



CHALMERS

Expansion inom fordonsbranschen - från låg volym till industriell tillverkning.

Underlag för Clean Motions framtida produktionslayout
och materialförsörjning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och
produktionsteknik

AXEL KARLANDER

LINUS ZACHRISSON

Rapport nr. E2019:119

Expansion inom fordonsbranschen - från låg volym till industriell tillverkning.

Underlag för Clean Motions framtida produktionslayout
och materialförsörjning

AXEL KARLANDER

LINUS ZACHRISSON

Handledare: Per Medbo

Examinator: Per Medbo

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för Supply and Operations Management
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2019

Expansion inom fordonsbranschen - från låg volym till industriell tillverkning
Underlag för Clean Motions framtida produktionslayout och materialförsörjning

AXEL KARLANDER
LINUS ZACHRISSON

© AXEL KARLANDER & LINUS ZACHRISSON, Sverige, 2019

Examensarbete E2019:119

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för Supply and Operations Management

Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Förord

Under våren 2019 skrevs detta examensarbete på institutionen Teknikens ekonomi och organisation på högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg.

Arbetet som utfördes på Clean Motion AB behandlar produktion och logistik, områden som varit en betydande del av utbildningen. Det har varit väldigt berikande att få möjligheten att använda, praktiskt tillämpa och fördjupa våra kunskaper inom dessa områden.

Ett stort tack till samtliga medarbetare Clean Motion AB och Samuel Johansson på Virtual Engineering AB som alla varit tillmötesgående och positivt inställda när de låtit oss ta del av deras verksamhet. Ett extra stort tack riktas till vår handledare Jörgen Johansson, Clean Motions produktionschef, som tagit sig tid att visa oss produktionen samt diskuterat utmaningar med framtidens produktion och svarat på alla våra frågor.

Vi vill även rikta ett stort tack till vår handledare och examinator Per Medbo, tekniklektor vid avdelningen Supply and Operations Management, för hans entusiastiska vägledning genom hela arbetets gång. Per har med sin expertis inom området kommit med konstruktiva synpunkter som varit till stor hjälp för arbetets utfall.

Axel Karlander & Linus Zachrisson

Göteborg, juni 2019

Sammanfattning

Det unga företaget Clean Motion tillverkar det eldrivna fordonet Zbee. Fokus har hittills varit på att marknadsföra, sälja och förbättra fordonet. Ett tydligt produktionssystem finns inte men de producerar tillräckligt för att möta dagens efterfrågan. Clean Motion börjar dock se en ökad efterfrågan och behöver därför en mer strukturerad produktion för att kunna möta det nya behovet. Företagets strategi är att starta micro-fabriker, som alla är uppbyggda på samma sätt, där efterfrågan finns.

Syftet med denna studie var att undersöka vilka principer Clean Motion ska använda sig av när de går från nuvarande lågvolymsstillverkning till en industriell tillverkning. För att uppnå syftet utgick studien från fyra frågeställningar. De första tre handlar om att identifiera de aspekter som är viktiga för Clean Motions produktion och hur en lämplig produktionslayout respektive intern materialförsörjningsprincip väljs. Den fjärde frågeställningen resulterade i rekommendationer.

Metoderna som använts för att uppnå rapportens syfte har innefattat grundliga litteraturstudier för att urskilja olika principer att använda sig av, samt för- och nackdelar med dessa. Clean Motions förutsättningar har kartlagts med hjälp av intervjuer och observationer på Clean Motions fabrik i Trollhättan. Teorin och förutsättningarna analyserades för att resultera i rekommendationer gällande produktionslayout samt tillhörande materialförsörjning.

Clean Motion rekommenderas att ordna produktionen i en semi-parallell produktionslayout med kittning som huvudsaklig materialförsörjningsprincip. Rekommendationerna utvärderades av produktionschefen och diskuterades sedan av författarna till denna rapport.

Abstract

Clean Motion is a young firm that manufactures the electric vehicle called Zbee. Their focus so far has been marketing, selling and developing the vehicle. They do not have a distinct production system, although they manage to meet the required demand. Clean Motion now sees an increase in demand and therefor needs a structured production system that can meet the increasing demand.

The purpose of this report was to study which principles Clean Motion should use when they enter this new phase, characterized by higher demand. To achieve the purpose, four questions were asked. The first question aims to identifying which aspects to take in consideration. The following two questions are about how to choose a production layout and principles for internal material supply. The last question resulted in recommendations.

The methods used to fulfill the purpose of this report included thoroughgoing studies of literature, in the fields of production layouts and internal material supply. Clean Motion's conditions regarding the product and the processes were collected, using interviews and observations in their factory in Trollhättan. An analysis based on Clean Motion's conditions combined with the findings from the literature study were made to result in recommendations.

Clean Motion is recommended to use a semi-parallel line with kit as a primary material supply principle. The recommendations were then shown to, and evaluated by, the manufacturing manager. Both recommendations were then discussed by the writers of this report.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.1.1	Micro-fabriker	1
1.1.2	Produktionen idag	2
1.1.3	Problembeskrivning	2
1.2	Syfte	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Precisering av frågeställningen	3
2.	Metod	4
2.1	Metod för besvarande av frågeställningar.....	4
2.1.1	Fråga 1 – Vilka aspekter bör tas hänsyn till vid utformning av ett nytt produktionssystem med de förutsättningar som Clean Motion har?.....	4
2.1.2	Fråga 2 – Hur väljs en lämplig produktionslayout?	5
2.1.3	Fråga 3 – Hur bör valet av principer gällande intern materialförsörjning se ut?	6
2.1.4	Fråga 4 – Vad rekommenderas i Clean Motions fall?.....	6
2.2	Litteraturstudier.....	7
2.3	Intervjuer	7
2.4	Observationer	8
3.	Teoretiskt ramverk	9
3.1	Aspekter	9
3.1.1	Kvalitet.....	9
3.1.2	Kostnad.....	10
3.1.3	Hastighet.....	11
3.1.4	Pålitlighet	11
3.1.5	Flexibilitet	11
3.1.6	Förluster	12
3.2	Produktionslayout.....	12
3.2.1	Monteringsline	13
3.2.2	Aspekter kopplade till line	15
3.2.3	Aspekter och layout-typer.	17
3.3	Organisering av arbete	18

3.3.1 Monteringsceller.....	18
3.3.4 Aspekter kopplade till celler	19
3.4 Materialförsörjning.....	20
3.4.1 Kontinuerlig försörjning.....	21
3.4.2 Kittning.....	21
3.4.3 Batchning	22
3.4.4 Materialförsörjning kopplat till aspekter.....	22
3.4.5 Materialförsörjningsprincip och aspekter.....	25
3.5 Materialstyrning	26
3.5.1 Materialstyrningsmetoder.....	26
3.6 Förmontering.....	27
4. Analys.....	28
4.1 Analys av teori	28
4.1.1 Monteringsline	28
4.1.2 Materialförsörjning.....	29
4.1.3 Layout i kombination med materialförsörjning	29
4.2 Clean Motions förutsättningar.....	30
4.2.1 Produktspecifika förutsättningar	30
4.2.2 Processspecifika förutsättningar	32
4.2.3 Produktionsvolym	34
4.2.4 Efterfrågemönster.....	35
4.2.5 Takttid	35
4.2.6 Processtider	35
4.2.7 Arbetskraft.....	36
4.2.8 Kostnader	37
4.3 Förutsättningar kopplat till aspekter.....	38
4.3.1 Kvalitet.....	38
4.3.2 Flexibilitet	38
4.3.3 Hastighet.....	39
4.3.4 Pålitlighet	39
4.3.5 Förluster	39
4.3.6 Kostnader	39
4.3.7 Användarvänlighet	40

4.3.8 Ytbehov och lagernivå	40
4.3.9 Ergonomi	40
4.3.10 Sammanställning av aspekter kopplat till förutsättningar	40
5. Rekommendation	41
5.1 Rekommenderad produktionslayout	41
5.2 Rekommenderad materialförsörjning	42
6. Diskussion	44
6.1 Metoddiskussion	44
6.2 Diskussion av rekommendation av produktionslayout	45
6.3 Diskussion av rekommendation av materialförsörjning	46
7. Slutsats	47
Litteraturförteckning	48

Begrepp och ordlista

Nedan förklaras kortfattat begrepp och ord som senare används i rapporten.

Princip – Underlag för vilket tillvägagångssätt som ska användas

Takttid – Den produktionstid som är tillgänglig per dag dividerat med den normala efterfrågan

Cykeltid – Den totala tid det tar att utföra en eller ett flertal operationer på en station

Ledtid – All den tid som produkten spenderar i fabriken inkluderat lager-, produktions- och transporttid

Line – En produktionslina där stationerna är beroende av varandra

Aspekt – Ett sätt att betrakta något ur ett visst perspektiv

1. Inledning

Nedan presenteras bakgrund, syfte, avgränsningar samt precisering av frågeställningen.

1.1 Bakgrund

Clean Motion grundades 2010 i Lerum utanför Göteborg och är sedan 2016 börsnoterat på First North Stockholm. De tillverkar det trehjuliga elfordonet Zbee i glasfiberkomposit och säljer direkt till slutkund. Företagets vision är att utveckla och tillverka fullständigt hållbara produkter som majoriteten av jordens befolkning ska ha råd med (Clean Motion, 2019). Produkterna är energieffektiva och kompakta vilket är fördelaktigt i storstadsmiljöer. Det finns i dag två varianter av fordonet, en passagerarmodell med plats för en förare och två passagerare samt en modell vid namn Cargo med plats för en förare och ett lastutrymme. I en intervju med företagets produktionschef, Jörgen Johansson¹, berättar han att den sistnämnda varianten fortfarande är i en utvecklingsfas och monteras enligt önskemål från kund. Tanken är att Cargo-modellen ska standardiseras och bestå av två olika modeller. Totalt tre modeller kommer alltså att finnas, en passagerar-modell och två Cargo-modeller. Skillnaden mellan Cargo-modellerna är att den ena kommer att ha ett öppet lastutrymme och den andra kommer att ha en öppningsbar lucka.

En Zbee består av 270 komponenter som alla köps in från leverantörer (Clean Motion, 2019). För att färdigställa sin produkt monteras dessa artiklar ihop till ett fordon i Clean Motions fabriker. Den enda materialbearbetningen som sker är borrar av hål i karossen och tack vare detta krävs det inga dyra maskiner. Detta gör att Clean Motions produktion inte är helt lik en vanlig fordonsproduktion.

Då bolaget befinner sig i början av en tillväxtfas har fokus hittills legat på att utveckla en fungerande produkt samt att marknadsföra och sälja den. I och med detta kan det komma förändringar i produktstrukturen. Dagens tillverkning lyckas i nuläget möta efterfrågan som är säsongsvarierad, där vintermånader innebär låg efterfrågan. I samtal med företagets produktionschef² beskrevs att fokus i dagsläget inte ligger på att det ska vara kort leveranstid till kund, utan snarare en jämn produktion. Detta löser de genom att ge kundspecifika leveransdatum. Fordonet monteras i låga volymer i en fabrik med fåtal anställda som är delaktiga i hela processen.

1.1.1 Micro-fabriker

Clean motions strategi för tillverkning är att ha lokala fabriker där efterfrågan på fordonen finns. Produktionens ska innehålla få tillverkningssteg och enkel montering (Clean Motion, 2019). Istället för att satsa på storskaliga fabriker med stora investeringskostnader är planen att bygga Micro-fabriker runt om i världen, det vill säga fabriker med simpel utrustning och låga investeringskostnader med en lägre kapacitet än traditionella fabriker inom fordonsindustrin. Tanken är att Micro-fabrikerna ska bli fler till antalet om efterfrågan på fordonet ökar istället för att öka kapaciteten i en redan befintlig fabrik. Clean Motions plan är att dessa fabriker ska

¹ Jörgen Johansson, produktionschef Clean Motion (5 februari, 2019)

² Jörgen Johansson, produktionschef Clean Motion (5 februari, 2019)

byggas på ungefär samma sätt överallt där endast lokala avvikelser förekommer. I anslutning till varje fabrik ska också en service-enhet finnas dit kunderna kan komma för att exempelvis byta bromsbelägg eller reparera sitt fordon.

1.1.2 Produktionen idag

I Clean Motions fabrik i Trollhättan sker produktionen i två stationer där ungefär 100 fordon per år tillverkas. Den första stationen är placerad i ett rum med god ventilation av hälsomässiga skäl då hål borras och karossen limmas. Resterande montering sker genom att fordonet står på samma plats och det material som ska monteras förs till fordonet.

