48	9,94
■	HA-HYLSA			1,92	3,54
■	NAV	Ja	1,75	1,46	3,12
■	M.TRYCKPLATTA			1,19	2,55
■	EXCENTER			2,58	6,48
■	STÖDKONA	Ja	1,75	2,83	3,50
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,23	3,06	5,53
■	DRIVAXEL			3,00	4,10
■	GÄNGRING			2,30	2,69
■	HA-MUTTER			0,87	1,22
■	KOLVHUS			1,85	3,37
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,23	1,50	3,50

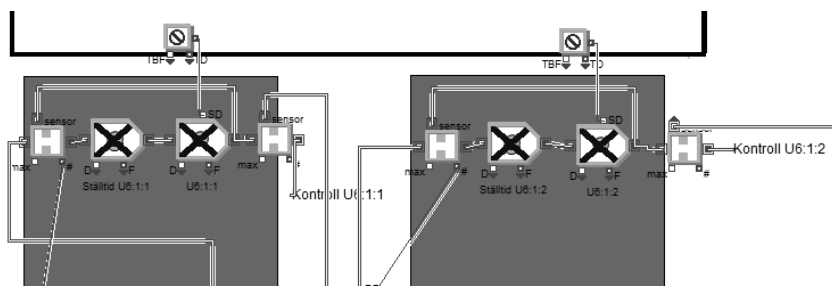
Artikel nummer	Artikel benämning	Blästring	Blästertid (timmar)	Ställtid (timmar)	Stycktid (timmar)
■	KOLV	Ja	0,28	2,21	3,85
■	HUVUDAXEL			2,61	3,02
■	STÖDKONA	Ja	1,75	1,84	2,95
■	HUVUDAXEL			3,15	7,13
■	STÖDKONA	Ja	1,75	1,40	8,40
■	ÖVERDEL			2,60	10,73
■	UNDERDEL	Ja	2,75	4,20	12,32
■	STÖDKONA	Ja	1,75	1,40	7,00
■	HUVUDAXEL			2,63	2,97
■	STÖDKONA	Ja	1,75	3,19	3,85
■	HUVUDAXEL			3,00	8,63
■	STÖDKONA	Ja	1,75	1,82	6,16
■	ÖVERDEL			1,95	8,45
■	KOLVHUSLOCK			2,18	4,00
■	KOLVHUS			2,00	5,00
■	KOLV	Ja	0,28	7,10	3,81
■	HUVUDAXEL			3,15	9,38
■	HUVUDAXEL			2,98	7,00
■	STÖDKONA	Ja	1,75	1,62	6,13
■	RING BASIC			2,00	10,00
■	KONTRAMUTTER			2,00	10,00
■	UNDERDEL	Ja	2,75	3,50	15,00
■	LAGERSTÖD			2,00	10,00
■	HA-MUTTER			0,93	0,67
■	JUSTERINGSRING			3,00	12,00
■	HUVUDAXEL			2,50	2,36
■	STÖDKONA	Ja	1,75	2,45	3,31
■	HUVUDAXEL			2,52	2,44
■	LAGERHUS			2,10	2,50
■	LAGERHUS			2,00	2,30
■	HUVUDAXEL			2,52	2,44
■	LAGERHUS			2,00	2,10
■	HUVUDAXEL			2,52	2,44
■	EXCENTERAXEL			4,65	7,20
■	EXCENTERAXEL			4,65	7,35

Bilaga F

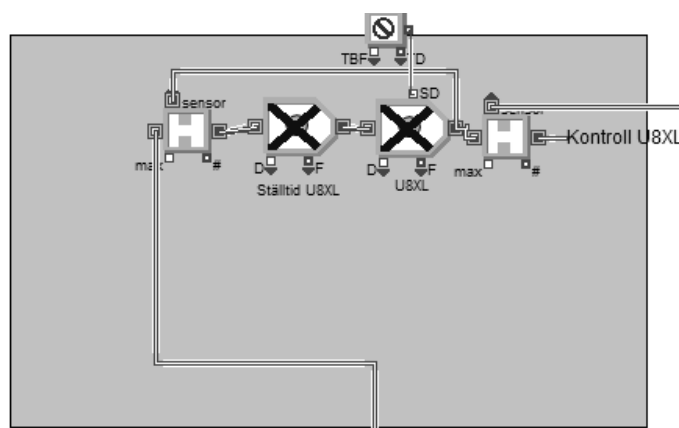
Olika maskinområden så som de ser ut i simuleringsmodellen.



WFL-maskinerna



U6:1-maskinerna



U8XL-maskinen

Bilaga G

Indata till modellen för maskinernas stillestånd.

Tid mellan stillestånd	
Empirisk data	
Antal gånger	Timmar mellan stillestånd
11	0-2
9	3-6
9	7-11
3	12-20
8	24-48
2	49-72
3	100
6	200
Indata till modell	
Sannolikhet	Timmar mellan stillestånd
22 %	1
18 %	4,5
18 %	10
6 %	17
16 %	37
4 %	64
6 %	100
12 %	200

Tid med stillestånd	
Empirisk data	
Antal gånger	Timmar med stillestånd
13	1-2
4	2-3
2	3-4
3	4-5
1	5-6
1	6-7
2	7-8
1	15
1	23
Indata till modell	
Sannolikhet	Timmar med stillestånd
46 %	1,7
14 %	2,5
7 %	3,2
11 %	4,6
4 %	5,8
4 %	6,1
7 %	7,7
4 %	15,0
4 %	22,8

Bilaga H

Indata till modellen för skifttiderna. Dessa repeteras var femte dag.

