

Kassationsreducering vid tillverkning av krockkuddar

MALIN EKLUND
MARCUS ERIKSSON

CIVILINGENJÖRSPROGRAMMET
Industriell ekonomi

Luleå tekniska universitet
Institutionen för industriell ekonomi och samhällsvetenskap
Avdelningen för kvalitets- och miljöledning



Kassationsreducering vid tillverkning av krockkuddar

Tillämpning av arbets sättet DMAIC vid Autoliv Sverige AB

Reduction of scrap in the manufacturing of airbags

An application of the DMAIC methodology at Autoliv Sverige AB

Examensarbete utfört inom ämnesområdet kvalitetsteknik vid Luleå tekniska universitet och
Autoliv Sverige AB i Vårgårda

Malin Eklund
Marcus Eriksson

Handledare:
Charlotte Hermansson Svensson, Autoliv Sverige AB
Karin Schön, Luleå tekniska universitet

Förord

Detta examensarbete utgör den avslutande delen på vår civilingenjörsutbildning i industriell ekonomi med inriktning mot kvalitetsutveckling, vid Luleå tekniska universitet. Arbetet som är utfört vid Autoliv Sverige AB i Vårgårda har varit en väldigt intressant och givande utmaning som gett oss mycket värdefull kunskap inför framtiden.

Härmed skulle vi vilja tacka alla som hjälpt oss och som därmed gjort detta examensarbete möjligt att genomföra. Inledningsvis vill vi tacka Mats Bohman som givit oss möjligheten att genomföra vårt examensarbete vid Autoliv Sverige AB i Vårgårda. Ett mycket stort tack vill vi ge Charlotte Hermansson Svensson, vår handledare vid Autoliv, som alltid funnits till hands när vi behövt råd eller vägledning. Vidare vill vi tacka Fredrik Kjell som bistått med ovärderlig kunskap kring airbagens funktion och användning, Daniel Lundin för all hjälp vid genomförandet av våra försök och otaliga maskintekniska frågor samt alla operatörer som stått ut med våra undersökningar och frågor. Henrik Johansson samt Håkan Evertsson vid AMG IC förtjänar även de ett stort tack för all hjälp som fört vårt arbete framåt.

Ett speciellt tack vill vi ge Johan Thurn för givande samtal och diskussioner.

Slutligen vill vi tacka vår handledare vid Luleå tekniska universitet, Karin Schön, för allt ditt engagemang och stöd.

Vårgårda, maj 2005

Malin Eklund

Marcus Eriksson

Sammanfattning

Detta examensarbete är utfört vid Autoliv Sverige AB i Vårgårda. Företaget är med 80 hel- eller delägda bolag och 34 500 anställda i över 30 länder, världens största bilsäkerhetsföretag. I fabriken i Vårgårda tillverkas bland annat Inflatable curtain, IC, ett sidokrockskydd för huvudet som placeras ovanför sidofönstren på båda sidor i bilen. Vid kollision eller om bilen voltar löses IC-bagen ut med hjälp av en gasgenerator på mindre än 25 ms.

Syftet med examensarbetet var att identifiera faktorer som orsakar stor mängd kassationer samt omarbete av IC-bagar vid vikprocessen i tillverkning av IC-bagar till Bil 123. Vidare syftade arbetet till att ta fram konkreta förbättringsförslag, med hänsyn till identifierade faktorer, för en reducering av kassationer och omarbete.

För att uppnå detta syfte har arbetssättet DMAIC applicerats av författarna. Akronymen består av faser i ett systematiskt och strukturerat arbetssätt och står för Define, Measure, Analyse, Improve och Control. Examensarbetet har ej innefattat den avslutande fasen, Control, där en uppföljning av implementerade förbättringsåtgärder sker.

En nulägesanalys av processens utfall blev utgångspunkten för fortsatt arbete och låg till grund för hur olika feltyper, som ledde till kassationer och omarbete, skulle hanteras. Genom intervjuer och en workshop identifierades ett flertal potentiella faktorer som kunde orsaka kassationer och omarbete. Ingen tydlig avgränsning gick att göra av var i produktionskedjan problemet uppstod varpå författarna valde att angripa samtliga steg i produktionskedjan men med avgränsningar inom respektive steg.

För att skapa kännedom om de faktorer som identifierats som orsaker till kassationer och omarbete genomfördes ett flertal analyser, såsom analys av bedömning av bag, analys av längd på veck på bagen, materialanalys samt ett reducerat faktor försök. Resultaten av de olika analyserna visade att bedömningen av en IC-bag inte sker homogent, områden i IC-bagens design styr utfallet av vikningen samt att en typ av deformation i inmaterialen tillsammans med luft i bagen under vikningen leder till att bagnar kasseras. Vidare kunde påvisas att det finns maskinparametrar som kan lindra effekten av att ha luft i bagen under vikningen.

I den, för arbetet, avslutande fasen genererades förbättringsförslag med hänsyn till de faktorer som i analyserna konstaterats som orsaker till kassationer och omarbete. Förslagen gällde en ny metod för bedömning av IC-bag, rekommendationer om fixering av bagen under vikningen, tydligare instruktioner för utpressning av luft ur bag innan påbörjad vikning samt tydligare instruktioner gällande inkommande material och materialhantering.

Slutsatserna av examensarbetet visade att vikprocessen är en känslig process där flera variationsorsaker tillsammans kunnat påvisas som bidragande till kassationer och omarbete. För att minska kassationer och omarbete rekommenderar författarna att föreslagna åtgärder införs samtidigt som innebörden av processens känslighet tydliggörs.

Abstract

This master thesis was performed at Autoliv Sverige AB in Vårgårda. With 80 fully and partly owned companies and 34 500 employees in over 30 different countries Autoliv is the worlds largest automotive safety company. The plant in Vårgårda manufactures, among other things, the Inflatable curtain, IC, which is a head safety protection placed in cars above the side windows. If the car crashes or rolls over the IC-bag is inflated by a gas module within less then 25 ms.

The purpose of this master thesis was to identify which factors cause a great deal of scrap and rework associated with the folding process in the manufacturing of the IC-bags for a specific car model, Car 123. The purpose was further to find concrete solutions for the problem with scrap and rework.

To reach the purposes with the master thesis the DMAIC methodology has been applied by the authors. DMAIC represents phases in a systematic and structured way of working. The phases are *Define, Measure, Analyze, Improve* and *Control*. This master thesis has not included the last phase, *Control*, where the solutions for the problem are implemented and evaluated.

As a starting point an analysis of the present output of the process was made and showed which failure modes led to scrap and rework, and it was decided how these should be handled. By interviews and a workshop a number of potential causes for defects were identified. No clear delimitation could be made to describe where in the manufacture chain the problems occurred. Hence the authors chose to approach the whole manufacture chain with delimitations within each step.

To gather knowledge about the identified factors that cause scrap and rework a number of analyzes were made i.e. analysis of the judgement of the bag, analysis of the length of the creases, analysis of the materials and a factorial experiment. The results from the different analyzes showed that the judgement of the bag as defect or not was made differently by operators, the design of the bag will determine the outcome of the folding process, a kind of deformation on the bag and air trapped inside the bag during folding leads to scrap. It was also shown that some parameters on the folding machine could relieve the negative effects of other factors.

In the last phase of the master thesis solutions for reducing scrap and rework were generated. The solutions were made with concern to the causes that were found in the analysis phase. The solutions concerned a new method of deciding if a bag is defect or not, recommendations about fixing the bag during the folding, clearer instructions on how to eliminate air from the bag before folding and clearer instructions about incoming goods.

The conclusions of the master thesis were that the folding process is a sensitive process where a number of factors together contribute to the amount of scrap and rework. To reduce scrap and rework the authors recommend to implement the solutions from the master thesis and to increase the awareness of the sensitivity of the process.

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| 1 Inledning..... | 1 |
| 1.1 Bakgrund | 1 |
| 1.2 Problemdiskussion | 1 |
| 1.3 Syfte | 2 |
| 1.4 Mål | 2 |
| 1.5 Avgränsningar | 2 |
| 1.6 Rapportstruktur..... | 3 |
| 1.7 Förkortningar..... | 3 |
| 2 Övergripande metod | 4 |
| 2.1 Forskningsansats | 4 |
| 2.2 Undersökningsmetod..... | 4 |
| 2.3 Reliabilitet, validitet samt objektivitet | 5 |
| 2.4 Datainsamlingstekniker | 5 |
| 3 Övergripande teori | 8 |
| 3.1 Sex Sigma..... | 8 |
| 3.2 Frekvenstablå | 11 |
| 3.3 Paretodiagram..... | 11 |
| 3.4 Släktskapsdiagram..... | 12 |
| 3.5 Robust design | 13 |
| 3.6 Försöksplanering | 14 |
| 4 Företagspresentation | 18 |
| 4.1 Autoliv..... | 18 |
| 4.2 Process- samt produktbeskrivning | 19 |
| 4.3 Beskrivning av vikmetoder | 23 |
| 4.4 Tidigare utförda förbättringsprojekt..... | 24 |
| 5 Define | 25 |
| 5.1 Definiering av fel | 25 |
| 5.2 Nulägesbeskrivning..... | 26 |
| 5.3 Besparingspotential | 28 |
| 5.4 Processkartläggning | 29 |
| 5.5 Sammanfattning | 30 |
| 6 Measure | 31 |
| 6.1 Krok..... | 31 |
| 6.2 Plus 1, Z samt Korv..... | 31 |
| 6.3 Sammanfattning | 34 |
| 7 Analyse | 36 |
| 7.1 Bedömning av bagar..... | 36 |
| 7.2 Materialanalys | 37 |
| 7.3 Analys av längd på veck..... | 38 |
| 7.4 Maskinanalys..... | 39 |
| 7.5 Sammanfattning | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 8 Improve | 56 |
| 8.1 Krok..... | 56 |
| 8.2 Bedömning av bagar..... | 57 |
| 8.3 Plus 1, Z samt Korv..... | 59 |
| 9 Slutsatser | 61 |
| 10 Övergripande diskussion | 62 |
| 10.1 Lärdomar under arbetets gång..... | 62 |
| 10.2 Metodval..... | 62 |
| 10.3 Kritisk distans..... | 63 |
| 10.4 Validitet och Reliabilitet | 63 |
| 10.5 Förslag på fortsatt arbete | 64 |
| 11 Referenser | 65 |

| | |
|-----------------|---|
| Bilaga 1 | Packinstruktion |
| Bilaga 2 | Arbetsinstruktion: Före vikning |
| Bilaga 3 | Arbetsinstruktion: Efter vikning |
| Bilaga 4 | Formulär för datainsamling av feltyper |
| Bilaga 5 | Processkarta |
| Bilaga 6 | Försöksplan |
| Bilaga 7 | Residualplotter |

1 Inledning

I inledningen introduceras läsaren till examensarbetet, genom beskrivning av bakgrund samt diskussion kring problemet. Slutligen leder detta till syftet med arbetet.

1.1 Bakgrund

Enligt världshälsoorganisationen (WHO) dör årligen över 1 miljon människor i trafiken, detta trots att bilar idag är betydligt mer säkra än för 20 år sedan. Om nuvarande trend fortsätter kommer dubbelt så många att förolyckas inom 15 år. Förutom mänskligt lidande kostar trafikolyckor samhället många hundratals miljarder dollar varje år i sjukvård, rehabilitering samt förlorad inkomst. (Autoliv, 2004)

Autoliv är med 80 hel- eller delägda bolag samt 34 500 anställda i över 30 länder, världens största bilsäkerhetsföretag. De har under lång tid svarat för nästan alla tekniska genombrott i sin bransch och fortsätter att ligga i framkant av utvecklingen. En av alla säkerhetsprodukter som lanserats av Autoliv, och som etablerats på bilmarknaden, är krockkudden, airbagen. (Ibid.)

De första krockkuddarna introducerades på bilmarknaden i slutet av 1980-talet, för att skydda vid en frontal krock. Dock sker långt ifrån alla olyckor i trafiken frontalt, nästan en fjärdedel av alla skador på bilister uppkommer vid sidokollisioner. I mitten av 1990-talet utvecklade Autoliv därför ett sidokrockskydd med syfte att, vid en krock från sidan, skydda kroppens mjuka delar från axlar till bäcken. Nästa steg i utvecklingen blev ett sidokrockskydd för huvudet, och 1998 var taggardinen, Inflatable curtain, ett faktum. (Autoliv Årsredovisning, 2003) Inflatable curtain, IC1, är placerad ovanför sidofönstren på båda sidor i bilen. Vid en kollision eller om bilen voltar löses bagen ut med hjälp av en gasgenerator, på mindre än 25 ms. (Öhrvall, 2005)



1.2 Problemdiskussion

Autolivs vision är: "To substantially reduce traffic accidents, fatalities and injuries". Denna vision innebär stort fokus på säkerhet, med kvalitet samt tillförlitlighet som nyckelfaktorer. Bilsäkerhetsprodukterna som Autoliv tillverkar ska fungera i årtionden under de varierande miljöer bilar utsätts för, de får aldrig en andra chans. (Autoliv, 2004)

För att säkerställa IC-bagens prestanda finns ett antal krav bagen måste uppfylla, vilka kontrolleras okulärt av operatör. Dessa krav på säkerhet är i form av mått på bagens vikning, utformning samt storlek. (Kjell, 2005) I figur 1 visas bagen vikt samt placerad i ett omsvep, såsom den bedöms av operatör.

Figur 1 IC-bag

1. IC kommer vidare i rapporten även benämnas i form av IC-bag, bag samt gardin.

Vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123² vid Autoliv Sverige AB³ i Vårgårda kasseras eller omarbetas dagligen stora mängder bagar på grund av att de ej uppfyller uppsatta säkerhetskrav. Problemet med kassationer samt omarbete har varit ett faktum sedan bagen togs i bruk 1998.

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är att identifiera faktorer som orsakar den stora mängd kassationer samt omarbete av IC-bagar till Bil 123. Vidare ska arbetet resultera i konkreta förbättringsförslag, med hänsyn till de identifierade faktorerna, för en reduktion av kassationer samt omarbete.

1.4 Mål

Målet med examensarbetet är att reducera nuvarande mängd kassationer samt omarbete vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123 med 75 %.

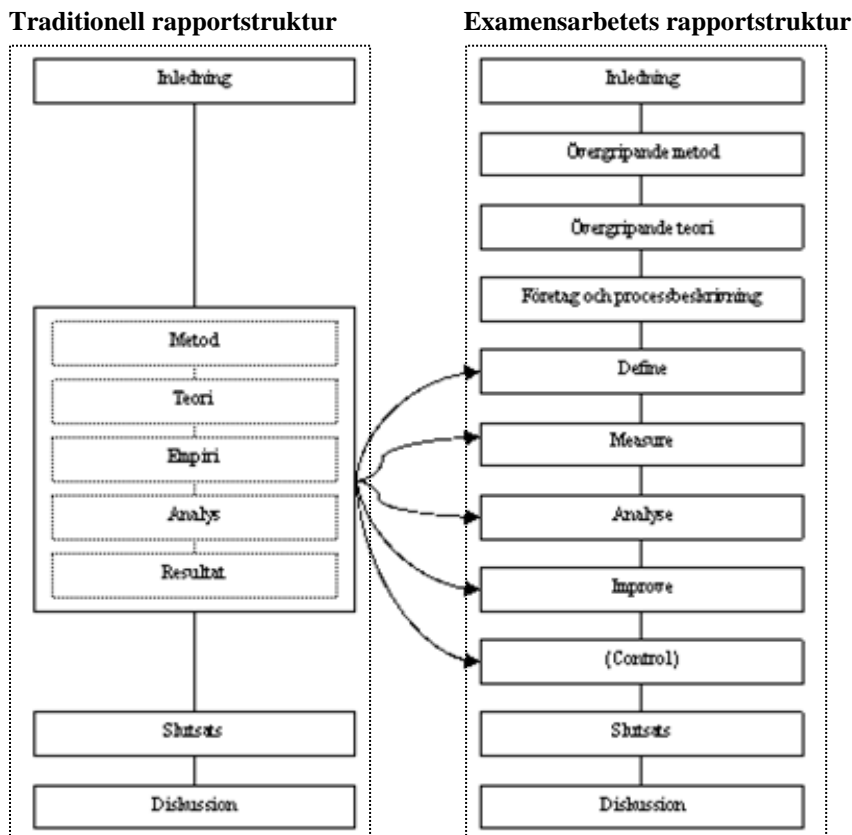
1.5 Avgränsningar

- Då tiden för examensarbetet är begränsad kommer ej införande samt verifiering av förbättringsförslag att inkluderas.
- Framtagning av förbättringsförslag kommer endast att grundas på befintlig process. Utbyte av maskin kommer ej att beaktas.

2. Bil 123 är ett fingerat namn på bilmodellen som av sekretesskäl ej kan publiceras
3. Benämns vidare i rapporten som ALS

1.6 Rapportstruktur

Skillnader samt likheter i rapportens struktur och upplägg gentemot en traditionell vetenskaplig rapport redovisas i figur 2.



Figur 2 Rapportstruktur

I inledningen följer rapporten det traditionella rapportsupplägget. Beskrivningen av företaget, processen samt produkten har lyfts ut i ett eget kapitel för att under rapportens gång underlätta för läsaren. Författarna har sedan valt att frångå det traditionella upplägget och endast övergripande beskriva metod samt teori i egna kapitel. Övrig metod samt teori tillsammans med empiri, analys och resultat kommer att tas upp under respektive fas (Define, Measure, Analyse, Improve, (Control)), se figur 2. Varje fas kommer att avslutas med en sammanfattning. Denna kommer att innehålla slutsatser, diskussion samt fortsatt arbete som den aktuella fasen genererat. Avslutningsvis kommer slutsatser samt en övergripande diskussion föras.

1.7 Förkortningar

AIL = Airbags International Ltd

ALS = Autoliv Sverige AB

AMC = Autonomous Manufacturing Centre

AMG IC = Autonomous Manufacturing Group, Inflatable curtain

PQE = Process Quality Engineer

2 Övergripande metod

I detta kapitel redovisas de metoder samt angreppssätt författarna applicerat under arbetet.

2.1 Forskningsansats

2.1.1 Undersökningsstrategi

För att uppnå syftet med arbetet har författarna valt fallstudie som undersökningsstrategi. Fallstudie innebär att undersöka ett fåtal objekt i en mängd avseenden. (Eriksson & Wiedersheim-Paul 1991) Data i en fallstudie kan hämtas från flera olika källor, som kompletterar varandra, såsom databaser, dokument, intervjuer samt observationer (Yin, 1994). Fallstudie är speciellt lämplig när det aktuella problemet grundar sig på frågan ”Varför”. I den här studien undersöks orsaker till kassationer samt omarbete av bagar under tillverkningsprocessen av IC-bagar till Bil 123, och kan således beskrivas som ”Varför kasseras samt omarbetas stora mängder bagar vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123?”, vilket motiverar ett val av fallstudie som undersökningsstrategi. (Bjereld, Demker & Hinnfors, 1999)

Yin (2003) framför kritik mot fallstudien då den innebär att endast ett fall får representera verkligheten. Han menar att det inte är ovanligt med ett snedvridet resultat som formas för att gynna ett visst ställningstagande. Författarna kommer att ta hänsyn till detta under arbetets gång genom att bland annat grunda sina resultat på information från olika källor.

En alternativ undersökningsstrategi till fallstudie är hypotesprövning. Den innebär att en kvalificerad gissning, byggd på fakta, görs och utifrån det sätts en hypotes upp. Hypotesen kan sedan avvisas eller godtas. (Ejvegård, 2003) Enligt Ejvegård (2003) är hypotesprövning en fördelaktig strategi för väl avgränsade projekt.

2.1.2 Induktiv och deduktiv

Vid en vetenskaplig undersökning finns det enligt Yin (2003) två huvudsakliga typer av angreppssätt, induktivt respektive deduktivt. Reinecker (2002) beskriver ett induktivt angreppssätt som behandling av empiriska data med hjälp av teori, begrepp samt modeller. Att gå från det speciella till det generella. Vid ett deduktivt angreppssätt gäller tvärtom att befintlig teori prövas samt bekräftas eller förkastas med empiriska data, det vill säga gå från generellt till speciellt.

Syftet med detta arbete är att försöka hitta orsaker till kassationer samt omarbete av bagar vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123. Arbetet anses vara av induktivt slag i det hänseende att det är empiriska data som samlas in och sedan underbyggs med teorier, begrepp samt modeller. Eventuellt kan delar av arbetet anses som deduktivt då det innefattar en applicering av Sex Sigma-metodiken. Dock kan val av verktyg i de olika faserna tolkas som ett induktivt angreppssätt, då de bygger på empiriska data som samlats in.

2.2 Undersökningsmetod

En kvalitativ studie består av värderingar samt åsikter med fokus på personliga upplevelser. Denna metod används främst när kunskap söks inom utforskade områden där få eller

obefintligt med teorier finns att tillgå. (Carlsson, 1991) Holme & Solvang (1997) menar att förståelsen för forskningsobjektet samt dess djup karaktäriserar den kvalitativa studien.

Kvantitativa metoder i sin tur kännetecknas av systematiska och strukturerade observationer med avseende att försöka förstå samt uttyda fenomen. (Nyberg, 2000) Vanligen appliceras metoden genom experiment samt statistiska analyser (Bell, 2000). Den kvantitativa metoden medför att mindre information rörande fler undersökningsenheter samlas in, vilket ger en större bredd men mindre förståelse för forskningsobjektet.

I många fall kan det vara fördelaktigt att kombinera de två metoderna. (Holme & Solvang, 1997) Detta har anammats av författarna, som anser att en kvalitativ undersökning ligger i linje med examensarbetets syfte att identifiera faktorer som orsakar kassationer och omarbete. Vidare appliceras den kvantitativa metoden i examensarbetet för att undersöka hur kassationer samt omarbete påverkas av de identifierade faktorerna som framkommit i den kvalitativa studien.

2.3 Reliabilitet, validitet samt objektivitet

Oavsett vilka metoder och tekniker som används bör deras validitet, reliabilitet samt objektivitet undersökas. Validitet står för i vilken utsträckning det som avses att mäta verkligen är det som mäts, reliabilitet står för graden av tillförlitlighet i mätinstrumentet, det vill säga i vilken utsträckning samma värde erhålls vid upprepande mätningar. Objektivitet i sin tur står för i vilken utsträckning värderingar påverkar studien. Stråvan bör vara att i den enskilda studien försöka uppnå en så hög reliabilitet, validitet samt objektivitet som möjligt. Följaktligen är idealet att verkligen mäta det man avser att mäta, att ha tillförlitliga mätinstrument samt att inte låta studien påverkas av värderingar. Det sista är i praktiken omöjligt och vissa forskare menar också att detta inte är något att eftersträva. (Paulsson 1999)

2.4 Datainsamlingstekniker

Vid insamling av datamaterial för att kunna beskriva, jämföra, sätta upp hypoteser eller förutsäga något krävs att en eller flera datainsamlingstekniker används. (Ejvegård, 2003) De data som samlas in kan antingen vara av primär eller sekundär form. Att söka primärdata innebär att gå till den ursprungliga källan av något. Exempel på detta är när en forskare efter empiriska undersökningar rapporterar sina resultat samt slutsatser. Om någon sedan i sin tur använder forskarens resultat för vidare studier använder denne således sekundär data, det vill säga en andrahandskälla. (Nyberg, 2000) De tekniker som används för att uppnå syftet med detta examensarbete genererar både primär- samt sekundärdata. Även karaktären av data varierar i form av kvalitativ- samt kvantitativ data. Följande tekniker har använts:

Primärdata

- Intervjuer
- Observationer
- Brainstorming

Sekundärdata

- Granskning av statistiskt material
- Dokumentstudier
- Litteraturstudier

2.4.1 Intervjuer

För att samla in data rörande faktorer såsom uppfattningar, kunskap samt åsikter hos en population används ofta intervjuer. Fördelarna med intervjuer är många. Svåra frågor kan tas upp och oklarheter kan utredas på plats. Vidare kan följdfrågor ställas, idéer utvecklas samt motiv och känslor fås fram, vilket är svårare med andra datainsamlingstekniker. Intervjuer kan även ge icke verbal information i form av respondentens sätt att besvara frågorna, med mimik, tonfall etcetera. (Bell, 2000) En nackdel med intervjuer är enligt Ejvegård, (2003) att de i många fall kan vara tidskrävande då ofta endast en respondent intervjuas i taget. Dahmström (1991) i sin tur påvisar en nackdel med intervjuer i form av risk för intervjuareffekt, vilket innebär att personen som intervjuar påverkar respondenten antingen medvetet eller omedvetet.

2.4.2 Observationer

Observationer innebär att en observatör studerar en händelse eller aktivitet för att erhålla information kring den. Tekniken fungerar ofta som komplement till andra tekniker. Exempelvis kan det vara fördelaktigt att genom observationer bekräfta det som framkommit i intervjuer samt dokumentgranskning. Ett problem som kan uppstå vid observationer är att om en person observeras då denne utför en aktivitet kan dennes beteende ändras. Om observatören själv tar del i aktiviteten kan även denne påverka det som sker. (Dahmström, 1991)

2.4.3 Brainstorming

En bra datainsamlingsteknik för att generera uppfattningar, kunskaper, åsikter samt idéer är brainstorming. Det innebär att i grupp okritiskt skriva ned idéer, infall samt associationer kring ett specifikt tema. Det är essentiellt att gruppen, under arbetets gång, inte utvärderar tankar eller infall som uppkommer utan endast ventilerar fritt. (Rienecker & Jörgensen, 2002) Brainstorming genomfördes vid flertalet tillfällen under arbetet, dels med endast författarna som deltagare, dels i större grupper med utvalda personer.

2.4.4 Statistik- samt dokumentstudier

Befintlig statistik finns vanligen tillgänglig och används som sekundärdata i utredningar samt projekt. Den som utnyttjar data i form av redan befintligt statistiskt material bör kunna redogöra för dess urvalsgrupper samt urvalsmetoder, detta för att säkerställa att statistiken är representativ samt säker att använda. (Ejvegård, 2003) I detta examensarbete användes befintligt statistiskt material i form av bland annat intern feluppföljning samt kassationskostnader över en längre tidsperiod. Utöver befintlig statistik studerades även annan information som fanns dokumenterad hos ALS. Dessa sekundärdata var i form av dokumentation från tidigare projekt, arbetsinstruktioner samt processbeskrivningar, specifikationer.

2.4.5 Litteraturstudier

För att erhålla ytterligare kunskap kring de ämnen som examensarbetet berör, genomfördes litteraturstudier i form av befintliga teorier samt liknande utredningar. Litteraturstudier genomfördes främst inom följande områden:

- Sex Sigma-metodiken
- Bilindustri
- Försöksplanering
- Metodteori

Litteraturstudierna har i första hand genomförts vid Chalmers huvudbibliotek. Både böcker samt artiklar har studerats. Vid artikelsökning användes Luleå tekniska universitets databas Lucia, Google samt Proquest. Sökord som användes var: Sex Sigma, kvalitetsverktyg, försöksplanering samt robust design.

3 Övergripande teori

I detta kapitel följer en presentation av de teorier som författarna grundar arbetets resultat, analys samt slutsatser på.