I dagsläget har Clean Motion också en fabrik i Indien där de ser stor försäljningspotential. Där monteras fordonet ihop på samma sätt som i Trollhättan. Enligt intervju med Jörgen Johansson framkom att de två största utmaningarna i Indien är dels att strömförsörjningen är opålitlig, det blir avbrott en till två gånger per dag³. Det andra problemet är den arbets-hierarki som J. Johansson tror är kulturellt inrotad. Hierarkin är både formell och informell. Det finns en stor rädsla att göra fel, därför gör arbetarna ingenting istället och väntar på att någon annan ska ta itu med problemet. Det finns också en rädsla att fråga sin närmsta chef om hjälp då arbetarna tror att chefen skulle se dem som inkompetenta. Den formella hierarkin hindrar också högre chefer att prata direkt med arbetarna, det gör att mellancheferna känner sig utelämnade och ifrågasatta.

1.1.3 Problembeskrivning

Clean Motion ser nu en potential att expandera och börja tillverka fler fordon vilket kräver fokus på hur denna industriella produktion bör se ut. Inom några år räknar de med att kunna producera omkring 1000 fordon per år i fabriken i Trollhättan. Företaget har idag en grov skiss på hur den framtida produktionen ska se ut men de vet inte med säkerhet då företaget är så pass nytt. De behöver därför hjälp att ta fram ett antal principer att använda sig av när företaget lämnar tillväxtfasen och går över till en mer stabil industriell produktion. De har idag inget underlag för hur dessa principer ska tas fram. Beroende på förutsättningarna där fabrikerna ska startas kan olika aspekter vara mer eller mindre viktiga. Dagens tillverkning saknar möjligheter att möta en kraftigt ökad efterfrågan.

1.2 Syfte

Rapporten syftar till att ta fram principer som ska användas när Clean Motions produktion går från lågvolymstillverkning till industriell tillverkning.

1.3 Avgränsningar

Studien ifrågasätter inte Clean Motions tillverkningsprocesser utan utgår ifrån att processerna ska se likadana ut i framtiden.

³ Jörgen Johansson, produktionschef Clean Motion (16 april, 2019)

1.4 Precisering av frågeställningen

När ett nytt produktionsupplägg ska tas fram finns det ett antal aspekter som bör tas hänsyn till, dessa beror bland annat på vilken marknad företaget befinner sig i samt vad företaget vill uppnå. Oftast måste företaget välja ut några få och fokusera på dessa (Barnes, 2017). Detta på grund av att vissa aspekter står i motsats till varandra och det kan därför uppstå problem vid situationer där beslut måste fattas.

1. *Vilka aspekter bör tas hänsyn till vid utformning av ett nytt produktionssystem med de förutsättningar som Clean Motion har?*

Olika typer av produktionslayouter uppfyller olika aspekter. Att välja en layout är ett viktigt beslut eftersom en felaktig layout kan leda till oförutsägbara och komplicerade flöden med långa processtider, bristande flexibilitet och höga kostnader (Slack, Chambers, & Johnston, 2007). Detta leder till den andra frågan som lyder enligt följande:

2. *Hur väljs en lämplig produktionslayout?*

Beroende på hur utformningen av produktionen ser ut blir olika typer av materialförsörjning mer eller mindre fördelaktigt. Materialflödet är en viktig faktor när ett tillverkningssystem ska utformas. Systemet för materialförsörjningen ska inte bara möta de specifika kraven som ställs på produktionen utan vara lämplig för tillverkningen i sin helhet (Tanchoco, 1994). För att ta reda på detta ställs frågan:

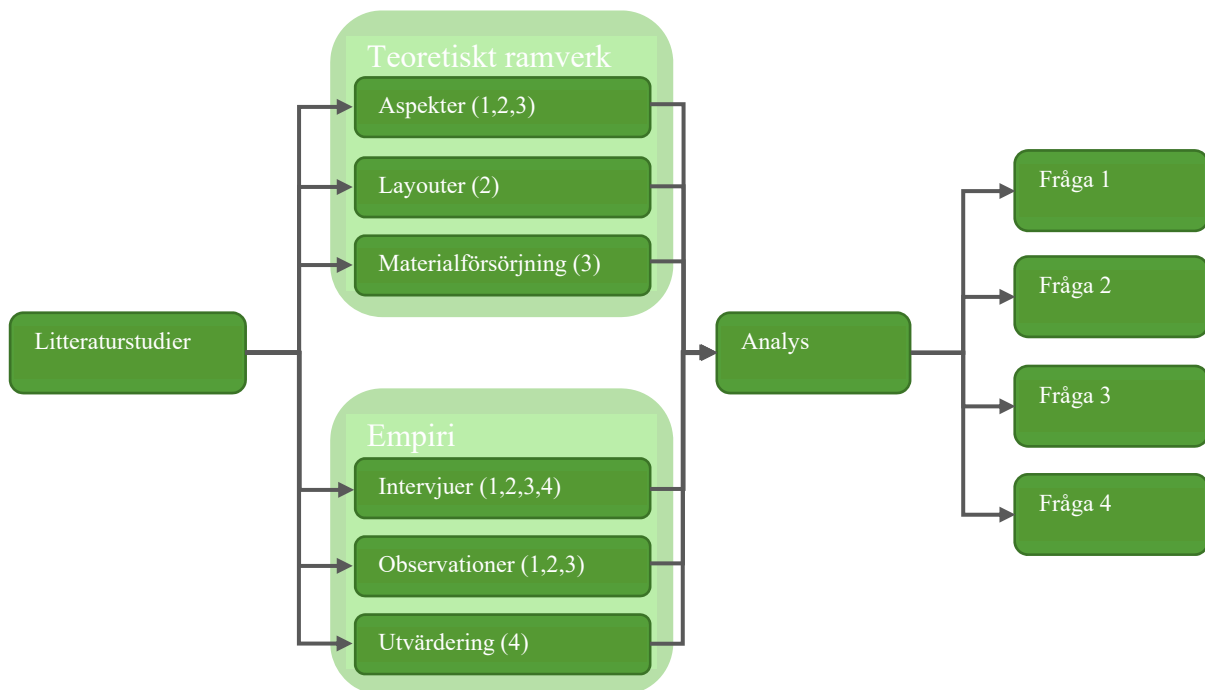
3. *Hur bör valet av principer gällande intern materialförsörjning se ut?*

Rapporten syftar till att ta fram principer som ska användas i Clean Motions fall och för att uppfylla syftet bör rekommendationer tas fram och utvärderas. Detta leder till den fjärde och sista frågeställningen:

4. *Vad rekommenderas i Clean Motions fall?*

2. Metod

En metodkarta över arbetsgången gjordes för att ta reda på vad som krävs för att besvara de olika frågeställningarna, samt att ge en överskådlig bild över studiens tillvägagångssätt, se figur 1. Siffrorna i parentes motsvarar vilken fråga som besvarats med hjälp av respektive ruta. Studien är deduktiv och bygger på tidigare forskning och slutsatser.



Figur 1. Metodkarta. Siffrorna i parenteserna motsvarar vilken fråga som besvarats. Författarnas egen figur.

2.1 Metod för besvarande av frågeställningar

Nedan beskrivs tillvägagångssättet för att besvara de fyra olika frågeställningarna mer djupgående.

2.1.1 Fråga 1 – Vilka aspekter bör tas hänsyn till vid utformning av ett nytt produktionssystem med de förutsättningar som Clean Motion har?

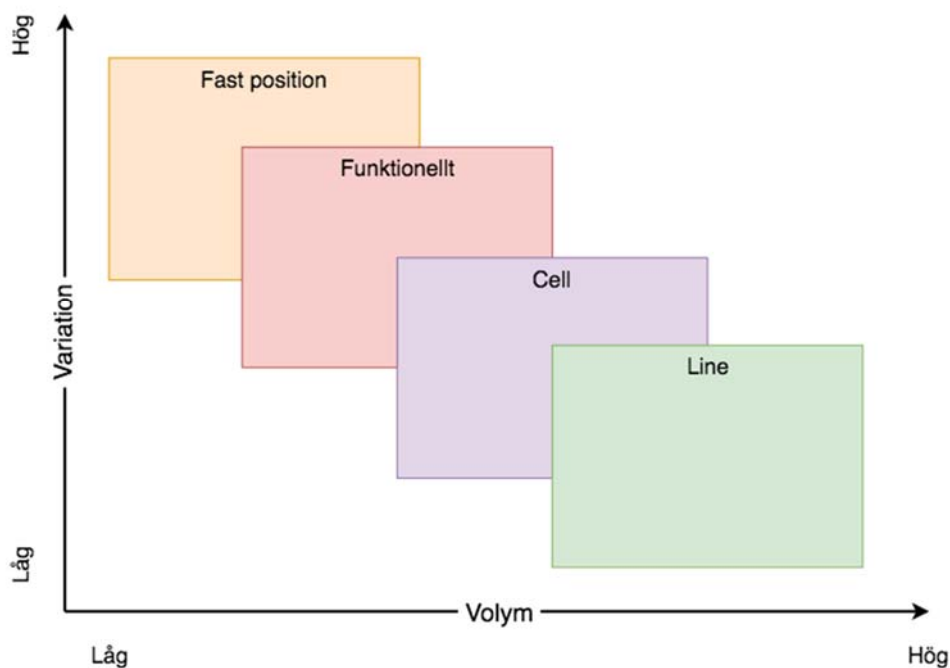
En litteraturstudie genomfördes för att hitta vilka grundläggande aspekter som kan påverka valet av lämplig produktionslayout och materialförsörjningsprincip. Här jämfördes flera källor och de alla presenterade samma typer av aspekter. Dessa aspekter förklarades och utgör den ena delen av det teoretiska ramverket kopplat till fråga 1. Den andra delen av det teoretiska ramverket består av andra, för företaget, viktiga aspekter. Vid en intervju med företagets produktionschef Jörgen Johansson ställdes frågan ”Vilka aspekter är viktiga att ta hänsyn till för er typ av produktion?” följt av följdfrågor. Förutom att nämna de grundläggande aspekter som finns att hitta i teorin beskrev Jörgen Johansson att uppstartskostnader för nya fabriker samt personalkostnader är viktiga i en situation som deras. För att ta fram fakta om personalkostnader söktes information för att i första hand kunna jämföra Sverige med låglöneländer på de växande marknaderna runt om i världen.

För att identifiera Clean Motions förutsättningar, utfördes intervjuer och observationer på Clean Motions fabrik i Trollhättan. Här har även kvantitativa data, i form av artikellistor samt lista med monteringsstider, använts. Artikellistorna är inte bifogade i rapporten av sekretesskäl. Se BIL. 1 s. 1(1) för Clean Motions uppskattade monteringsstider. Merparten av informationsinhämtningen har bestått av intervjuer då det saknas möjligheter för omfattande observationer.

För att besvara frågeställningen analyserades den inhämtade informationen genom att Clean Motions förutsättningar översattes till de aspekter som beskrivits i det teoretiska ramverket. Dessa aspekter analyserades genom att de ställdes mot varandra för att komma fram till vilka aspekter som är av störst vikt i Clean Motions fall.

2.1.2 Fråga 2 – Hur väljs en lämplig produktionslayout?

För att tydliggöra vad som menas med layout definierades detta i det teoretiska ramverket. En litteraturstudie genomfördes för att få information om vilka huvudsakliga layout-typer som finns. För att veta vad som generellt sett kännetecknar en bra layout, skrevs teori om detta. Mycket av den litteratur som studerats handlar om traditionell industri där produktionen enligt Tang (2017) delas in i fyra divisioner: stansning & pressning av plåt, drivlinetillverkning, tillverkning av interna & externa komponenter och slutligen montering av fordonet. Eftersom Clean Motion endast monterar, med undantag för limning och borring, utelämnas teori om layouter knutna till traditionell industri. Teoriavsnittet om olika layouter utgörs istället av layouter som tillämpas vid montering. För att komma fram till vilka layout-typer som kan vara relevanta att studera användes ett volym-variation diagram, ett sådant diagram smalnar av antalet alternativ till en eller två layout-typer (Slack et al., 2007). Se figur 2.



Figur 2. Diagram som visar sambandet mellan volym-variation och layout-typer. Författarnas egen figur baserad på Slack et al. (2007)

Clean Motion ska tillverka i höga volymer med låg variation. Detta gör att layouterna fast position och funktionellt i sin grundutformning är irrelevanta, dessa utelämnas därför i det teoretiska ramverket. Fast position innebär att produkten står stil och monteras på samma ställe, vid exempelvis byggnation av fartyg och hus. Däremot tas fast position i en cell upp i det teoretiska ramverket. En funktionell layout innebär att maskinerna grupperas efter deras funktion och produkten förflyttas mellan de olika grupperande avdelningarna (Slack et al., 2007). Inom cell och line identifierades ett antal olika varianter av dessa layouter. För- respektive nackdelar angående de relevanta layouterna presenterades med avseende på aspekterna.