Skifttid, 3-skift		
Klockslag	Timme	Modell on/off
start söndag 0:00	0	off
måndag 06:00	6	on
fredag 18:18	114,3	off

Skifttid, 2-skift		
Klockslag	Timme	Modell on/off
start söndag 00:00	0	off
måndag 06:00	6	on
måndag 23:06	23,1	off
tisdag 06:00	30	on
tisdag 23:06	47,1	off
onsdag 06:00	54	on
onsdag 23:06	71,1	off
torsdag 06:00	78	on
torsdag 23:06	95,1	off
fredag 06:00	102	on
fredag 13:00	109	off

Bilaga I

Artikel nummer	Artikel benämning	Produktions-svets	Stycktid i produktions-svets (timmar)	Kvalitets-brist	Procent av artiklar med kvalitets-brist	Stycktid i repara-tions-svets (timmar)
■	EXCENTERAXEL					
■	DRIVAXEL					
■	HALSLAGERHUS					
■	M.TRYCKPLATTA					
■	HA-HYLSA					
■	NAV					
■	EXCENTER			Ja	■	4,00
■	GÄNGRING					
■	HA-MUTTER					
■	HUVUDAXEL					
■	HUVUDAXEL					
■	HA-MUTTER					
■	HA-HYLSA					
■	M.TRYCKPLATTA					
■	NAV					
■	EXCENTER			Ja	■	2,56
■	KOLVHUS					
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	9,57
■	STÖDKONA			Ja	■	3,00
■	HUVUDAXEL					
■	HALSLAGERHUS					
■	KOLVHUS					
■	M.TRYCKPLATTA					
■	HUVUDAXEL					
■	UNDERDEL	Ja	12	Ja	■	9,66
■	STÖDKONA			Ja	■	10,00
■	HA-MUTTER					
■	HA-HYLSA					

Artikel nummer	Artikel benämning	Produktions-svets	Stycktid i produktions-svets (timmar)	Kvalitets-brist	Procent av artiklar med kvalitets-brist	Stycktid i reparations-svets (timmar)
■	GÄNGRING					
■	EXCENTER					
■	NAV					
■	HALSLAGERHUS					
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	8,15
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	13,57
■	EXCENTER					
■	STÖDKONA			Ja	■	6,00
■	GÄNGRING					
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	39,00
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	10,27
■	EXCENTER					
■	KOLVHUS			Ja	■	8,75
■	KOLVHUSLOCK					
■	NAV					
■	M.TRYCKPLATTA					
■	EXCENTER					
■	KOLV					
■	HALSLAGERHUS					
■	DRIVAXEL					
■	GÄNGRING					
■	HA-HYLSA					
■	HA-MUTTER					
■	STÖDKONA					
■	TOPPDEL					
■	EXCENTER					
■	EXCENTER			Ja	■	7,38
■	NAV					
■	KOLVHUSLOCK					
■	GÄNGRING					
■	HA-MUTTER					

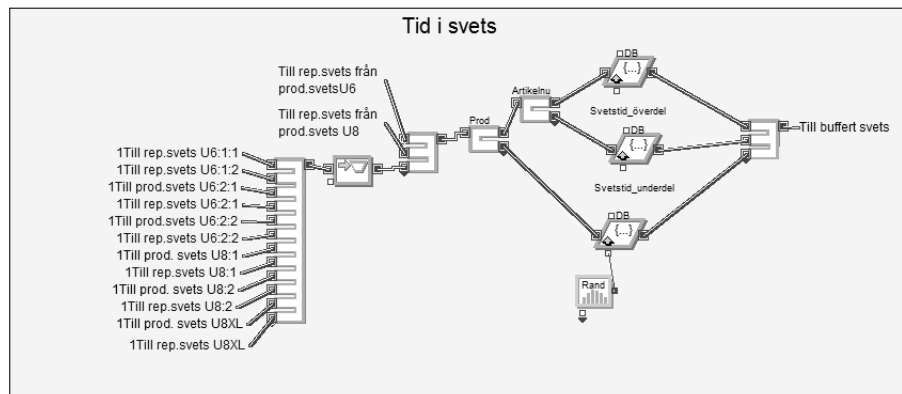
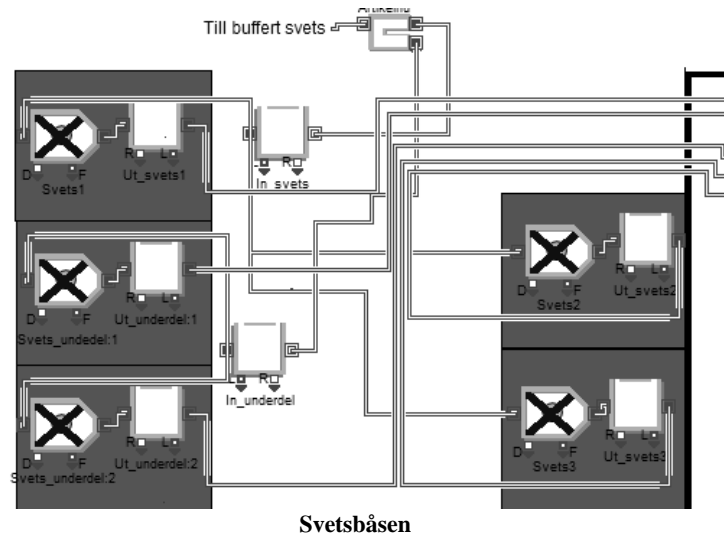
Artikel nummer	Artikel benämning	Produktions-svets	Stycktid i produktions-svets (timmar)	Kvalitets-brist	Procent av artiklar med kvalitets-brist	Stycktid i repara-tions-svets (timmar)
■	HA-HYLSA					
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	4,03
■	KOLV					
■	KOLVHUSLOCK					
■	KOLVHUSLOCK					
■	KOLVHUSLOCK					
■	KOLV					
■	KOLV					
■	EXCENTER					
■	M.TRYCKPLATTA					
■	KOLV					
■	UNDERDEL	Ja	12	Ja	■	21,40
■	KOLVHUS					
■	DRIVAXEL					
■	DRIVAXEL					
■	KOLVHUS			Ja	■	6,90
■	EXCENTERAXEL					
■	EXCENTERAXEL					
■	LAGERHUS STYR			Ja	■	3,00
■	LAGERHUS FRI			Ja	■	3,00
■	LAGERHUS STYR					
■	LAGERHUS FRI					
■	LAGERHUS STYR			Ja	■	8,90
■	LAGERHUS FRI			Ja	■	4,17
■	UNDERDEL	Ja	12	Ja	■	6,45
■	HA-HYLSA					
■	NAV					
■	M.TRYCKPLATTA					
■	EXCENTER			Ja	■	5,23
■	STÖDKONA			Ja	■	4,48
■	HALSLAGERHUS					