3.1 Sex Sigma

Det finns ingen entydig definition av Sex Sigma-metodiken. Dock beskrivs den, av företag som nått framgångar, som: En förbättringsmetodik som angriper processer med faktabaserat underlag. (Evans & Henderson, 2000)

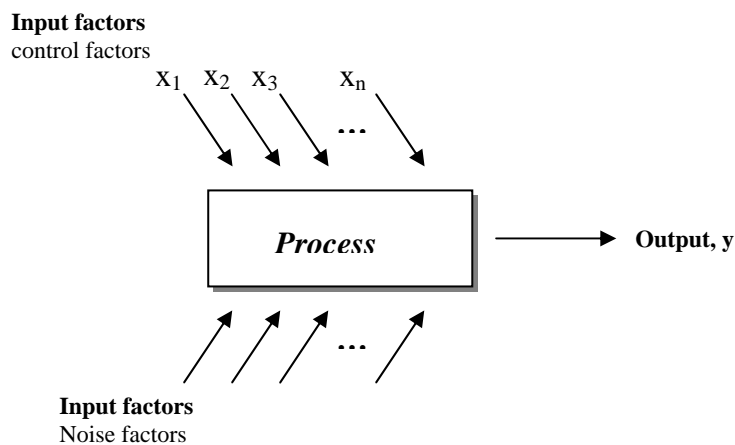
Namnet Sex sigma kommer från att en processvariation kan mätas i sigma. Sigma eller standardavvikelsen är ett mått på en process spridning från ett nominellt värde. En process som verkar på en sex sigma-nivå har en variation i sitt utfall som motsvarar 3,4 defekter på en miljon möjligheter. Genom att mäta processers variation kan förbättringar tydligt kvantifieras. (Caulcutt, 2001) Traditionellt sett accepteras tre eller fyra sigmanivåer i företag vilket motsvarar mellan 6 000 till 70 000 defekter per miljon möjligheter (Pyzdek, 2003).

Sex Sigma introducerades som ett förbättringsprogram av elektronikföretaget Motorola i slutet av 1980-talet. Motorola hade på 1970-talet haft stora ekonomiska problem. När ett japanskt företag tog över en av Motorolas fabriker och med samma arbetsstyrka samt teknologi drastiskt minskade andelen defekta enheter som producerades, samtidigt som kostnaderna reducerades, uppmärksammades detta av Motorolas ledning. Det blev startskottet för ett effektiviseringsarbete som åter skulle stärka Motorolas ekonomi. Förbättringsprogrammet som initierades döptes till Sex Sigma och syftade till att få Motorola att fokusera på reducering av variation i samtliga av företagets processer. Samtidigt skulle allt förbättringsarbete som skedde mätas för att resultaten av arbetet skulle kunna utläsas. Resultatet blev succéartat av förbättringsarbetet, på en tioårsperiod femdubblades Motorolas försäljning. (Klefsjö, Wiklund & Edgeman, 2001) Motorolas framgång ledde till att andra stora företag som General Electric samt IBM anammade tankesättet. En av dem som var med och skapade Sex Sigma på Motorola var Mikel Harry. (Klefsjö et al., 2001) Han definierar Sex Sigma enligt:

”Six Sigma is a business process that allows companies to drastically improve their bottom line by designing and monitoring everyday business activities in ways that minimize waste and resources while increasing customer satisfaction”

3.1.1 DMAIC

Sex sigma-metodiken appliceras vanligen genom en förbättringsmodell som kallas DMAIC, vilket står för define, measure, analyse, improve, control. DMAIC är ett strukturerat samt systematiskt sätt att arbeta med förbättringar genom tillämpning av befintliga verktyg och tekniker. (Pyzdek, 2003) Val av verktyg och tekniker styrs av problemets karaktär. Förbättringsarbete bygger enligt DMAIC på en x/y modell, se figur 3. Det innebär att en process med ett visst utfall, y, påverkas av ett antal faktorer, x. När utfallet y inte uppnår önskat resultat innebär en applicering av DMAIC, att de x-faktorer som påverkar utfallet identifieras. Dessa faktorer bör sedan ändras eller elimineras för en förbättring av processens utfall. (Magnusson, Kroslid & Bergman, 2003)



Figur 3 X/Y-modell

3.1.1.1 Define X/Y-modell

Den inledande fasen innebär att mål med förbättringsarbetet definieras samt att förbättringsprojekt väljs ut (Magnusson et al., 2003). Vid val av förbättringsprojekt finns enligt Magnusson et al. (2003) ett antal kriterier att ta hänsyn till:

- Processpresentation
- Besparingspotential
- Inverkan på kundtillfredsställelse
- Teknisk komplexitet
- Organisatorisk komplexitet
- Tillgänglighet till mänskliga resurser

När ett projekt valts ut definieras mål med projektet samt väljs projektmedlemmar. Därefter skrivs lämpligen en stadga för förbättringsprojektet där ansvar samt åtaganden redovisas. Vidare definieras resultatvariabeln, y, som ska förbättras samt dess nuvarande utfall. (Magnusson et al., 2003)

3.1.1.2 Measure

Enligt Magnusson et al. (2003) innefattar measurefasen identifiering av tänkbara variationsorsaker som påverkar utfallsvariabeln y . Vidare skapas kännedom om de påverkande faktorerna. I denna fas sker även datainsamling för utfallsvariabeln samt de påverkande faktorerna, vilket fördelaktigen kan ske enligt en mätplan, med hänsyn till validitet och reliabilitet (Pyzdek, 2003).

Pyzdek (2003) liksom Foster (2001) anser att measurefasen bör inkludera identifiering samt utveckling av mätetal för kontinuerlig uppföljning av processens utfall, något som Magnusson et al. (2003) anser bör definieras redan i definefasen.

3.1.1.3 Analyze

Analysefasen i DMAIC innebär att data insamlad i measurefasen analyseras i syfte att utreda om, samt hur, de tänkbara variationsorsakerna påverkar utfallsvariabeln. Detta görs lämpligen med statistisk analys. (Pyzdek, 2003)

3.1.1.4 Improve

I improvefasen genereras konkreta förbättringsåtgärder med hänsyn till de påverkande variationsorsakerna. De alternativa åtgärderna jämförs, exempelvis genom kostnads/nytta-analys, för att avgöra på vilken åtgärd fokus bör läggas. Improvefasen inkluderar även att valda förbättringsåtgärder genomförs. (Magnusson et al., 2003)

3.1.1.5 Control

Controlfasen, som är den avslutande fasen i DMAIC, innebär att verifiera genomförda åtgärder. Förbättringsprojektets ekonomiska utfall beräknas och projektet dokumenteras. (Ibid.)

3.2 Frekvenstablå

En viktig hörnsten i offensiv kvalitetsutveckling⁴ är att alltid basera beslut på fakta. Detta förutsätter ett fungerande datainsamlingssystem (Bergman & Klefsjö, 2001).

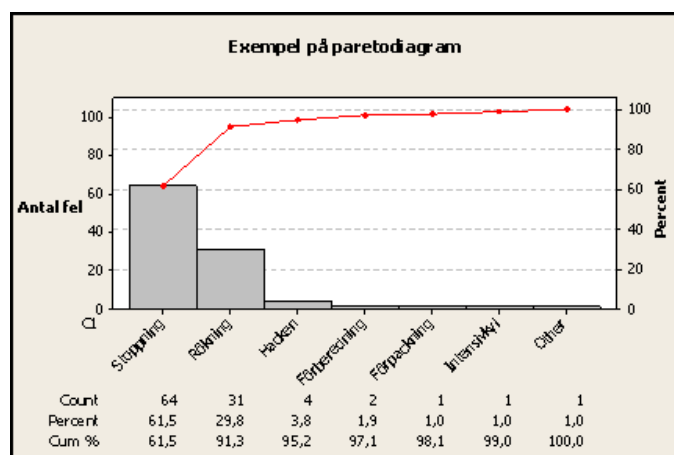
Frekvenstablå, se tabell 1, är ett fördelaktigt verktyg för att systematiskt registrera samt sammanställa data (Brassard & Ritter, 1994). En frekvenstablå, för defekta enheter, är enkel i det avseende att den i förväg listar olika typer av fel vilket medför att endast frekvensen för felen behöver antecknas (Pyzdek, 2003). En frekvenstablå påvisar även snabbt eventuella mönster i datamaterialet (Brassard & Ritter, 1994).

Tabell 1 Frekvenstablå

| Feltyp | | Frekvens |
|--------|------|----------|
| K47 | //// | 4 |
| L8 | / | 1 |
| L89 | //// | 4 |
| L44 | // | 2 |
| K23 | / | 1 |
| K77 | /// | 3 |

3.3 Paretdiagram

Oönskade avvikelser samt fel uppstår på många olika sätt. För att åstadkomma förbättringar är det viktigt att veta vilket problem som bör bearbetas samt hur det ska angripas. Ett paretdiagram, se figur 4, är ett framgångsrikt verktyg för att identifiera de mest centrala felkällorna till ett problem. Ofta svarar ett fåtal felkällor för merparten av felen, 80-20 regeln⁵. Ett paretdiagram ger en bild över de vanligaste felkällorna, men tar inte hänsyn till vikten av respektive feltyp. Det är viktigt att de resurser som krävs för att komma tillrätta med ett specifikt problem ej överstiger kostnaden för problemet. (Bolstad, 1994)



Figur 4 Paretdiagram

4. *Offensiv kvalitetsutveckling*: ”Man strävar ständigt efter att uppfylla, och helst överträffa kundernas behov och förväntningar till lägsta kostnad genom ett kontinuerligt förbättringsarbete där alla är engagerade och som har fokus på organisationens processer” (Bergman & Klefsjö, 2001)

5. 80-20 regeln: 20% av felen orsakar 80% av kostnaderna (Ibid.)

3.4 Släktskapsdiagram

Släktskapsdiagram är ett användbart verktyg för att strukturera verbal information, såsom idéer samt åsikter, i närbesläktade grupper. Släktskapsdiagrammets syfte kan exempelvis vara att klarlägga samband eller hitta bakomliggande orsaker. Släktskapsdiagram är ett kreativt verktyg vilket kan användas i många situationer samt frågeställningar såsom: Varför har vi problem med en specifik produkt? (Rydebrink, 1993)

Arbetet med att skapa ett släktskapsdiagram utförs lämpligen i grupp med hjälp av brainstorming. Erfarenheter har visat att 6-8 personer är en lagom gruppstorlek. För att få bredare syn på problemet kan dessa personer fördelaktigen komma från skilda delar av företaget. (Ibid.)

Övergripande resultat från arbete med släktskapsdiagram bör vara samstämmighet hos gruppmedlemmarna samt större förståelse om vad som är grundorsaken till problemet (Klefsjö, Eliasson, Kennerfalk, Lundbäck & Sandström, 1999).

Arbetet med att strukturera verbal information är betydligt mer subjektiv samt individuell än exempelvis uppmätt data. Därför finns det ingen exakt arbetsgång att följa. Nedanstående arbetsgång kan dock fungera som vägledning vid upprättande av ett släktskapsdiagram. (Rydebrink, 1993)

1. **Definiera ämnet:** Varför har vi problem med kassationer och omarbete av bagar på tillverkningslinjen av IC-bagar till Bil 123? Skriv upp på tavla alternativt blädderblock.
2. **Diskussion kring ämnet:** Diskutera problemet fritt för att få igång gruppen.
3. **Orsaksgenerering:** Alla i gruppen skriver ned på Post-it-lappar varför de tror vi har problem med kassationer samt omarbete vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123. Endast ett svar på varje lapp. Lapparna samlas kontinuerligt in av en workshopsledare och sätts upp på tavlan, utan inbördes ordning.
4. **Diskussion samt förtydligande:** Alla lappar går igenom så att alla är överens om vad texten betyder. Ta bort dubletter. Det bör nu finnas ca 20-25 lappar kvar.
5. **Gruppering av lappar:** Sök lappar som verkar besläktade på något sätt, har samma syfte. Ta hjälp av gruppen. Placera fördelaktigen besläktade lappar under varandra, i kolumner.
6. **Rubriksättning:** Sätt rubrik på respektive kolumn. Om nya förslag dyker upp, placera även dem i eventuell kolumn.
7. **Gruppering av rubriker:** Blanda rubrikerna och placera rubriker med likartad mening på samma sätt som lapparna (i kolumner). Sätt rubrik på de nya grupperna. Om rubrikerna, samt lapparna under rubrikerna, påverkar varandra, markera det med pilar (eller flytta om kolumnerna). Flytta om tills alla i gruppen är överens om att sambanden är korrekta.
8. **Fastställ resultatet:** Placera ut lapparna så de blir tydliga för alla samt markera ut framkomna grupper. Använd gärna olika färger för att tydliggöra.
9. **Viktning av grupperna:** Låt alla deltagare fördela ut 3, 2 respektive 1 poäng till de olika grupperna (mellanrubrikerna). 3 poäng till den grupp de främst tror orsakar det aktuella problemet, 2 poäng till den grupp de tror påverkar näst mest osv. Placera ej ut poängen på tavlan förrän alla deltagare satt sina poäng.
10. **Sammanställ poängen:** Markera ut grupperna med mest poäng.

11. **Viktning av orsakerna:** Samma tillvägagångssätt som för viktning av grupperna. Alternativt genom diskussion.
12. **Beslut:** Ta beslut om var fokus ska läggas.
13. **Sammanfattning**

3.5 Robust design

”Störfaktorer kan aldrig helt elimineras. Istället måste konstruktioner göras robusta, det vill säga göras okänsliga mot de störningar de kan utsättas för”

Taguchi 1987

Varje individuell enhet av en viss produkt utsätts under hela sin livslängd för en mängd störande faktorer, avvikelser från det ideala. Det kan vara allt från variationer i egenskaper hos det material enheten tillverkas av till dålig hantering av färdig enhet. Störande faktorer är alla faktorer som kan påverka en konstruktionsparameter bort från sitt målvärde. Taguchi delar in störande faktorer i tre grupper:

Yttre störningar: Störningar som beror av omgivningen under användning

Inre störningar: Förändringar hos den individuella enheten som under användning påverkas av exempelvis yttre störningar.

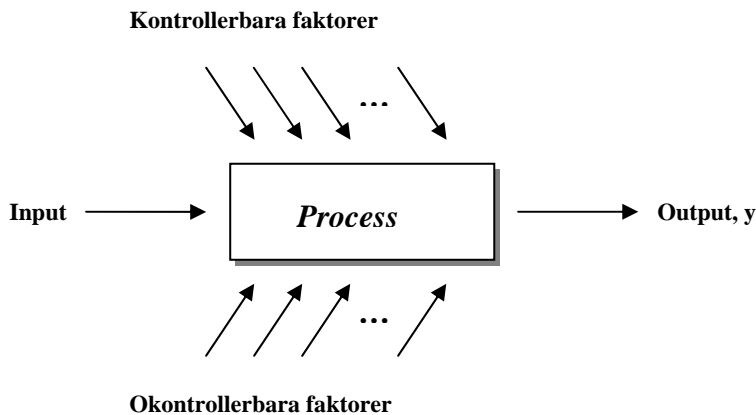
Tillverkningsvariationer: Den individuella enhetens avvikelser från målvärdena för tillverkning.

En robust konstruktion innebär att oavsett om en individuell enhet utsätts för någon form av störning så varierar inte enhetens funktionella egenskaper. Syftet med robust konstruktion blir således att finna parameterkombinationer som reducerar variationen i produkttegenskaperna så att en robust konstruktion erhålles. För att kunna identifiera dessa parametrar och således uppnå syftet med robust konstruktion anser Taguchi försöksplanering vara ett fördelaktigt hjälpmedel. (Bergman & Klefsjö, 2001)

Taguchi förespråkar försök där ingående faktorer tillåts anta två eller tre nivåer. Kombinationer av konstruktionsparametrarnas samt störfaktorernas nivåer väljs enligt ett reducerat faktorförsök. Resultaten av försöket kan sedan ge besked om vilka nivåer på konstruktionsparametrarna som minimerar känsligheten för störningar. Parametrar som inte påverkar vare sig känslighet eller nivå bör sättas på de nivåer som är mest fördelaktiga ur ekonomisk synvinkel. (Ibid.)

3.6 Försöksplanering

Montgomery (2001) beskriver en process som en kombination av maskin, metod, människor samt andra resurser som omvandlar inputs till en output, där processens output påverkas av faktorer, vilka kan vara kontrollerbara samt okontrollerbara, se figur 5.



Figur 5 Process med kontrollerbara samt okontrollerbara faktorer

För att öka kunskapen om processen och således skapa förutsättningar för förbättringar är enligt Bergman & Klefsjö (2001) försöksplanering ett användbart verktyg. De anser att väl planerade samt väl genomförda försök kan ge information som:

- Vilka faktorer som till störst del påverkar processens respons/responser
- Hur de kontrollerbara faktorerna bör ställas in för att processens respons alltid ska hamna så nära det önskade värdet som möjligt
- Hur de kontrollerbara faktorerna bör ställas in för att variationen i responsen ska minimeras
- Hur de kontrollerbara faktorerna bör ställas in för att minimera påverkan från de okontrollerbara faktorerna

Syftet med försök är i många fall att utveckla en robust process vilket innebär att minimera processens påverkan från yttre variationskällor.

Vid användning av försöksplanering finns en rad olika typer av försök att tillgå. En vanlig metod är En-faktor-i-taget-försök vilket innebär att endast en faktor varieras medan övriga hålls konstanta. En-faktor-i-taget-försök är en relativt enkel metod men medför ofta stora kostnader då det kräver ett stort antal försök. En-faktor-i-taget-försök innebär även att det inte finns någon möjlighet att skatta samspel⁶ mellan faktorerna. (Montgomery, 2001)

6. Samspel mellan två faktorer innebär att nivån på den ena faktorn påverkar effekten på responsen av att ändra den andra. (Bergman & Klefsjö, 2001)

3.6.1 Faktor försök

Faktor försök är en mer kostnadseffektiv metod än En-faktor-i-taget-försök och som även tar hänsyn till eventuella samspel mellan faktorer. Faktor försök innebär att påverkan på en responsvariabel studeras genom att låta ett antal faktorer variera i ett förutbestämt mönster. (Montgomery, 2001) De faktor försök som används i störst utsträckning är enligt Olauson (1992) tvånivåers faktor försök som innebär att varje faktor varieras på två nivåer. Analys samt tolkning blir således relativt enkel. Ett tvånivåers faktor försök brukar betecknas 2^k , där bokstaven k står för antal faktorer som varieras i försöket. (Ibid.)

Generellt sett blir antalet delförsök, med k antal faktorer samt två nivåer, 2^k stycken. Ett sådant försök kallas fullständigt faktor försök, där antalet delförsök ökar exponentiellt. Om ett större antal faktorer skall studeras kan ett fullständigt faktor försök således bli mycket tidskrävande samt ekonomiskt ohållbart. I dessa lägen kan det vara mer fördelaktigt att genomföra ett så kallat reducerat faktor försök. Ett reducerat faktor försök innebär att samtliga kombinationer mellan faktorerna inte testas. Det resulterar i information om faktorerna men att vissa samspelseffekter kan överlagras. En överlagring innebär att man i analysen av försöket inte kan fastställa om effekten kommer ifrån en viss faktor eller ett samspel. Således kan reducerade faktor försök användas när högre ordningens samspel ej är troliga. (Montgomery, 2001)

3.6.2 Viktiga principer

Montgomery (2001) anser att det finns tre grundläggande principer att ta hänsyn till vid genomförandet av försök:

- Replikering
- Randomisering
- Blockning

Replikering innebär att ett delförsök med samma inställningar genomförs upprepade gånger. Fördelen med replikering är att det ger en uppskattning av felet i försöket vilket är essentiellt för att kunna genomföra statistiska tester. Replikering blir på så sätt ett mått på huruvida observerade skillnader är statistiskt säkerställda. Att använda replikering ger också en säkrare skattning av effekterna. (Ibid.)

För att kunna analysera försöket med statistiska metoder krävs enligt Montgomery (2001) att varje observation är en oberoende variabel. Oberoende variabler erhålles genom att *randomisera* försöksordningen. Montgomery (2001) menar att randomisering kan ses som kärnan för användandet av statistiska metoder. Randomisering innebär att ordningen, för delförsöket i försöksplanen, är slumpmässigt bestämd. Delförsöket kommer därmed att utföras i slumpmässig ordning, vilket hjälper till att förhindra samvariation mellan störfaktorer och nivåerna på faktorer i försöket. En sådan samvariation kan medföra att faktorer feltolkas som påverkande på en responsvariabel när de ej är det. (Ibid.)

Blockning är en teknik som används för att förbättra precisionen i jämförelsen mellan intressanta faktorer. Ibland uppkommer situationer då det av olika anledningar är omöjligt eller opraktiskt att genomföra alla delförsök av ett experiment under samma förutsättningar, vilket innebär att vi medvetet utsätter vår respons för störfaktorer som vi inte är intresserade av. Blockningstekniken innebär att delförsöket delas in i ett antal block, men oftast genomförs

i slumpmässig ordning inom blocket. Även om blocken genomförs under olika förutsättningar och således medvetet utsätts för olika störfaktorer kommer detta inte att påverka analysen av försöket. Blockning innebär att information kring den faktor som blockas går förlorad men i gengäld ges övriga faktorer en säkrare skattning. (Ibid.)

3.6.3 Split-plot

I många fall där flera faktorer skall varieras kan det vara svårt att fullständigt randomisera försöksordningen. Exempelvis kan vissa faktorer vara svåra att ställa in vilket skulle medföra att en vanlig analys av faktorförsök kan bli opraktisk eller rent av omöjligt att genomföra. Detta medför att en generaliserad form av faktorförsök, så kallad split-plot design, istället används. (Montgomery, 2001)

En split-plot design innebär att en eller fler faktorer ej varieras samma antal gånger som övriga faktorer. I en split-plot design benämns en svårinställd, ej fullständigt randomiserad, faktor som whole-plot faktor. Övriga faktorer som fullständigt randomiseras benämns som sub-plot faktorer. (Potcner & Kowalski, 2004)

Både vid analys av ett vanligt faktorförsök samt vid analys av en split-plot design tas en linjär modell fram, vilken beskriver sambandet mellan de till modellen valda faktorer och en responsvariabel. Skillnaden mellan ett vanligt faktorförsök och en split-plot design är att de faktorer som tas med i den linjära modellen i en split-plot design skattas som signifikant påverkande på responsvariabeln, separat för whole-plot faktorer respektive för sub-plot faktorer. (Ibid.)

Den totala variation som finns i ett datamaterial i en split-plot design benämns som materialets kvadratsumma. Enligt Montgomery (2001) innebär analys av variation i ett datamaterial att den totala kvadratsumman delas upp i de olika komponenter materialet består av, såsom faktorer samt samspel mellan faktorer. Varje komponent bidrar med variation till kvadratsumman, men i differentierad utsträckning. Mängden variation en komponent bidrar med benämns som komponentens medelkvadratsumma, MS. Medelkvadratsumman beskriver alltså hur mycket av den totala variationen i ett datamaterial respektive komponent står för. (Montgomery, 2001)

Antalet komponenter ett datamaterial består av benämns som antalet frihetsgrader. Vid avgörandet om en faktor har en statistiskt signifikant påverkan på en responsvariabel används en kvot mellan en faktors medelkvadratsumma och en feluppskattning, vilket benämns F-värde. F-värdet är beroende av antalet frihetsgrader som finns i feluppskattningen. Antalet frihetsgrader feluppskattningen består av beräknas som $(r-1)*(a-1)$, där r = antal replikat och a = antal nivåer på faktorerna i försöket. Om antal frihetsgrader i feluppskattningen är relativt få anser Montgomery (2001) att man bör överväga att replikera hela försöket genom tilläggsreplikat för att öka precisionen i F-värdet. Att en whole-plot faktor inte är varierad lika många gånger som en sub-plot faktor medför att antalet frihetsgrader för faktorerna blir olika. Därför kan en gemensam feluppskattning för en whole-plot faktor och en sub-plot faktor resultera i felaktiga F-värden som framställer faktorer samt samspel som signifikant påverkande på en responsvariabel när de ej är det. (Ibid.)

För att således avgöra om en whole-plot faktor har en signifikant påverkan på en responsvariabel beräknas kvoten mellan faktorns medelkvadratsumma och feluppskattningen i whole-ploten. För att avgöra om en subplot-faktor har en statistiskt signifikant påverkan på en

responsvariabel beräknas kvoten mellan faktorns medelkvadratsumma och feluppskattningen i sub-ploten.

Den generella modell som beskriver en split-plot design med en whole-plot faktor samt en sub-plot faktor visas i formel 1.

Formel 1 Generell modell för split-plot design

$$y_{ij} = \beta_i + WP_E + \gamma_j + (\beta\gamma)_{ij} + SP_E \text{ där } i, j = \text{antal nivåer}$$

där

β = Whole-plot faktor

WP_E = Whole-plot feluppskattning

γ = Sub-plot faktor

SP_E = Sub-plot feluppskattning

3.6.4 Residualanalys

För att värdera hur väl en framtagen modell passar ett datamaterial bör dess residualer undersökas (Hansson & Bódizs, 1999). En residual är, enligt Hansson & Bódizs (1999), differensen mellan ett enskilt observerat värde samt det uppskattade värdet av observationerna och visas i formel 2:

Formel 2 Residual

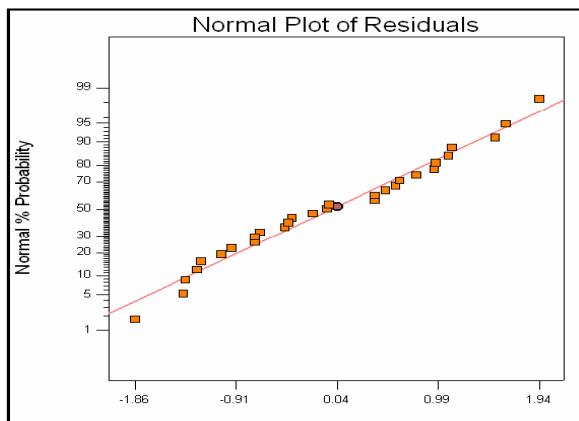
$$e_{ij} = y_{ij} - \bar{y}_{ij}$$

där

y_{ij} = Observerat värde

\bar{y}_{ij} = Uppskattade värdet av observationerna

För att ett modellantagande ska stämma bör residualerna inte påvisa några tydliga mönster. Exempelvis bör de, i en normalplot, följa en rak linje, se figur 6. Om residualanalysen visar på icke konstant variation kan det vara nödvändigt att genomföra en variationsstabiliserande transformering. En residualanalys fungerar således ofta som en indikator för problem med den framtagna modellen. (Montgomery, 2001)



Figur 6 Normalfördelningsplot

4 Företags- och processbeskrivning

I detta kapitel följer en presentation av Autoliv samt en beskrivning av produkten och dess tillverkningsprocess.

4.1 Autoliv

Företaget som idag är Autoliv har sina rötter ur företaget AB Lindblads Autoservice som grundades av två bröder, Lennart och Stig Lindblad, i Vårgårda 1953. De två bröderna arbetade en kortare tid med att reparera bilar men verksamheten resulterade aldrig i någon större lönsamhet. Det ledde till att samarbetet snart upphörde och de båda bröderna startade egna verksamheter. (Nilsson, 2003)

Lennart Lindblad behöll namnet AB Lindblads Autoservice och började, i sin verksamhet, att tillverka säkerhetsbälten. Vid den tiden var säkerhetsbälten inte standard i bilar. Branschen expanderade dock fort och 1958 kom Volvo med den första bilmodellen i världen med säkerhetsbälten i standardutrustningen. AB Lindblads Autoservices kunder var vid den tiden svenska agenturer för Renault samt Ford hos vilka säkerhetsbälten installerades på kundens begäran. Kundkretsen växte snabbt därefter, liksom företaget, och 1968 byttes namnet på företaget från AB Lindblads Autoservice till Autoliv. Oljekrisen 1974 ledde till att försäljningen gick ned för Autoliv samtidigt som företaget gjorde stora investeringar. Det gjorde att Lennart Lindblad ansåg att företaget, för att ha någon framtid, borde ingå i en större industrikoncern, och samma år köptes Autoliv av koncernen Gränges Weda AB. 1980 blev sedan Gränges Weda AB uppköpta av Electrolux och 1994 ombildades Autoliv till ett eget bolag och börsintroducerades. Produktsortimentet hade vid den här tiden växt och innefattade nu även krockkuddar. 1997 ingick Autoliv i en fusion med det amerikanska bilsäkerhetsföretaget Morton Automotive Safety Products och Autoliv Inc⁷ bildades. (Ibid.)