För att svara på denna frågeställning analyserades dessa layouter genom att vikta layout-typerna mot aspekter vilka framkommit i studiens första frågeställning. När detta var gjort sammanställdes denna analys i en tabell med motivet att göra det överskådligt. Denna tabell utgör ett underlag för val av layout.

2.1.3 Fråga 3 – Hur bör valet av principer gällande intern materialförsörjning se ut?

För att svara på hur materialförsörjningen bör se ut gjordes först en litteraturstudie. Det teoretiska ramverket gällande materialförsörjning byggdes upp genom att först beskriva vikten av en välfungerande och välanpassad materialförsörjning. Genom litteraturstudien identifierades ett antal materialförsörjningsprinciper som kunde beskrivas som tre huvudsakliga principer. Dessa tre huvudsakliga principer valdes därför för djupare beskrivning. Denna beskrivning utgick från tidigare kurslitteratur inom området logistik. Vidare kompletterades det teoretiska ramverket med andra källor för att få en djupare och mer detaljerad beskrivning av främst två av de tre principerna. Detta då den tredje principen, batchning, beskrivs som en materialstyrningsmetod snarare än en materialförsörjningsprincip i viss litteratur. De olika principerna analyseras med avseende på de olika aspekterna och hur väl de kan appliceras på de presenterade produktionslayouter som, enligt ovan, beskrivits.

2.1.4 Fråga 4 – Vad rekommenderas i Clean Motions fall?

För att kunna ge Clean Motion rekommendationer gällande produktionslayout samt materialförsörjning analyserades de produktionssteg som är nödvändiga för framställandet av deras fordon. Även alla ingående artiklar analyserades och de artiklar som kan påverka valet av produktionslayout samt materialförsörjningsprincip identifierades. Detta gjordes genom besök på Clean Motions fabrik i Trollhättan den 30 januari 2019 samt 22 maj 2019. I samband med dessa besök observerades produktionen samt de artiklar en Zbee består utav. Genom samtal med företagets produktionschef framkom också information. En semistrukturerad intervju hölls med Clean Motions produktionschef i slutet av besöket den 22 maj 2019 där frågor om det som observerats ställdes.

Med tanke på den situation företaget befinner sig i blir det svårt att praktiskt mäta och jämföra vilka kostnadsbesparingar och kvalitetsförbättringar som kan uppnås vid användningen av dessa principer. Även flexibilitet, hastighet och pålitlighet blir svårt att undersöka då dagens produktion inte speglar hur den framtida produktionen ska se ut.

För att exemplifiera rekommendationen gällande materialförsörjning togs en praktisk prototyp fram. Denna presenterades sedan för produktionschefen och en efterföljande intervju hölls. Där ställdes öppna frågor om hur väl produktionschefen ansåg att detta skulle fungera i deras framtida produktion. Frågor som berörde produktionschefens upplevda för- respektive nackdelar ställdes också.

Gällande produktionslayout togs ett konceptuellt förslag fram vilket visades för produktionschefen och frågor rörande för- och nackdelar ställdes även där.

2.2 Litteraturstudier

För att få en övergripande bild om hur ett produktionssystem framställs gjordes en litteraturstudie inom ämnet. Böcker som behandlar detta är bland annat Operations Management av Slack, Chamber, & Johnston (2007) samt Production development av Bellgran & Säfsten (2010). När sedan mer fördjupad teori inom de olika områdena som denna studie innefattar skulle tas fram användes mer specifika artiklar och avhandlingar. Dessa har hittats genom sökningar på Chalmers biblioteks databaser men också genom att kolla i referenslistorna på ovan nämnda böcker.

Exempel på sökord som använts:

- Operations planning
- Performance objectives
- Material flow
- Assembly processes
- Manufacturing designs
- Operations management

Litteraturen som utgör det teoretiska ramverket bygger på vetenskapliga källor med välciterade författare vilka har skrivit ett flertal artiklar. För att säkerställa trovärdigheten har den internetbaserade tjänsten Scopus använts. På Scopus hemsida går det att se hur många gånger en artikel blivit citerad. För att ytterligare säkerställa att informationen är trovärdig har den kritiskt granskats och källorna har jämförts med varandra.

2.3 Intervjuer

För att få en uppfattning om företagets nuvarande situation, vilka framtidsvisioner de har och hur deras monteringsprocesser ser ut genomfördes intervjuer med låg struktur. Intervjuer med låg struktur innebär att frågorna inte är exakt definierade innan intervjuens start (Rowley, 2012). Rowley (2012) menar också att intervjuer med låg struktur inte kräver djup kunskap inom området samt att intervju som metod är användbar när åsikter, erfarenheter, processer och värderingar ska undersökas. Då förkunskaper inom Clean Motions produktion saknades valdes därför intervju före frågeformulär. Enligt (Gill, Stewart, Treasure, & Chadwick, 2008) ger intervjuer en djupare förståelse än exempelvis frågeformulär.

Intervjufrågorna bör, enligt Rowley (2012), utformas så att:

- Det inte går att svara ja/nej.
- De inte är ledande.
- Det inte är två frågor i en.
- De inte är generella eller för vaga.

Enligt Gill et. al. (2008) är det fördelaktigt att intervjuens första frågor är enklare att svara på, för att sedan gå in på mer känsliga områden. Detta för att respondenten ska bygga upp ett självförtroende och bli mer bekväm i situationen. Det är fördelaktigt att informera respondenten inom vilket område som ska behandlas innan intervjun startat (Gill et. al., 2008). Detta för att respondenten ska vara mer förberedd vilket leder till att intervjun blir mer givande.

Samtliga intervjuer har hållits med Clean Motions produktionschef Jörgen Johansson. I de första intervjuerna ställdes mer allmänna frågor för att få en överblick över vilka förutsättningar som företaget har. Intervjuerna sammanställdes för att sedan diskuteras av författarna till denna rapport. Genom dessa diskussioner uppstod det i flera fall följdfrågor som ställdes i efterkommande intervju. Ett tiotal intervjuer har ägt rum, två av dem i anslutning till fabriksbesök i Trollhättan och resterande på företags kontor i Lerum eller via telefon.

2.4 Observationer

Deltagande observationer är den mest utmärkande kvalitativa undersökningsmetoden (Check & Schutt, 2012). En deltagande observation går ut på att samla data genom att man utvecklar en fortlöpande relation med personer som utför sina dagliga sysslor. Kvalitativa undersökningar börjar ofta med en forskningsfråga som syftar till att ta reda på hur personernas tankar går kring hur de agerar och varför de agerar på detta sätt. I detta fall gjordes en deltagande observation för att få en inblick i hur monteringsprocesserna ser ut. I samband med att fordonet monterades av deras montör, gjordes en rundvandring i fabriken i Trollhättan med Clean Motions produktionschef.

3. Teoretiskt ramverk

Nedan redovisas den teori som är legat till grund för denna studie.

3.1 Aspekter

Slack et al. (2007), Rushton, Croucher, & Baker (2016) och Bellgran & Säfsten (2010) beskriver att de fem avgörande aspekter för tillverkning av produkter är följande:

- Kvalitet
- Kostnad
- Hastighet
- Pålitlighet
- Flexibilitet

3.1.1 Kvalitet

Kvalitet innebär att uppfylla kundens krav och att *göra saker rätt*. Vad som är rätt varierar beroende på vilken typ av verksamhet som bedrivs (Slack et al., 2007). Däremot betraktar alla verksamheter kvalitet som en särskilt viktig aspekt då kvalitet är enkelt för kunden att bedöma och det är en avgörande faktor för kundens nöjdhet. Kvalitet är inte endast viktigt ur ett kundperspektiv, det gör även arbetet enklare i den egna verksamheten. Intern kvalitet kan vara lika viktig som extern kvalitet. I fordonsindustrin kan kvalitet innebära att alla delar och all montering är gjord enligt specifikation samt att produkten är tillförlitlig och felfri.

En fördel med god kvalitet innefattande få fel i produktionen är att kostnaderna minskar då mindre tid krävs för att korrigera felen samtidigt som irritation och förvirring minskar (Slack et al., 2007).

3.1.1.1 Kvalitetsledningssystem

Det finns en rad olika sätt att arbeta med kvalitet. Bland annat finns ISO-9000, som är en industriell kvalitetsstandard, men också Sex Sigma och avancerade statistiska metoder (Liker, 2004). Liker (2004) beskriver Toyotas lyckade kvalitetsarbete där kvalitetsspecialisterna och medarbetarna utgår från fyra olika verktyg:

- Gå och titta.
- Analysera situationen.
- Använd enstycksflöde och *andon* för att synliggöra problem.
- Fråga ”varför?” fem gånger.

Andon är det system Toyota använder sig utav för att varna andra medarbetare och deras arbetsledare samt att kalla på hjälp när ett problem uppstår (Liker, 2004). Det kan exempelvis vara en ljud- eller ljussignal som utlöses av monteringspersonalen. Detta är en del av den övergripande principen som säger att processen ska stoppas för att bygga in kvalitet, *jidoka* (Liker, 2004). Översättning av *Jidoka* blir ungefär ”intelligenta maskiner” (Liker & Meier, 2006).

Det japanska uttrycket *poka-yoke*, som betyder felsäkert, används flitigt inom Toyota (Liker, 2004). I praktiken innebär det att det inte ska gå att göra fel och för att uppnå detta används olika typer av system som gör att det larmar vid fel.

3.1.1.2 Kvalitet på arbete

En ytterligare kvalitetsaspekt är kvaliteten på själva arbetet som kännetecknas av fem olika delar (Slomp & Bokhorst, 2014):

- Kompetensbredd – Hur stor mängd av olika färdigheter som krävs.
- Uppgiftsidentitet – Hur mycket arbetet möjliggör arbetaren att slutföra en hel uppgift från början till slut.
- Uppgiftens betydelse – Effekten av arbetet för människor inom eller utanför organisationen.
- Autonomi – I vilken utsträckning en arbetare har frihet att planera, organisera och utföra uppgiften på sitt sätt.
- Feedback – I vilken utsträckning arbetaren får information/återkoppling om sin prestation.

Beroende på hur väl dessa delar uppfylls varierar kvaliteten på arbetet som utförs.

3.1.2 Kostnad

För företag som konkurrerar med pris som utgångspunkt är detta den viktigaste aspekten. Desto lägre produktionskostnader en verksamhet har desto lägre pris kan erbjudas till kunderna. Kostnad är en viktig aspekt även om företaget huvudsakligen konkurrenskraft inte är pris då varje kostnad innebär en minskad vinst (Slack et al., 2007).

3.1.2.1 Arbetskostnader

Arbetskostnader är en viktig faktor när beslut ska tas om var i världen produktionen ska ske (Tenselius, 2018). Arbetskostnader innefattar lönekostnader och arbetsgivaravgifter. I Sverige kostar en industriarbetare 361 kronor per timme i genomsnitt (Tenselius, 2018). Det är endast ett fåtal länder i världen som har ett högre kostnadsläge än Sverige, bland annat Schweiz, Norge, Danmark och Tyskland. Samtidigt är kostnaderna högre här än i konkurrentländer så som Frankrike, Storbritannien och USA.

På de växande marknaderna, i synnerhet Kina och Indien är arbetskostnaderna betydligt lägre än i Västeuropa. Den offentliga statistiken är dåligt uppdaterad på de växande marknaderna så det är svårt att ge en exakt siffra på kostnaderna men i Indien är kostnaderna för en industriarbetare mindre än en tiondel än vad den är i Sverige. Kina har något högre kostnadsnivåer än Indien. Brasilien som också är en växande marknad har en kostnadsnivå som är omkring en femtedel av den svenska. Denna statistik gäller däremot inte mer kvalificerade yrken, däribland ingenjörer och högre tjänstemän men även mer komplicerade yrkestjänster är dyrare på den växande marknaden (Tenselius, 2018). I Kina kan i vissa fall arbetskostnaden för en högkvalificerad tjänsteman vara högre än i Sverige.