Artikel nummer	Artikel benämning	Produktions-svets	Stycktid i produktions-svets (timmar)	Kvalitets-brist	Procent av artiklar med kvalitets-brist	Stycktid i repara-tions-svets (timmar)
■	DRIVAXEL					
■	GÄNGRING					
■	HA-MUTTER					
■	KOLVHUS			Ja	■	5,00
■	KOLVHUSLOCK					
■	KOLV					
■	HUVUDAXEL					
■	STÖDKONA			Ja	■	13,33
■	HUVUDAXEL					
■	STÖDKONA			Ja	■	16,00
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	22,38
■	UNDERDEL	Ja	12	Ja	■	17,33
■	STÖDKONA			Ja	■	6,13
■	HUVUDAXEL					
■	STÖDKONA			Ja	■	10,20
■	HUVUDAXEL					
■	STÖDKONA			Ja	■	12,86
■	ÖVERDEL	Ja	5	Ja	■	4,50
■	KOLVHUSLOCK					
■	KOLVHUS			Ja	■	4,50
■	KOLV					
■	HUVUDAXEL					
■	HUVUDAXEL					
■	STÖDKONA					
■	RING BASIC					
■	KONTRAMUTTER					
■	UNDERDEL	Ja	12			
■	LAGERSTÖD					
■	HA-MUTTER					
■	JUSTERINGSRING					
■	HUVUDAXEL					

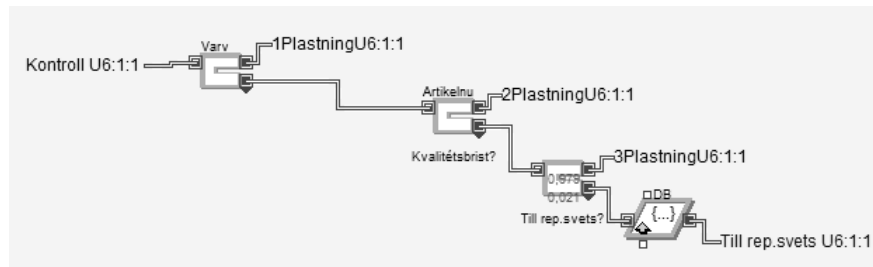
Artikel nummer	Artikel benämning	Produktions-svets	Stycktid i produktions-svets (timmar)	Kvalitets-brist	Procent av artik-lar med kvalitets-brist	Stycktid i repara-tions-svets (timmar)
■	STÖDKONA					
■	HUVUDAXEL					
■	LAGERHUS					
■	LAGERHUS					
■	HUVUDAXEL					
■	LAGERHUS					
■	HUVUDAXEL					
■	EXCENTERAXEL					
■	EXCENTERAXEL					

Bilaga J

Olika avsnitt i modellen som tillhör svets.



Kontroll av hur lång svetsningen ska ta



Kontroll för U6:1:1 om artikeln ska svetsas

Bilaga K

Artikel nummer	Artikel benämning	Till måle-riet	Rost-skydd (timmar)	Längd (mm)	Dia-meter (mm)	Höjd (mm)	Längd - Gods på pall (mm)	Bredd - Gods på pall (mm)
■	EXCENTERAXEL		1,7	2870			2870	800
■	DRIVAXEL		0,4	632			1200	800
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,2	422	315		1200	800
■	M.TRYCKPLATTA		0,3		220		1200	800
■	HA-HYLSA		0,4		200		1200	800
■	NAV		0,7		650		1200	800
■	EXCENTER		0,5		340		1200	800
■	GÄNGRING		0,4		245		1200	800
■	HA-MUTTER	Ja	0,2		400		1200	800
■	HUVUDAXEL		1,2	1583			1583	800
■	HUVUDAXEL		1,2	1830			1830	800
■	HA-MUTTER	Ja	0,3		520		1200	800
■	HA-HYLSA		0,5		285		1200	800
■	M.TRYCKPLATTA		0,3		330		1200	800
■	NAV		0,8		866		1200	1200
■	EXCENTER		0,8		500		1200	800
■	KOLVHUS		1,2		700		1200	800
■	ÖVERDEL		2		1830		2100	2100
■	STÖDKONA		1,3		766		1200	800
■	HUVUDAXEL		1,2	1305			1305	800
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,3	631	420		1200	800
■	KOLVHUS		1		500		1200	800
■	M.TRYCKPLATTA		0,3		270		1200	800
■	HUVUDAXEL		1,2	1565			1565	800
■	UNDERDEL	Ja	1,7		1860		2100	2100
■	STÖDKONA		1,3		925		1200	925
■	HA-MUTTER	Ja	0,2		390		1200	800
■	HA-HYLSA		0,5		242		1200	800
■	GÄNGRING		0,4		292		1200	800