Idag är Autoliv, med 34 500 anställda, världens största bilsäkerhetsföretag med försäljning till alla ledande biltillverkare i världen. Företaget utvecklar, tillverkar samt säljer krockkuddar, säkerhetsbälten, säkerhetselektronik, bilrattar, pisksnärtsskydd och andra stolskomponenter samt bilbarnstolar. Autolivs andel av världsmarknaden är över 30 procent. (Ibid.)

Autoliv har tekniska centra med 20 krocktestbanor i nio länder, mer än något annat bilsäkerhetsföretag. Autoliv har svarat för nästan alla stora tekniska genombrott i bilsäkerhetsbranschen under de senaste 20 åren och fortsätter att ligga i framkant av utvecklingen. (Ibid.)

I Sverige finns Autoliv på orterna Vårgårda, Växjö, Hässleholm, Kungälv, Motala, Linköping samt Göteborg. Huvudkontoret är placerat i Stockholm. (Ibid.)

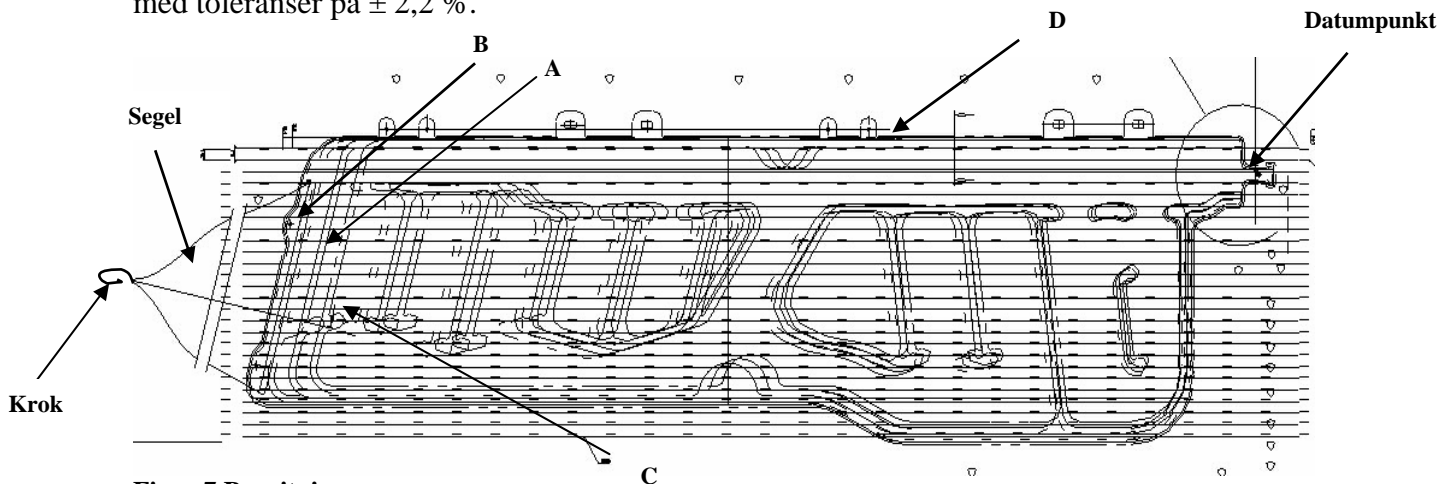
7. Autoliv Inc kommer vidare i rapporten benämnas Autoliv

4.2 Process- samt produktbeskrivning

Bagarna som används vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123 tillverkas hos AIL i England. De levereras sedan till ALS i Vårgårda, där de viks samt monteras till färdig produkt.

4.2.1 AIL

Tillverkningen av bagar hos AIL sker genom att två tyglängder vävs samman enligt ett specifikt mönster, se figur 7. Sammanvävningarna bildar tillsammans kanaler i bagen, vilka fylls med luft då bagen löses ut. Dessa sammanvävningar tillverkas mot ett nominellt mått med toleranser på $\pm 2,2\%$.



Figur 7 Bagritning

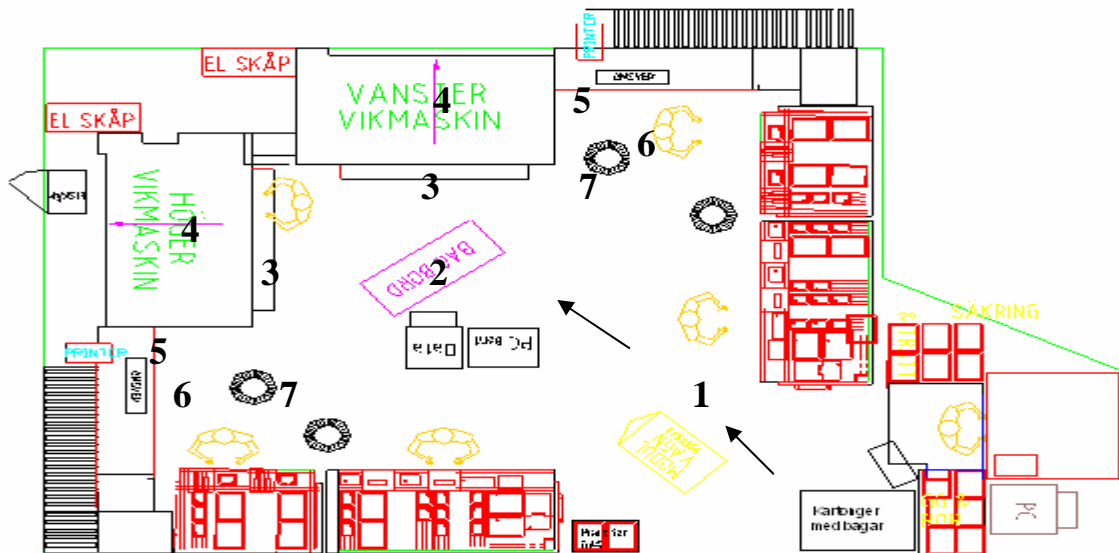
Efter vävning förses bagen med ett silikonlager. Syftet med att bereda bagen med silikon är att luften ska bevaras längre i bagen vid en utskjutning. Bagen skärs sedan ut enligt specificerade mått, med en skärtolerans på ± 3 mm. I figur 7 visas bagen med nominellt mått samt max- och mintoleranser för sammanvävning, se markering A, B respektive C. Markering D i figur 7 visar bagens utskärning.

Toleranser för vävning respektive utskärning utgår båda från en så kallad datumpunkt. Datumpunkten är placerad i ena hörnet på bagen, se markering figur 7. Detta medför att utfallet av vävningen, vars toleranser är i procentform, kan inneha större variationer än utskärningen, vars toleranser är i millimeter.

När bagarna är vävda, preparerade med silikon samt utskurna fästes ett segel samt en krok på bagen, se markeringar figur 7. Slutligen paketeras bagarna, enligt instruktion se bilaga 1, i kartonger om 40 stycken bagar. Därefter sker leverans till ALS i Vårgårda via ett mellanlager i Frankrike, där bagarna lagerhålls i två till tre veckor.

4.2.2 ALS Vårgårda

Vid ALS i Vårgårda tillverkas IC-bagar till Bil 123 i linjeform. De olika stationerna redovisas i figur 8. Beroende på vilken sida i bilen bagen ska placeras viks bagen i höger respektive vänster maskin.



Figur 8 Tillverkningslinje

- 1.) Bagar hämtas ur kartong och placeras på ett bord bredvid vikmaskinerna.
- 2.) Bagarna plattas till och luft pressas ur, enligt arbetsinstruktion, se bilaga 2.
- 3.) Den översta bagen placeras i vikmaskinen enligt arbetsinstruktion, se bilaga 2.
- 4.) Vikning av bagen sker i maskin.
- 5.) Den färdigvikta bagen matas ut i omsvep.
- 6.) Bagen kontrolleras okulärt av operatör, enligt arbetsinstruktion, se bilaga 3.
- 7.) Godkänd bag, placeras i materialställ för vidare montering av övriga detaljer, såsom gasgenerator samt fästen. Ej godkänd bag kasseras eller återgår till steg 2.

I figur 9 visas bagen som den ser ut då den bedöms av operatör. Figur 10 visar färdigmonterad bag.

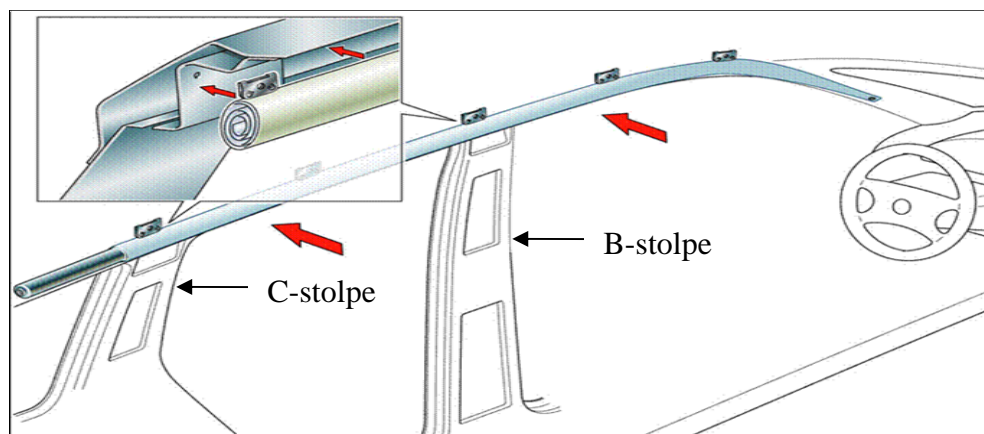


Figur 9 Bag såsom den bedöms av operatör



Figur 10 Färdigmonterad bag

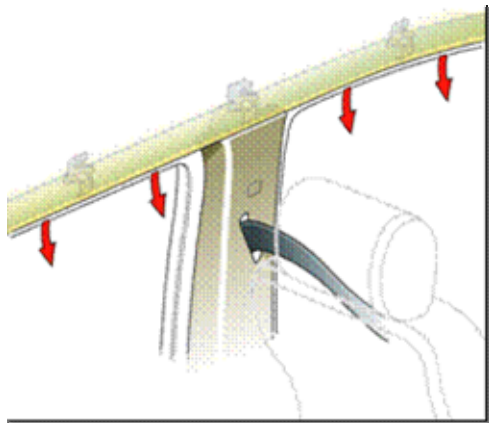
Färdigmonterad bag levereras sedan till kund för att monteras i bil. I bilen placeras bagen ovanför sidofönstren samt ovanför B respektive C-stolpen, se figur 11.



Figur 11 Bag monterad i bil

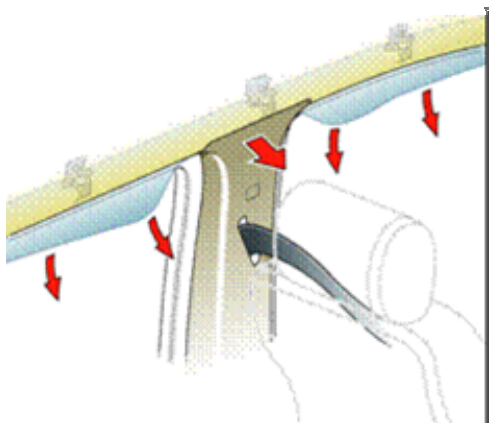
4.2.3 Bag löses ut

Vid kollision eller om bilen voltar löses bagen ut med hjälp av en gasgenerator, på mindre än 25 ms. Förloppet då bagen löses ut redovisas i en serie, se figur 12 – 15.



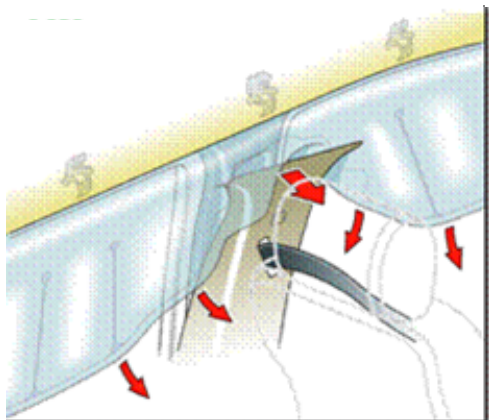
I figur 12 visas bagen, placerad under takpanelen, i momentet strax innan den löses ut.

Figur 12 Bag innan den löses ut



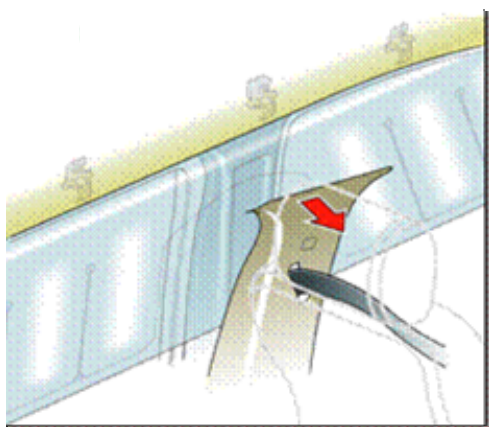
I figur 13 visas hur bagen under expansion trycks ned längs med fönstret.

Figur 13 Bag trycks ner längs med fönstret



I figur 14 visas hur bagen trycker ut panelen från B-stolpen i bilen och bagen fortsätter ned.

Figur 14 Bag trycker ut panelen

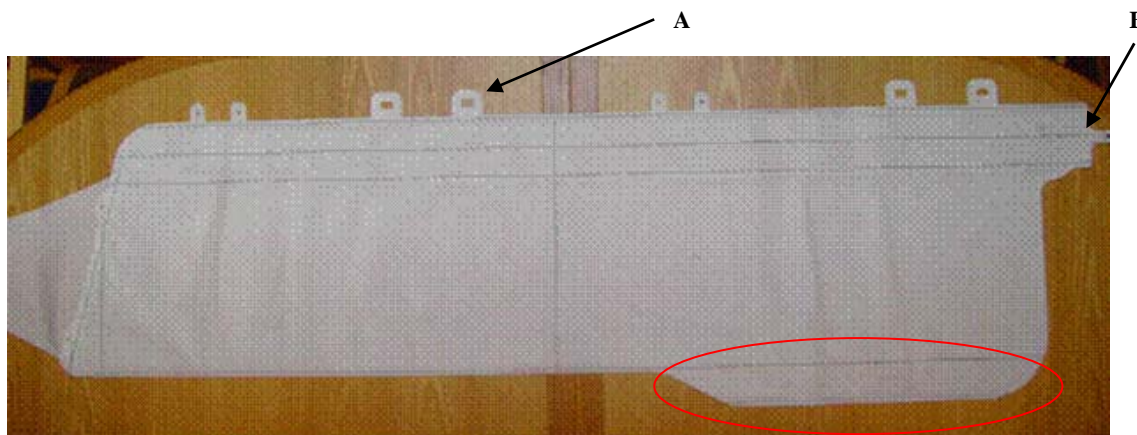


I figur 15 visas bagen fullt utvecklad och har intagit position mellan fönstret och panelen.

Figur 15 Bag fullt utvecklad

4.3 Beskrivning av vikmetoder

Vikning av IC-bagar kan göras med två olika metoder, Z-vikning respektive rullvikning. Z-vikning innebär att bagen får ett dragspelsliknande utseende. Bagen matas horisontellt in i vikmaskinen varpå två vertikalt gående gafflar, en uppifrån samt en nerifrån, viker bagen. När hela bagen är vikt placeras den, inne i maskinen, i en skena. Skenan, med bag i, matas sedan ut i ett omsvep. För att säkerställa bagens funktion görs ett längre sista veck, ett så kallat Plus 1-veck, som ska gå runt bagen, se markering i figur 16. Det finns två olika typer av Z-vikning. Den ena innebär att bagen placeras med öron samt öppning inåt i maskinen och den andra med öron samt öppning utifrån maskinen, se markering A respektive B i figur 16.



Figur 16 Bag som är vävd, preparerad med silikon samt utskuren

Rullvikning i sin tur innebär att bagarna istället rullas ihop. Bagen placeras horisontellt i vikmaskinen på ett antal, parallellt gående, plastremсор. När vikningen startas rullas dessa remсор, upp på rullar samtidigt som bagen rullas mellan två gripklor. Förutom att bagen rullas ihop skiljer sig metoden åt från Z-vikning i det avseende att bagen ej placeras i ett omsvep utan fixeras, då den är placerad mellan gripklorerna, med hjälp av klämmor. Dessa klämmor avlägsnas senare i monteringskedjan när bagen istället kan hållas på plats med fästen.

För varje enskild bilmodell finns en specifik utvecklad IC-bag, där varje IC-bag tillverkas på en specifik linje. De första IC-bagarna som utvecklades veks alla med Z-vikning. Allt

eftersom nya bagar utvecklades, utvecklades även vikmetoden. Idag viks de flesta nya IC-bagar med rullvikning.

4.4 Tidigare utförda förbättringsprojekt

I maj 2002 påbörjades ett Sex Sigma-projekt med syfte att reducera kassationer samt omvik av IC-bagar till Bil 123. Projektet kom dock inte längre än till mesurefasen i DMAIC och lades ned på hösten 2002. Vid intervju med ansvarig för projektet, Agnieszka Rejmann, framkom att orsaken till att projektet lades ned var en följd av att för lite resurser, främst i form av tid, tillsattes.

I den dokumentation som fanns från projektet återfanns bland annat vilka feltyper som då ledde till kassationer och omarbete samt i vilken utsträckning de förekom. Det framkom även ur dokumentationen att antal kasserade bagar varierade mellan arbetsskiften.

Vid tiden för projektet sorterades inkommande bagar efter mått på överkant. Bagarna delades upp efter maximalt, minimalt samt nominellt mått, varpå maskinens slaglängd ställdes in efter respektive mått. Under projektets gång lades denna sortering av bagar ned då det ej ansågs ge någon effekt på slutresultatet.

I dokumentationen från projektet fanns även en handlingsplan dokumenterad. Dock saknades resultat om något från handlingsplanen genomförts. Författarna sökte övriga deltagare från projektet dock kunde ingen med säkerhet erinras om något av stegen i handlingsplanen genomförts, och vad det i så fall resulterat i.

5 Define

I detta kapitel definieras samt avgränsas arbetet som ska ligga till grund för utredningen av orsaker till kassation samt omarbete.

5.1 Definiering av fel

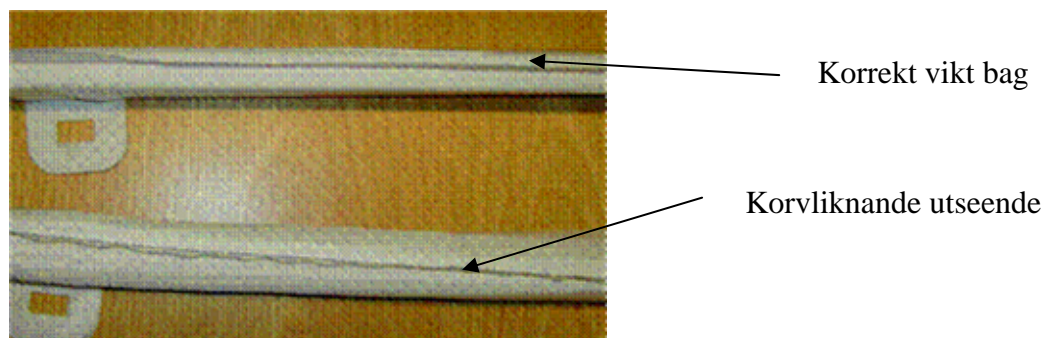
För att få en djupare förståelse samt skapa en utgångspunkt för projektet undersöktes inledningsvis vilka typer av fel som kan leda till kassation eller omarbete. Vidare undersöktes hur respektive fel påverkar bagens prestanda. Information kring feltyper samlades in genom intervjuer av operatörer och produktutvecklare, eget arbete på produktionslinjen, observationer samt genom dokumentstudier.

I tabell 2 redovisas de olika feltyper som i dagsläget leder till kassationer eller omarbete vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123 samt en beskrivning av respektive fel.

Tabell 2 Beskrivning av respektive feltyp

| Feltyp | Beskrivning av felet |
|--------|---|
| Plus 1 | Sista vecket på bagen är för lågt/högt eller på fel sida bagen |
| Z | Sista vecket på bagen är för lågt/högt eller på fel sida bagen |
| Höjd | Bagen är för hög |
| Korv | Bagen är korvad istället för att ha ett dragspelsliknande rektangulärt utseende |
| Krok | Kroken fastnar i maskinen |
| Annat | Övriga fel |

I intervju med produktutvecklare Fredrik Kjell vid ALS, framkom att ett icke godkänt Plus 1-veck kan leda till att bagen fastnar i utskjutningsmomentet. Detta då syftet med Plus 1-vecket är att det ska trycka bort innerpanelen i bilen så att bagen kan vecklas ut på den begränsade tiden. Med ett för kort eller för långt Plus 1-veck kan den funktionen ej säkerställas. Felet som benämns som Z är viktigt för bagens prestanda i den bemärkelse att det är Z-vecket som styr åt vilket håll bagen vecklas ut. Om Z-vecket är för kort eller för långt finns risken att bagen vecklas ut åt fel håll och kan således fastna istället för att skjutas rakt ned. Det framkom även i intervjun att höjden på den komprimerade bagen inte påverkar bagens prestanda men har ett maxkrav från kund, på grund av utrymmesskäl då bagen ska monteras i bil. Om bagen har ett korvliknande utseende, se figur 17, går det ej att säkerställa att den löses ut på korrekt sätt, och således ger fullgod prestanda. (Kjell, 2005)



Figur 17 Korvliknande bag

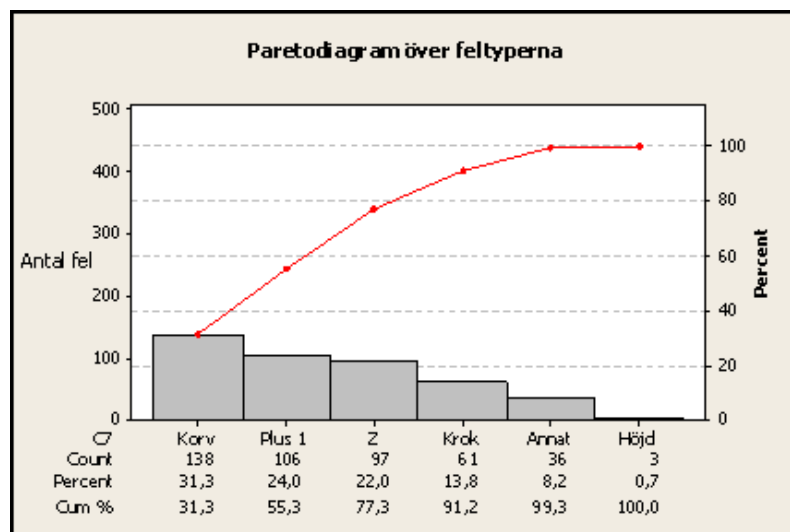
Felet som benämns som Krok har ingen direkt effekt på bagens prestanda utan uppkommer av att kroken, som bagen ska fästas med vid montering i bil, fastnar i vikmaskinen. Felet Krok kan även uppstå vid utmatning av bag. Kroken fastnar då i istället i omsvepet, vilket leder till omarbete eller kassering. (Ibid.)

5.2 Nulägesbeskrivning

För att kartlägga nuvarande kassationsnivå samt undersöka vilka fel som är de mest frekventa genomfördes en mätning av processens nuvarande utfall. En tydlig beskrivning av nuläget är fördelaktigt för att senare i projektet kunna jämföra resultatet av förbättringsarbetet. (Magnusson et al., 2003)

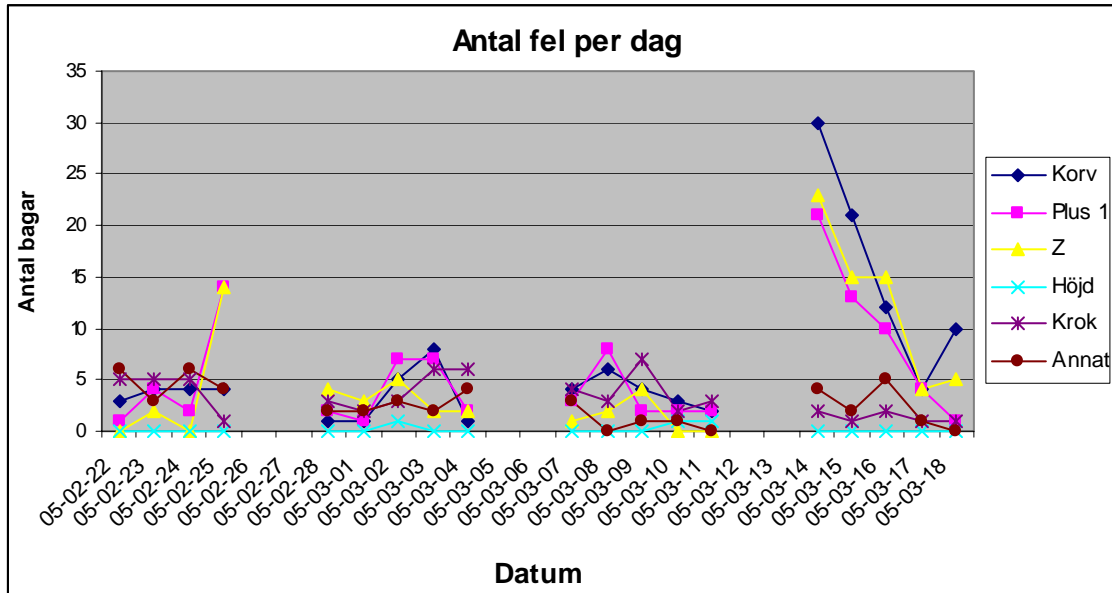
Mätningen utfördes i form av en frekvenstablå där operatören noterade feltyp, frekvens, batchnummer, skiftlag med mera, se bilaga 4. Mätningen berörde endast de fel som uppkom första gången bagen veks, alltså ej vid omarbete av bag. Författarna ansåg att genom att endast anteckna första gången ett fel uppstod, undveks möjligheten att ett fel antecknats två gånger men egentligen uppkommit på samma bag.

Resultatet av undersökningen visade att de mest frekventa felen som leder till kassering eller omarbete är: Korv, Plus 1-veck, Z-veck samt Krok, se figur 18. I figuren visas totala antalet fel för perioden, oberoende av dag eller skift. Tillsammans står felen Korv, Plus 1, Z samt Krok för 91,2 % av felen.



Figur 18 Paretdiagram över de vanligast förekommande feltyperna

I figur 19 redovisas antalet kasserade bagar över perioden 2005-05-22 till 2005-03-18. Ur figuren kan uttydas att antalet kasserade bagar ökade kraftigt under perioden 2005-03-14 till 2005-03-17, samt att felen Korv, Plus 1 samt Z stod för största andelen.