3.1.3 Hastighet

Med hastighet menas den tid det tar för en kund att få sin vara från det att de beställer den. I många fall är detta en stor konkurrensfördel och ger ett högre upplevt värde för kunderna (Slack et al., 2007). I praktiken innebär det att företaget snabbt kan erbjuda produkter till kunder när de efterfrågar det (Barnes, 2017). Hastighet kan internt innebära hur lång tid det tar att förflytta material och kommunicera information till personal inuti fabriken.

3.1.4 Pålitlighet

Att kunder får sin produkt när de blivit lovade är en aspekt som, över tid, kan vara den viktigaste aspekten (Slack et al., 2007). Det spelar ingen roll om en produkt är billig och bra om den levereras vid en helt annan tidpunkt än utlovat. Även internt är pålitlighet en av huvudaspekterna. Då handlar det om att komponenter levereras till rätt plats på rätt tidpunkt (Barnes, 2017). Pålitlighet sparar både tid och pengar (Slack et al., 2007). Det sparar tid genom att produktionen kan hållas igång om allt material finns tillgängligt när det behövs. Pålitlighet kan relateras till kostnader då det är dyrt om tiden används ineffektivt. Om rätt material inte finns i rätt station och produktionen skulle stanna så är det många kostnader som finns där ändå. Exempelvis löner och lokalhyra som måste betalas oavsett produktion eller inte.

Stabilitet är också något som kan komma genom pålitlighetsaspekten. Slack et al. (2007) beskriver att om det varit stor pålitlighet mellan alla delar i en verksamhet under en tid så kommer också högt förtroende mellan delarna att skapas. Allting kommer att vara mer förutsägbart och överraskningar kan således undvikas. Detta leder till att alla kan fokusera på sina arbetsuppgifter och utföra dessa så bra som möjligt. Om en operatör vid en monteringsstation exempelvis fått fel material behöver denne se till att ordna detta och avbryts därför från att utföra arbetsuppgifter som skapar värde för kunden.

3.1.5 Flexibilitet

Förmågan att kunna förändra verksamheten kallas flexibilitet. Enligt Barnes (2017) kan flexibilitet delas upp i fyra aspekter, förmågan att kunna:

- Ändra produktionsvolymen – kunna öka eller minska kvantiteten producerade produkter.
- Ändra produktionstiden – kunna öka eller minska tiden det tar att leverera en produkt.
- Erbjuda en bred variation av produkter – kunna producera olika sorters produkter.
- Utveckla och erbjuda nya produkter – kunna introducera helt nya eller förbättrade produkter.

Barnes (2017) beskriver att de tre första aspekterna är viktiga i marknader med volatil efterfrågan, exempelvis säsongsbaserad. Att ha stor flexibilitet kan generera stor kundnytta eftersom kundens behov i hög grad kan uppfyllas (Slack et al., 2007). Vidare beskriver Slack et al. (2007) att erbjuda en stor produktvariation normalt sett är kostsam. Oftast går det inte heller att producera i stora volymer. Det finns däremot undantagsfall, exempelvis datorföretaget Dell som erbjuder sina kunder att anpassa sin dator trots att Dell är det företag som producerar, volymmässigt, flest datorer i världen (Slack et al., 2007).

Även intern flexibilitet är något ett företag kan sträva efter att ha. Fördelen med detta är att responstiden kortas ned vilket gör att tid sparas. Den interna flexibiliteten är också starkt kopplat till den interna pålitligheten (Slack et al., 2007). Snabb respons och att tid sparas hör ihop. Med detta menas att om ett problem skulle uppstå någonstans, så kan detta lösas genom att rätt personal snabbt kan lösa de problem som uppstått. Detta utan att det skapar problem någon annanstans. Detta leder in till pålitlighetsaspekten som kan lösas genom att ha tillgänglig personal som snabbt som kan kallas in vid behov.

3.1.6 Förluster

Vid val av produktionssystem är det viktigt ta hänsyn till de sammanlagda förlusterna som uppkommer för de olika alternativen (Ellergård, Engström, Johansson, & Medbo, 1992). Några av de vanligaste förlusterna är:

- Balanseringsförluster
- Hanteringsförluster
- Systemförluster

Balanseringsförluster uppstår då det inte är möjligt att dela in arbetet i lika delar och fördela dem mellan stationerna. Tiden som beläggs med arbete kallas balanserad tid och tiden som stationen har på sig för monteringen kallas stationstid. Balanseringsförlusten är skillnaden mellan stationstid och balanserad tid.

Hanteringsförluster är den tid montören flyttar sig mellan olika platser och hanterar material och verktyg på arbetsstationen, det vill säga all tid som inte används för direkt montering. Ju kortare cykeltiderna är desto större andel av arbetet utgör hanteringsförlusterna.

Systemförluster grundar sig i den naturliga variationen i arbetstakt. Olika montörer arbetar olika snabbt och detta är inte direkt påverkbart utan kan endast påverkas indirekt genom monteringsanpassade konstruktioner eller elitarbetskraft (Ellergård, Engström, Johansson, & Medbo, 1992). Tid för kontroll, personlig fördelningstid och obelagd tid för ersättarpool, som resulterar i kostnader med anledning av produktionsutformningen, ingår också i systemförluster.

Vid korta arbetscykler blir hanterings- och balanseringsförlusterna stora men de båda förlusterna planar ut med stationstider på över åtta minuter.

3.2 Produktionslayout

Med layout menas den fysiska utformningen av en verksamhets resurser (Slack, Chambers, & Johnston, 2007). Vid val av layout är första steget att identifiera vilken processtyp som ska användas. Alla operationer består av processer. Processer i sin tur är sekvenser av aktiviteter som tillför värde i produktionen (Holweg, Davies, Meyer, Lawson, & Schmenner, 2018). Dessa sekvenser innefattar upptagande av tid, utrymme, kunskap eller andra resurser som bidrar till en förädling. Det finns ett oändligt antal processkonfigurationer som kan omvandla processens input till output (Holweg et al., 2018). Däremot är det bara en eller ett fåtal av dessa som passar in i en specifik situation med externa förutsättningar. Inom fordonsindustrin, som karakteriseras

av höga volymer och fåtal varianter, är massproduktion det givna valet (Rushton, Croucher, & Baker, 2016).

En viktig aspekt när det kommer till att utforma layouten är att göra det på ett sätt så att personalen kan utnyttjas effektivt. För att personalen ska kunna prestera bra krävs det att arbetsplatsen främjar personalens färdigheter och trivsel. Varierande arbetsuppgifter har visat sig öka arbetstillfredsställelsen och motivationen hos de anställda (Wang, Sowden, & Mileham, 2013). Genom att låta personalen arbeta med ett större antal uppgifter på olika ställen i fabriken istället för enstaka uppgifter på samma ställe i fabriken ökar även kommunikationen mellan de anställda samtidigt som trötthet och stress minskar. Vid manuell montering är människan viktigare än maskinen vilket gör att den mänskliga aspekten blir extra viktig i dessa fall (Wang, Sowden, & Mileham, 2013).

Generellt sett ska en bra layout skapa förutsättningar för att uppfylla ett antal kriterier. Dessa är (Slack et al., 2007):

- Inbyggd säkerhet: Alla operationer som utgör en fara ska vara oåtkomliga för obehöriga.
- Längden av flödet: I många fall är målet att ha ett så kort flöde som möjligt men det viktiga är att flödet är ändamålsenligt för produktionen.
- Flödets tydlighet: Alla typer av flöden ska vara tydligt utmärkta så att det blir lätt för personalen att ha koll på vad som ska vart. Genom att markera gångar och sätta upp skyltar minskar risken för att det blir fel.
- Arbetsförhållande: Layouten bör vara utformad på ett sätt så att personalen slipper vara i närheten av buller, lokalen ska vara välventilerad och upplyst för en trevlig arbetsmiljö.
- Ledningskoordinering: För att ledningen lätt ska kunna styra produktionen och nå ut till personalen krävs det att layouten gör detta möjligt. En otydlig och komplicerad layout gör det svårt för ledningen att ha koll på alla delar av produktionen.
- Användning av yta: Oftast är målet att använda så lite yta som möjligt samtidigt som produktionen inte missgynnas.
- Långsiktig flexibilitet: Layouten kan behöva ändras när behoven ändras, exempelvis om efterfrågan ökar kraftigt under en period. En genomtänkt layout har med framtida förändringsbehov i beräkningarna.

3.2.1 Monteringsline

En monteringsline är ett produktflöde där produkten förs genom de olika stationerna på en line.

Saif, Guan, Wang, Mirza, & Huang (2014) beskriver att en monteringsline kan delas in i två flödesrelaterade kategorier, driven eller odriven line. Med driven line menas att produkterna flyttas med teknisk hjälp. Detta kan ske genom att produkten antingen flyttas fram till nästa station vid en given tidpunkt eller så förflyttas den framåt kontinuerligt. Om en station skulle bli klar innan takttiden är över så uppstår väntan i den stationen. Om en station inte skulle bli klar innan takttiden är över så blir det stopp i alla föregående stationer samtidigt som nästkommande station inte får någon produkt, eller så markeras produkten för att sedan plockas ut och färdigställas (Ellergård, Engström, Johansson, & Medbo, 1992). Odriven line kan delas upp i två huvudkategorier (Saif et al., 2014). Synkroniserad och osynkroniserad odriven line.

Den synkroniserade linjen är likt den drivna linjen på det sätt att alla stationer flyttar produkten framåt i flödet samtidigt vid en given tidpunkt. Mellan dessa stationer används inga buffertar. I den osynkroniserade odrivna linjen förflyttas produkten framåt i flödet så fort operationerna har utförts i stationen. I ett sådant system kan varje station ha olika cykeltid och för att få ett fungerande flöde, utan onödig väntan, används oftast buffertar mellan varje station (Saif et al., 2014). Alltså kan stationstidsvariationer balanseras ut med hjälp av buffertar.

3.2.1.1 Seriell line

I en seriell linje går alla produkter genom alla stationer, se figur 3. I en seriell linje kan produkter inte produceras snabbare än den station med längst cykeltid (Saif et al., 2014). Även tiden det tar att transportera produkten mellan stationerna räknas med i cykeltiden vid odrivna system.

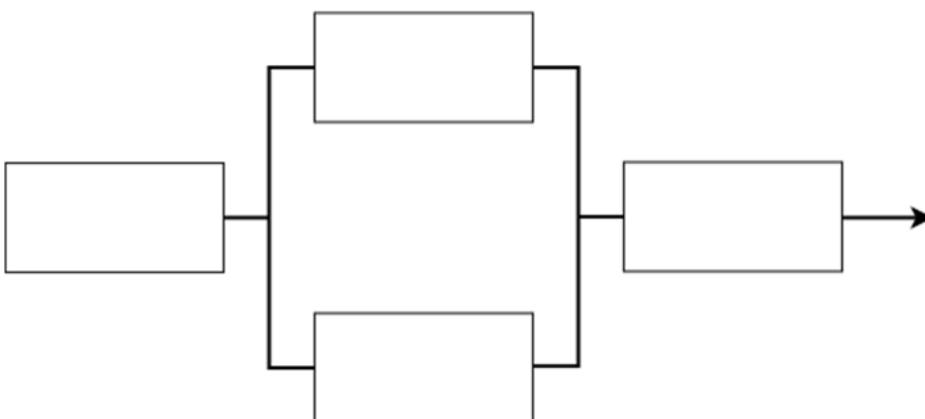


Figur 3. Illustration av seriell linje. Författarnas egen figur.

3.2.1.2 Semi-parallell line

Produktflödet har samma startstation, som sedan förgrenas för att bli både seriella och parallella stationer, se figur 4.

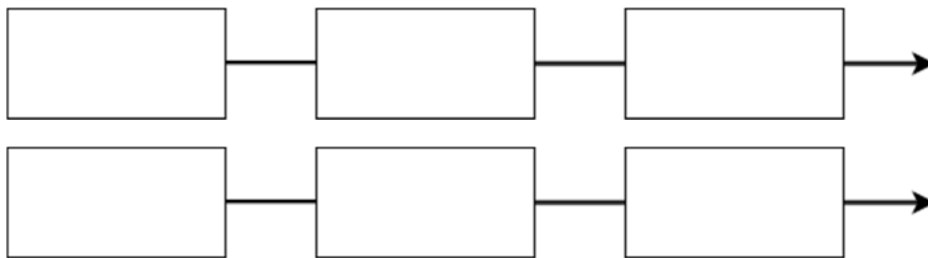
Ett semi-parallellt flöde är ett så kallat alternativt flöde, med detta menas ett flöde som skiljer sig från en seriell monteringslinje nämnt ovan (Johnsson, Medbo, & Engström, 2004). Denna typen av flöde används oftast om en station har väldigt lång cykeltid (Saif et al., 2014). Då kan två likadana stationer placeras parallellt med varandra. Detta görs för att korta ner flödets totala genomloppstid. Manuellt monteringsarbete kombinerat med stationer som kräver ett specialverktyg på en viss plats kan hindra användandet av helt parallella flöden. Fördelen med semi-parallella flöden är detta inte blir ett problem då stationerna både kan förgrenas för att sedan slås samman igen.