Artikel nummer	Artikel benämning	Till måle-riet	Rost-skydd (timmar)	Längd (mm)	Dia-meter (mm)	Höjd (mm)	Längd - Gods på pall (mm)	Bredd - Gods på pall (mm)
■	EXCENTER		0,6		410		1200	800
■	NAV		0,7		720		1200	800
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,3	548	375		1200	800
■	ÖVERDEL		1,7		1550		1700	1700
■	ÖVERDEL		2,1		2125		2400	2400
■	EXCENTER		0,8		500		1200	800
■	STÖDKONA		1,3		1090		1200	1090
■	GÄNGRING		0,5		334		1200	800
■	ÖVERDEL		1,5		1375		1450	1450
■	ÖVERDEL		1,7		1745		2100	2100
■	EXCENTER		0,6		410		1200	800
■	KOLVHUS	Ja	1,3		800		1200	800
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,6		720		1200	800
■	NAV		0,9		1020		1200	1200
■	M.TRYCKPLATTA		0,4		390		1200	800
■	EXCENTER		0,8		590		1200	800
■	KOLV	Ja	0,6		520		1200	800
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,3	741	550		1200	800
■	DRIVAXEL		0,4	1123			1200	800
■	GÄNGRING		0,6		410		1200	800
■	HA-HYLSA		0,6		325		1200	800
■	HA-MUTTER	Ja	0,3		563		1200	800
■	STÖDKONA		1,3		695		1200	800
■	TOPPDEL		3,8		2500		2600	2600
■	EXCENTER		0,8		590		1200	800
■	EXCENTER		1,5		790		1200	800
■	NAV		1		1350		1450	1450
■	KOLVHUSLOCK	Ja	1				1200	1200
■	GÄNGRING		0,7		580		1200	800
■	HA-MUTTER	Ja	0,4					
■	HA-HYLSA		1,1		505		1200	800
■	ÖVERDEL		1,5		1280		1450	1450
■	KOLV	Ja	0,3		325		1200	800

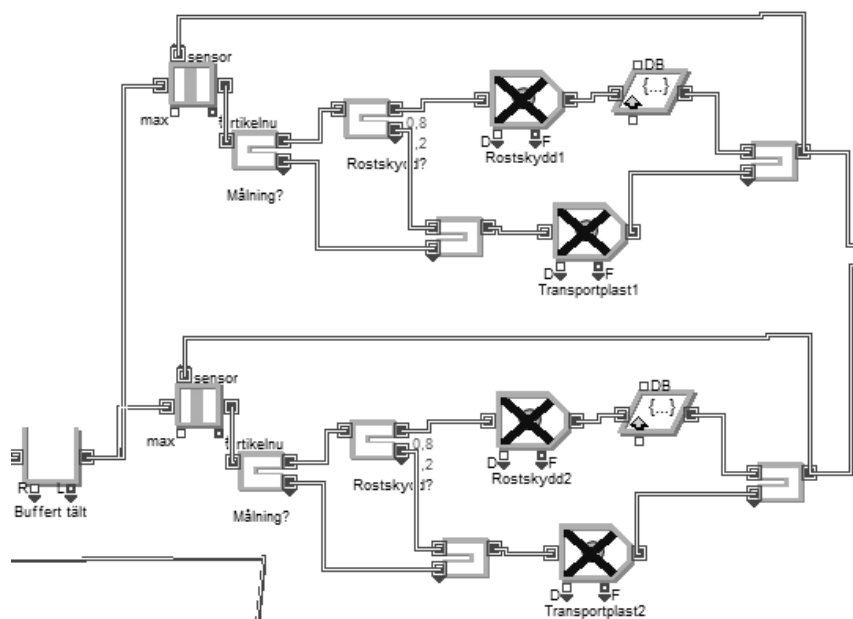
Artikel nummer	Artikel benämning	Till måle-riet	Rost-skydd (timmar)	Längd (mm)	Dia-meter (mm)	Höjd (mm)	Längd - Gods på pall (mm)	Bredd - Gods på pall (mm)
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,5		420		1200	800
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,5		570		1200	800
■	KOLVHUSLOCK	Ja	0,5		490		1200	800
■	KOLV	Ja	0,4		430		1200	800
■	KOLV	Ja	0,3		360		1200	800
■	EXCENTER		0,5		340		1200	800
■	M.TRYCKPLATTA		0,5		550		1200	800
■	KOLV	Ja	0,7		760		1200	800
■	UNDERDEL	Ja	1,4		1460		1700	1700
■	KOLVHUS		1		470		1200	800
■	DRIVAXEL		0,4	813			1200	800
■	DRIVAXEL		0,4	972			1200	800
■	KOLVHUS	Ja	2		950		1200	1200
■	EXCENTERAXEL		1,7	2048			2048	800
■	EXCENTERAXEL		1,7	2468			2468	800
■	LAGERHUS STYR		1		990		1200	1200
■	LAGERHUS FRI		1		990		1200	1200
■	LAGERHUS STYR		1		1035		1450	1450
■	LAGERHUS FRI		1		1035		1450	1450
■	LAGERHUS STYR		1		1035		1450	1450
■	LAGERHUS FRI		1		1035		1450	1450
■	UNDERDEL	Ja	2,2		2000		2100	2100
■	HA-HYLSA		1,1		450		1200	800
■	NAV		1		1230		1450	1450
■	M.TRYCKPLATTA		0,5		460		1200	800
■	EXCENTER		1,5		715		1200	800
■	STÖDKONA		1,3		845		1200	845
■	HALSLAGERHUS	Ja	0,7	990	650		1200	800
■	DRIVAXEL		1,2	1425			1425	800
■	GÄNGRING		0,7		530		1200	800
■	HA-MUTTER	Ja	0,4		700		1200	800