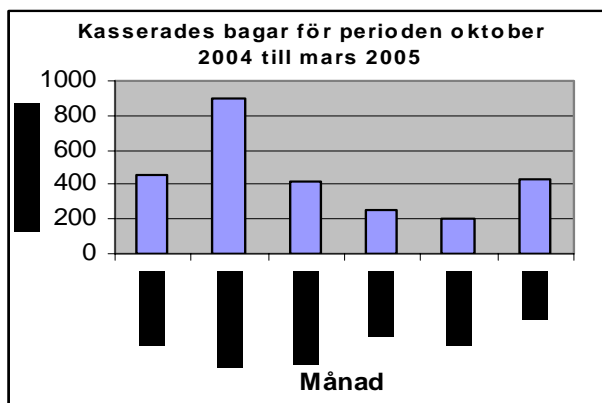


Figur 19 Utfallet av de olika feltyperna över perioden 05-02-22 till 05-03-18

Vid analys av utfallet av mätningarna visade det sig att vissa batchnummer förekom i betydligt högre utsträckning än andra. Genom intervju med logistikansvarig, Manuela Weiss, framkom att detta kunde bero på att storleken på batcherna varierade kraftigt. Storleken på en batch kunde vara allt från 40 bagar (en kartong) till flertalet pallar. Tillverkning av bagarna, som sker i England, sker inte heller direkt mot order. Ett visst lager av bagar finns i Frankrike, där bagarna mellanlagras. Inget strukturerat tillvägagångssätt fanns för att kunna ta reda på huruvida storleken på batcher som levererats till Vårgårda var hela batcher eller endast delar av batcher. (Weiss, 2005)

Kartonger med bagar placeras på produktionslinjen av lagerpersonal vilka arbetar efter arbetsättet Först In Först Ut. Dock framkom vid intervjuer av operatörer samt lagerpersonal att ingen riktig kontroll fanns över huruvida arbetsättet verkligen appliceras. Detta medförde risken att de kartonger som placeras vid produktionslinjen kan komma från differentierade batcher. (Ibid.) Författarna kunde således ej erhålla information kring antalet bagar som kasserats i förhållande till batchstorlek, vilket resulterade i att inga slutsatser kunde dras, utan vidare undersökningar, kring huruvida problemet med kassering av bagar var batchrelaterat.

Nulägesbeskrivningen har även innefattat att studera eventuella variationer mellan vikmaskinerna samt mellan skiftlagen, dock kunde inga betydande skillnader i antal fel påvisas förekomma vare sig mellan maskinerna eller mellan skiften.



Figur 20 Totala antalet kasserade bagar för perioden oktober 2004 till mars 2005

För att strukturerat samt systematiskt kunna genomföra mätningar är det essentiellt att vid beskrivning av en process nuvarande utfall även inkludera processens agerande över en längre tid. I figur 20 redovisas totala antalet kasserade bagar för perioden oktober 2004 till mars 2005. Inga data angående felfrekvens fanns att tillgå för perioden men diagrammet ger en fingervisning av processens utfall över en längre tid.

Ur figur 20 kan tydlig variation uttydas över ett längre tidsperspektiv. För att säkerställa att de feltyper, som i mätningarna framkommit vara de mest frekventa, kunde representera processens utfall över en längre period validerades resultatet genom intervjuer av operatörer.

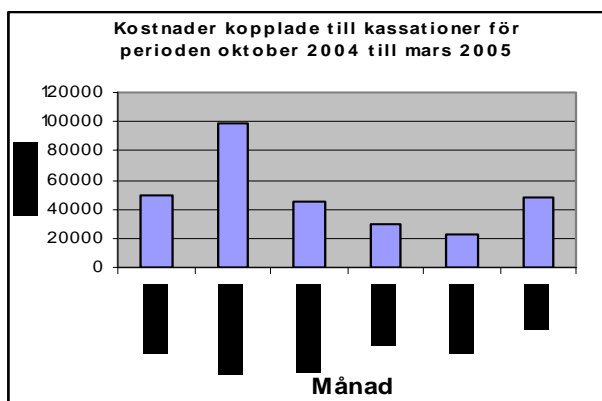
5.3 Besparingspotential

För att tydliggöra samt påvisa relevansen av ett förbättringsprojekt är det fördelaktigt att i ett tidigt skede definiera projektets besparingspotential. Att tidigt ha definierat ett projekts besparingspotential kan även, under projektets gång, underlätta vid beslut om eventuella investeringsalternativ. (Magnusson et al., 2003)

De kostnader som kopplas till kassationer samt omarbete vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123 är främst material- samt arbetskostnader. Materialkostnaden för en ovikt bag är 108,37 kr. Kostnaden för en operatör är beräknad till 4,10 kr per minut. Varje bag tar ca 40 sekunder att vika. Ytterliggare tid tillkommer även vid eventuellt omarbete. Operatörskostnaden per bag, beräknat på att bagen endast viks en gång, blir således 2,75 kr. (Johansson, 2005) För att få en rättvis samt tillförlitlig besparingspotential för projektet beräknades besparingspotentialen med en längre period, oktober 2004 till mars 2005, som grund. Kostnader kopplade till kassationer per månad beräknades enligt ekvation 1 och redovisas i figur 21.

Ekvation 1

Kostnad per månad = Antal kasserade bagar × (Materialkostnad per bag + Operatörskostnad per bag)



Figur 21 Kostnader kopplade till kassationer för perioden oktober 2004 till mars 2005

Den genomsnittliga kostnaden för kassationerna under perioden oktober 2004 till mars 2005 ger en genomsnittlig besparingspotential på 50 000 kr per månad.

5.4 Processkartläggning

För att kunna genomföra ett förbättringsarbete är det viktigt att ha kunskap om den aktuella processen. Erforderlig kunskap kan erhållas genom att inledningsvis kartlägga processen. Ett användbart verktyg är flödesschema, som beskriver processens aktiviteter samt påverkande faktorer och förväntat resultat för respektive aktivitet. Ett flödesschema identifierar steg i processen där potentiella kontrollstationer är nödvändiga samt flöden respektive beroenden mellan processens olika steg. Ett flödesschema kan fördelaktigen presenteras grafiskt. (Magnusson et al., 2003)

Underlag för en processkartläggning inhämtades genom intervju av reparatör, produktionstekniker samt operatörer, eget arbete på linjen, dokumentstudier samt genom observationer. Processkartan redovisas i bilaga 5.

5.5 Sammanfattning

Nulägesanalysen av processens utfall visade att feltyperna Plus 1, Z, Korv samt Krok står för 91,2 % av totala andelen fel. Det framkom även att det var felen Plus 1, Z samt Korv som utgjorde den största andelen av den kraftiga kassationsökningen, 2005-03-14 till 2005-03-17. Dessa tre fel har gemensamt att bagar med något eller flera av dessa fel klarar sig igenom vikprocessen och kassering sker först efter bagen bedömts av operatör. Felet Krok, som var det fjärde vanligast förekommande felet, medför istället att bagen under vikningen fastnar i maskinen.

Målet med arbetet är att reducera kassationskostnaderna med 75 %, vilket skulle medföra en besparing på i snitt 37 500 kronor i månaden, beräknat på perioden oktober 2004 till mars 2005. För att nå detta mål kommer fortsatt arbete fokuseras på felen Plus 1, Z, Korv samt Krok. Då uppkomsten av felet Krok skiljer sig från felen Plus 1, Z samt Korv kommer dessa att behandlas på differentierat sätt. Vidare arbete kommer således att beröra samtliga ovanstående fyra feltyper men angripas i två olika grupper.

Processkartläggningen gav en klar bild över processen samt dess input respektive output. Processkartan kommer vidare att användas som stöd vid identifiering av möjliga variationsorsaker.

Då de data som ligger till grund för att utreda orsakerna till kassationer bygger på en datainsamling från fyra veckor finns en risk att datamaterialet är missvisande eftersom utfallet har konstaterats variera under en längre period. För att säkerställa att resultatet av undersökningen kan representera processen över en längre tid verifierades resultatet i samråd med operatörer. Författarna antar således att om orsaker till felen Plus 1, Z, Korv samt Krok kan identifieras och åtgärdas kan kassationskostnaderna minskas med 75 %.

Att operatörerna endast skulle anteckna första gången en bag inte klarade vikningen ansågs ge en mer sanningsenlig bild av i vilken utsträckning de olika felen leder till kassationer. Detta då inte alla bagar viks om utan vissa kasseras direkt.

Risken att operatörer definierat felen på olika sätt och således påverkat utfallet av undersökningen anses tämligen liten då mätningen introducerades när samtliga operatörer på produktionslinjen var samlade. På så sätt kunde oklarheter redas ut. Ett dokument med beskrivning för hur felen skulle noteras lämnades även vid respektive vikmaskin samt med information för att kunna kontakta författarna vid eventuella frågor.

6 Measure

I denna fas sker datainsamling som kommer att ligga till grund för vidare analyser.

6.1 Krok

Ur definefasen framkom att felet Krok uppkommer genom att bagen fastnar i maskinen samt att det förekommer i två olika former. Dels genom att kroken fastnar i maskinen under vikningen, dels genom att kroken fastnar i utmatningsmomentet på grund av att den ej fästs ordentligt i skenan, se steg 14 i processkartan, bilaga 5. För att få djupare förståelse samt kunna identifiera orsaker till felet Krok genomfördes intervjuer med operatörer, observationer samt eget arbete i processen.

Genom observationer framkom att problemet med att kroken fastnar i maskinen, i stor utsträckning, kunde härledas till operatören, i form av felaktig placering av bagens segel och/eller bristande uppsyn över vikningsprocessen. Anledningen till felaktig placering berodde främst på slarv eller att operatören saknade kunskap kring bagens placering. Det visade sig även att om seglet hade placerats rätt från början kunde det ändå fastna under vikningen på grund av att kroken under vikningen gled in i maskinen. Om detta ej uppmärksammades av operatören, varpå denne avbröt vikningen och rättade till seglet, kunde kroken således fastna i maskinen.

Orsaker till att operatören emellertid har bristande uppsyn över processen kan många gånger bero på linjens höga produktionshastighet. Den höga hastigheten leder till att operatörer är tvungna att sköta fler än en station och lämnar då vikstationen under tiden maskinen arbetar. Operatören som står vid vikstationen har som uppgift att sköta båda vikmaskinerna samt pressa ur luft varje bag innan den placeras i maskin. Om operatören utöver de arbetsuppgifterna samtidigt ska sköta en annan station kan konsekvensen bli att operatören ej har fullgod uppsyn över vikningen.

Genom intervjuer framkom att erfarna operatörer ej ansåg det vara stressigt eller svårt att ha uppsyn över vikningen. Dock placerades ofta ny personal vid vikmaskinerna för att kunna upprätthålla produktionstakten. Detta då vikningen, av flertalet operatörer, ses som den enklaste stationen att utföra i processen.

Den andra formen av felet Krok, som uppkom på grund av att kroken ej fästs ordentligt i skenan kunde genom intervju av operatör härledas till att längden på seglet var för långt i förhållande till skenan, på vilken kroken ska fästas. Kroken kunde därför ej spännas upp ordentligt varpå bagen ej följde med skenan in i omsvepet.

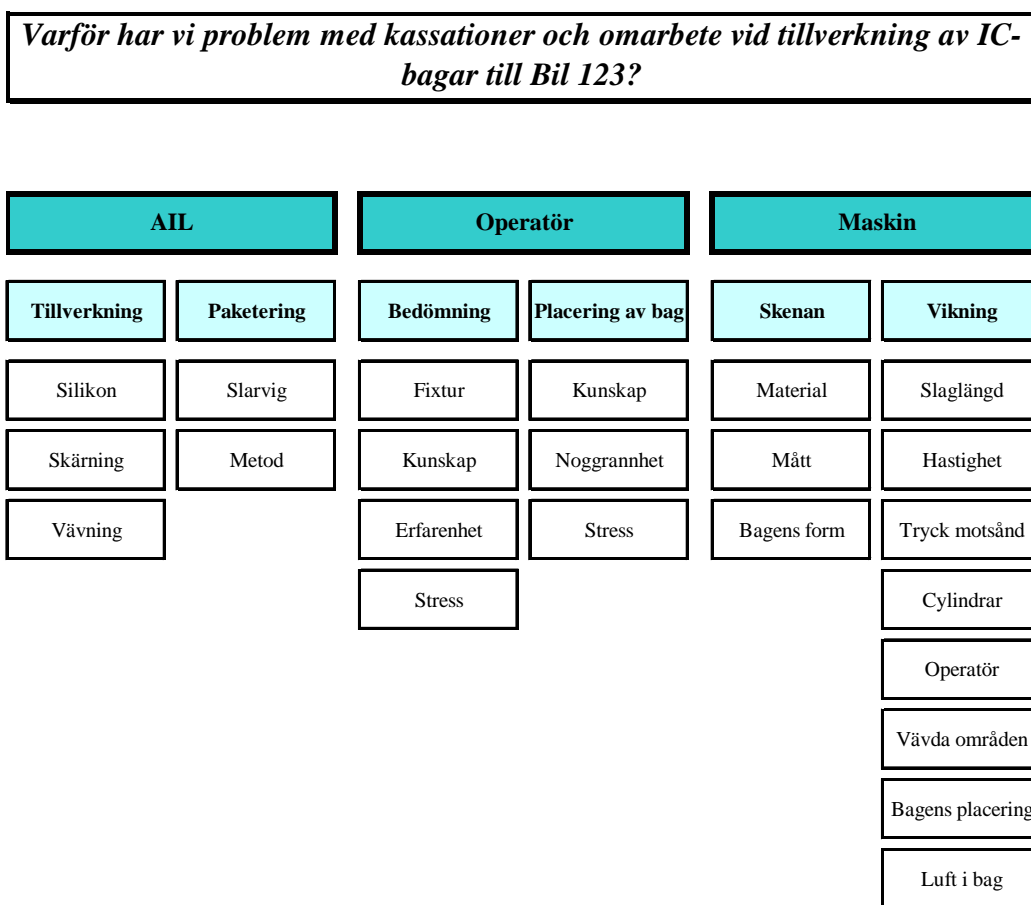
6.2 Plus 1, Z samt Korv

För att identifiera faktorer som skulle kunna påverka utfallet av kasserade bagar, som beror av felet Plus 1, Z samt Korv, genomfördes en workshop. Frågeställningen som behandlades vid workshopen var: Varför har vi problem med kassationer och omarbete vid tillverkning av IC-bagar till Bil 123? Workshopen genomfördes i enighet med den föreslagna arbetsgången i avsnitt 3.5 Som underlag till workshopen användes processkartläggningen samt resultaten av de mest frekventa feltyperna.

Medverkande vid workshopen var:

- Två operatörer från den aktuella tillverkningslinjen
- Produktionstekniker AMG IC
- Produktionsansvarig AMG IC
- Gruppchef PQE
- Kvalitetstekniker AMG IC
- Produktutvecklare för den aktuella bagen
- (Reparatör) Kunde ej närvara vid workshopen. Komplettering gjordes i form av intervjuer.

Resultatet från workshopen beskrivs i ett släktskapsdiagram, se figur 22.



Figur 22 Släktskapsdiagram

Ovanstående faktorer framkom som troliga orsaker till kassering samt omarbete av bagar, har, enligt figur 22, kunnat sammanfattas i följande övergripande områden; AIL, Operatör samt Maskin. Utförligare beskrivs de olika underliggande orsakerna enligt:

Tillverkning: Vid tillverkning av bagarna hos AIL kan variationer i silikonmängd, vävning samt utskärning förekomma. Dessa variationer antas kunna påverka utfallet av kassering samt omarbete av bagar. Variation i silikonmängd, vilket gör bagen mer eller mindre stel samt fördelningen av silikonet på bagen antas kunna påverka hur bagen beter sig under vikningen. Då endast en liten del av bagen fixeras innan vikningen startas, skulle en mer eller mindre stel bag således kunna bete sig på differentierat sätt under vikningen. Även variationer i

vävningen antas kunna påverka hur bagen beter sig under vikningen då de områden som är vävda är mer stela än övriga områden. Effekten antas kunna bli att maskinen inte viker på dessa områden utan istället före eller efter de vävda områdena.

Allt för vida variationer i utskärning skulle kunna påverka i den bemärkelse att det får effekt på sista vecket som bland annat är det som bedöms för att antingen godkänna eller kassera en bag. Placering av bag i maskin sker efter avsedda markeringar. En snett utskuren bag skulle således kunna leda till ett snett slutveck, vartefter bagen kasseras.

Bedömning: Bedömning av bag antas bero på operatörens kunskap och erfarenhet samt fixturens utformning. En hög produktionstakt förmodas leda till att vissa operatörer blir mer stressade och på så sätt påverkas bedömningen.

Placering av bag: Placering av bag i maskin antas bero på operatörens kunskap samt erfarenhet. En hög produktionstakt skulle kunna leda till att vissa operatörer blir mer stressade och således påverkas placeringen.

Vikning: Inställningar på slaglängden antas kunna påverka på det sätt att då det är slaglängden som avgör storleken på varje veck och således slutveck. Motståndet antas kunna påverka i den bemärkelse att det är motståndet som håller fast den del av bagen som har vikts. Cylindrarna som tillsammans formar Plus 1-vecket anses i sin tur påverka utfallet om dessa ej är synkroniserade. Hastigheten på maskinen skulle kunna påverka vikningen i form av att vecken inte hinner fixeras ordentligt under vikningen. Luft i bag anses som en möjlig variationskälla då metoden bagen viks på innebär att bagen viks med luftöppningen inåt. Detta medför att det inte finns någon plats för eventuell luft att ta vägen, varpå den successivt pressas ned till sista vecket.

Skenan: Problem antas kunna förekomma om bagen är alltför bred efter viktningmomentet. Således uppkommer problem när bagen ska föras ned i skenan. Skenans utformning antas kunna påverka i den bemärkelse att denna kan varieras i hur hårt bagen ska tryckas ihop innan den förs ned i skenan. Skenans material anses kunna påverka i form av att friktion kan uppstå när bagen ska placeras i skenan.

Vid viktningen av de olika grupperna hade gruppen svårt att avgränsa något av områdena. För att lösa problemet genomfördes en något modifierad viktning. Istället för att varje medverkande själv viktade de olika grupperna, genomfördes viktningen genom diskussion i grupp.

Resultatet av workshopen blev således att undersöka samtliga områden, AIL, Operatör samt Maskin, men med avgränsningar inom respektive område. De orsaker som avgränsades bort på detta stadium var således cylindrar, hastigheten på vikningen, skenans mått och form samt paketering hos AIL.

6.3 Sammanfattning

6.3.1 Krok

Orsaker till att kroken fastnar i maskinen under vikningen kunde härledas till att i stor utsträckning vara operatörsberoende i form av felaktig placering av bag i maskin eller bristande uppsyn över seglet samt till att seglet är för långt i förhållande till skenan. Detta kunde bero på faktorer såsom slarv, ej tillräcklig kunskap, stress med mera. Förslag på åtgärder för att komma till rätta med dessa problem, och på så sätt minska förekomsten av felet, kommer att tas fram i improvefasen.

Förslag på åtgärder för felet krok vars uppkomst berodde på att kroken ej fästs ordentligt i skenan kommer även det att tas fram i improvefasen.

6.3.2 Plus 1, Z samt Korv

För att identifiera orsaker till felen Plus 1, Z samt Korv genomfördes en workshop. Workshopen resulterade i potentiella variationsorsaker som kunde grupperas till AIL, Operatör samt Maskin. Vid viktningen av de olika grupperna hade gruppen svårt att avgränsa något av områdena. För att lösa problemet genomfördes en något modifierad viktning. Istället för att varje medverkande själv viktade grupperna, genomfördes viktningen genom diskussion i grupp.

Resultatet av workshopen blev att undersöka samtliga orsaker inom samtliga tre områden, AIL, Operatör samt Maskin, exkluderat orsakerna cylindrar, hastighet på viktning, skenans mått samt paketering. De undersökningar som kommer att genomföras i analysfasen är bedömning av bag, materialanalys, analys av längd på veck samt maskinanalys. Inför de olika områdena kommer författarna att ta fram ett antal frågeställningar som respektive undersökning har i syfte att besvara. Dessa frågeställningar grundas på de orsaker som identifierats i workshopen och kommer att presenteras inför respektive undersökning. Undersökningarna kommer slutligen leda till att de olika orsakerna systematiskt kan förkastas eller godtas.

Valet av släktskapsdiagram som verktyg i workshopen grundades på dess användbarhet för att strukturera stora mängder verbal information samt identifiera bakomliggande orsaker till ett problem. Valet av medverkande personer grundades på att få en så bred bild av problemet som möjligt. Fördelen med att medverkande personer kommer från olika delar av företaget är att de oftast ser på problemet på differentierade sätt. På så sätt kan problemet studeras från flera synvinklar samt kan synergieffekter genereras.

Vid genomförande av en workshop är det viktigt att ledaren tydligt förmedlar syftet med workshopen. Vidare är det essentiellt att deltagarna introduceras för det aktuella verktyget som ska användas. För att erhålla ett så fördelaktigt resultat som möjligt är det även viktigt att tydliggöra syftena med de olika stegen, i detta fall släktskapsdiagram. Då författarna inte har någon tidigare erfarenhet av att leda en workshop fanns en risk för att det skulle kunna ha påverkat utfallet. Dock anses resultatet av workshopen tillfredsställande varpå denna risk ej anses vara av betydande grad.

Alternativ metod för att identifiera orsaker till kassationer samt omarbete skulle kunna ha varit enskilda intervjuer. Enskilda intervjuer skulle dock vara betydligt mer tidskrävande för

att erhålla likvärdig information som en workshop genererar. Dessutom skulle enskilda intervjuer leda till att synergieffekter förbises. Författarna har istället anammat intervjuer som ett komplement till workshopen, i syfte att tydliggöra samt utveckla vissa områden.

7 Analyse

I detta avsnitt genomförs de analyser som presenterats i measurefasen.

7.1 Bedömning av bagar

Syftet med analysen var att besvara följande frågor:

- Är toleranser för bedömning av respektive fel aktuella?
- Bedöms bagar homogent mellan operatörerna?
- Har operatören tillräckligt med kunskap för att korrekt kunna bedöma bagen?
- Påverkas bedömningen av bag av stressiga situationer?
- Används fixturen vid bedömning?
- Är fixturen tillräcklig för att korrekt kunna bedöma bagen?

När IC-bagen till Bil 123 utvecklades fastställdes dess nominella mått genom fullskaletester. Ett fullskaletest innebär verklighetstroga tester, det vill säga att bagen monteras i en verklig bil som krockas. Toleranser för måtten sattes sedan genom statisk provning, vilket är snarligt fullskaletest men utan det moment där geometrin runt bagen påverkar dess prestanda. En undersökning av huruvida bagens mått samt toleranser är för snävt satta skulle kräva ett flertal nya fullskaletest respektive statistiska provningar. Kostnaden för ett fullskaletest är cirka 100 000 kronor respektive cirka 10 000 kronor för en statisk provning. En uppdatering av bagens nominella mått eller dess toleranser skulle således medföra stora kostnader. Då Bil 123 är en relativt gammal modell i bilbranschen, är det troligt att modellen kommer att förnyas inom ett par år, vilket skulle innebära utveckling av en ny IC-bag. Att i dagsläget uppdatera nuvarande specifikationer samt toleranser skulle därför ej bli ekonomiskt hållbart.

För att kunna avgöra om bedömning av bag i omsvep ges en homogen bedömning, och på så sätt kunna säkerställa att bagar som inte är defekta, kasseras eller viks om, studerades bedömningen av färdig bag i samråd med ett antal operatörer. För att undvika risken att operatören ska känna sig iakttagen verifierades bedömningen av bag i omsvep även genom observationer. Undersökningen visar på att tydliga skillnader i bedömningsförfarande mellan operatörer förekom. Utförandet av bedömningen visade sig påverkas av operatörens erfarenhet samt kunskap om bagens utformning och användningsområde. Även faktorer som produktionshastighet samt kommunikation på linjen visade sig påverka operatörens bedömning av bagen.

I dagsläget finns vid bedömning av bag en fixtur att tillgå. Fixturen beskrivs i arbetsinstruktionen i bilaga 3. Genom intervjuer framkom att fixturen ej används av alla operatörer. Erfarna operatörer anser sig kunna bedöma bagen utan fixtur samt att fixturen är något otydlig. Dessutom skulle en applicering av en fixtur vid bedömning av varje bag vara alltför tidskrävande och således ej hållbart ur produktionstaktssynpunkt. Operatörerna anser även att utan kunskap om varför de bedömer ett visst fel är risken större att en felbedömning sker.

7.2 Materialanalys

Syftet med analysen är att besvara följande frågor:

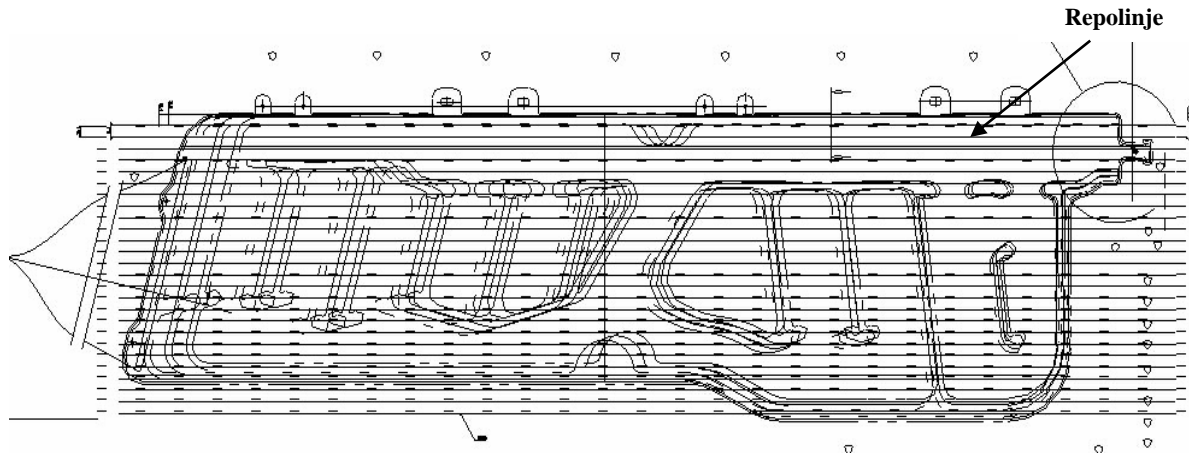
- Uppfyller inkommande bagar toleranskraven för silikonbeläggning på $95 \pm 15g$?
Förekommer variationer i silikonbeläggning på bagarna?
- Uppfyller inkommande bagar toleranskraven för utskärning på $\pm 3 \text{ mm}$?
Förekommer variationer i utskärningen på bagarna?
- Uppfyller inkommande bagar toleranskraven för vävning på $\pm 2,2 \%$? Förekommer variationer i vävningen på bagarna?
- Kan några tydliga skillnader i silikonmängd, vävmått eller skärmått identifieras mellan obehandlade bagar samt bagar som kasserats?
- Kan några tydliga skillnader i silikonmängd, vävmått eller skärmått identifieras mellan batcher?

För att undersöka huruvida variationer i inkommande material förekommer gjordes en analys av totalt 150 bagar, tagna från fem olika batcher. För att kunna påvisa om skillnader på bagar som kasserats gentemot obehandlade bagar förekom, inkluderades även 150 bagar som kasserats i vikprocessen.

På varje bag mättes yttermått (skärmått) samt vävmått. Måtten noterades som maximala, minimala eller nominella. Om måtten låg utanför toleranserna sattes de till maximalt+ respektive minimalt-.