Figur 4. Illustration av semi-parallell linje. Författarnas egen figur.

3.2.1.3 Parallell line

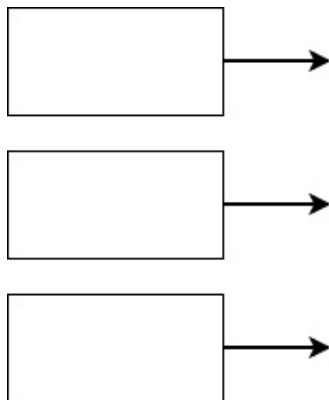
Med parallell line menas att två, eller fler, liner byggs parallellt, se figur 5. Med denna typ av layout är det enkelt att ändra produktionsvolymen då en line exempelvis kan producera mer, förslagsvis genom övertid, eller mindre genom att stängas ner helt eller minska volymen utan att påverka ett annat produktflöde (Johnsson et al., 2004; Slack et al., 2007). En annan fördel är att det blir möjligt att producera olika produktvarianter i de olika linerna och introducera produktförändringar. Ett parallellt flöde är med andra ord väldigt flexibelt (Johnsson et al., 2014). Ytterligare en fördel är att cykeltiden i varje station ökar desto mer parallellt ett flöde är, förutsatt att produktionsvolymen är densamma, vilket i sin tur leder till mindre repetitivt arbete för operatörerna (Slack et al., 2007).



Figur 5. Illustration av parallell line. Författarnas egen figur.

3.2.1.4 Helt parallelliserat flöde

Ett helt parallelliserat flöde innebär att det endast är en station i varje "line" och att hela produkten tillverkas på samma plats (Slack et al., 2007), se figur 6.



Figur 6. Illustration av helt parallelliserat flöde. Författarnas egen figur.

3.2.2 Aspekter kopplade till line

Nedan presenteras aspekter kopplade till de olika typerna av line-layouter, se tabell 1 för jämförelse.

3.2.2.1 Pålitlighet

En seriell line är väldigt störningskänslig (Slack et al., 2007). Med hjälp av buffertar kan störningskänsligheten minska då en buffert fungerar som en säkerhet om det skulle bli stopp i en station (Saif et al., 2014). Det finns däremot en viktig avvägning att göra. Buffertar binder kapital och kräver utrymme, speciellt om produkterna är skrymmande. Enligt Little's lag, som säger att ledtiden = produkter i arbete * taktid, blir ledtiden längre då det är fler produkter i

arbete. Pålitligheten ökas genom en ökad parallellisering (Slack et al., 2007). Detta på grund av att om det blir stopp i en line så kan de andra linerna fortsätta att producera, det blir således inte stopp i hela produktionen. Detta gäller även för semi-parallella liner om det blir stopp i en av de parallella stationerna.

3.2.2.2 Kostnader

En fördel med en seriell line är att kostnaderna tenderar till att bli lägre än vid andra layout-typer. Personalkostnaderna minskar då behovet av personal till att flytta material och verktyg mellan olika plaster reduceras kraftigt då det mesta av arbetet sker på linan (Slomp & Bokhorst, 2014). Liner med korta cykeltider ökar hanterings-, system- och balanseringförluster vilket leder till ökade kostnader. I och med att parallellisering ökar cykeltiden minskar dessa förlusterna, vilket i sin tur minskar kostnaderna för förlusterna (Ellergård, Engström, Johansson, & Medbo, 1992). Däremot kräver parallella liner dubbla uppsättningar av verktyg och maskiner vilket ökar kostnaderna (Slack et al., 2007). Transportkostnaderna är låga i och med att materialförflyttningen är minimal. Det är möjligt att kostnader för materialspill minskar vid en line med anledning av att personalen känner sig mer ansvarig för sin station (Slomp & Bokhorst, 2014).

3.2.2.3 Hastighet

Den höga hastigheten som uppnås på en line är vanligtvis ett resultat av att materialet snabbt kan förflyttas mellan stationerna, vilket förklaras av Little's lag då produkterna i arbete minskar. En line har i och med detta låg genomloppstid (Farrokh, 2017). Buffertar gör däremot att ledtiden blir längre, ju större buffertar desto längre ledtid (Jonsson & Mattsson, 2016).

3.2.2.4 Kvalitet

Arbetet på en seriell line tenderar till att bli väldigt upprepande (Slack et al., 2007). Montering som innebär repetitivt- och utmattande arbete kan leda till försämrade prestationer som ökar risken för fel i produktionen (Ivarsson & Eek, 2016). Förutsatt att produktionsvolymen är densamma så ökar variationen i arbetet desto mer parallellt ett flöde är. Detta då varje station har större arbetsinnehåll. Även om arbetet på en seriell line är repetitivt är det enklare att styra och kontrollera materialet, produkterna och kvaliteten (Liker & Meier, 2006; Slack et al., 2007). Varierande arbetsuppgifter är svåra att standardisera men då arbetet på en line ofta är enformigt är arbetet enkelt att standardisera (Liker & Meier, 2006). Standardiserat arbete är i sin tur enklare att kvalitetssäkra och förbättra då det krävs en standard att utgå ifrån för att kunna förbättra.

3.2.2.5 Flexibilitet

Den globaliserade marknaden har lett till att produktion idag är mer inriktad på att tillverka olika varianter av produkter i mindre partier istället för samma produkt i stora partier. En traditionell line är inte tillräckligt flexibel för att möta dagens marknad där ett brett utbud av olika varianter är en stor konkurrensfördel (Mukattash, Tahboub, & Adil, 2018). Bellgran & Säfsten (2010) menar att seriell line med kortare cykeltid ökar flexibiliteten något då det går snabbare att lära sig arbetsmomenten, detta ökar också pålitligheten. Slack et al. (2007) menar att en seriell line kan innebära låg flexibilitet. Däremot ökar både volymflexibiliteten och

flexibilitet inom antal produktvarianter desto mer parallellt flödet blir. Detta på grund av att olika parallella liner kan producera olika produktvarianter i olika volymer (Slack et al., 2007).

3.2.2.6 Förluster

Ett stort problem är att balansera en monteringsline, speciellt vid manuellt arbete då tiden det tar att utföra operationer inte är fast (Saif et al., 2014). Detta leder till systemförluster som grundar sig i montörernas tidsvariation att utföra ett arbete. Vid odrivna liner uppstår systemförlusterna när föregående stationerna på linen behöver mer tid än beräknat eller när den efterföljande stationen inte är klar när takttiden passerat. På drivna liner uppstår systemförluster när arbetet blir klart innan eller efter takttiden (Ellergård, Engström, Johansson, & Medbo, 1992). Ökad parallellisering av flöden leder till minskade balanserings-, hanterings-, och systemförluster vilket leder till ökad produktivitet, vid helt parallellt flöde minskar dessa drastiskt (Ellergård et al., 1992). Osäkerhetsfaktorer som Saif et al. (2014) tar upp är bland annat inlärningskurvan som visar att ju mer erfarenhet en person har, desto snabbare utför personen uppgiften. Denna kurva är individuell. Några osäkerhetsfaktorer kan bero på defekt material eller maskinhaveri men de andra faktorerna är främst relaterade till arbetaren som person. Bland annat motivation, noggrannhet, arbetshastighet samt trötthet påverkar tidsåtgången vid utförande av en viss uppgift (Saif et al., 2014). Denna tidsvariation leder till systemförluster.

3.2.3 Aspekter och layout-typer.

Nedan jämförs aspekterna med de olika layout-typerna. Kvalitet utelämnas då det beror mer på organisering av arbetet än layout.

Tabell 1. Layout-typer kopplade till prestationsmått. Författarnas egen tabell.

Layout-typ	Hastighet	Flexibilitet	Pålitlighet	Förluster	Kostnader
Seriell line	Väldig hög tack vare få produkter i arbete.	Väldigt låg.	Väldigt låg. Kan öka med hjälp av buffertar.	Stora, speciellt vid kort cykeltid.	Kostnaderna för förluster blir högre vid kortare cykeltid. Låga verktygskostnader då endast en uppsättning krävs.
Semi-parallell line	Väldigt hög tack vare få produkter i arbete.	Väldigt låg.	Något högre än seriell line.	Något mindre än vid seriell line.	Låga. Kan bli högre om flera uppsättningar av dyra verktyg/maskiner behövs.
Parallell line	Väldigt hög tack vare få produkter i arbete.	Hög.	Medelhög. Om en line stoppar kan de andra fortsätta att producera.	Förlusterna försvinner vid helt parallellt flöde.	Om dyra verktyg krävs för monteringen ökar kostnaden för dessa desto mer parallelliserad linen är. Kostnaderna för förlusterna minskar.

3.3 Organisering av arbete

Nedan beskrivs hur arbetet i ett produktionssystem kan organiseras.

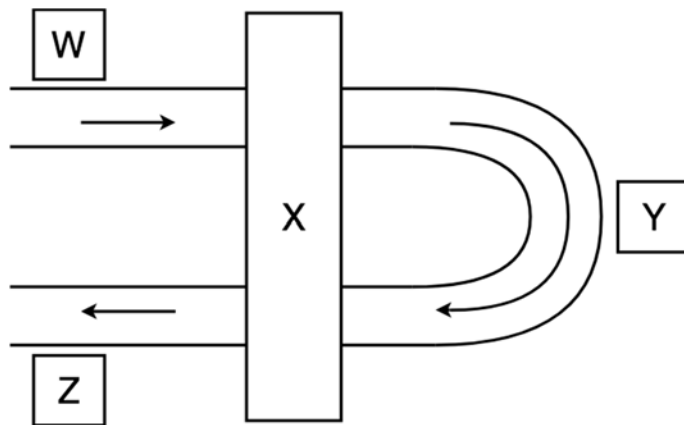
3.3.1 Monteringsceller

Celler är ett resultat av modifierade monteringslinor (Aghazadeh, Hafeznezami, Najjar, & Huq, 2011). Två eller flera parallella linor kan ses som celler då de är oberoende av varandra. Monteringsceller har blivit mer och mer populära tack vare sina fördelar jämfört med traditionella linor. En cell är uppbyggd av stationer som grupperas på ett sätt som främjar arbetet för en eller flera arbetare. Varje cell är fristående och är inte beroende av de andra cellerna, till skillnad från exempelvis en line-layout som är beroende av stationen innan och efter. (Miyake, 2006).

Cellerna kan se olika ut beroende på vad som tillverkas. Det finns ett antal olika upplägg för celler, tre av dessa är stall, flyttbar arbetsbänk och rak line. Den första typen, stall, innebär att en person arbetar vid en fast arbetsplats, exempelvis när en person står vid en bänk och monterar en produkt. Flyttbar arbetsbänk innebär att en bänk förflyttas av montören mellan olika monteringssekvenser inuti cellen. I en rak line förflyttar sig personalen mellan ett antal stationer innan produkten skickas vidare till nästa person i linan. Vid mer multifunktionellt arbete som kräver mer uppsyn organiseras cellen ofta i en U-form (Miyake, 2006). Inom dessa kan antalet arbetare och hur de roterar variera. Antingen kan en person gå mellan de olika stationerna i cellen och sköta tillverkningen på egen hand eller arbetar ett flertal personer i samma cell. Dessa personer kan rotera mellan stationerna på så olika sätt, exempelvis genom att varje person har ansvar över ett antal stationer eller att de går efter varandra och alla är delaktiga i alla stationer (Miyake, 2006).

3.3.2 U-format cell

U-format flöde är utformat som ett U. Detta gör att vissa stationer kan gå tvärs över flödet, se figur 7. Detta kan vara fördelaktigt om en produkt kräver att den ska gå tillbaka till en station efter att ha passerat en eller flera andra (Saif et al., 2014). Exempelvis kanske en produkt måste gå genom stationer där det i ett seriellt flöde hade sett ut $W \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow X \rightarrow Z$. Detta betyder att det hade krävts två likadana stationer X vilket kan vara kostsamt. I ett U-format flöde räcker det med en station X, se figur 7.



Figur 7. Illustration av U-formad cell. Författarnas egen figur.