Artikel nummer	Artikel benämning	Till måle-riet	Rost-skydd (timmar)	Längd (mm)	Dia-meter (mm)	Höjd (mm)	Längd - Gods på pall (mm)	Bredd - Gods på pall (mm)
	KOLVHUS	Ja	2		850		1200	1200
	KOLVHUSLOCK	Ja	1		830		1200	1200
	KOLV	Ja	0,7		720	550	1200	800
	HUVUDAXEL		1,2	2272			2272	800
	STÖDKONA		1,3		980		1200	980
	HUVUDAXEL		1,4	2737			2737	800
	STÖDKONA		1,3		1140		1450	1450
	ÖVERDEL		2,1		2200		2400	2400
	UNDERDEL	Ja	3,4		2200		2400	2400
	STÖDKONA		1,7		1870		1870	1870
	HUVUDAXEL		1,4	2187			2187	800
	STÖDKONA		1,5		1330		1450	1450
	HUVUDAXEL		1,5	2740			2740	800
	STÖDKONA		1,7		1538		1538	1538
	ÖVERDEL		2,5		2350	1090	2400	2400
	KOLVHUSLOCK	Ja	1		920		1200	1200
	KOLVHUS	Ja	2		1060	1015	1200	1200
	KOLV	Ja	0,7		720	556	1200	800
	HUVUDAXEL		1,5	3220	660		3220	800
	HUVUDAXEL		1,5	3220	720		3220	800
	STÖDKONA		1,7		1870		1870	1870
	RING BASIC		0,4		1350		1450	1450
	KONTRAMUTTER		0,4		1600		1800	1800
	UNDERDEL		2,5		3000		3100	3100
	LAGERSTÖD		1		1035		1450	1450
	HA-MUTTER	Ja	0,4		330	230	1200	800
	JUSTERINGSRING		0,5		1400		1450	1450
	HUVUDAXEL		1,5	3300	800		3300	800
	STÖDKONA		1,5		1870		1870	1870
	HUVUDAXEL		1,2	1151	166		1200	800
	LAGERHUS	Ja	1					
	LAGERHUS	Ja	1		430	511	1200	800
	HUVUDAXEL		1,2	912	126		1200	800

Artikel nummer	Artikel benämning	Till måleriet	Rostskydd (timmar)	Längd (mm)	Diameter (mm)	Höjd (mm)	Längd - Gods på pall (mm)	Bredd - Gods på pall (mm)
■	LAGERHUS	Ja	1		430	388	1200	800
■	HUVUDAXEL		1,2	739	126		1200	800
■	EXCENTERAXEL		1,7	2320			2320	800
■	EXCENTERAXEL		1,7	2320			2320	800

Bilaga L

Inplastningsstationernas uppbyggnad i simuleringsmodellen. Här visas två parallella stationer.



Inplastningsstationer

Bilaga M

Artikel nummer	Artikel benämning	Batch-storlek	Antal per pall	Antal pall per batch	Behov av yta (m ²) per batch
■	EXCENTERAXEL	1		1	2,30
■	DRIVAXEL	5	5	1	0,96
■	HALSLAGERHUS	4	6	1	0,96
■	M.TRYCKPLATTA	20	20	1	0,96
■	HA-HYLSA	20	15	2	1,92
■	NAV	1		1	0,96
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	GÄNGRING	20	24	1	0,96
■	HA-MUTTER	24	6	4	3,84
■	HUVUDAXEL	2	2	1	1,27
■	HUVUDAXEL	4	1	4	5,86
■	HA-MUTTER	50	3	17	16,32
■	HA-HYLSA	25	8	4	3,84
■	M.TRYCKPLATTA	20	20	1	0,96
■	NAV	1		1	1,44
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	KOLVHUS	1		1	0,96
■	ÖVERDEL	1		1	4,41
■	STÖDKONA	1		1	0,96
■	HUVUDAXEL	5	2	3	3,13
■	HALSLAGERHUS	12	3	4	3,84
■	KOLVHUS	1		1	0,96
■	M.TRYCKPLATTA	30	20	2	1,92
■	HUVUDAXEL	5	2	3	3,76
■	UNDERDEL	1		1	4,41
■	STÖDKONA	1		1	1,11
■	HA-MUTTER	50	6	9	8,64
■	HA-HYLSA	28	12	3	2,88
■	GÄNGRING	30	18	2	1,92

Artikel nummer	Artikel benämning	Batch-storlek	Antal per pall	Antal pall per batch	Behov av yta (m ²) per batch
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	NAV	1		1	0,96
■	HALSLAGERHUS	12	6	2	1,92
■	ÖVERDEL	1		1	2,89
■	ÖVERDEL	1		1	5,76
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	STÖDKONA	1		1	1,31
■	GÄNGRING	30	18	2	1,92
■	ÖVERDEL	1		1	2,10
■	ÖVERDEL	1		1	4,41
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	KOLVHUS	1		1	0,96
■	KOLVHUSLOCK	1		1	0,96
■	NAV	1		1	1,44
■	M.TRYCKPLATTA	5	10	1	0,96
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	KOLV	1		1	0,96
■	HALSLAGERHUS	6	3	2	1,92
■	DRIVAXEL	10	5	2	1,92
■	GÄNGRING	16	6	3	2,88
■	HA-HYLSA	12	6	2	1,92
■	HA-MUTTER	18	2	9	8,64
■	STÖDKONA	1		1	0,96
■	TOPPDEL	1		1	6,76
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	NAV	1		1	2,10
■	KOLVHUSLOCK	1		1	1,44
■	GÄNGRING	1		1	0,96
■	HA-MUTTER	1		1	0
■	HA-HYLSA	1		1	0,96
■	ÖVERDEL	1		1	2,10
■	KOLV	4	6	1	0,96