För att ej gå miste om information kring huruvida variationer inom respektive mått förekom delades bagen upp i olika områden. Ytermått mättes runt hela bagen. Vävmått delades upp i väv ytterkant (överkant/underkant/höger sida/vänster sida) samt väv kanaler. Mängden silikon på bagen avgränsades bort då denna faktor saknade mätmöjligheter. Vidare noterade författarna om någon form av deformation förekom på bagen, såsom konkavitet eller ojämnheter i vävningen.

För att minimera risken för mätfel gjordes en mall av bagen i naturlig skala. I mallen markerades maximala, nominella samt minimala mått för både skärmått respektive vävmått. Mallen placerades ovanpå varje bag och fixerades efter datumunkten samt en repolinje, se markering figur 23. Ovannämnda mått kunde sedan sättas till maximum, minimum respektive nominell. För att öka reliabiliteten genomfördes alla mätningar av samma person.



Figur 23 Bagritning med repolinje

Resultatet av mätningarna visade att endast ett fåtal bagar ej uppfyllde toleranskraven på vävmått respektive skärmått. Dock identifierades en skillnad i skärmått på bagens överkant, mellan de bagar som kasserats samt obehandlade bagar. Skärmåttet, för de obehandlade bagarna, var nominellt medan det för kasserade bagar drogs mot maximum.

Inga tydliga skillnader mellan de fem olika batcherna kunde identifieras, vilket medför att antalet kasserade bagar som i definefasen indikerats vara batchrelaterat inte heller här kan verifieras eller förkastas.

Vid undersökning om det fanns någon gemensam nämnare bland de bagar som kasserats upptäcktes att av de 150 bagarna som mättes visade sig flertalet av bagarna ha någon form av deformation. I störst utsträckning förekom asymmetri i vävningen tillsammans med veck från paketering. Även konkavitet på bagens överkant kunde identifieras men ej i samma utsträckning.

7.3 Analys av längd på veck

Syftet med analysen var att besvara följande frågor:

- *Vad ger en konstant slaglängd för resultat på vikningen?*
- *Påverkar bagens design resultatet av vikningen?*

För att se utfallet av vikningen, i form av längd på veck med en konstant slaglängd, mättes utfallet på 50 godkända bagar. För att erhålla information kring eventuell spridning mellan vecken mättes längden på samtliga 23 veck⁸, på fem olika ställen på bagen.

För att se om tydliga skillnader fanns mellan godkända bagar samt kasserade bagar mättes även slaglängdens utfall på 50 bagar som kasserats. Då operatören själv kan justera slaglängden för vissa delar av bagen finns risken att de 50 kasserade bagarna, ej uppkommit med samma inställning av slaglängd. Dock sker inte inställningar av slaglängden av samtliga operatörer, endast ett fåtal vet att möjligheten finns. Kasserade bagar valdes således att tas med i undersökningen, men eventuella resultat kommer att tolkas med mer försiktighet. För att öka reliabiliteten utfördes även mätningarna av samma person.

8. En godkänd bag ska ha 23 gjorda veck innan det sista Plus-1 vecket görs.

Undersökningen av utfallet av veckens längd visade att variationer fanns mellan de 23 vecken samt mellan de fem mätpunkterna. Störst variationer kunde uttydas förekomma kring veck 5-7 samt veck 19-21, samt att utfallet kring veck 8-16 är tämligen stabilt. Vid jämförelse av längden på ett och samma veck vid de fem olika mätpunkterna på bagen kunde variation påvisas mellan mätpunkt ett och tre. Inga tydliga skillnader av utfallet på veckens längd kunde uttydas mellan vänster och höger maskin. Undersökningen kunde ej heller påvisa några skillnader av utfallet på veckens längd mellan bagar som kasserats samt bagar som godkänts.

Områdena för veck 5-7 samt 19-21 identifierades till de delar av bagen som i materialanalysen benämns som väv överkant samt väv underkant. På flertalet av samtliga 100 bagar kan det uttydas att maskinen i dessa områden ej viker på väven utan vid sidan av. Att variation förekom mellan mätpunkt ett och tre kunde härledas till varierande placering av väv i dessa områden. Då de vävda områdena ej är placerade likstämmt över hela bagen varierar längden på veck mellan dessa punkter. Vikningen sker således på samma sätt som för väv underkant respektive väv överkant. Tilläggas kan att för de bagar som hade deformation i form av asymmetri i vävning, var vecken mer otydliga.

7.4 Maskinanalys

Syftet med analysen var att besvara följande frågor:

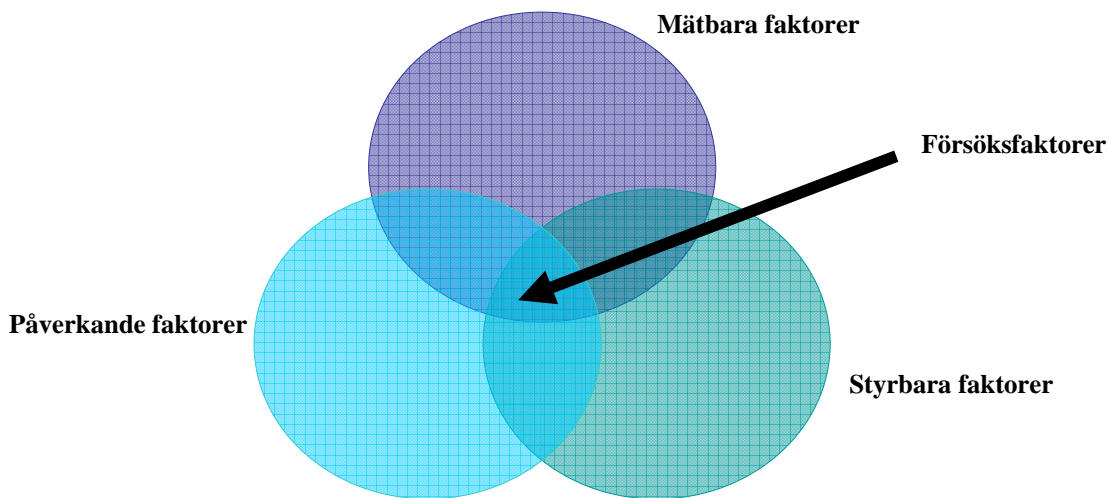
- *Påverkar inställningen av slaglängden eller mottryck resultatet av vikningen?*
- *Påverkar luft i bagen resultatet av vikningen?*
- *Påverkar bagens design i form av placering av vävda områden resultatet av vikningen?*
- *Påverkar operatörens placering av bag resultatet av vikningen?*
- *Placeras bagen korrekt i skenan?*

För att kunna svara på ovanstående frågor genomfördes en maskinanalys i form av faktorförsök. Arbetsgång med resultat samt tolkningar beskrivs nedan.

7.4.1 Val av faktorer

Enligt Montgomery (2001) kan faktorer delas in efter möjlighet att styra, påverkan på responserna samt möjligheten att mäta dess nivå, se figur 24. Val av faktorer att variera i ett försök beror, enligt Bergman et al. (2001), mycket på situationen. De faktorer som väljs bör dock:

- Vara kvalitativa eller kvantitativa
- Förmodas ha stor påverkan på responserna
- Vara styrbara
- Om de är kvantitativa, vara mätbara



Figur 24 Sambandet av mätbara, påverkande samt styrbara faktorer

För att minimera risken för störningar vid ett försök bör faktorer som är styrbara, men som inte vill undersökas med avseende på påverkan av respons, hållas konstanta under försöket. Vidare bör effekten av faktorer som anses påverka responsen men som inte är styrbara minimeras, vilket kan göras med hjälp av ett väl planerat försöksupplägg. (Montgomery, 2001)

Ur materialanalysen framkom att måttet på bagens överkant samt deformation, i form av asymmetri i vävning samt veck från paketering, skiljde sig markant mellan bagar som kasserats samt obehandlade bagar. För att se om inställningar av andra faktorer påverkar utfallet och således skulle kunna göra processen mer robust mot dessa faktorer valdes de med som faktorer att variera i ett försök i maskinanalysen. För att inte optimera utfallet med avseende på ett specifikt mått eller specifik deformation, och således optimera för de bagar som kasserats, ansåg författarna att en optimering bör omfatta två nivåer av respektive faktor. På dessa grunder valde författarna att ta med mått på överkant samt deformation som faktorer i maskinanalysen, då i form av två nivåer.

Övriga faktorer valdes med då de i workshopen framkommit som troliga orsaker till kassering eller omarbete av bagar. Resultatet blev följande fem faktorer, alla styrbara, mätbara samt som anses ha en påverkan på responsen.

Faktor A: Luft

Faktor B: Deformation

Faktor C: Mottryck

Faktor D: Slaglängd

Faktor E: Överkantens mått

Störfaktorer identifierades till:

- Operatörens placering av bag i maskin
- Maskinerna saknar grundinställning varpå det ej kan säkerställas att vänster samt höger maskin har samma slaglängdsinställning
- Precision i maskininställningar
- Skillnader i paketering

För att minimera risken för att dessa störfaktorer skulle påverka försöket genomfördes alla försök på samma maskin, reparatör ansvarade för maskininställningar och placering av bag gjordes av samma person med god tid för verifiering. För att undvika risken att paketering skulle påverka försöket förvarades bagarna under tiden fram till försöket på samma sätt.

7.4.2 Val av nivåer

Val av nivåer för faktorerna C, mottryck, samt D, slaglängd, skedde i samråd med reparatör då dessa innebar inställningar av maskin. För att kunna mäta dessa faktorer installerades en manuell tryckmätare. Vidare märktes skruvarna som används för justering av slaglängden, upp i sjättedels varv.

Faktor A, Luft i bag, varierades genom att injicera luft i bagen innan den fördes in i vikmaskinen. För att i motsatts eliminera luft, gjordes ett antal hål utefter bagens nedre kant och eventuell luft pressades således ut under vikning. Nivåer för faktor B, Deformation, samt faktor E, Överkantens mått, sattes utifrån materialanalysen. Nivåerna sammanfattas i tabell 3.

Tabell 3 Val av nivåer

| Faktor | Hög nivå | Nominell nivå | Låg nivå |
|--------|-------------------|---------------|---------------------|
| A | Luft i bag | - | Ej luft i bag |
| B | Deformation | - | Ej deformation |
| C | 4,0 Bar | 3,5 Bar | 3,0 Bar |
| D | 1/6 varv åt höger | 0 | 1/6 varv åt vänster |
| E | Maximalt | - | Minimalt |

7.4.3 Val av respons

Enligt Montgomery (2001) bör en respons:

- Vara kontinuerlig samt helst normalfördelad
- Gärna vara en variabel som ofta mäts
- Ligga så nära målet med undersökningen som möjligt
- Inte ligga nära någon naturlig gräns
- Vara mätt med oförstörande mätmetoder

Bedömning av bag sker av operatör som godkänd eller icke godkänd, alltså en diskret respons. Mest fördelaktigt vore att använda denna respons i försöket då den ofta mäts, ligger närmast målet med undersökningen samt att den mäts med oförstörande metoder. För att med en diskret respons erhålla tillförlitlig information av ett försök skulle det krävas flertalet replikat, vilket i sin tur skulle bli mycket tidskrävande. Författarna ansåg då att responsen istället kunde sättas till längd på bagens sista veck, Z-veck samt Plus 1-veck, då det är dessa mått som avgör om bagen ska godkännas eller kasseras. I intervju med reparatör Daniel Lundin framkom att felet Korv kan härledas till momentet då bagen ska placeras i skenan (aktivitet 14 i processkartan), detta på grund av att bagen ej får plats i skenan, som i sin tur i stor utsträckning beror på ett långt Plus 1-veck. Felet korv skulle på så sätt representeras i responsen, längd på Plus 1-veck. På detta sätt skulle kontinuerliga responsvariabler kunna användas samt skulle ett mindre antal replikat behövas. Dock är detta ej responser som ofta mäts men ansågs ändå kunna ge ett rättvist resultat.

I samråd med produktutvecklare Fredrik Kjell bestämdes målvärden för Plus 1-veckets och Z-veckets samt respektive toleranser. Plus 1-veckets målvärde bestämdes till 4 cm med en tolerans på ± 1 cm. Z-veckets målvärde bestämdes till 1,9 cm med en tolerans på $\pm 0,5$ cm.

Då variationer i utfallet av längden på vecken kunnat identifieras i analysen av längd på veck anser författarna det essentiellt att utreda huruvida det kan finnas inställningar av andra faktorer som är mer eller mindre robust mot bagens design, främst i form av placeringen av väv överkant samt väv underkant. För att se effekten av inställningar på maskinen valdes även längd på veck med som respons i försöket.

Responserna för försöket valdes således till Plus 1, Z samt Längd på veck.

7.4.4 Val av försöksplan

Försöket valdes att utföras som ett reducerat försök. Försöksplanen valdes till ett 2^{5-1} -försök med 3 replikat. Valet av ett reducerat försök grundades på att trefaktorsamspel samt högre samspel ej ansågs troliga samt att tiden för försöket var begränsad. Bland annat kunde försöket ej genomföras under produktionstid, måndag-fredag, på grund av den höga produktionshastigheten samt fanns krav på att reparatör närvarade.

7.4.5 Genomförande

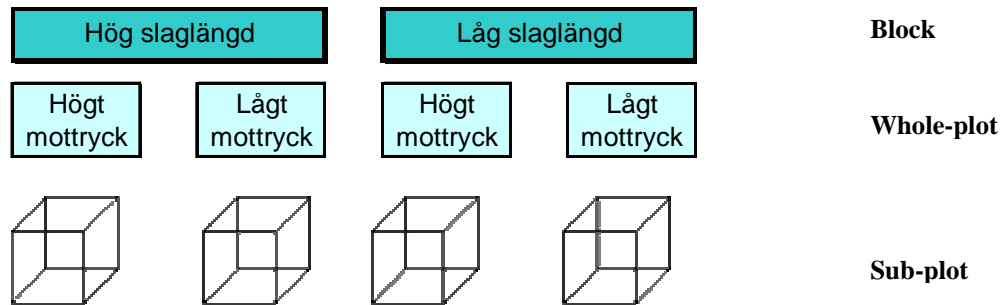
På grund av produktionshastigheten på produktionslinjen fanns ingen möjlighet att före försökstillfället undersöka precision i maskininställningar varpå detta fick ske vid försökstillfället. Det visade sig att faktorn D, Slaglängd, var svårinställd i den bemärkelse att det vid omställning av nivån krävdes ett antal vikta bagar för att önskad effekt av inställningen skulle erhållas. Istället för att fullständigt randomisera försöket, varierades istället slaglängden endast två gånger. På grund av tidsbrist beslöts i samråd med reparatör att ej heller fullständigt randomisera faktorn C, mottryck. Försöksordningen ändrades således efter faktorerna C samt D, mottryck respektive slaglängd. Försöksplan med erhållna responser redovisas i bilaga 6.

7.4.6 Analys av försök

Då faktorerna D, slaglängd, samt C, mottryck, inte kunnat randomiseras fullständigt kan försöket inte analyseras som ett vanligt 2^k försök. För att kunna beskriva processens utfall i försöket med hjälp av datamaterialet och på så sätt erhålla ett mer rättvist resultat analyserades försöket som ett split-plot försök. Således minimeras risken att faktorer samt samspel antas ha signifikant påverkan på responserna fast så egentligen inte är fallet. Det skulle kunna leda till att felaktiga slutsatser dras från försöket.

Faktorn D, slaglängd, sattes som blockfaktor, då slaglängden endast varierats två gånger samt då samtliga försök ej kunnat genomföras med slaglängd på hög nivå. Genom att blockera faktor D, slaglängd, har övriga faktorer replikerats lika många gånger. Dessa replikat kan således användas för att säkrare kunna avgöra övriga faktorer påverkan på responserna. Författarna ansåg även att information som går förlorad genom att blockera slaglängden delvis återvinns genom responsen Längd på veck. Dock kan ej information kring samspel mellan slaglängd samt övriga faktorer erhållas.

Faktor C, mottryck, som varierats mer än D men ändå ej fullständigt, används i analysen som whole-plot faktor. Vidare används övriga faktorer, Luft, Deformation samt Bag överkant, som randomiserats fullständigt, som sub-plot faktorer. Sambandet mellan blockfaktorn, wholeplotfaktorn och subplotfaktorerna redovisas i figur 25.



Figur 25 Försöksupplägg

Val av modeller

För att avgöra vilka faktorer respektive samspel som har en signifikant påverkan på responserna Z samt Plus 1 beräknas F-värdet för respektive faktor och samspel. F-värdet är kvoten mellan medelkvadratsumman, MS, för en specifik faktor eller samspel, samt medelkvadratsumman för ett slumpfel (feluppskattningen, MS_{residual}). Således kan avgöras huruvida en komponent ska tas med i modellen eller om dess bidrag endast beror av slumpen. För att avgöra med vilken sannolikhet storleken på F-värdet är signifikant, används p-värdet, vilket anger med vilken säkerhet vi vill kunna avgöra om påverkan av en faktor är signifikant. De faktorer som faller ut som aktiva på en signifikansnivå på 5 % kan med 95 % säkerhet antas påverka responserna.

I tabell 4 presenteras respektive faktorer samt samspelets påverkan på responserna **Plus 1**.

Tabell 4 Faktorer samt samspelets påverkan på Plus 1

| Källa | MS | MS_{residual} | F-värde | p-värde |
|-----------------|--------|------------------------|---------|----------|
| A, Luft | 25.600 | 0.36 | 71.04 | < 0.0001 |
| B, Deformation | 7.220 | 0.35 | 26.72 | < 0.0001 |
| C, Mottryck | 1.220 | 0.36 | 3.55 | 0.0713 |
| E, Bag överkant | 4.220 | 0.35 | 12.23 | 0.0016 |
| AB | 4.900 | 0.27 | 17.92 | 0.0003 |
| AC | 2.500 | 0.35 | 7.09 | 0.0134 |
| AE | 3.600 | 0.28 | 12.84 | 0.0014 |
| BC | 0.025 | 0.42 | 0.06 | 0.8100 |
| BE | 1.230 | 0.40 | 3.03 | 0.0938 |
| CE | 0.620 | 0.44 | 1.41 | 0.2468 |

Faktorerna som har signifikant påverkan på responserna **Plus 1** presenteras i modellen enligt:

$$\text{Plus 1} = A + B + E + AB + AC + AE$$

De faktorer samt samspel som ingår i modellen har tillsammans en medelkvadratsumma på 48,05 medan hela datamaterialet har en kvadratsumma på 65,28. Det medför att de till

modellen valda faktorer samt samspel står för 73,60 % av den totala kvadratsumman. Dessa faktorer står för nästan 74 % av variationen i Plus 1-vecket tyder på att de faktorer som valts att undersöka i försöket till stor del är de som påverkar längden på vecket och således orsakar kassationer av bagar. De till modellen valda faktorernas samt samspels påverkan är dock varierande. Genom deras bidrag till kvadratsumman kan utläsas att luft har störst påverkan på responsen Plus 1 följt av deformation samt samspelen mellan dessa faktorer. I tabell 5 presenteras respektive faktors samt samspels påverkan på responsen Z .

Tabell 5 Faktorer samt samspels påverkan på Z

| Källa | MS | MS _{residual} | F-värde | p-värde |
|-----------------|-------|------------------------|---------|---------|
| A, Luft | 5.180 | 0.43 | 12.05 | 0.0019 |
| B, Deformation | 2.860 | 0.36 | 8.02 | 0.0090 |
| C, Mottryck | 2.210 | 0.36 | 6.18 | 0.0200 |
| E, Bag överkant | 1.120 | 0.33 | 3.37 | 0.0782 |
| AB | 2.210 | 0.38 | 5.78 | 0.0239 |
| AC | 0.210 | 0.34 | 0.61 | 0.4481 |
| AE | 0.900 | 0.33 | 2.70 | 0.8280 |
| BC | 0.004 | 0.37 | 0.01 | 0.9179 |
| BE | 0.380 | 0.34 | 1.13 | 0.2985 |
| CE | 0.630 | 0.45 | 1.40 | 0.2473 |

Faktorerna som antas ha signifikant påverkan på responsen Z presenteras i modellen enligt:

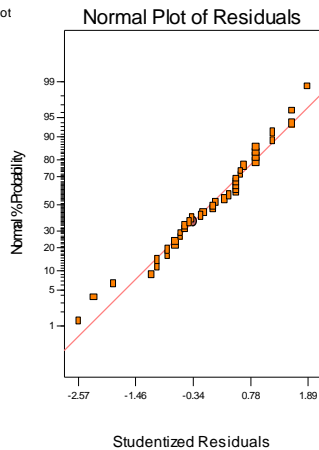
$$Z = A + B + C + AB$$

De faktorer samt samspel som ingår i modellen har tillsammans en medelkvadratsumma på 12,46 medan hela datamaterialet har en kvadratsumma på 34,80. Det medför att de till modellen valda faktorer samt samspel står för 36 % av den totala kvadratsumman. Att faktorerna samt samspelen bara står för 36 % av kvadratsumman innebär att någon eller några andra faktorer som inte tagits med i försöket till stor del påverkar längden på Z -vecket. Genom analys av vikresultat samt genom det faktum att en justering av slaglängden ger resultat på Z -vecket anses detta låga värde på kvadratsumman till stor del bero på att faktorn slaglängd användes som blockfaktor och dess effekt således inte kunnat tas med i modellen.

Residualanalys

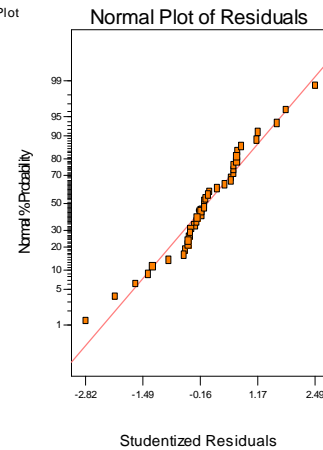
Ur normalfördelningsplotten över residualerna för responsen Plus 1, se figur 26, kan uttydas att materialet tyder på normalfördelning. Eventuellt kan en liten antydning till kurvatur finnas då några residualer avviker från en "rak linje". Normalfördelningsplotten över residualerna för responsen Z , se figur 27, visar även den att residualerna följer en relativt rak linje men med en viss tendens till kurvatur. Dock består endast residualerna av 40 observationer, vilket kan medföra tendens till avvikande från en rak linje även om residualerna är normalfördelade. Enligt Montgomery (2001) är det dock mer essentiellt att residualerna är centrerade samt att inte allt för stor andel ligger i svansarna än att en antydning till skevhet finns.

DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1



Figur 26 Normalfördelningsplot respons Plus 1

DESIGN-EXPERT Plot
Z



Figur 27 Normalfördelningsplot respons Z

Antagandet om normalfördelade residualer anses således uppfyllt för båda responserna.

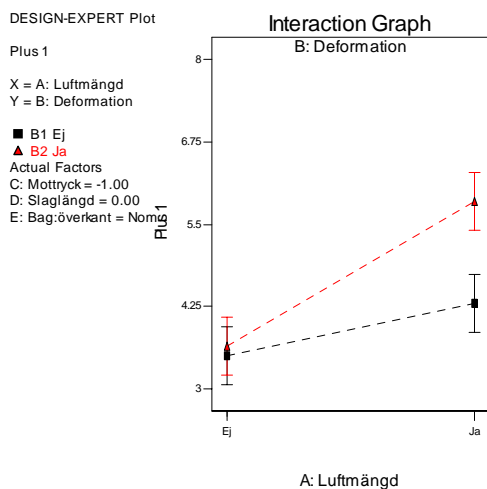
Utförligare analys av residualerna för respektive respons återfinns i bilaga 7. Denna innefattar analys av residualer mot predikterade värden, residualer mot försöksordning samt studeras Cook's distance och Outlier T.

För att se spridningens utfall beroende på en faktors höga respektive låga nivå plottas även residualerna för båda responserna mot respektive faktor. Ur dessa plotter, se bilaga 7, kan, för både responsen Plus 1 samt Z, en större spridning uttydas när residualerna plottas mot Luft, då Luft är på hög nivå samt när residualerna plottas mot Deformation när Deformation är på hög nivå.

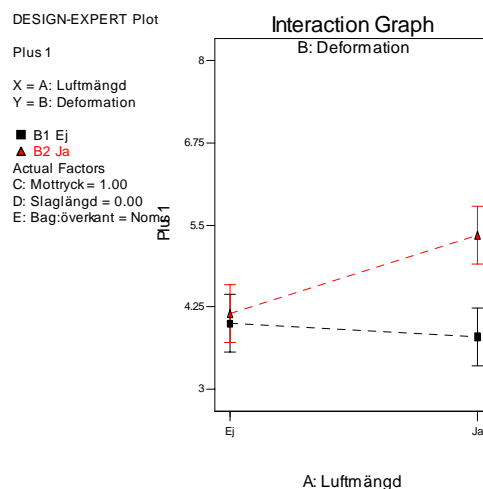
Tolkning av effekter samt samspel

Respons Plus 1

De faktorer samt samspel som visats påverka längden på Plus 1-vecket är Luft, Deformation, Bag överkant samt samspelet mellan Luft och Deformation, Luft och Mottryck samt Luft och Bag överkant. Då samtliga faktorer som visats påverka längden på Plus 1-vecket ingår i samspel, kan de inte tolkas separat. Genom att variera de faktorer som ingår i modellen, på sina olika nivåer, kan effekten av olika inställningar på Plus 1-veckets längd erhållas. I figur 28 redovisas effekten av att variera nivåerna för Luft samt Deformation, med ett lågt Mottryck samt nominell Bag överkant. I figur 29 visas effekten av att variera nivåerna för Luft samt Deformation med nominell Bag överkant men med ett istället högt Mottryck.



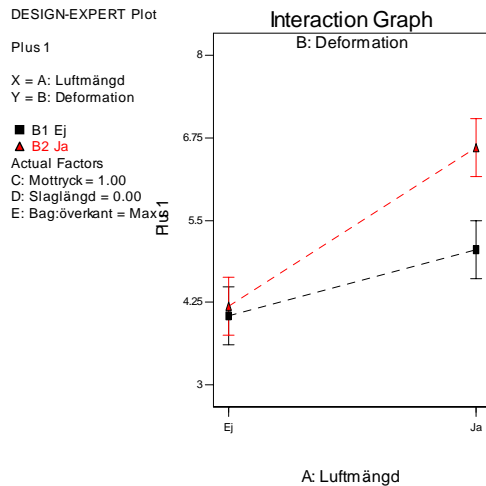
Figur 28 Luft - Deformation med lågt Mottryck



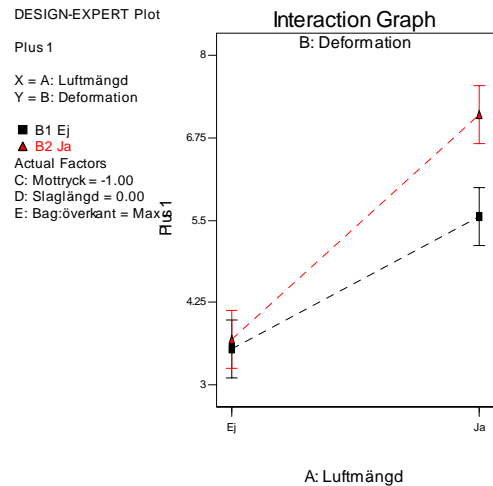
Figur 29 Luft - Deformation med högt Mottryck

Med förutsättningarna i figur 28 kan avläsas att deformation på låg nivå ger det mest fördelaktiga resultatet på längden av Plus 1-vecket. Med deformation på låg nivå hamnar längden på Plus 1-vecket inom toleranserna, $4 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$, oberoende luft i bagen. Även då mottrycket är på låg nivå, se figur 29, ger deformation på låg nivå ett mer fördelaktigt resultat på Plus 1-veckets längd.