Det är inte enbart färre antal stationer som gör denna layout är fördelaktig. Saif et al. (2014) hävdar att U-formade monteringsband med buffertar är mindre störningskänsliga än ett seriellt flöde med buffertar. Detta beror, enligt Saif et al. (2014), troligtvis på att det får plats mer i buffertarna som är vid stationen där vändningen sker.

3.3.3 Samarbete i celler

Sengupta & Jacobs (2004) jämför en traditionell monteringsline med två olika sorters monteringsceller. Dessa monteringsceller är *Serial, Single Task (SST)* samt *Parallel, Single Task (PST)*. SST kan förklaras så att exempelvis två stationer grupperas som en cell, till skillnad från traditionell monteringsline där varje arbetare ansvarar för sin station. De arbetar fortfarande med sin uppgift, och gör detta efter varandra, men har i detta fall möjlighet att hjälpa varandra. Detta minskar tiden det tar att producera enheten och genomloppstiden blir därför kortare än på en monteringsline (Sengupta & Jacobs, 2004). I celler av typen PST utför montörerna sina uppgifter samtidigt och fungerar därför inte om produkten kräver att en operation utförs före en annan. Det är också svårt att arbeta med PST om produkten är väldigt liten. I en analys Sengupta & Jacobs (2004) gjorde framkom att arbetarnas utnyttjandegrad vid line, SST och PST var 51,47%, 63,65% respektive 66,67%. Anledningen att SST var så pass mycket högre än vid line var på grund av att arbetarna inom samma cell hjälpte varandra. Att utnyttjandegraden vid PST var så pass hög kan förklaras genom att monteringsstidsvariationerna blir bättre fördelade (Sengupta & Jacobs, 2004). Vidare beskrivs att line och cell är likvärdiga när det finns få produktvarianter och korta uppstartstider.

3.3.4 Aspekter kopplade till celler

Nedan kopplas de aspekter vilka har en inverkan vid en cell-layout.

3.3.4.1 Kostnader

Det krävs att varje enskild cell har varsin uppsättning av alla verktyg, detta kan därför leda till högre kostnader. En studie från USA visar på att företag som implementerat cell-layout fått högre verktygskostnader (Slomp & Bokhorst, 2014). Slack et al. (2007) beskriver att det kan bli kostsamt att ordna om inuti en cell. Cell-layouten kan kräva större utrymme vilket också kan leda till högre kostnader än på en line (Slack et al., 2007). Däremot hävdar Aghazadeh et al.

(2007) att det inte behövs lika många personer som arbetar i en cell som på en traditionell line, vilket minskar personalkostnaderna.

3.3.4.2 Hastighet

En studie av Slomp & Bokhorst (2014) har visat sig att antalet produkter i arbete har minskat hos ett företag som implementerat cell-layout jämfört med deras tidigare line-layout (Slomp & Bokhorst, 2014). Enligt Little's lag minskar då också ledtiden. Enligt Sengupta & Jacobs (2004) kan ett snabbare flöde också bero på att det finns större möjligheter för arbetarna att hjälpa varandra i en cell jämfört med traditionell line-layout.

3.3.4.3 Kvalitet

Uppgiftens identitet och uppgiftens betydelse är hög i en cell då all personal är med från början till slut. En cell-layout bidrar också till att personalen känner att de får använda fler av sina kompetenser samt att de får snabbare feedback på sina prestationer (Huber & Hyver, 1985). Även kvaliteten på produkterna kan bli högre i en cell än vid en traditionell line eftersom det krävs att personalen i en cell har högre kunskap och ansvar för tillverkningen (Aghazadeh, Hafeznezami, Najjar, & Huq, 2011).

3.3.4.4 Flexibilitet

När nya produkter eller varianter av befintliga produkter ska tillverkas i en cell kan det innebära att material och verktyg inte längre behövs eller att nya material och verktyg behöver läggas till. Flexibilitet innefattande produktförändringar är väldigt hög i en cell om den nya produkten kan relateras till en redan existerande produkt och att produktförändringen inte kräver några layoutförändringar (Slomp & Bokhorst, 2014). Detta då produkterna i en cell tillhör samma produktfamilj (Goldengorin, Krushinsky, & Pardalos, 2013). För att ytterligare öka flexibiliteten kan celler byggas upp på ett sätt som minimerar antalet specialdelar och delar som kräver bearbetning utanför cellen (Mukattash, Tahboub, & Adil, 2018).

3.3.4.5 Pålitlighet

En cell är inte beroende av att de andra cellerna är i drift (Miyake, 2006). Ett stopp i en cell påverkar således inte de andra cellerna.

3.3.4.6 Förluster

Som nämnt ovan visade det sig att balanseringsförlusterna minskade i celler där arbetarna kunde hjälpa varandra på grund av att monteringsstidsvariationerna minskade (Sengupta & Jacobs, 2004). U-formade celler med en operatör minskar hanteringsförlusterna då operatören inte behöver gå lika långt när denne ska tillbaka till cellens första station (Saif et al., 2014). Systemförluster uppkommer som nämnts tidigare när de andra stationerna i produktionen inte förhåller sig till taktiden (Ellergård et al., 1992). Eftersom en cell inte är beroende av de andra cellerna på samma sätt som stationerna i en line är systemförlusterna lägre i en cell.

3.4 Materialförsörjning

Den interna hanteringen och förflyttningen av materialet kallas för materialförsörjning (Jonsson & Mattsson, 2016) Materialflödet är en viktig faktor när ett tillverkningssystem ska utformas

(Tanchoco, 1994). Hur väl ett materialförsörjningssystem fungerar beror på förhållandet mellan vilka komponenter det handlar om och hur produktionssystemet ser ut. Även om ett materialförsörjningssystem är välfungerande i sig kan det leda till negativa konsekvenser om systemet inte är lämpat för hur produktionen ser ut.

Ett effektivt materialflöde leder till lägre kostnader och ökad produktivitet. I en monteringsanläggning är de viktigaste materialaktiviteterna att ta emot och tillfälligt lagra material för att sedan flytta det till monteringsplasten (Ellis, Meller, Wilck, Parikh, & Marchand, 2010). Antal ställen att hämta och lämna material, hur frekventa flödena är och vilken typ av material som avses påverkar systemet för materialförsörjningen.

3.4.1 Kontinuerlig försörjning

Kontinuerlig försörjning går ut på att samtliga artiklar ständigt exponeras på monteringsstationen, vilket kräver stora ytor (Caputo et al., 2017).

Caputo et al. (2017) beskriver att kontinuerlig försörjning är fördelaktigt när:

- Artikelkostnaden är låg
- Artikelstorleken är liten
- Det finns stort utrymme vid arbetsstationerna
- Endast en modell produceras

Anledningen till att kontinuerlig försörjning är fördelaktigt när artikelkostnaden är låg är för att det inte binder så mycket kapital att köpa in större kvantiteter. Eftersom allt material ska vara tillgängligt vid monteringsstationen krävs det stort utrymme, desto fler modeller, ju mer material. Därför är kontinuerlig försörjning mer fördelaktigt vid produktion av enbart en eller få modeller. Liten artikelstorlek är fördelaktigt vid kontinuerlig försörjning då stora artiklar tar mer plats. Artikelbehållarnas storlek baseras på den dagliga förbrukningen, leverantörsledtid, leverantörsförpackningsstorlek, säkerhetslager och hur ofta behållarna byts ut (Hua & Johnson, 2010).

3.4.2 Kittning

Kittning innebär att materialet levereras till tillverkningen som ett kit, denna princip kallas också för satsning (Jonsson & Mattsson, 2016). Allt material som behövs för en operation levereras alltså samtidigt. Kittning kan leda till höga arbetskostnader på grund av att det kan vara tidskrävande att förbereda varje kit (Caputo, Pelagagge, & Salini, 2017). Andra studier visar att denna tid sparas in av operatören vid monteringen (Hanson, Medbo, & Medbo, 2012).

Kittning är fördelaktigt när (Caputo et al., 2017):

- Artikelkostnaden är hög
- Artikelstorleken är stor
- Utrymmet vid stationen är begränsat
- Flera modeller produceras

Till skillnad från kontinuerlig försörjning är kit fördelaktigt där artikelkostnaderna är höga då inte allt material exponeras hela tiden, planeringen är bättre samt att artiklarna ligger mer skyddade i ett kit. Även artikelstorlek och stationsutrymmet har att göra med att endast det material som ska användas för operationen exponeras, det krävs inte lika stor plats som kontinuerlig försörjning. Kit är fördelaktigt när ett flertal modeller produceras då det är enklare för montören att ta rätt material för monteringen då endast det materialet som ska användas exponeras. Det går att dela in kiten i två varianter. Dels stationära kit, som levereras till en specifik station, samt dels medföljande kit, som följer med produkten och levererar material till flera stationer (Limère, Landeghem, Goetschalckx, Aghezzaf, & McGinnis, 2012).

Brynzér (1995) presenterar ett antal fördelar med kittning, några av dessa är:

- Komponenterna i kittet kan organiseras på ett sätt som minskar risken för fel
- Det blir lätt att se om något saknas
- Komponenter av högt värde kan hanteras på ett säkrare sätt, minskad skaderisk
- Det är enkelt att säkerställa att alla artiklar finns tillgängliga, underlättar planering
- Yta i produktionen frigörs från onödigt material

Kittning är mer fördelaktigt än kontinuerlig försörjning vid parallella flöden (Medbo, 2003). Detta på grund av att administrationen som krävs för att styra materialförsörjningen är komplicerad om allt material ska finnas tillgängligt vid alla stationer. Detta kräver även stort utrymme.

Kit förbrukas i takt med takttiden vilket gör att den interna materialhanteringen kan underlättas (Limère, Landeghem, Goetschalckx, Aghezzaf, & McGinnis, 2012). Detta då planeringen för påfyllnad av material blir enkel.

3.4.3 Batchning

Batchning innebär att utvalda artiklar som beräknas förbrukas inom en viss tid förs fram till platsen där materialet ska förbrukas. Batchning relateras till både lagringsprincip och plockningsprincip. Kit som plockats ihop i batcher på ett genomtänkt sätt har visat sig reducera transporter och tiden för plockningen. (Brynzér & Johansson, 1995). Detta bekräftat även en studie som gjorts inom fordonsindustrin där tiden för hopplockningen minskade (Hanson, Medbo, & Johansson, 2015). Samtidigt menar studien av Hanson et al. (2015) att om kit som ser olika ut ska plockas ihop samtidigt för att sedan skickas ut i en batch krävs det att informationen om hur de olika kiten ska se ut är väldigt tydlig och att den alltid finns på den plats där kiten sätts ihop. Det kan alltså vara svårare att kvalitetssäkra kiten, särskilt när kiten ser olika ut, när batchning används jämfört med när ett kit i taget sätts ihop (Brynzér & Johansson, 1995)

3.4.4 Materialförsörjning kopplat till aspekter

Nedan jämförs kit och kontinuerlig försörjning med avseende på aspekter, se tabell 2 för jämförelse. Batchning tas inte med i jämförelsen då det som nämnts ovan även är en plockningsprincip.

3.4.4.1 Kvalitet och pålitlighet

Kittning kan leda till högre produktkvalitet än vid kontinuerlig försörjning eftersom montören inte behöver koncentrera sig på vilka delar som ska monteras utan endast hur de givna delarna ska monteras ihop (Hanson & Brolin, 2013). Det blir alltså visuellt tydligt om montören glömt att montera en viss del vilket också ökar kvaliteten. Det krävs däremot att själva kätten är av hög kvalitet och att inga delar saknas eller är fel. Felaktiga kit kan medföra att delar tas från andra kit som då också blir felaktiga. Hanson & Brolin (2013) utförde en fallstudie på två företag där de observerade och intervjuade personer inom svensk bilindustri för att studera effekterna av användningen av kontinuerlig försörjning respektive kit. Det framkom från fallstudien att kvaliteten på produkterna inte nödvändigtvis behöver bli högre vid kit än vid kontinuerlig försörjning. Detta berodde dock på att kätten hos ett av företagen var ostrukturerad vilket ledde till fel i produktionen. En förklaring till defekta komponenter kan vara att operatören måste bära på material och verktyg för att kunna montera, vilket ökar risken för att stöta emot föremål som kan ta skada (Ivarsson & Eek, 2016). Kit är då mer fördelaktigt än kontinuerlig försörjning i och med att allt material kommer samlat i ett skyddat kit.