Artikel nummer	Artikel benämning	Batch-storlek	Antal per pall	Antal pall per batch	Behov av yta (m ²) per batch
■	KOLVHUSLOCK	8	3	3	2,88
■	KOLVHUSLOCK	14	3	5	4,80
■	KOLVHUSLOCK	10	3	4	3,84
■	KOLV	12	3	4	3,84
■	KOLV	9	6	2	1,92
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	M.TRYCKPLATTA	5	2	3	2,88
■	KOLV	1		1	0,96
■	UNDERDEL	1		1	2,89
■	KOLVHUS	1		1	0,96
■	DRIVAXEL	5	5	1	0,96
■	DRIVAXEL	10	5	2	1,92
■	KOLVHUS	1		1	1,44
■	EXCENTERAXEL	4	2	2	3,28
■	EXCENTERAXEL	1		1	1,98
■	LAGERHUS STYR	1		1	1,44
■	LAGERHUS FRI	1		1	1,44
■	LAGERHUS STYR	1		1	2,10
■	LAGERHUS FRI	1		1	2,10
■	LAGERHUS STYR	1		1	2,10
■	LAGERHUS FRI	1		1	2,10
■	UNDERDEL	1		1	
■	HA-HYLSA	1		1	0,96
■	NAV	1		1	2,10
■	M.TRYCKPLATTA	5	2	3	2,88
■	EXCENTER	1		1	0,96
■	STÖDKONA	1		1	1,01
■	HALSLAGERHUS	1		1	0,96
■	DRIVAXEL	10	5	2	2,28
■	GÄNGRING	1		1	0,96
■	HA-MUTTER	1		1	0,96
■	KOLVHUS	1		1	1,44
■	KOLVHUSLOCK	1		1	1,44

Artikel nummer	Artikel benämning	Batch-storlek	Antal per pall	Antal pall per batch	Behov av yta (m ²) per batch
■	KOLV	1		1	0,96
■	HUVUDAXEL	3	1	3	5,45
■	STÖDKONA	1		1	1,18
■	HUVUDAXEL	1		1	2,19
■	STÖDKONA	1		1	2,10
■	ÖVERDEL	1		1	5,76
■	UNDERDEL	1		1	5,76
■	STÖDKONA	1		1	3,50
■	HUVUDAXEL	1		1	1,75
■	STÖDKONA	1		1	2,10
■	HUVUDAXEL	1		1	2,19
■	STÖDKONA	1		1	2,37
■	ÖVERDEL	1		1	5,76
■	KOLVHUSLOCK	1		1	1,44
■	KOLVHUS	1		1	1,44
■	KOLV	1		1	0,96
■	HUVUDAXEL	1		1	2,58
■	HUVUDAXEL	1		1	2,58
■	STÖDKONA	1		1	3,50
■	RING BASIC	1		1	2,10
■	KONTRAMUTTER	1		1	3,24
■	UNDERDEL	1		1	9,61
■	LAGERSTÖD	1		1	2,10
■	HA-MUTTER	1		1	0,96
■	JUSTERINGSRING	1		1	2,10
■	HUVUDAXEL	1		1	2,64
■	STÖDKONA	1		1	3,50
■	HUVUDAXEL	5	5	1	0,96
■	LAGERHUS	3	3	1	
■	LAGERHUS	4	3	2	1,92
■	HUVUDAXEL	5	5	1	0,96
■	LAGERHUS	1		1	0,96
■	HUVUDAXEL	2	5	1	0,96

Artikel nummer	Artikel benämning	Batch-storlek	Antal per pall	Antal pall per batch	Behov av yta (m ²) per batch
■	EXCENTERAXEL	1		1	1,86
■	EXCENTERAXEL	1		1	1,86

Bilaga N

Enkät

Hur upplevs verksamheten idag och hur hoppas man på att verksamheten kommer att bedrivas i Greenfield?