Ur figur 30-31 visas återigen samspelet mellan Luft och Deformation med skillnader mellan högt samt lågt Mottryck, men med ett maximalt mått på Bagens överkant. Ur figur 30, där mottrycket är högt, kan utläsas att även för en bag med maximal överkant är deformationen det som främst medför att längden på Plus 1-vecket ej håller sig inom toleranserna.



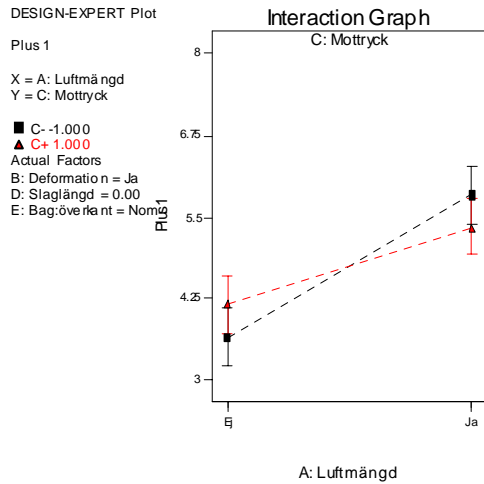
Figur 30 Luft - Deformation med högt Mottryck



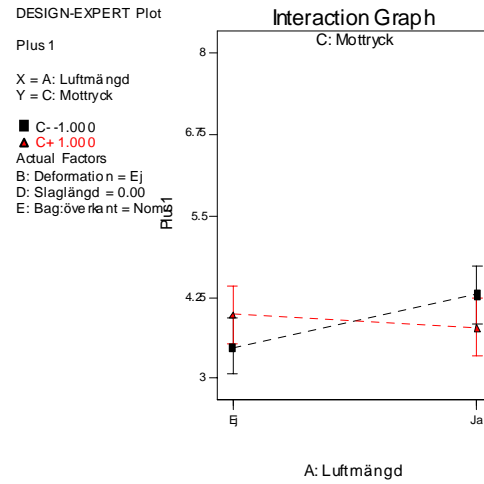
Figur 31 Luft - Deformation med lågt Mottryck

Ur figur 31, Mottryck på låg nivå, utläses att då både Luft samt Deformation är på sina respektive höga nivåer ges ett mått på Plus 1-vecket mellan 5,35 cm och 7,1 cm, vilket båda ligger utanför toleranserna. Således kan tolkas att ett högre mottryck är mer fördelaktigt mot samspelet mellan Luft och Deformation, oberoende nivå på Bag överkant.

I figur 32-33 visas samspelet mellan Luft och Mottryck, med nominellt mått på Bag överkant samt med Deformation på hög respektive låg nivå.



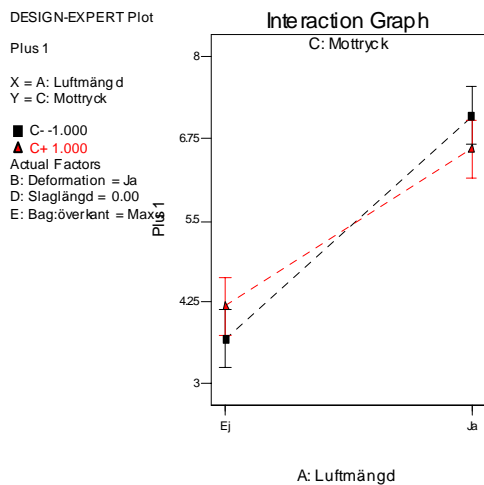
Figur 32 Luft – Mottryck med Deformation



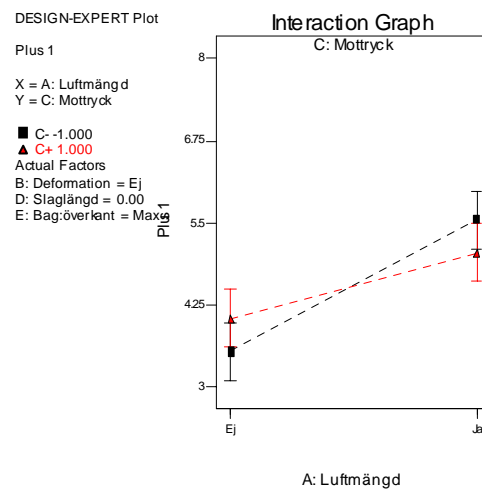
Figur 33 Luft – Mottryck utan Deformation

Ur figur 32, där Deformation är på hög nivå, kan tolkas att med Luft på låg nivå ger godkänd längd på Plus 1-vecket, oberoende nivå på Mottryck. Ur figur 33, med Deformation på låg nivå, faller Plus 1-veckets längd inom toleranserna, oberoende av både nivå på Mottryck samt Luft i bag.

I figur 34-35 visas samspelet mellan Luft och Mottryck, med maximalt mått på Bag överkant, med Deformation på hög respektive låg nivå.



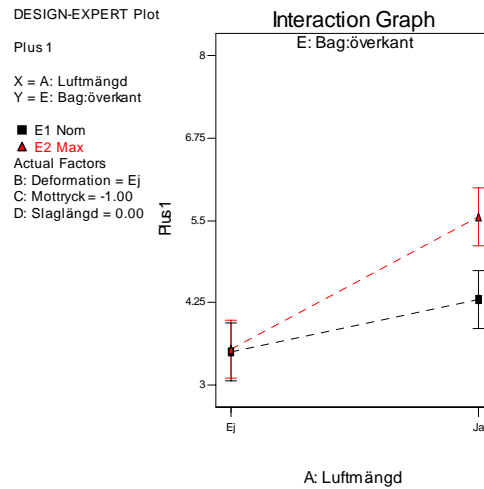
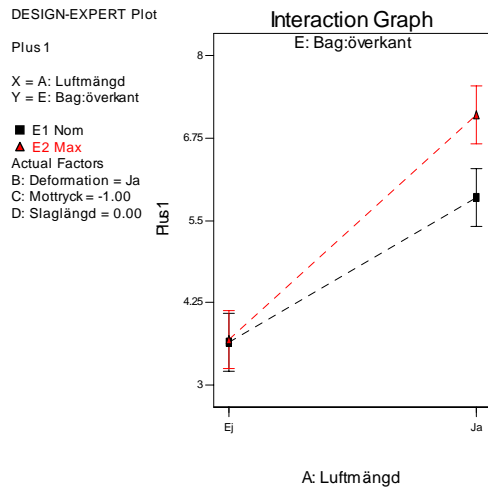
Figur 34 Luft – Mottryck med Deformation



Figur 35 Luft – Mottryck utan Deformation

Ur figur 34, där Deformation är på hög nivå, kan tolkas att tillsammans med Luft på låg nivå, ger det en godkänd längd på Plus 1-vecket, oberoende nivå på Mottryck. Även i figur 35, där Deformation är på sin låga nivå faller Plus 1-veckets längd inom toleranserna, oberoende av både nivå på Mottryck samt Luft i bag.

Det som utmärker figurerna 32-35 är att effekter av samspelet mellan Luftmängd och Mottryck korsar varandra och har därmed ett negativt samband. Det betyder att Luft i detta fall kan ses som en störfaktor, i den bemärkelsen att Luft ej är något som eftersträvas. Mottrycket i sin tur är en konstruktionsparameter, en faktor som alltid kommer att finnas i processen. Således kan det negativa sambandet mellan Luft och Mottryck utnyttja kraften av konstruktionsparameterns effekt för att minska påverkan från den förstörande faktorn Luft. Om Luft ej kan elimineras bör mottrycket användas för att göra processen mer robust mot luft.

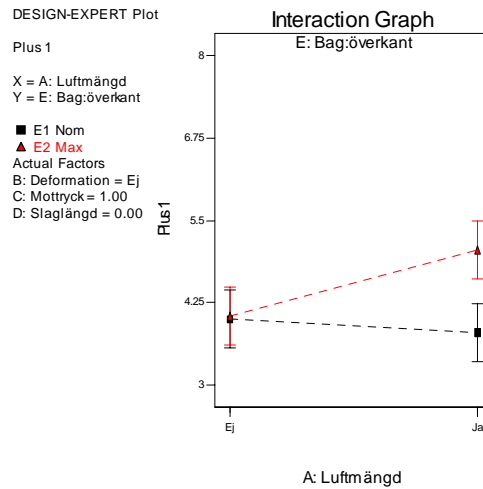
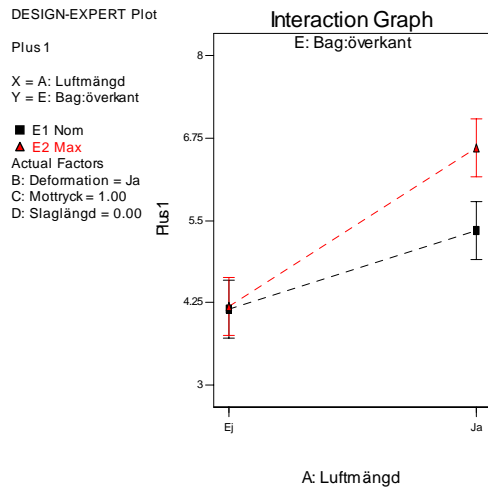


Figur 36 Luft – Bag överkant med Deformation

Figur 37 Luft – Bag överkant utan Deformation

I figur 36-37 visas samspelet mellan Luft och Bag överkant, med Mottryck på låg nivå, med Deformation på hög respektive låg nivå.

Ur figur 36, där Deformation är på hög nivå, kan tolkas att tillsammans med Luft på låg nivå, ger det en godkänd längd på Plus 1-vecket, oberoende nivå på Bag överkant. I figur 37, där Deformation är på sin låga nivå, kan uttydas att Plus 1-veckets längd faller inom toleranserna, oberoende nivå på Luft då Bag överkant är nominell.



Figur 38 Luft – Bag överkant med Deformation

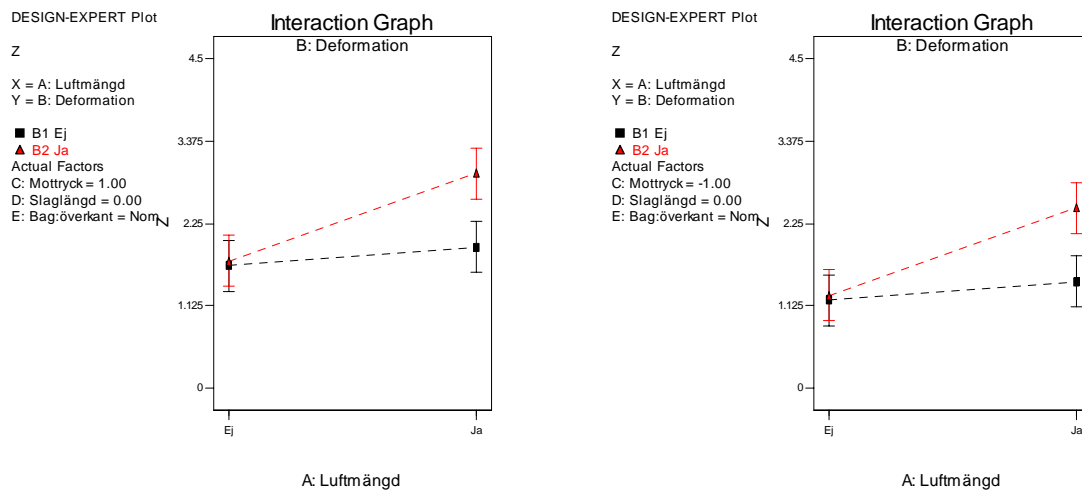
Figur 39 Luft – Bag överkant utan Deformation

I figur 38-39 visas samspelet mellan Luftmängd och Bag överkant, med Mottryck på hög nivå, med Deformation på hög respektive låg nivå.

Ur figur 38, där Deformation är på hög nivå, kan tolkas att tillsammans med Luft på låg nivå, ger det en godkänd längd på Plus 1-vecket, oberoende nivå på Bag överkant. I figur 39, där Deformation är på sin låga nivå, kan uttydas att Plus 1-veckets längd faller inom toleranserna, oberoende nivå på Luft om Bag överkant är nominell.

Respons Z

De faktorer samt samspel som visats påverka längden på Z-vecket är Luft, Deformation, Mottryck samt samspelet mellan Luft och Deformation. Målvärdet för Z-vecket är 1,9 cm med en tolerans på $\pm 0,5$ cm. I figur 40 respektive 41 visas samspelet mellan Luft och Deformation, med nominell Bag överkant, där Mottryck varieras mellan hög respektive låg nivå.



Figur 40 Luft – Deformation med högt Mottryck

Figur 41 Luft – Deformation med lågt Mottryck

Ur figur 40, med Mottryck på hög nivå, kan tolkas att en hög nivå på Deformation tillsammans med en hög nivå på Luft leder till att längden på Z-vecket faller utanför toleranserna. Ur figur 41, där mottrycket istället är på låg nivå, faller längden på Z-vecket utanför toleranserna oberoende nivå på Luft. Dock kan en hög nivå på Deformation leda till godkänd bag.

Responserna Plus 1 samt Z

För att en bag skall vara godkänd krävs att både längden på Plus 1-vecket samt längden på Z-vecket ligger inom sina toleranser. Det mest fördelaktiga är dock att nå målvärdet för respektive respons, detta enligt Taguchis filosofi om robust konstruktion. För att nå målvärdena, och således erhålla en godkänd bag, krävs att inställningarna av faktorerna som enskilt påverkar en av responserna, även passar den andra responserna.

Ur tolkningarna som gjorts av de plottade samspelet har det visat sig att Luft på hög nivå tillsammans med Deformation på hög nivå lett till att båda responserna faller utanför sina respektive toleranser. En eliminering av både luft samt deformation skulle således kunna anses vara det mest fördelaktiga för båda responserna. Dock visade det sig att Z-vecket då skulle falla utanför sin undre tolerans. Detta skulle i sin tur dock kunna motverkas genom att sätta Mottrycket på en hög nivå.

Vidare har det visat sig att då endast en av faktorerna Luft respektive Deformation är på sin låga nivå faller responserna oftare inom sina toleranser. Skulle Deformationen kunna hållas på sin låga nivå, med Mottryck på hög nivå, skulle också processen bli betydligt mer robust mot eventuell Luft i bagen. Då det framkommit att Plus 1-vecket är något mer känsligt för luft i

bagen än Z-vecket, men att de båda är känsliga för Deformation på hög nivå, anses det mer essentiellt att eliminera faktorn Deformation. Detta då ett högt Mottryck anses kunna reducera Luftens inverkan på längden av Plus 1-vecket. Dessa inställningar skulle även vara robusta mot variationer i nivån på Bag överkant.

Responserna Längd på veck

Då det i analys av längd på veck framkom att variationer i längden på respektive veck kunde uttydas samt att områdena väv överkant och väv underkant styr vikningen, ansåg författarna det vara intressant att se huruvida valda faktorer påverkade längden på veck. På dessa grunder togs längd av veck med som respons. Mätning av veck utfördes på samma sätt som i materialanalysen.

Resultatet av längd på veck visade att de vävda områdena, även efter varierade inställningar, styr vikningen och att maskinen således viker vid sidan av dessa områden. Detta tyder på att de inställningar som använts i försöket inte kan styra över utfallet av längden på vecken. Dock visade det sig att på de bagar med antingen Luft på hög nivå, Deformation på hög nivå eller kombinationen dem emellan, var vecken mer otydliga eller hade inte alls bildats. Detta påverkade responserna Plus 1 samt Z negativt.

Faktorn Slaglängd blockerades i analysen för responserna Plus 1 samt Z, vilket medförde att Slaglängdens inverkan på dessa responser inte kunde uttydas. Därför ansåg författarna det intressant att studera utfallet av Slaglängden för responserna Längd på veck, och på så sätt eventuellt kunna uttyda dess inverkan.

Det visade sig att en hög nivå på Slaglängden tillsammans med en låg nivå på Mottrycket gav längre veck, varpå veck 23 saknades på de flesta bagar med dessa inställningar. De bagar som istället haft hög Slaglängd tillsammans med högt Mottryck, gav samtliga 23 veck. Vidare visade det sig att de bagar som haft låg Slaglängd samt högt Mottryck istället genererade ett extra veck men att de bagar med låg Slaglängd samt lågt Mottryck återigen gav 23 veck. Detta kan tolkas som att Slaglängd och Mottryck kompenserar varandra.

7.5 Sammanfattning

7.5.1 Bedömning

När IC-bagen till Bil 123 utvecklades, fastställdes dess nominella mått samt toleranser genom fullskaletester respektive statisk provning. En uppdatering av bagens mått samt dess toleranser skulle kräva ett flertal nya fullskaletest respektive statistiska provningar. På grund av de stora kostnaderna dessa test skulle medföra skulle en uppdatering ej bli ekonomiskt hållbart då Bil 123 är en relativt gammal modell på bilmaknaden. På dessa grunder kommer ingen ytterliggare utredning av bagens nominella mått samt toleranser att ske. I fortsatt arbete kommer således nuvarande mått samt toleranser att användas.

Undersökningen av hur operatörerna bedömer bagarna visade att skillnader i bedömning förekommer. Utförandet av bedömningen visade sig påverkas av faktorer såsom produktionshastighet samt operatörens erfarenhet och kunskap. Det framkom även att fixturen som finns att tillgå vid bedömning av bag ej används av alla operatörer, detta på grund av dess otydlighet samt tiden som krävs för att bedöma bagen i fixturen.

Arbetsinstruktionen för bedömning av bag är skriven utifrån att bedömning sker genom en applicering av fixturen. För att kunna bedöma bagen korrekt och samtidigt hålla hög produktionstakt skulle en metod för att bedöma bagen utan fixtur behövas. Vidare skulle operatören behöva få kunskap om effekterna av felen de bedömer för.

7.5.2 Materialanalys

Materialanalysen identifierade att en skillnad finns i skärmåttet på bagens överkant mellan de bagar som godkänts samt de som icke godkänts. Det framkom även att gemensamt för majoriteten av de bagar som kasserats var att de hade någon form av deformation där asymmetri i vävningen var mest påfallande.

7.5.3 Analys av veck

Analys av vecken visade att veckens längd varierar mellan de 23 vecken men även mellan de fem mätpunkterna som användes. Det visades att veckens variation kunde härledas till sammanvävningarna i bagen. Speciellt kunde de sammanvävningar som i materialanalysen benämnts som väv överkant samt väv underkant uttydas ha påverkan på utfallet av vikningen.

7.5.4 Maskinanalys

För att undersöka vilken effekt de faktorer som identifierats som orsaker till uppkomsten av felen Z, Plus 1 samt Korv, genomfördes ett reducerat faktorförsök med en försöksplan enligt, 2^{5-1} . Två kontinuerliga responser på respektive bag dokumenterades, längd på Z-veck samt längd på Plus 1-veck. Vidare studerades en tredje respons i form av Längd på veck.

Försöket resulterade i att Luft tillsammans med Deformation påvisades som en stor variationsorsak, men även att mottrycket samt bagens överkant påverkar. På grund av problem med försöksordningen blockades faktorn slaglängd. Dock förklarade modellen endast 36 % av variationen för Z-responsen, detta anser författarna vara en följd av slaglängdens blockning. Att Plus 1-vecket inte antas få samma påverkan av slaglängden kan vara en följd av att den luft som finns i bagen ansamlas i Plus 1-vecket vid vikningen och ger större effekt.

Responserna Längd på veck visade att vävda områden, i form av väv överkant samt väv underkant, styr vikningen oberoende av inställningar på valda faktorer. Vidare framkom att faktorerna Mottryck samt Slaglängd kompenserar varandra vilket anses rimligt då ett högre mottryck rimligen fixerar bagen bättre under viking vilket medför att gjorda veck inte glider, och således förändras. Utfallet av längden på veck måste inte vara konstant för att bagen ska bli godkänd. Dock har det visat sig att områdena, som definieras som väv överkant samt väv underkant, styr så pass mycket över bagens beteende i maskin, att om de i sin tur skulle kunna styras skulle det kunna medföra en ökad kontroll över vikprocessen.

Resultatet av försöket och således val av faktorer styrks med att vid okulärbesiktning av bagarna, på vilka längd på Plus 1-veck, längd på Z-veck samt Längd på veck mättes, ansågs dessa tillsammans väl representera feltyperna Z, Plus 1 samt Korv. Denna slutsats kunde dras då författarna ansåg sig erhållit god kunskap om feltyperna vid arbete i processen, datainsamling samt diskussion med operatörer. Att resultatet av försöket ansågs kunna representera processens utfall kan dessa även ses som ett mått på processens predikterbarhet.

För att eliminera luften i bagen gjordes hål i bagens nedre kant. Storleken på hålen testades i samråd med reparatör innan försöket inleddes, varpå risken att luft blev kvar i bagen under vikingen anses minimal. För att minimera risken för variationer i injicering av luft utfördes detta moment av samma person. Dock kan en liten mängd luft ha funnits i bagen innan luft injicerades men den mängden anses som mycket liten i förhållande till mängden som injicerades. Ett alternativt sätt för eliminering av luft hade kunnat vara att använda det verktyg operatörer använder för att pressa ur eventuell luft ur bag. Dock har denna metod ej kunnat säkerställas vara fullgod för eliminering av luft, varpå författarna ansåg att i försöket eliminera luft med avsett verktyg istället skulle ha kunnat störa försöket. Detta då syftet med att ta med luft som en faktor var att verkligen kunna påvisa huruvida luft i bagen påverkade utfallet.

Då deformerade bagar ej fanns att tillgå vid tiden för försöket samt ej heller kunde modifieras fram användes istället bagar som tidigare kasserats. Detta anses dock ej påverka utfallet då bagen, enligt produktionstekniker Henrik Johansson samt reparatör Daniel Lundin, ej påverkas av att den varit vikt en gång tidigare. De bagar som valdes ut som deformerade bagar till försöket studerades noggrant av författarna, varpå risken för att variation av mängd samt placering av deformation skall ha påverkat utfallet negativt, anses mycket liten.

Valet av att göra om responserna godkänd/icke godkänd till kontinuerliga responser i form av Längd på Plus 1-veck samt Längd på Z-veck anses ej ha påverkat utfallet då dessa togs fram i samråd med produktutvecklare.

8 Improve

I detta avsnitt tas de förbättringsförslag fram som examensarbetet har genererat. Vidare beskrivs och motiveras respektive förbättringsförslag.

8.1 Krok

I definefasen framkom att feltypen Krok stod för ca 14 % av totala antalet fel. Felet förekom dels genom att kroken fastnar i maskinen under vikningen, dels genom att kroken fastnar i utmatningsmomentet på grund av att den ej fästs ordentligt i skenan.

Orsaker till varför kroken fastnar i maskinen framkom i measurefasen till att vara:

- Operatören har ej uppsyn över processen
- Produktionshastigheten
- Operatören måste sköta fler stationer samtidigt
- Oerfarna operatörer placeras ofta vid vikstationen

För att åtgärda dessa orsaker och således undvika att kroken fastnar i maskinen under vikningsmomentet anser författarna att instruktionen för upplärning av nya medarbetare bör ses över. Det är viktigt att då oerfarna operatörer placeras vid vikstationen måste mer hjälp från övriga operatörer erhållas. Alternativet är att ej placera operatörer med begränsad erfarenhet vid vikstationen eller att stå två personer, med ansvar för varsin maskin. En erfaren operatör kan således sköta mer än en station men ändå finnas till hands för den mer oerfarne. Kommunikationen på linjen skulle således också öka.

En alternativ åtgärd för att lösa problemet med att kroken fastnar i maskin under vikning är att fixera kroken innan vikningen påbörjas. Detta skulle medföra att operatören inte skulle behöva ha lika stor uppsyn över vikningen. På andra IC-linjer används i dagsläget en fixering av kroken genom att skenor monterats i hörnet av vikmaskinen, se figur 42. När bagen placeras i vikmaskinen fästes seglet under skenorna innan vikningen startas vilket leder till att kroken inte fastnar i vikmaskinen under vikningsmomentet.



Figur 42 Skenor under vilka kroken fixeras

Den andra formen av felet Krok, som uppkom på grund av att kroken ej fästs ordentligt i skenan när bagen ska matas ut, kunde genom intervjuer av operatörer härledas till att längden på seglet var för långt i förhållande till skenan. Kroken kan då ej spännas fast ordentligt varpå bagen ej följer med skenan in i omsvepet.

För att åtgärda detta problem rekommenderar författarna en form av förlängning av skenan. Kravet på en förlängning är att dess placering ej får påverka momentet då bagen ska föras in i

omsvepet samt att det inte innebär ett alltför tidskrävande moment. Det ska lätt kunna justeras av operatör. En förlängning av skenan skulle innebära att vid de tillfällen då seglet är för långt i förhållande till skenan, kan kroken ändå fästas, med hjälp av förlängningen. När utmatning av bag startas sträcks bagen således upp och följer med in i omsvepet.

Att införa en sådan åtgärd skulle ej påverka produktionstakten då momentet att fästa kroken på skenan alltid ingår. Den enda skillnaden från tidigare moment är att kroken fästes kring en, från skenan utskjutande del, istället för direkt på skenan. Den utskjutande delen skulle fördelaktigen kunna vara i form av att skenans ände görs inställningsbar. Det vill säga den går att förlänga om seglet inte kunnat sträckas ordentligt.

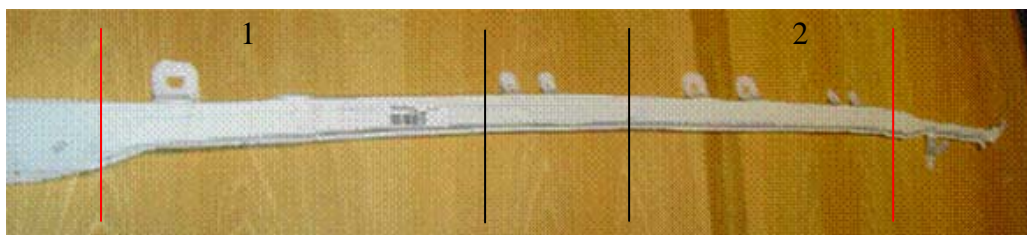
8.2 Bedömning av bagar

Vid bedömning av bag i omsvep finns i dagsläget endast en instruktion tillsammans med en fixtur att tillgå. Tanken med fixturen var ursprungligen att den skulle fungera som ett komplement vid osäkerhet i bedömningar. Författarna anser därför att en alternativ bedömningsmetod bör tas fram. Det primära med metoden är att den ska vara robust mot tveksamheter i bedömning. Vidare krävs att metoden ska kunna appliceras oberoende produktionstakt. Den får alltså inte vara i sådan omfattning att den på något sätt fördröjer produktionen. Metoden ska även kunna appliceras av operatörer som saknar erfarenhet av arbete på den aktuella linjen. Metoden ska således vara robust mot feltolkningar.

En fundering som författarna hade var om det eventuellt fanns områden på bagen som ej är lika kritiska för bagens prestanda som andra. För att erhålla kunskap för att kunna ta fram en modell för ett alternativt sätt att bedöma bagen på kontaktade författarna produktutvecklare Fredrik Kjell. Detta då det är han som satt toleranserna för bagen och på så sätt ansågs ha god kunskap om vad som är essentiellt vid en bedömning.

Förslag på bedömningsmetod är framtagen utifrån erhållen information från produktutvecklare. Förslag på bedömningsmetod presenteras nedan.