3.4.4.2 Användarvänlighet och förluster

Välstrukturerade kit stödjer monteringen och kan fungera som arbetsbeskrivning. Om kittet är utformat på ett logiskt sätt som är anpassat till monteringen kan det underlätta inläringen (Hanson & Brolin, 2013). Kortare inläring minskar variation i arbetet och därmed systemförlusterna. Vid kit exponeras endast den mängd artiklar som krävs för den givna monteringsprocessen. Detta kan jämföras med kontinuerlig försörjning där alla artiklar som ska användas i stationen exponeras i en större mängd. I ett välstrukturerat kit slipper montören att leta efter delar samt räkna antalet. Kit kan också ofta placeras närmare själva monteringen, vilket minskar tiden för att gå att hämta delar. Detta minskar således hanteringsförlusterna. I Hanson & Brolins (2013) fallstudie nämnt ovan framkom det att montörerna hos företaget med välstrukturerade kit uppskattade att få materialet levererat i kit med motiveringen att det underlättade deras arbete och att fokus på huvudsakliga uppgifter blev bättre. Vid användandet av kontinuerlig försörjning kan däremot hjälpmedel användas för att underlätta användarvänligheten, exempelvis lampor som tänds vid allt material som ska plockas (Hanson, Medbo, & Medbo, 2012).

3.4.4.3 Flexibilitet

Kittning betraktas som en mer flexibel materialförsörjningsprincip än kontinuerlig försörjning (Bozer & McGinnis, 1992). Kontinuerlig försörjning är mindre flexibelt då större utrymme krävs samt att stora volymer material behöver flyttas vid ändringar i produktionen. Med kittning blir materialförsörjningen inte ett problem vid produktförändringar då det inte finns större volymer med material som behöver flyttas eftersom kätten endast består av material för en produkt åt gången (Hanson & Brolin, 2013). Fallstudien bekräftar en ökad flexibilitet tack vare kit. Det ena företaget fick enklare att ombalansera deras line och flytta arbetsuppgifter mellan olika stationer i och med att de inte längre tvingades flytta på otympliga materialställ. Däremot begränsades denna flexibiliteten av stationsspecifika kit med fack för bestämda delar som användes i det andra företaget, detta då kätten behövde designas om för att kunna användas vid en annan station.

3.4.4.4 Ytbehov och lagernivå

Hanson & Brolin (2013) presenterar studier som tyder på att kit generellt kräver mindre yta än kontinuerlig materialförsörjning vid monteringsstationerna samtidigt som det kan kräva mer yta på andra ställen där kätten plockas ihop. I situationer där samma delar används på ett flertal ställen i fabriken kan kit vara fördelaktigt ut lagersynpunkt då delarna endast behöver lagras på ett ställe. Fallstudien visar på att båda företagen flyttade ytbehovet från monteringslinan till ett annat område där kätten plockas ihop vilket bekräftar teorin. Vidare skriver Hanson & Brolin (2013) att lagernivån hos företagen i fallstudien ökade eftersom hopplockningen av kätten innebar ytterligare ett steg i materialhanteringen, däremot hade inget av företagen som motiv att minska lagerhållningen.

3.4.4.5 Ergonomi

Enligt Limére et al. (2012) kan kit som placeras i väl designade materialställ förbättra ergonomin. Detta baseras på en studie av Finnsgård, Wänström, Medbo, & Neumann (2011) där de jämförde plockning av material från pall jämfört med material i mindre behållare i rätt höjd. Det framkom att skadliga rörelser minskade med 92% när materialet presenterades som kit jämfört med kontinuerlig försörjning som företaget hade innan (Finnsgård et al., 2011).

3.4.5 Materialförsörjningsprincip och aspekter

Nedan jämförs aspekterna med de utvalda materialförsörjningsprinciperna.

Tabell 2. Materialförsörjningsprinciper kopplade till prestationsmått. Författarnas egen tabell.

Material-försörjnings-princip	Kvalitet och pålitlighet	Användar-vänlighet och förluster	Flexibilitet	Ytbehov och lagernivå	Ergonomi
Kittning	Kan bli hög kvalitet vid välstrukturerade kit. Fördel att materialet kommer skyddat.	Väldigt hög användarvänlighet Speciellt om kittet är utformat på ett bra sätt. Systemförlusterna kan minska, underlättar inlärning och minskar variation. Hanteringsförluster minskar vid kit nära monteringen.	Väldigt förändrings-flexibelt.	Kräver mindre yta vid monterings-stationerna. Kräver dock mer yta där kätten förbereds.	Enklare att få till god ergonomi med material i rätt höjd då alla artiklar är i samma behållare.
Kontinuerlig försörjning	Finns risk att montören tar fel material, detta då allt material exponeras samtidigt.	Låg användarvänlighet. Kan öka med hjälp av exempelvis lampor vid materialet som ska plockas. Kan leda till ökade systemförluster, svårare för montörerna att lära sig att hitta. Hanteringsförluster kan öka p.g.a. långa avstånd.	Inte lika förändrings-flexibelt.	Kräver större yta vid monterings-stationerna.	Svårare att ha allt material i rätt höjd för god ergonomi p.g.a. stora mängder material.

3.5 Materialstyrning

Syftet med materialstyrning är att initiera materialflödet och tillfredsställa behovet av material med utgångspunkt från tillverknings- och inköpsorder. Detta görs genom att, för varje artikel, fastställa kvantiteter och tidpunkter för leverans av materialet på ett så effektivt sätt som möjligt (Jonsson & Mattsson, 2016). Kapitalbindning, leveransservice och resursutnyttjande är viktiga aspekter som verksamheten bör ta hänsyn till vid materialstyrning. Principiellt handlar materialförsörjning om:

- Avgöra för vilka artiklar ordern ska planeras in
- Hur stor kvantitet av varje artikel
- När ordern för varje artikel ska skickas till leverantör samt när den ska användas i den egna produktionen
- När artiklarna i ordern ska levereras till lager, produktionen eller kunden

Det är viktigt att skilja på oberoende och härledd efterfrågan. Oberoende efterfrågan innebär artiklar som inte är beroende av andra artiklar. Härledd efterfrågan är de artiklar som är beroende av andra artiklar, i detta fall kan efterfrågan på den härledda artikeln beräknas utifrån den överordnande artikeln (Jonsson & Mattsson, 2016).

3.5.1 Materialstyrningsmetoder

För att upprätthålla balansen mellan tillgångar och behov kan nya tillverknings- och inköpsorder planeras in på ett antal olika sätt. Dessa metoder avgör när exempelvis när inleverans av material till produktionen ska ske.

3.5.1.1 Beställningspunktssystem

Denna metod bygger på en jämförelse mellan tillgängligt material och en referenspunkt kallad beställningspunkt. När materialkvantiteten underskrider beställningspunkten ska nytt material beställas. Kvantitetens som avser beställningspunkten motsvarar förväntad efterfrågan under ledtiden, denna kvantitet bestäms utifrån förbrukningstakt, prognoser eller nedbrutna produktionsplaner (Jonsson & Mattsson, 2016). Ett säkerhetslager av material finns för att minska risken för materialbrist på samma sätt som buffertar används i produktionen. Se ekvation (1).

$$BP = SL + E \times LT \quad (1)$$

BP= Beställningspunkt

SL= Säkerhetslager

E= Efterfrågan per period

LT= Ledtidens längd i antal perioder

3.5.1.2 Direktavropsmetoder – Kanban

Direktavropsmetoder innebär att materialbehovet som uppstår på en station initierar en leverans från materialförsörjande enhet. Beroende på hur stort säkerhetslagret är vid stationen varierar graden av hur långt efter materialbehovet det nya materialet måste komma fram till stationen. Kanban är den mest kända direktavropsmetoden som grundades av Toyota i Japan (Jonsson &

Mattsson, 2016). Kanban är en del av Just in time, som grundar sig i att producera och leverera varor i rätt mängd vid precis den tidpunkt de behövs (Gupta, Perry, & Al-Turki, 1999).

Traditionell kanban baseras på fysisk och visuell initiering av nya order som sker med någon form av kanbankort. Tillverkningskanban beordrar tillverkning medan transportkanban beordrar förflyttning och eller transporter. Inom enkortskanban beordras både tillverkning och transport på samma kort. Metodiken bygger på att det finns ett begränsat antal kanbankort i omlopp. Alla lastbärare måste innehålla en standardkvantitet som är förbestämd, denna kvantitet ska finnas angiven på kortet. Alla lastbärare måste vara försedda med varsitt kanbankort. Alla lastbärare måste vara försedda med varsitt kanbankort. Antalet kort beräknas genom att ta hänsyn till aktuella ledtider för återanskaffningstid och säkerhetslager. Idealt är om tillverkningskvantiteten och transportkvantiteten stämmer helt överens med lastbärarens kvantitet och det som står på kanbankortet. Kanban kan också baseras på administrativ initiering där avropen skickas digitalt via ett affärssystem (Jonsson & Mattsson, 2016).

Enligt Hua & Johnson (2010) skulle kanban kunna fungera ihop med både kittning och kontinuerlig försörjning men författarna identifierar att det finns brist på forskning inom området.

De flesta japanska företag har implementerat kanban eftersom det har visat sig reducera kostnader för överproduktion och kassation, utvecklat flexibla stationer och minskat logistiska väntetider (Rahman, Sharif, & Esa, 2013).

3.5.1.3 Materialbehovsplanering - MRP

Till skillnad från beställningspunktssystem och kanban som bygger på att nya order planeras in när det skett en förbrukning, bygger MRP istället på när i tiden nettobehov av material uppstår. Tidpunkten för inleverans av material sker utifrån beräkningar av när lagertillgången blir negativ. MRP kan användas för både oberoende och härledda artiklar. Vid oberoende artiklar kan metoden benämnas som tidsfasad beställningspunkt. För härledda artiklar behöver en nedbrytning av produktstrukturen göras. I detta fall utgår materialbehovsplaneringen av en produktionsplan där det framkommer när och i vilka kvantiteter artiklarna förbrukas. Från produktionsplanen bryts behoven av material ner till olika strukturnivåer. Dessa behov ställs mot redan planerade inleveranser och för att täcka resterande behov planeras nya order in (Jonsson & Mattsson, 2016).

Det saknas forskning som visar på vilka faktorer som avgör om MRP kan användas vid kittning och kontinuerlig försörjning vilket identifierades redan 2010 av Hua & Johnson (2010).

3.6 Förmontering

Produktionen kan organiseras på så sätt att det finns ett huvudflöde med stationer där den största delen av materialet sätts ihop och produkten färdigställs, men att det även finns ett antal förmonteringsstationer vid sidan av huvudflödet (Thomopoulos, 2014). I förmonteringsstationerna färdigställs komponenter som flyttats ut från huvudflödet. Dessa komponenter monteras sedan ihop med produkten på huvudflödet när de är förmonterade.

4. Analys

I detta avsnitt analyseras Clean Motions förutsättningar. Denna analys i kombination med teorin ligger till grund för svar på frågorna ”Hur väljs en lämplig produktionslayout?” och ”Hur bör valet av principer gällande intern materialförsörjning se ut”.

4.1 Analys av teori

Nedan sammanställs teori angående layout-typ och materialförsörjning för att sedan ställas mot aspekterna.

4.1.1 Monteringsline

Teori gällande seriell line, semi-parallell line samt parallell line sammanställs nedan, se tabell 3 för en förenklad koppling till aspekterna.

4.1.1.1 Seriell line

En seriell line styrs av den stationen med längst taktid. Den är också väldigt störningskänslig vilket gör att pålitligheten minskar, detta beror på att alla stationerna är beroende av varandra. Kostnaderna för en seriell line är däremot låga dels på grund av att personalkostnaderna samt transportkostnaderna minskar. Vid liner med lite i buffert blir det få produkter i arbete vilket leder till hög hastighet. Repetitivt arbete kan leda till försämrad kvalitet. Liner med korta cykeltider leder till ökade förluster men samtidigt hävdar Bellgran & Säfsten (2010) att en line med korta cykeltider ökar flexibiliteten något. Detta då det är enklare att ta in och lära upp ny personal. Denna flexibilitetsökning är däremot inte särskilt betydande då en line har väldigt låg flexibilitet.

4.1.1.2 Semi-parallell line

Den största fördelen med en semi-parallell line är att stationer med lång cykeltid kan läggas parallellt med varandra. Detta gör att den totala genomloppstiden kortas ner då de parallelliseringen minskar flaskhalsen. En annan fördel är att flödet slås samman igen efter stationsparallellisering vilket gör att det räcker att ha stationer som innehåller dyra specialverktyg på ett ställe. Pålitligheten ökar något då flödet inte stannar helt vid ett stopp i någon av de stationer som är parallella. I övrigt är semi-parallell line väldigt lik en seriell line.