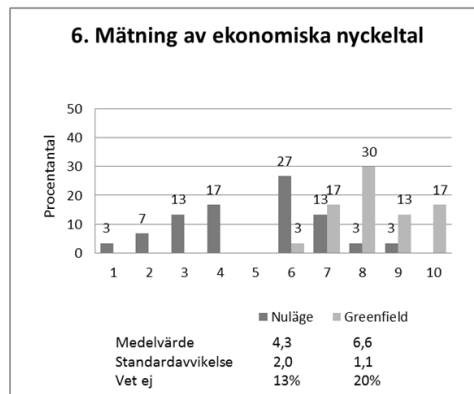
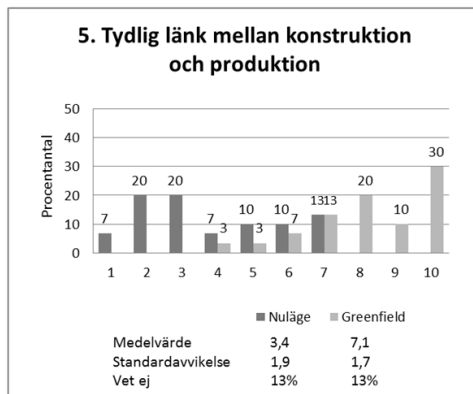
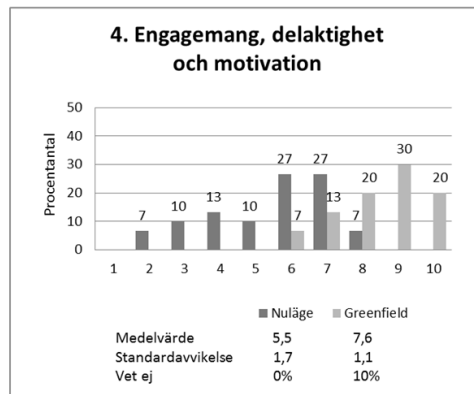
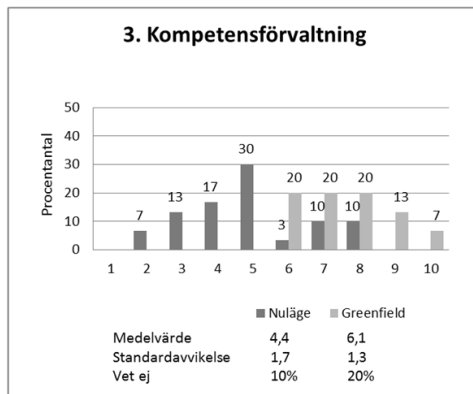
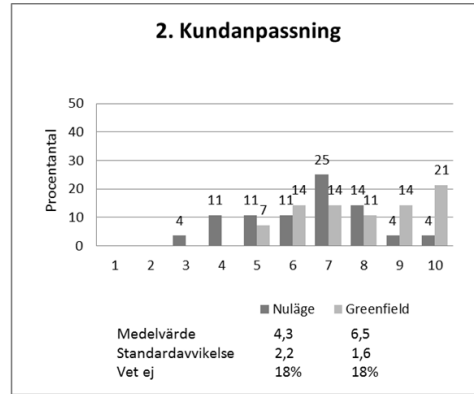
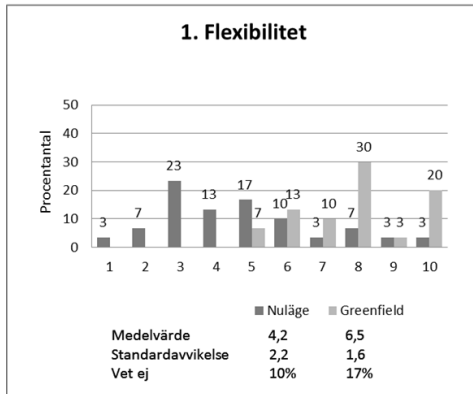
	Instämmer inte alls					Instämmer helt					Vet ej	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1. Flexibilitet												
Produktionen har mycket lätt att anpassa sig efter varierande efterfrågan och att införa nya produkter är inget problem.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Kundanpassning												
Man vet precis vad kunden efterfrågar och gör allt för att tillgodose kundens förfrågningar.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Kompetensförvaltning												
Man arbetar ständigt efter att på bästa sätt ta till vara på och utveckla den kompetens som redan finns i organisationen. Man utbildar hellre personalen än att ta in konsulter.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Engagemang, delaktighet, motivation												
Verksamheten fungerar på ett sådant sätt att man alltid känner engagemang, delaktighet och motivation i det man gör.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Tydlig länk mellan konstruktion och produktion												
Konstruktion- och produktionssidan har ett mycket väl fungerande samarbete och informationsutbyte.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Mätning av ekonomiska nyckeltal												
Man gör kontinuerliga mätningar av nyckeltal och de nyckeltalen man mäter är mycket relevanta.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Uppföljning av mätning												
Det görs alltid uppföljningar av alla mätningar och åtgärder vidtas alltid vid behov.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Hållbar utveckling Man utnyttjar resurser på det mest effektiva sättet för att bidra till en hållbar utveckling.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
9. PIA Man eftersträvar alltid efter att ha så lite produkter i arbete som möjligt och man lyckas även med det.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
10. Framförhållning Den planerade körplanen efterföljs alltid vilket medför att operatörerna kan förbereda arbetet på bästa sätt.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
11. Avvikelsehantering Man har ett bra system för att hantera kvalitetsbrister och man utreder alltid grundorsaken.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
Nautilus												
12. Kundvärde Kunden, både intern och extern, är i fokus i allt arbete.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
13. Säkerhet Alla arbetsplatser bidrar till god psykisk och fysisk hälsa.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
14. Standardiserade processer Det finns väldokumenterade processer, instruktioner och specifikationer för alla moment genom organisationen.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
15. Kommunikation Kommunikationen fungerar genom hela organisationen genom öppenhet för nya idéer och sätt att arbeta, utan fördomar.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
16. Rätt från mig Problem signaleras och åtgärder vidtas direkt då problem uppstår.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
17. Ständiga förbättringar Alla anställda involveras i att steg för steg utveckla och förbättra arbetet.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>									

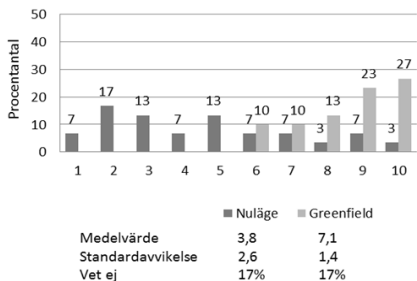
5S													
18. Sortera Onödigt material avlägsnas alltid och placeras på uppmärkta platser.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19. Strukturera Det finns en strukturerad layout som gör att det alltid är lätt att snabbt hitta information, material, verktyg och reservdelar.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20. Städa Alla arbetsplatser är alltid i god ordning vilket medför effektivitet.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21. Standardisera Det finns bra regler och rutiner för att upprätthålla 5S.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22. Skapa vana Man har kommit mycket långt med att tillämpa 5S i det dagliga arbetet.	Nuläge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Greenfield	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bilaga O

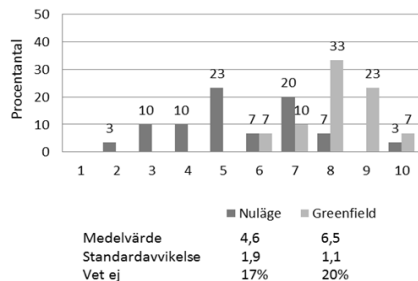
Resultat från enkätundersökning.