1. Dela upp bagen i zoner, se figur 43.



Figur 43 Bag uppdelad i zoner

2. Zon 1: Kontrollera inledningsvis att hela Plus 1-vecket ligger åt rätt håll. Studera sedan området som ska monteras vid B-stolpen i bil, det vill säga området vid de stora öronen. I detta område får Plus 1-vecket ej understiga 75 % av bagens bredd. Maxlängd finns ej så länge vecket inte är vikt dubbelt. Övriga delar av Plus 1-vecket får understiga 75 %.
3. Zon 2: Kontrollera inledningsvis området som ska monteras vid C-stolpen i bil. Z-vecket måste vara på rätt sida samt att det ej understiger 75 % av bagens höjd. Maxlängd finns ej så länge vecket inte är vikt dubbelt.

4. Om bagen har ett vridet utseende är det okej om det, ur monteringsynpunkt, är inåt bilen. Om bagen är vriden utåt måste bagen kasseras.
5. (Då höjden visat sig vara ett så pass ovanligt fel, anses det, vid behov, kunna bedömas med hjälp av fixturen. Således skulle fixturen fungera som ett komplement till denna bedömningsmall.)

Implementering

För att denna bedömningsmetod ska fungera krävs det att operatörerna får kunskap om varför dessa mått är uppsatta samt effekten av felen om dessa mått ej uppfylles. Det är dock ej hållbart att utbilda alla som arbetar på linjen då många operatörer hyrs in för kortare perioder. För att hantera detta rekommenderar författarna följande implementeringsförfarande:

1. I varje skiftlag bör det finnas en person som fungerar som bedömningsreferens. En bedömningsreferens skall ha mer kunskap om bedömningen samt dess effekt på bagens prestanda och skall alltid kunna rådfrågas vid tveksamheter i bedömning.
2. För att få bredare kunskap om bedömning av bag samt dess effekter bör de personer som fungerar som bedömningsreferenser utbildas med kunskap från produktutvecklare. Då eventuella nya fel uppkommer bör bedömningen av dessa utredas samt införas på linjen. Den person som fungerar som bedömningsreferens skall då ansvara för att det genomförs. De som fungerar som bedömningsreferenser skall alltid veta vem de ska vända sig till om de ej kan lösa problemet eller om en uppdatering av bedömningen behövs.
3. De bagar där tveksamhet råder, kan fördelaktigen sparas till skiftbytet. Dessa bagar kan sedan bedömas i samråd med referensperson på nästkommande skift. Om tveksamheter ändå råder kontakta produktutvecklare enligt punkt två.

Den person som utses till bedömningsreferens ska få erhålla så pass mycket kunskap att denne ej behöver känna sig osäker vid en bedömning eller på något sätt ensam kunna utpekas som ansvarig vid en eventuell felbedömning. Tanken är att genom att använda en bedömningsreferens kan kunskap kring bedömning av bag spridas bland operatörerna på ett strukturerat sätt, samtidigt som en bedömningsreferens blir som ett stöd för personal, som inhyrts för en kortare tid, och då kan känna sig mer osäker på en bedömning. Denna implementeringsmetod skapar således även kommunikation mellan skiften, varpå fördelning av operatörer ej får lika stor inverkan.

8.3 Plus 1, Z samt Korv

I definefasen framkom att felen Plus 1, Korv samt Z tillsammans stod för drygt 77 % av den totala andelen fel. Resultatet av workshopen genererade att författarna, för att behandla ovanstående tre fel, valde att göra följande undersökningar.

- Materialanalys
- Analys av veck på bag
- Maskinanalys

Resultatet från försöket visade att Luft i bag tillsammans med Deformation alltid leder till ej godkända bagar, då båda responserna faller utanför sina respektive toleranser. Vidare framkom att då endast en av faktorerna Luft respektive Deformation förekom, höll sig respektive respons inom sina toleranser. Ur analyserna har även kunnat uttydas att med Deformation på sin låga nivå, tillsammans med Mottryck på hög nivå, skulle processen bli betydligt mer robust mot eventuell luft i bagen. Dessa inställningar skulle även vara robusta mot variationer i nivå på Bag överkant.

Responserna Längd av veck påvisade att områden på bagen, i form av väv överkant samt väv underkant, i stor utsträckning styrde utfallet av vikningen, oberoende om responserna Plus 1 samt Z höll sig inom sina respektive toleranser.

Förbättringsförslag grundar sig på resultatet av de olika genomförda analyserna och presenteras nedan:

1. Inledningsvis bör AIL upplysas om den negativa effekten av deformerade bagar, i form av asymmetri i vävningen. Tillsammans med AIL bör sedan en specifikation för vad som anses ej är ett godkänt utseende på bagen tas fram. Eftersom ingen kontroll av inkommande bagar finns bör denna specifikation finnas tillgänglig för operatörerna på linjen. Operatörerna ska därigenom kunna exkludera bagar eller hela kartonger från produktionen.
2. Deformation i bag förekom utöver asymmetri i vävning i form av veck som uppkommit som följd av paketering. I packinstruktionen, se bilaga 1, framgår att fyra rör placeras i varje kartong, om 40 bagar, för att bagarna ska bevara en platt form under transport. När kartongerna placeras vid linjen tas dessa rör ur kartongerna varpå kartongerna utan lock placeras på varandra. Vid intervju med operatör framkom att då inkommande kartonger placeras på linjen ställs de inte underst utan staplas på de kartonger som redan finns staplade. Detta leder till att kartonger med bagar kan stå staplade på varandra under en längre tid vilket medför att veck kan bildas på bagarna. För att undvika detta anser författarna att metoden för placering av inkommande bagar bör ses över.
3. Det verktyg som finns för att eliminera luft i bagen ska användas enligt instruktionen, se bilaga 2. Operatören måste även få kunskap samt förståelse om varför en viss ordning av utpressning av luft är viktig samt vilken effekt kvarvarande luft i bag kan ge. Den bild i arbetsinstruktionen som beskriver moment av utpressning av luft bör uppdateras då den i dagsläget är tämligen svårtolkad.

4. När det kan säkerställas att deformerade bagar ej används i produktion samt luft i bagarna elimineras på ett korrekt sätt rekommenderar författarna att vikmaskinerna optimeras. Innan en optimering kan införas bör slaglängden kontrolleras. Dels genom märkning av skruvarna som används för att justera slaglängden dels genom att inställningen av slaglängden kalibreras. Då det framkommit i maskinanalysen att vissa inställningar på mottrycket är mer robust mot luft samt, i analys av Längd på veck, att det finns ett samband mellan mottryck och slaglängd rekommenderar författarna att dessa ställs in gemensamt, och således synkroniseras. Detta då ett högre mottryck också kan fixera bagen bättre under vikningen. Genom att införa dessa förändringar skulle vikmaskinen bli mer robust mot eventuell luft samt måttet på bagens överkant.

9 Slutsatser

I detta avsnitt presenteras de slutsatser examensarbetet genererat.

De faktorer som identifierats som orsaker till den stora mängd kassationer samt omarbete av IC-bagar till Bil 123 återfinns på flera ställen i produktionskedjan, från inmaterial till variationer i bedömningen av bagar som godkända eller icke godkända. En viktig slutsats är att vikprocessen är en känslig process vilket medför att medvetenhet hos dem som arbetar i processen är central för att övriga åtgärder ska få bästa möjliga effekt. För att reducera kassationer samt omarbete av IC-bagar till Bil 123 med 75 % och således uppnå syftet samt målet med arbetet rekommenderar författarna att:

- Införa en mall, utöver nuvarande fixtur, för bedömning av bagar
- Samtliga operatörer ska erhålla kunskap samt förståelse om uppkomsten av de fel som kan förekomma vid tillverkning av IC-bag till Bil 123
- Fixering av krok innan vikning påbörjas
- Utredda möjligheterna för att kroken ska kunna fästas i skenan före utmatning av bag
- Uppdatera/ta fram kravspecifikation på inkommande material, som anger att deformerade, asymmetriska bagar ej är godkända
- Säkerställa användningen av luftutpressningsverktyget
- Kalibrering av slaglängdsinställningen
- Optimering av slaglängd samt mottryck

10 Övergripande diskussion

I detta avsnitt presenteras en övergripande diskussion kring examensarbetets genomförande samt resultat.

10.1 Lärdomar under arbetets gång

Den inledande tiden för detta examensarbete kom arbetet till stor del att handla om att skapa kännedom om IC-bagen samt dess tillverkningsprocess. Det var nödvändigt för att författarna skulle kunna angripa problemet på ett strukturerat samt systematiskt sätt. Det har medfört att flertalet olika steg i processen undersökts vilket också speglar de slutsatser examensarbetet genererat i den form att det är många mindre variationskällor som leder till den totala mängden kassationer. Därför har det ur författarnas synvinkel varit nödvändigt att skapa kännedom om varierande områden. Författarna har därigenom insett vikten av god kommunikation mellan de olika stegen i tillverkningen. Kommunikationen är även viktig med leverantörer samt mellan olika funktioner i ett företag som berör den aktuella processen.

En annan viktig lärdom författarna erhållit, vilket förtydligats flera gånger under arbetets gång, var nödvändigheten av god dokumentation. Detta krävs för att en helhetsbild av ett så komplext problem, ska kunna ges samt för att, i många avseenden, undvika dubbelarbete.

Att alltid vara väl förberedd inför en undersökning eller analys har flera gånger under examensarbetet visats nödvändigt. Författarna har trots goda förberedelser fått det intygat att god planering är nödvändigt för att få ut maximalt med information av allt som genomförs.

10.2 Metodval

I metodkapitlet framgick att författarna ämnat genomföra examensarbetet med en fallstudie som undersökningsstrategi. Detta har medfört att ett fall av verkligheten fått ligga till grund för arbetet. Retrospektivt kan diskuteras huruvida valet att låta ett fall ligga till grund för arbetet kan ha påverkat resultatet. Då nivån över kassationer över en längre tid tycks variera kan inte uteslutas att faktorer som orsakar kassationer inte funnits under perioden för datainsamlingar samt försök. Dock har författarna genom att kartlägga potentiella variationsorsaker i olika steg lyckats studera faktorer som påverkar utfallet i processen negativt och således skapat en förståelse för vad olika typer av faktorer har för effekt på processen.

De metoder samt verktyg som använts under examensarbetet har i många fall utgått från den teori som finns angående Sex Sigma-metodiken. Fördelen som författarna ser är att metodiken kan anpassas efter problemet genom olika verktygsval.

Under arbetet har författarna bland annat valt att använda verktyg från de sju ledningsverktygen för att definiera problemet. Dessa har varit ändamålsenliga och genererat den information som söktes. Svårigheten med att använda denna typ av verktyg, trots enkelheten, har varit att författarna i många fall varit beroende av andra människor. För att verktygen ska ge den output som önskas har det varit essentiellt att de som bidrar till inputen ser innebörden samt har förståelse för användandet av verktygen. Detta har författarna hanterat genom att skapa god kommunikation med operatörer samt andra personer som berör processen.

Vidare har försöksplanering använts för att utreda huruvida identifierade faktorer påverkar utfallet av vikningen samt i vilken grad detta sker. Det har fungerat som ett kraftfullt verktyg och givit substans till teorier samt idéer författarna haft kring varför problemet med kassationer finns. Då det är nödvändigt att responserna, som används i denna typ av försök, verkligen speglar den process som ska utvärderas har valet av dessa noga beaktats samt kompletterats med annan information.

10.3 Kritisk distans

Flera potentiella orsaker till kassering och omarbete av bagar har under arbetets gång fått avgränsats bort som följer av tidsbegränsning, mätsvårigheter samt i andra fall för att en undersökning av en orsak i sig skulle kräva en egen utredning. Då faktorförsoket som genomfördes, för att se hur utvalda faktorer samt deras samspel påverkar vikprocessen, resulterade i att feltyperna som stod för 77 % av felen för var representerade anser sig författarna lyckats angripa problemet på ett fördelaktigt sätt. Dock finns en risk med att processens känslighet kan medföra att ytterligare kombinationer med de faktorer som visats som orsaker till variationen i processen kan medföra än fler variationsorsaker. Även att orsaker till det fel som stod för 14 % kunnat identifieras tyder på att angreppssättet av problemet varit i linje med syftet. Dock kommer det slutliga resultatet av examensarbetet inte kunna utvärderas fullständigt innan de åtgärdsförslag som givits implementeras.

10.4 Validitet och Reliabilitet

Examensarbetet inleddes med att avgöra huruvida definitionen av fel verkligen stämde, det vill säga att försäkra att validiteten i det som låg till grund för arbetet var god. Dock framkom att det inte gick att utreda som följd av ekonomiska begränsningar.

Nulägesbeskrivningen kan ses som det område där störst risk för brister i validitet samt reliabilitet kan ha förekommit. Detta då denna datainsamling var i form av en bedömning som utfördes av operatören. Dock introducerade författarna mätningen och dess syfte när samtliga operatörer var närvarande för att minimera risken för mätfel.

Att en workshop med ett tvärfunktionellt deltagande användes för att identifiera vilka faktorer som orsakar kassationer av bagar gjorde att problemet sattes i fler perspektiv. Det anses ha lett till att validiteten styrkts då en helhetsbild av problemet resulterade i vad som skulle undersökas och således mätas. Reliabiliteten genom arbetet har också kunnat styrkas av den kompetens som författarna kunnat tillgå inom olika områden på företaget och således underlättat vid val av metoder för att genomföra mätningar.

För att styrka validiteten samt reliabiliteten genom arbetet har de primärdata som insamlats och använts under arbetets gång alltid samlats in med noggrannhet samt med väl underbyggda val av mätmetoder. I de flesta fall har författarna själva utfört mätningarna och således själva kunnat välja metoder med hänsyn till reliabiliteten och validiteten. Vid de olika analyserna som gjorts av data har representativa mängder bagar använts, exempelvis i materialanalysen samt analys av längd på veck. När författarna själva samlat in data har det för att säkerställa reliabiliteten skett av samma person.

10.5 Förslag på fortsatt arbete

Under genomförandet av detta examensarbete har det uppkommit många intressanta uppslag samt idéer som berör kassationer av IC-bagar till Bil 123. Då tiden varit begränsad har författarna varit tvungna att göra vissa avgränsningar. Fortfarande finns ett antal områden som anses vara värdefulla och intressanta att arbeta med och utreda vidare.

Då examensarbetet inte innefattat controlfasen i DMAIC-cykeln där de förbättringsåtgärder som införts ska kontrolleras är första steget i det fortsatta arbetet att införa de rekommendationer improvefasen resulterat i. Vidare bör åtgärderna följas upp, vilket exempelvis kan ske genom en ny frekvenstablå likt den som användes i definefasen.

Då mängden silikon på bagen avgränsades bort, i materialanalysen, för vidare undersökning anser författarna att dess påverkan är av intresse i fortsatt arbete. Detta speciellt då luft i bagen under vikningen visats påverka utfallet. Luftgenomsläppligheten beror av mängden silikon som bagen bereds med. Det ger två intressanta frågeställningar för vidare arbete. Är luftgenomsläppligheten i bagen anpassad efter själva vikmetoden samt är mängden silikon anpassad därefter? Även alternativa sätt att få luften ur bagen innan vikning skulle kunna utredas ytterligare. Författarna har exempelvis inte undersökt möjligheten att göra små hål i bagarna som släpper ut luft under vikningen.

Se över möjligheten av en omjustering av placering av sammanvävningar i bagen, då dessa har kunnat påvisas styra vikningen.

Som framkom i materialanalysen kan veck bildas på bagarna när de paketeras i kartonger om 40 bagar hos leverantören eller när kartongerna utplaceras på produktionslinjen. Då dessa veck kan leda till att luft ansamlas inne i bagarna vore det intressant att utreda alternativa paketeringsmetoder. Exempelvis om det går att frakta bagarna i kartonger i bagens utplattade storlek.

I materialanalysen visade det sig även att det förekom bagar med konkavitet i överkant. Dessa avgränsades bort då de ej förekom i samma utsträckning som övrig deformation. Vidare undersökning skulle kunna genomföras för att se om dessa påverkas processens utfall negativt. Om så är fallet bör de läggas till i den specifikation som rekommenderades att ta fram i samråd med AIL.

11 Referenser

Böcker

Bell, J. (2000) *Introduktion till forskningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur.

Bergman, B & Klefsjö, B. (2001) *Kvalitet från behov till användning*. Tredje upplagan. Lund: Studentlitteratur

Bjereld, U., Demker, M. & Hinnfors, J. (1999) *Varför vetenskap?* Lund: Studentlitteratur

Bolstad, A. (1994) *Sju verktyg för kvalitetsförbättring*. Lund: Studentlitteratur.

Brassard, M & Ritter, D. (1994) *Minnestrimmaren II*. Första utgåvan. USA GOAL/QPC

Carlsson, B. (1991) *Kvalitativa forskningsmetoder för medicin och beteendevetenskap*. Första upplagan. Solna.

Dahmström, K. (1991) *Från datainsamling till rapport – att göra en statistisk undersökning*. Lund: Studentlitteratur.

Holme, I & Solvang, B. (1997) *Forskningsmetodik: om kvalitativa och kvantitativa metoder*. Lund: Studentlitteratur.

Ejvegård, R. (2003) *Vetenskaplig metod*. Tredje upplagan. Lund: Studentlitteratur.

Eriksson, L & Wiedersheim-Paul, F (1991) *Att utreda, forska och rapportera*. Upplaga 4:3 Malmö Liber-Hermods.

Foster, S. (2001). *Managing Quality*. Prentice Hall.

Hansson, M & Bódizs, R (1999) *Kvalitetsförbättring med försöksplanering*. Lund: Studentlitteratur.

Klefsjö, B., Eliasson, H., Kennerfalk, L., Lundbäck, A & Sandström, M. (1999) *De sju ledningsverktygen, För effektivare planering av förbättringsarbete*. Lund: Studentlitteratur.

Magnusson, K., Kroslid, D & Bergman, B. (2003) *Six Sigma The Pragmatic Approach*. Andra upplagan, Lund: Studentlitteratur.

Montgomery, D. (2001) *Introduction to Statistical quality control*. 5th edition. John Wiley & Sons, Inc.

Nilsson, K. (2003) *Autoliv 50 years of Automobile Occupant Safety*.

Nyberg, R. (2000) *Skriva vetenskapliga uppsatser och avhandlingar*. Lund: Studentlitteratur.

Paulsson, U. (1999). *Uppsatser och rapporter*. Lund: Studentlitteratur

Pyzdek, T. (2003) *The Six Sigma handbook*. New York: McGraw – Hill.

Reinecker, R & Jörgensen Stray, P. (2002) *Att skriva en bra uppsats*. Lund: Wallin & Dalholm Boktryckeri AB.

Yin, R. (1994). *Case study research: design and methods*. Andra upplagan. Thousand Oaks Californien.

Yin, R. (2003). *Case study research: design and methods*. Tredje upplagan. Thousand Oaks Californien

Artiklar

Klefsjö, B., Wiklund, H & Edgeman, R. (2001) Six Sigma seen as a methodology for total quality management. *Measuring Business Excellence* pp.31-35. MCB University Press, 1368 – 3047

Evans, R & Henderson, K. (2000) Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal* (Volume: 7 Number: 4) pp. 260 – 282. Emerald Group Publishing Limited

Caulcutt, R. (2001) Why is Six Sigma so successful? *Journal of Applied Statistics*.(Vol.28, nos 3&4) pp. 301-306

Knowles, G., Johnson, M.& Warwood, S. (2004) Medicated Sweet variability: a six sigma application at a UK food manufacturer. *The TQM Magazine*. (Vol 16, number 4) pp. 284 – 292.

Potcner, K & Kowalski, S. (2004) How To Analyze A Split-Plot Experiment. *ProQuest Sciences Journals*. (Vol 37, number 12).

Rydebrink, P. (1993) Verkttygslådan: En sammanställning av 21 verktyg för kvalitetsarbete. IVF-skrift. Publikationsnummer 93816.

Muntliga källor

Henrik Johansson (2005), Produktionstekniker ALS, Vårgårda

Fredrik Kjell (2005), Produktutvecklare ALS, Vårgårda

Daniel Lundin (2005), Underhållstekniker ALS, Vårgårda

Wenche Magnussen (2005), Logistiker ALS, Vårgårda

Henrik Öhrvall (2005), Produktutvecklare ALS, Vårgårda









Operatörer ALS (2005), Vårgårda

Elektroniska källor

Autoliv. (2004). This is Autoliv. Tillgänglig från URL: <http://www.autoliv.se> (2005-03-12)

Autoliv Årsredovisning. (2003). Tillgänglig från URL:
http://www.autoliv.se/Appl_ALV/alvweb.nsf/htmlpages/finance_annualreports# (2005-03-04)

Sveriges Lantbruksuniversitet. (2005) Datorlaboration 1. Tillgänglig från URL: <http://www-alnarp.stud.slu.se/~jee/Kemometri/lab1.pdf> (2005-04-23)

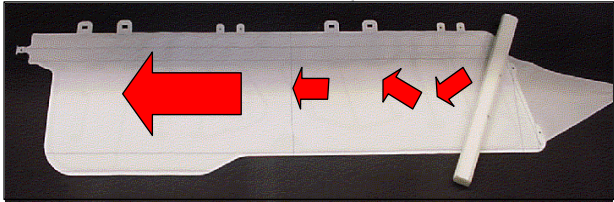
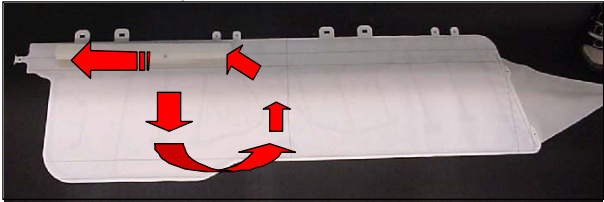
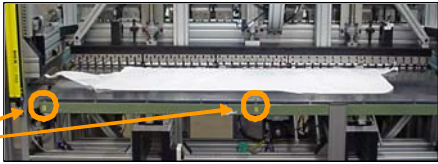
| PAGE 1 of 1 | | | STANDARD OPERATION | | UNIT 3 |
|--|---|--|--|--------|--------|
| LAST PROCESS | THIS PROCESS | NEXT PROCESS | BAG TYPE | P26 IC | |
| FINAL INSPECTION | PACK AND STRAP | DESPATCH | | | |
|  |  |  |  | | |
| 1. PUT A PIECE OF POLYTHENE LINER IN A BOX AND PLACE BOX ON A TROLLEY. | 2. WHEN THE 40 IC HAS BEEN PLACED INTO THE BOX. PUT 4 PAPER TUBES IN THE CONFIGURATION AS SHOWN TO SUPPORT THE ICs. | 3. FOLD THE 40 ICs OVER THE TUBE MAKING SURE THERE ARE NO CREASES BETWEEN THE IC LAYERS. | 4. FOLD THE POLYTHENE LINER OVER THE CURTAIN | | |
|  |  |  |  | | |
| 5. PUT A LID OVER THE BOX. | 6. PRINT A BOX LABEL AND PLACE IT CENTRAL TO THE LONG SIDE OF THE BOX. STRAP THE BOX. | 7. TRANSFER THE PALLET TO DESPATCH. | | | |


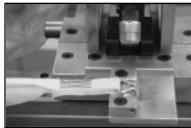
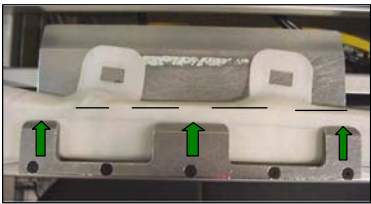
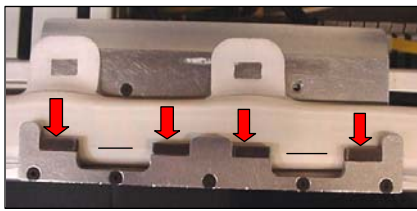

ARBETSINSTRUKTION - Så här gör vi !

AI-230-016, Bilaga 5:2, 2002-06-06

Pt./Q **: /

Lagledare: /

| Nr | Vad gör vi | Hur gör vi | Varför gör vi det | Q* |
|----|--------------------------|--|--|----|
| 1 | Förarbete | Bagarna lyfts ur lådan och läggs på bordet. Vid varje ny låda läses batchflaggan som medföljer in. | För att förbereda och säkra att rätt bag viks. | SC |
| | Pressa ut luft ur bag. | Ta en bag och placera den på vikbordet. Pressa ut luft vid behov. Se nedan. | Luften pressas ut för att underlätta i vikprocessen. | |
| 2 | | <p>Bild 1</p>  | <p>Bild 2</p>  | |
| 3 | Placera bag i vikmaskin. | <p>För in bagen öron mellan gripkäftarna tills bagen ligger längs med kanten. Kontrollera att bagen ligger efter bordets markering och mot gripkäftarna.</p>  <p>Touchknappar</p> | För att bagen ska vara rätt placerad. | |
| 4 | Starta vikprocess. | Gripkäftarna läses genom att trycka på touchknapp en gång. Slå ut seglet. Kontrollera bagen position en sista gång. Om den behöver justeras kan gripkäftarna öppnas och stängas med grön manöverknapp. Ser det korrekt ut startas vikningen med touchknappen ännu en gång. | För att bagen ska bli vikt korrekt. | SC |

| ARBETSINSTRUKTION - Så här gör vi ! | | Autoliv AUTOLIV SVERIGE AB | | |
|--|---|--|---|----|
| AI-230-016, Bilaga 5:2, 2002-06-06 | | Pt./Q **: / | | |
| | | Lagledare: / | | |
| Nr | Vad gör vi | Hur gör vi | Varför gör vi det | Q* |
| 1 | Montering och kontroll av omsvep. | Omsvep plockas från låda, vid ny låda läses batchen in. Kontrollera att sömmen och örönen är hela. Den främre delen hakas fast på krok med slitsarna mot dig. Den bakre delen träs över tratten och de båda hälen fästs på pinnen. | Så att bagen hamnar rätt i omsvepet.  | SC |
| 2 | Utmat av bag. | Placera bagens krok på u-skenans lodräta kant. Under tiden sträcks omsvepet ut, kontrollera att omsvepet ligger slätt. Inskjutning av bag startar när ljusriddån lämnats. När bagen förts in i omsvepet fästs kroken i griplådan och läses fast. Skenan dras ut när ljusriddån lämnats. | För att få in bagen i omsvepet.  | |
| 3 | Kontroll av bag  | Kontrollera att +1-vecket inte går innanför tänderna på bakre mätfixtur (måste vara över de gröna pilarna) men ej så långt att vecket hindrar örönen, samt att z-vecket inte går utanför tänderna på främre mätfixtur (se de röda pilarna). Z-vecket får inte heller gå över på baksidan av bagen. Bagen får ej vara för tjock, den måste kunna föras in i mätfixturen. (+1-vecket och z-vecket markerade med streckad linje). | För att bagen ska vara godkänd.  | CC |
| 4 | Utpetning av örön | Peta ut bagens åtta örön med hjälp av bagpet. Placera etiketten på bagen enligt utsatt märke. Färdig bag hängs på avsedd hållare. | För att underlätta montering på kommande stationer.  | CC |
| 5 | Kontroller att omsvepet är helt. | Kontrollera sömmen på omsvepet så att den är hel. | | SC |
| Genomgång av arbetsinstruktioner för ny personal eller ändrad/ny instruktion | | Lagledaren är ansvarig för att ny personal går igenom arbetsinstruktionerna på varje station samt gå igenom ändringar i instruktionerna med all personal. (Lagledaren är ytterst ansvarig att endast utbildad personal som finns på signeringslistan står på stationerna). | För att alla ska få samma utbildning på linjen. | |
| | | Lagledaren ser till att ny person går igenom arbetsinstruktionerna med någon ordinarie personal alternativt går igenom nya förändringar i instruktionerna. | För att alla som arbetar i produktion skall tagit del av informationen i instruktionerna eller ändringarna så att vi får en kvalitetssäker, effektiv och bra montering. | |
| | | Signeringslistan (nedan) skrivs på på varje station som gått igenom. | Listan är beviset för att vi har en styrd utbildning av instruktionerna och förändringarna i dessa. | |
| | | I samband med att en instruktion uppdateras börjar man om med en tom signeringslista. | I och med att instruktionen uppdateras börjar man om signeringen annars vet ej vilka som fått informationen. | |

Vikmaskin höger 1:a vikningen (ej omvikta)

Freddag v.11 Skift: B

Antal cykler:

Feltyper

Maskinjusteringar

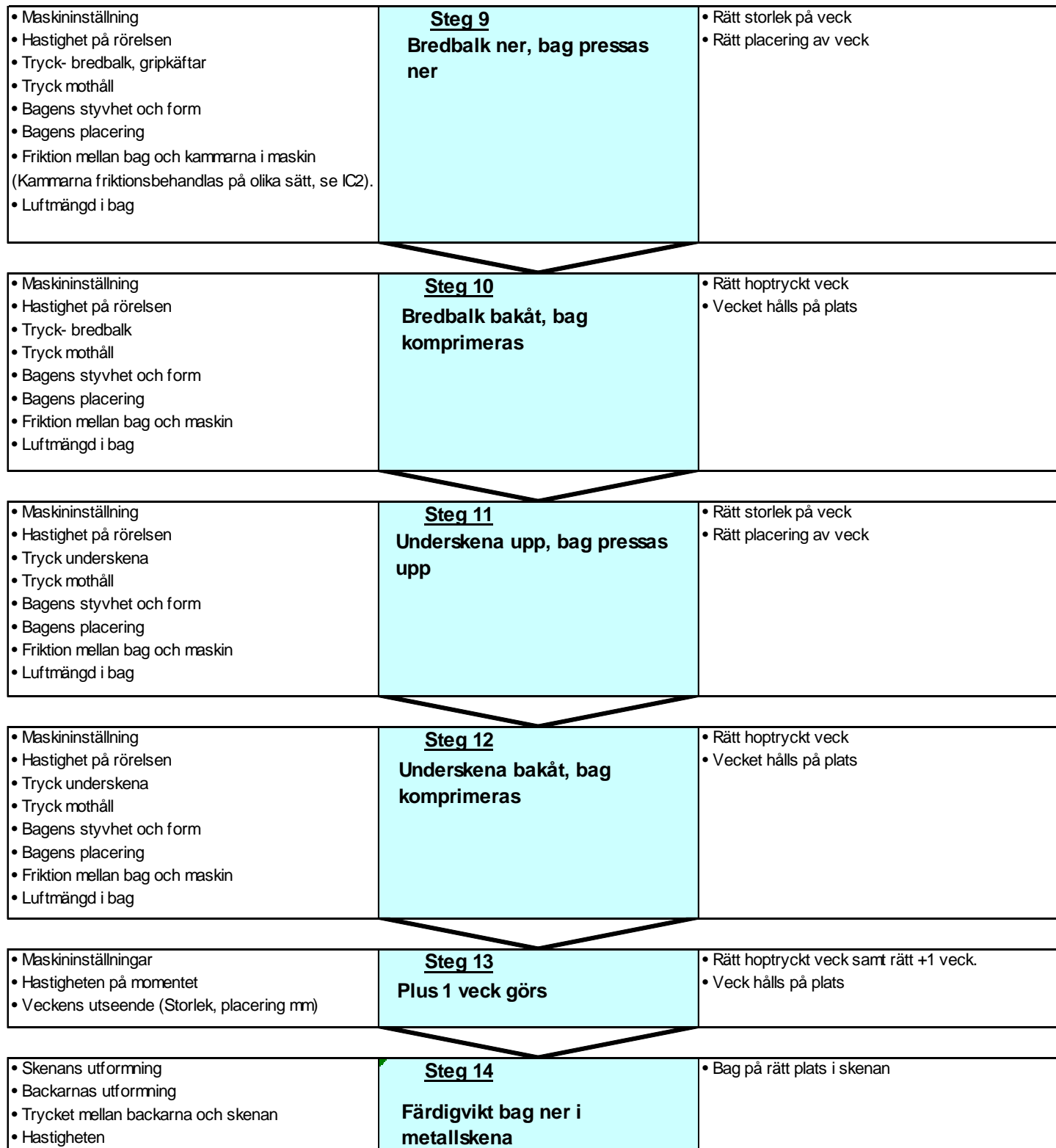
| Bagnr. | KORT PLUS1 Z HOVD KROK ANWAT | | | | | Batchnr. | Omvik | PLUS 1 | | Z | | Batchnr. |
|--------|---|------|-----|------|--|----------|-------|--------|--|---|--|----------|
| | Höj | Sänk | Höj | Sänk | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | |

| Process Map | | | |
|---|--|--|--|
| Information | CTQs | | Instructions |
| Process: Tillverkning av IC-bagar med Z-vikning | 1. Plus 1-veckets placering 2. Z-veckets placering 3. Bagens höjd 4. Rätt form på bagen | | Tillvägagångssätt: 1. Lista alla CTQ. 2. Dela upp processen i logiska aktivitetsblock. (Flödet går vertikalt). 3. Ange processtegets output till höger. 4. Ange processtegets input till vänster. |
| Key Process Input Variables <i>What has an impact on the output variables in this step?</i> | Steps | | Key Process Output Variables <i>What do we expect from this step?</i> |

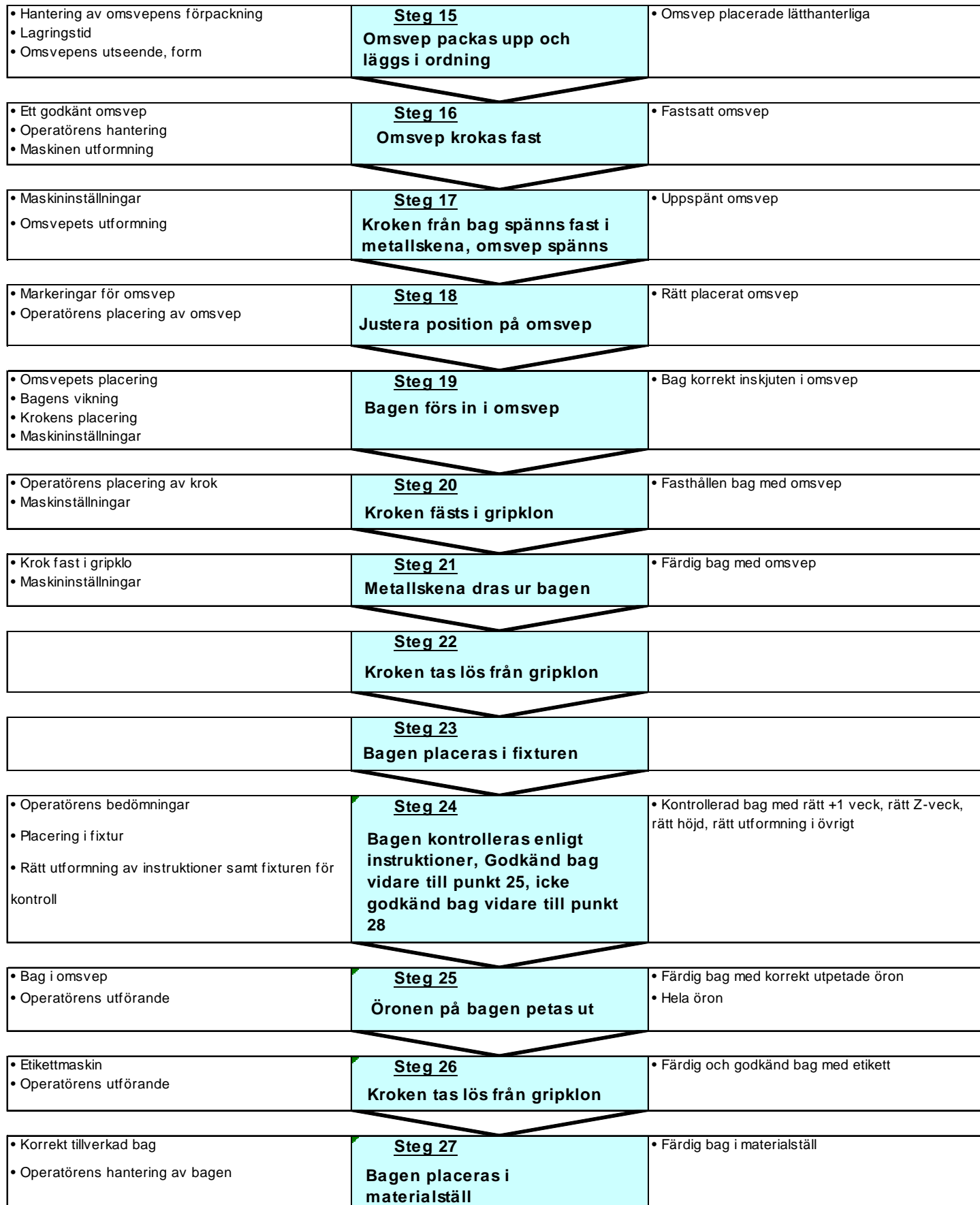
Inmatning av bag

| | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Hantering av bagarnas förpackning • Hantering av bagarna vid förflyttning till bord • Bagarnas placering i förpackningen • Lagringssätt (Bagar i lådor står staplade på varann utan lock), lagringstid. | Steg 1 Hämtar bagar och placerar på bordet | <ul style="list-style-type: none"> • Bagarna placerade på bordet |
| <ul style="list-style-type: none"> • Bagarnas utseende • Operatörens bedömning av bagarna | Steg 2 Bagarna slätas ut och läggs i ordning | <ul style="list-style-type: none"> • Släta bagar |
| <ul style="list-style-type: none"> • Instruktion för eliminering av luft • Luftelimineringsverktyget • Operatörens tolkning av instruktion • Operatörens genomförande • Luftmängd i bag innan eliminering • Bagens utformning • Luftfuktighet, lufttryck | Steg 3 Luft trycks ut ur översta bagen enligt instruktion | <ul style="list-style-type: none"> • Ingen luft i bagen |
| <ul style="list-style-type: none"> • Bagens utformning • Öronens utformning • Bagens utseende (rakhet osv) • Markeringarnas position • Operatörens placering av bagen (Vänster, höger, för långt in/ut) | Steg 4 Bagen placeras mot märkta kanter på vikbordet | <ul style="list-style-type: none"> • Placering av bag på vikbord |
| <ul style="list-style-type: none"> • Operatörens bedömning av bagens position | Steg 5 Bagen position justeras vid behov | <ul style="list-style-type: none"> • Rätt placering av bag |
| <ul style="list-style-type: none"> • Placerad bag på vikbord • Förändring av bagens position • Gripkäftarnas tryck | Steg 6 Bagen låses fast med gripkäftar | <ul style="list-style-type: none"> • Fixerad bag i gripkäftar på vikbord |
| <ul style="list-style-type: none"> • Gripkäftarnas tag om bagen • Bagens placering • Rätt placering av krok | Steg 7 Bagens position verifieras | <ul style="list-style-type: none"> • Rätt fixering av bag i gripkäftar på vikbord |
| <ul style="list-style-type: none"> • Gripkäftarnas tryck på bagen • Operatörens start av process | Steg 8 Vikningsprocessen startas | <ul style="list-style-type: none"> • Vikning utförs |

Vikning av bag



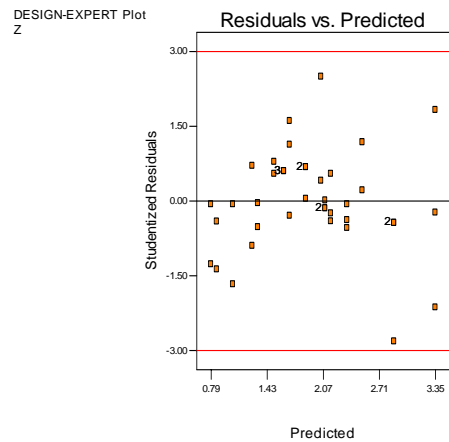
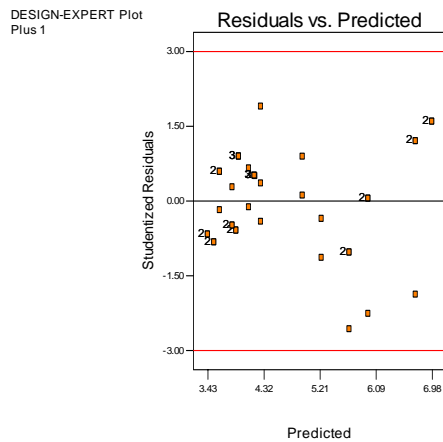
Utmatning av bag



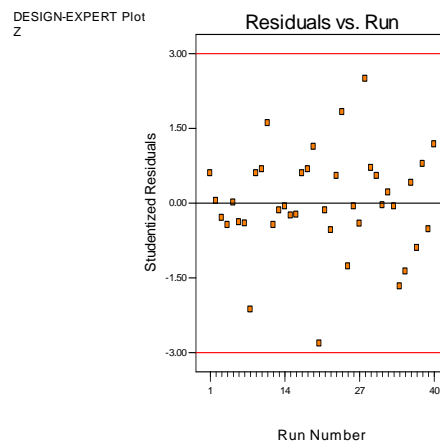
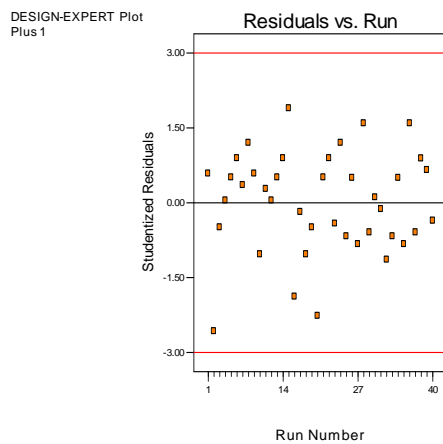


| StdOrder | RunOrder | Luftmängd | Deformation | Mottryck | Slaglängd | Överkant | Längd Z (cm) | Längd Plus 1 (cm) |
|----------|----------|-----------|-------------|----------|-----------|----------|--------------|-------------------|
| 17 | 1 | Ej | Ej | -1 | -1 | Nom | 2 | 4 |
| 18 | 2 | Ja | Ej | -1 | -1 | Max | 2 | 4 |
| 19 | 3 | Ej | Ja | -1 | -1 | Max | 3 | 3,5 |
| 20 | 4 | Ja | Ja | -1 | -1 | Nom | 3,5 | 6 |
| 21 | 5 | Ej | Ej | 1 | -1 | Max | 2 | 4,5 |
| 22 | 6 | Ja | Ej | 1 | -1 | Nom | 2 | 4,5 |
| 23 | 7 | Ej | Ja | 1 | -1 | Nom | 2 | 4,5 |
| 24 | 8 | Ja | Ja | 1 | -1 | Max | 2 | 7,5 |
| 33 | 9 | Ej | Ej | -1 | -1 | Nom | 2 | 4 |
| 34 | 10 | Ja | Ej | -1 | -1 | Max | 2,5 | 5 |
| 35 | 11 | Ej | Ja | -1 | -1 | Max | 2,5 | 4 |
| 36 | 12 | Ja | Ja | -1 | -1 | Nom | 3,5 | 6 |
| 37 | 13 | Ej | Ej | 1 | -1 | Max | 2 | 4,5 |
| 38 | 14 | Ja | Ej | 1 | -1 | Nom | 2 | 4,5 |
| 39 | 15 | Ej | Ja | 1 | -1 | Nom | 2 | 5,5 |
| 40 | 16 | Ja | Ja | 1 | -1 | Max | 3,5 | 5,5 |
| 1 | 17 | Ej | Ej | -1 | -1 | Nom | 2 | 3,5 |
| 2 | 18 | Ja | Ej | -1 | -1 | Max | 2 | 5 |
| 3 | 19 | Ej | Ja | -1 | -1 | Max | 2,5 | 3,5 |
| 4 | 20 | Ja | Ja | -1 | -1 | Nom | 3,5 | 4,5 |
| 5 | 21 | Ej | Ej | 1 | -1 | Max | 2 | 4,5 |
| 6 | 22 | Ja | Ej | 1 | -1 | Nom | 2 | 4,5 |
| 7 | 23 | Ej | Ja | 1 | -1 | Nom | 2,5 | 4 |
| 8 | 24 | Ja | Ja | 1 | -1 | Max | 2 | 7,5 |
| 9 | 25 | Ej | Ej | -1 | 1 | Max | 4 | 3 |
| 10 | 26 | Ja | Ej | -1 | 1 | Nom | 3,5 | 4,5 |
| 11 | 27 | Ej | Ja | -1 | 1 | Nom | 3 | 3 |
| 12 | 28 | Ja | Ja | -1 | 1 | Max | 3 | 8 |
| 13 | 29 | Ej | Ej | 1 | 1 | Nom | 1 | 3,5 |
| 14 | 30 | Ja | Ej | 1 | 1 | Max | 2 | 5 |
| 15 | 31 | Ej | Ja | 1 | 1 | Max | 3,5 | 4 |
| 16 | 32 | Ja | Ja | 1 | 1 | Nom | 3,5 | 4,5 |
| 25 | 33 | Ej | Ej | -1 | 1 | Max | 3,5 | 3 |
| 26 | 34 | Ja | Ej | -1 | 1 | Nom | 3,5 | 4,5 |
| 27 | 35 | Ej | Ja | -1 | 1 | Nom | 3,5 | 3 |
| 28 | 36 | Ja | Ja | -1 | 1 | Max | 2 | 8 |
| 29 | 37 | Ej | Ej | 1 | 1 | Nom | 0,5 | 3,5 |
| 30 | 38 | Ja | Ej | 1 | 1 | Max | 2 | 5,5 |
| 31 | 39 | Ej | Ja | 1 | 1 | Max | 3,5 | 4,5 |
| 32 | 40 | Ja | Ja | 1 | 1 | Nom | 4 | 5 |
| 41 | 41 | Ej | Ej | -1 | 1 | Max | x | x |
| 42 | 42 | Ja | Ej | -1 | 1 | Nom | x | x |
| 43 | 43 | Ej | Ja | -1 | 1 | Nom | x | x |
| 44 | 44 | Ja | Ja | -1 | 1 | Max | x | x |
| 45 | 45 | Ej | Ej | 1 | 1 | Nom | x | x |
| 46 | 46 | Ja | Ej | 1 | 1 | Max | x | x |
| 47 | 47 | Ej | Ja | 1 | 1 | Max | x | x |
| 48 | 48 | Ja | Ja | 1 | 1 | Nom | x | x |

Residualanalys

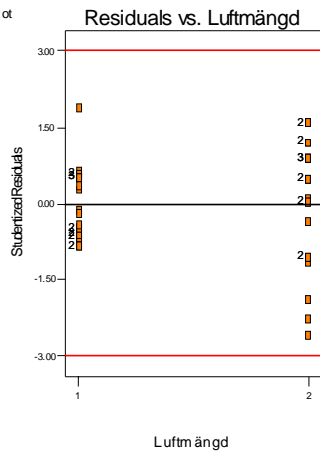


Plotten över värdena för responsen Plus 1 påvisar ingen tydlig struktur eller icke konstant variation varpå datamaterialet ej anses vara i behov av en transformering. Möjligen kan en gruppering uttydas där Plus 1 responsen får ett lägre värde, men då ingen tydlig trattform finns anses residualerna ha konstant variation. Inte heller residualerna för responsen Z mot de predikterade värdena uppvisar någon icke konstant variation eller struktur.

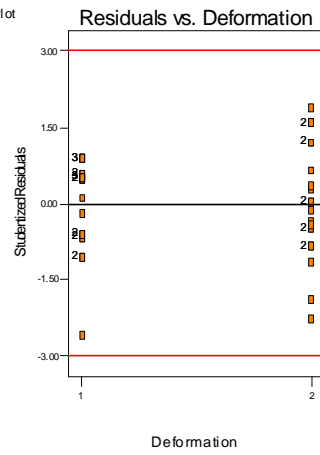


Plotterna med residualerna mot försöksordningen för respektive respons påvisar inte heller de någon tydlig struktur över residualerna. På så sätt antas ingen tidsrelaterad underliggande faktor influerat responserna under försöket.

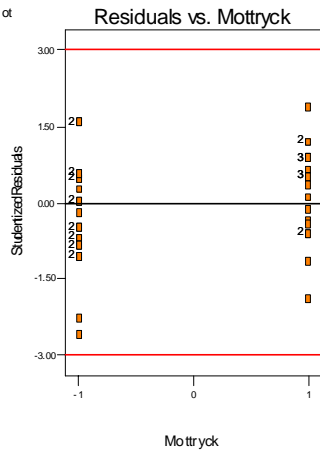
DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1



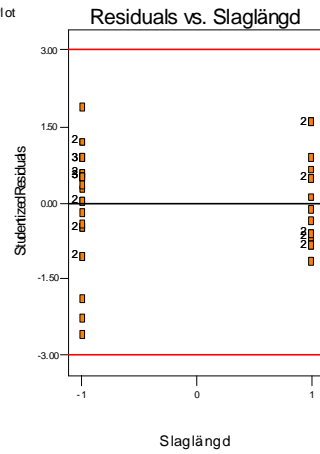
DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1



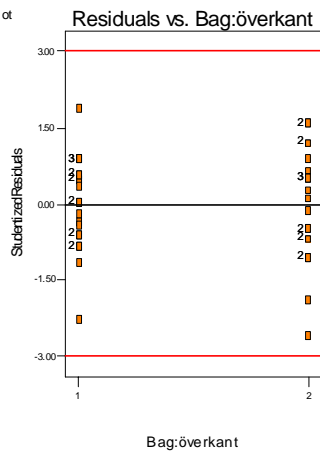
DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1

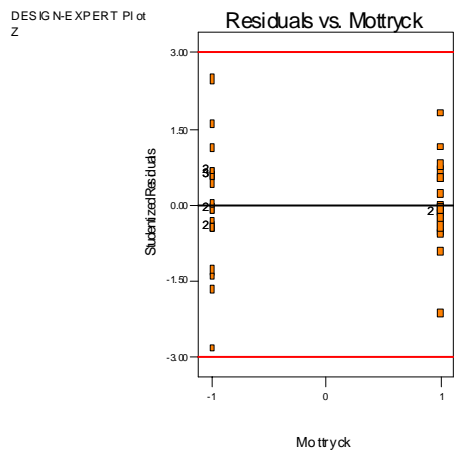
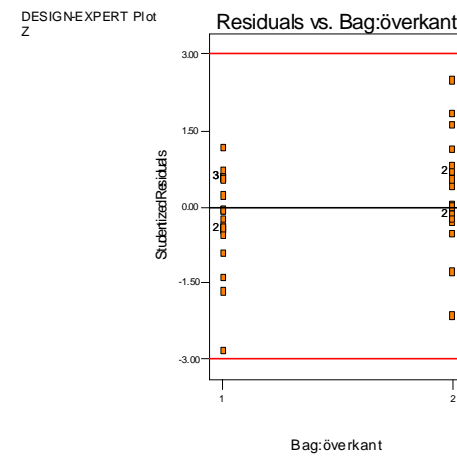
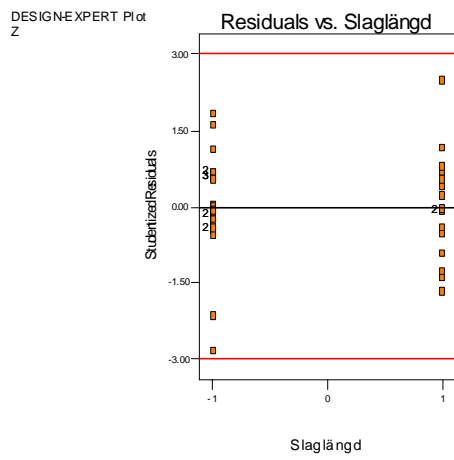
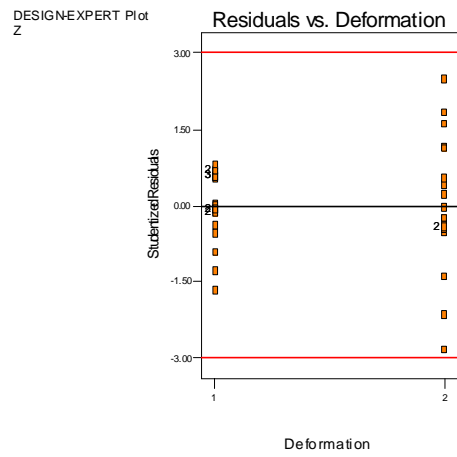
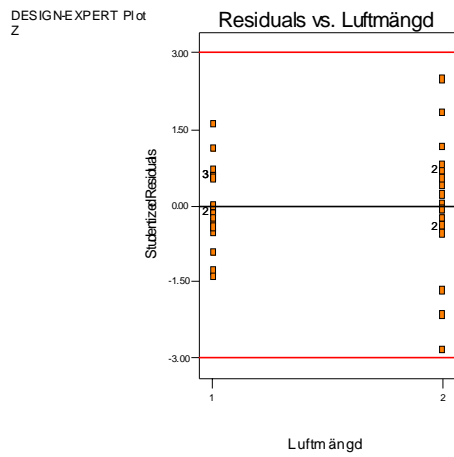


DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1

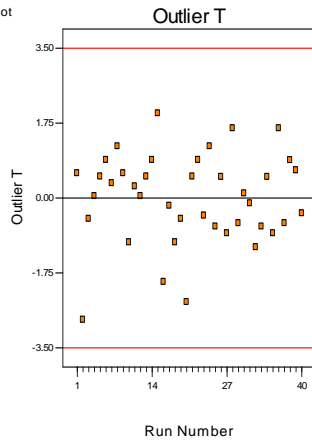


DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1

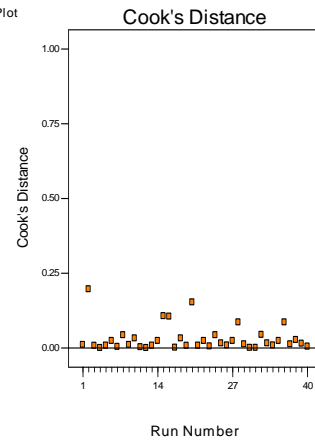




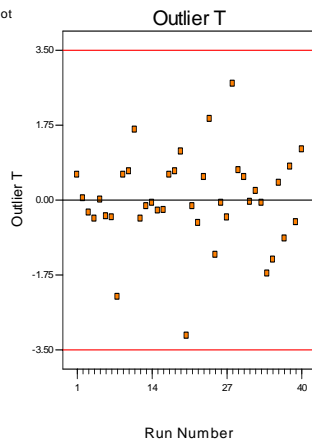
DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1



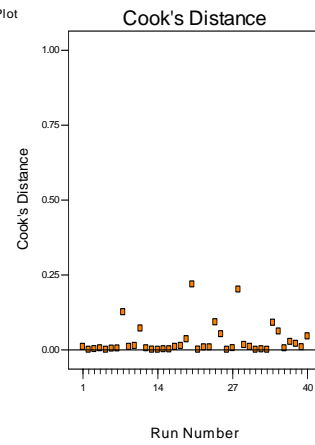
DESIGN-EXPERT Plot
Plus 1



DESIGN-EXPERT Plot
Z



DESIGN-EXPERT Plot
Z



Outliner T samt Cook's distans studeras för båda responserna för att se om någon observation i försöket sticker ut och kan på så sätt förstöra analysen. Ingen residual anats avvika tillräckligt mycket för att undersökas vidare eller elimineras ur försöket.