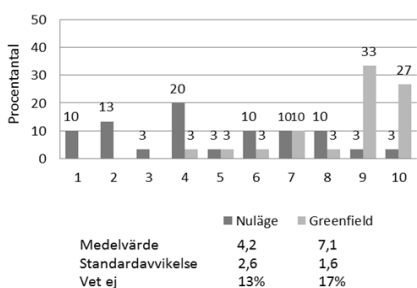
7. Uppföljning av mätning



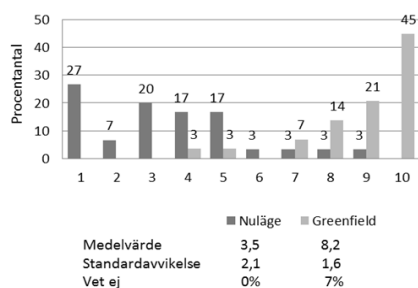
8. Hållbar utveckling



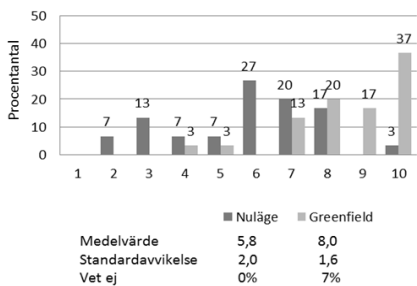
9. PIA



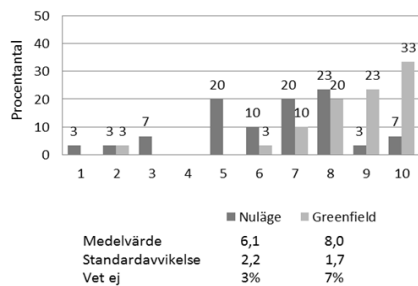
10. Framförhållning

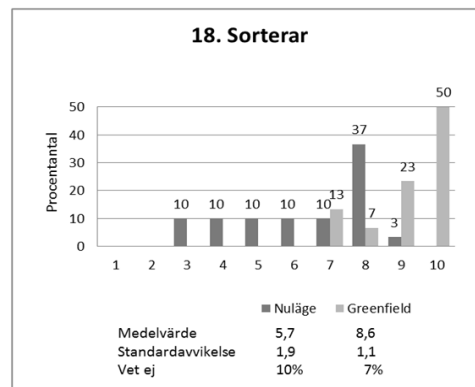
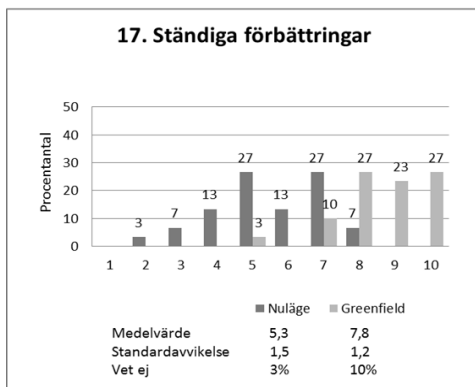
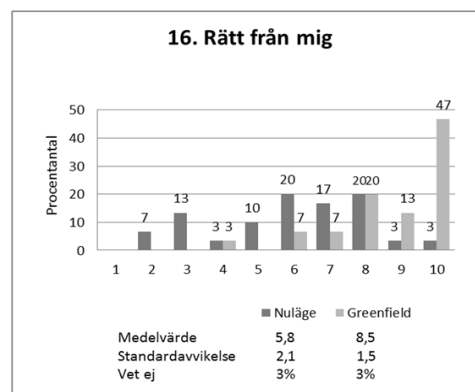
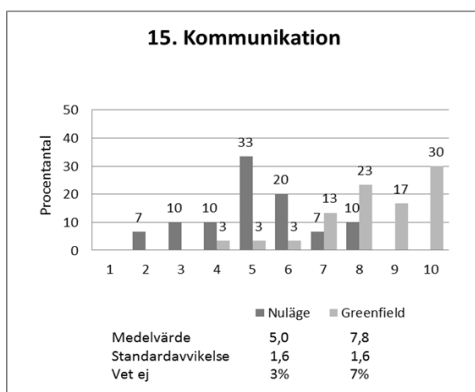
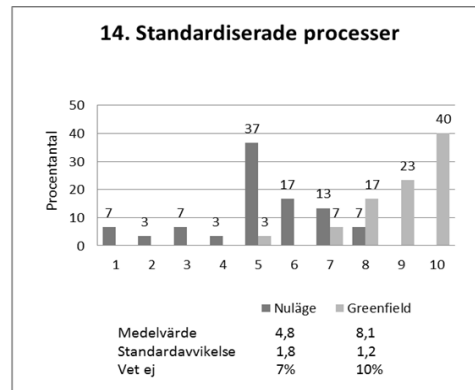
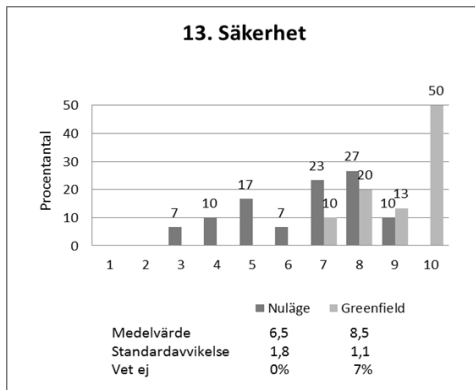


11. Avvikelsehantering

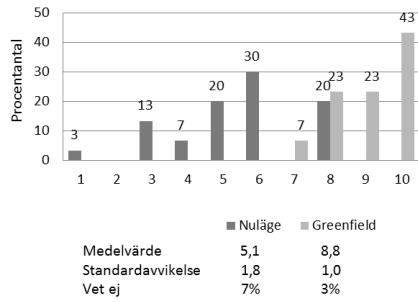


12. Kundvärde

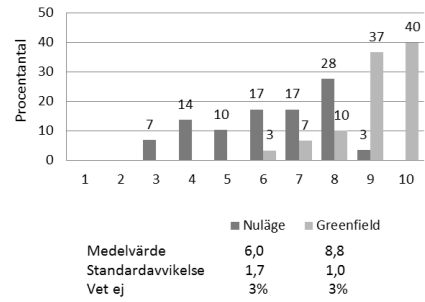




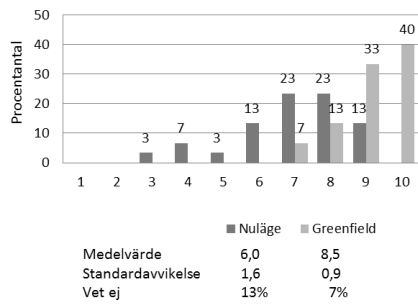
19. Strukturera



20. Städa



21. Standardisera



22. Skapa vana