4.1.1.3 Parallell line

En parallell line ökar produktionens flexibilitet genom att det blir enklare att ändra produktionsvolymen då ett produktflöde kan producera mer utan att påverka ett annat. Det går även att producera olika varianter i olika flöden. Kostnaderna ökar eftersom det krävs lika många uppsättningar av verktyg och maskiner som antal parallella liner. Samtliga förluster minskar.

Tabell 3. Layoutvalets påverkan på olika aspekter. Författarnas egen tabell.

Layout-typ	Hastighet	Flexibilitet	Pålitlighet	Förluster	Kostnader
Seriell line	++	--	--	--	++
Semi-parallell line	++	-	-	-	+
Parallell line	++	++	+-	++	+-

4.1.2 Materialförsörjning

Kittning är ur flera perspektiv en bra materialförsörjningsprincip, förutsatt att kittet är välstrukturerat och korrekt. Kvaliteten på produkterna kan öka vid användning av kit eftersom montörerna kan fokusera på själva monteringen och inte på att leta upp material. Kitten kan dessutom fungera som en arbetsbeskrivning vilket ökar användarvänligheten jämfört med kontinuerlig försörjning där montören själv tvingas plocka ihop materialet. Kontinuerlig försörjning är dessutom mindre flexibel än kit. Detta då stora mängder material måste flyttas när ändringar i produktionen sker, till exempel vid ombalansering. Fördelen med kontinuerlig försörjning är däremot att risken för att material saknas minskar. Felaktiga kit kan medföra att montören inte slutföra sin uppgift utan måste kalla på hjälp. Ytbehovet råder det delade meningar om. Vissa studier menar att ytbehovet minskar med kit samtidigt som andra studier menar att ytbehovet endast flyttas från monteringsplatsen till platsen där kiten sätts ihop, eller att ytbehovet till och med ökar med kit. Ur ett ergonomiskt perspektiv har kit bättre förutsättningar att placeras i en lämplig höjd.

Tabell 4. Materialförsörjningsprincipernas påverkan på olika aspekter. Författarnas egen tabell.

Materialförsörjnings-princip	Kvalitet och pålitlighet	Användarvänlighet och förluster	Flexibilitet	Ytbehov och lagernivå	Ergonomi
Kittning	+	++	++	+-	++
Kontinuerlig försörjning	+	+-	-	+-	+-

4.1.3 Layout i kombination med materialförsörjning

Nedan jämförs hur väl layoutprinciperna och materialförsörjningsprinciperna fungerar ihop med varandra.

Tabell 5. Produktionslayouternas kompatibilitet med materialförsörjningsprinciperna. Författarnas egen tabell.

Layout-typ	Kontinuerlig försörjning	Kittning
Seriell line	Fungerar bra. Enkelt att styra då endast ett flöde finns.	Fungerar bra, enkelt att få rätt kit på rätt ställe.
Semi-parallell line	Fungerar bra. Mer arbete att styra de parallella stationerna.	Fungerar bra, enkelt att få rätt kit på rätt ställe men något svårare att styra vid många varianter.
Parallell line	Svårt att styra och kräver stor yta för materialet. Minskar flexibiliteten.	Fungerar bättre än kontinuerlig försörjning, speciellt vid många produktvarianter.

4.2 Clean Motions förutsättningar

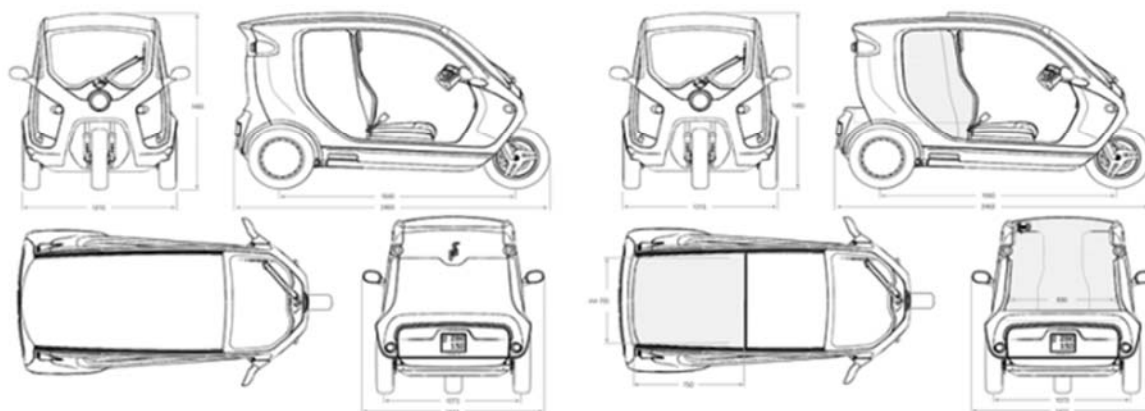
Nedan redogörs för de företagsspecifika förutsättningar som påverkar valet av produktionslayout och materialförsörjning.

4.2.1 Produktspecifika förutsättningar

En Zbee består utav 270 komponenter utan tillval, där en komponent kan bestå av flera artiklar. Fordonet väger 280 kg och är 2463 mm långt, 1215 mm brett och 1493 mm högt. Alla artiklar och komponenter köps in från leverantörer och monteras ihop av Clean Motion. I och med att företaget är nytt på marknaden och produkten inte är helt färdigutvecklad kan det komma ändringar som påverkar fordonets produktstruktur. Däremot handlar det om mindre förändringar som inte påverkar processerna. Exempelvis kan det komma ändringar som gör att skruvar och muttrar med samma artikelnummer används på fler ställen än i nuläget. Fordonets låga vikt medför att fordonet enkelt kan flytta för hand när hjulen monterats. Företaget har lagt ner mycket tid på att maximera fordonets säkerhet då det är av högsta prioritet (Clean Motion, 2019).

Zbee

Zbee CARGO



Figur 8. Ritning av Zbee passagerarmodell samt Cargo-modell (Clean Motion, 2019). Återgiven med tillstånd.

4.2.1.1 Varianter

Inom kort kommer Clean Motion erbjuda tre standardmodeller av Zbee, en passagerarmodell och två olika Cargo-modeller vilken har lastutrymme istället för passagerarsäten, se figur 8. Skillnaden mellan dessa varianter är fordonets kaross, i övrigt består alla tre varianter av samma komponenter förutom de säkerhetsbälten som är i passagerarsätena. De tre olika karossvarianterna ska köpas in som färdiga från leverantör.

4.2.1.2 Artiklar

En standardmodell av Zbee passagerarvariant består av totalt 692 artiklar med 340 olika artikelnummer. Det finns också ett antal tillval kunden kan göra. Dessa är väderskydd, 12V USB-uttag samt dynor i passagerarsätena. Med alla tillval blir det istället 714 artiklar med 367 artikelnummer. Cargo-varianten har ett extra tillval utöver de tillval som går att göra på passagerar-modellen. Detta är en lastöglä innefattande två artikelnummer. De större karossdelarna är otympliga och svårhanterliga, se figur 9. En av de tyngsta artiklarna är fordonets batteri, det väger omkring 40 kg. Även bakaxeln väger mycket och kan vara svårhanterlig men i övrigt är komponenterna av låg vikt och storlek.

Artiklarna monteras ihop med fästelement bestående av 69 olika artikelnummer innefattande muttrar, bultar och brickor, se figur 10. Fästelement används totalt 114 gånger då vissa artikelnummer används på mer än ett ställe. I många fall är det endast längden på fästelementen som skiljer dem åt. Genom observationer har det uppenbarats sig att det är lätt att ta fel fästelement med anledning av att de är väldigt lika varandra. Även produktionschefen ser detta som ett problem och menar på att det vore fördelaktigt om dessa artiklar exponeras på ett sätt som gör det enklare att ta rätt.



Figur 9. Karossdelen vänster. Författarnas egen bild.



Figur 10. Fästement. Författarnas egen bild.

4.2.2 Processspecifika förutsättningar

Clean Motion har tre krav för deras produktion, två lyftar och ett limrum. En fordonslyft behövs för att kunna montera framgaffel, bakaxel, hjul, bromsar samt ledningsnät, se figur 11. En batterilyft är nödvändig då batteriet väger 40 kg och att placera det i mitten av fordonet för hand leder till stora förslitningar på kroppen. För övrigt sker monteringen vilken inte kräver några lyfthjälpmiddel i en arbetsvänlig höjd då själva fordonet inte är så högt. Montering längre ner på fordonet sker ofta sittandes på en arbetspall och montering högre upp på fordonet sker ståendes.



Figur 11. Fordonslyft. Författarnas egen bild.

Ett limrum med god ventilation är ett krav då starka kemikalier används för att limma ihop karosdelarna. För att få arbeta med de kemikalier som används i processen krävs enligt svensk lag dessutom en härplastutbildning Även hål i karossen borrar i limrummet då det dammar. Limningen är den process som kräver mest hantverk och precision på grund av att delarna är otympliga och svåra att passa in. De tre olika varianterna av karosser uppskattas att ta lika lång tid att limma, processerna ser däremot olika ut då karosdelarnas utseende skiljer sig åt. Det räcker med en person för att limma karossen men det har, enligt Clean Motions produktionschef, visat sig fördelaktigt att vara två personer. Limning är en av två processer som kräver specialkompetens.

Den andra processen där specialkompetens krävs är programmering av batteri och annan elektronik. För att utföra denna programmering krävs en dator och anslutningskablar. Resterande montering kan ske utan specialkompetens. Detta då Clean Motion satsat på att göra monteringsprocessen så enkel som möjligt. De har tillverkat tio egentillverkade verktyg vilka fortsatt ska användas i produktionen. Dessa verktyg är inte svårare att använda än redan befintliga handverktyg. Produktionschefen understryker vikten av att materialexponeringen ska stödja monteringen på så sätt att det ska vara uppenbart vad som ska monteras när. Endast det material som ska användas ska exponeras.

Clean Motion har som mål att ledtiden från det att en Zbee beställs, till att kunden får fordonet, ska vara maximal åtta veckor. Produktionschefen menar att en jämn produktionstakt är viktigare än att korta ner leveranstiden till kund. Första steget för en industriell tillverkning är en fungerande stabil produktion.

4.2.2.1 Monteringsordning

Hela monteringsprocessen bör börja med att fordonet lyfts, så att hjulen kan monteras direkt. Detta för att fordonet blir enklare att hantera och förflytta när hjulen är monterade. Om karossen

limmas ihop efter att hjulen monterats kan resterande montering ske utan specifik ordning. Detta beror på att alla komponenter är tillgängliga på ett färdigt fordon, se figur 12. Ingen komponent är dold bakom någon annan komponent, med undantag för batteri med tillhörande kablage vilket finns under den avtagbara förarsitsen. Clean Motion har ingen specifik ordningsföljd av monteringen som visat sig vara den mest fördelaktiga. De har heller inte bestämt om förmontering ska användas och i så fall vilka artiklar som ska förmonteras.

Av de tillval som kan göras tar väderskyddet längst tid att montera, ungefär två timmar. Resterande tillval tar bara några minuter att montera. Alla tillval går att montera i efterhand på en färdigmonterad standardmodell.



Figur 12. Nästan färdigställda Zbees. Författarnas egen bild.

4.2.3 Produktionsvolym

Clean Motion strävar efter att producera 1000 fordon per år per fabrik, vilket även är fabrikenas maxkapacitet. Genom intervjuer framkom det att om volymen överstiger 1000 fordon/år byggs en ny fabrik där produktionen delas jämnt mellan fabriken. Anledningen att den maximala kapaciteten är 1000 fordon per år och fabrik är på grund av att Clean Motion inte ser några stordriftsfördelar med en större fabrik. Samtidigt ser de också att de logistiska problemen blir mer omfattande med större fabriker. Clean Motions affärsidé utgår från att det ska vara enkelt och billigt att starta en ny fabrik.

En större fabrik innebär mer komplicerade materialflöden och administrativt arbete, det blir således svårare att kontrollera att materialflödet blir rätt. Fördelar med stora fabriker är i regel bättre arbetsfördelning, inläring samt automatisering och mekanisering (Nationalencyklopedin, u.d.). Då Zbee är en simpel produkt som monteras manuellt med processer som fortsatt ska användas krävs det inte någon automatisering, ur denna aspekt är en fabrik i stor skala inte fördelaktig för Clean Motion. Inläring och arbetsfördelning hade möjligen kunnat bli effektivare i en större fabrik genom högre grad specialisering, det vill säga att varje montör gör en mindre andel av den totala monteringen.

En fördel vilken produktionschefen uppger är att fabriken närmare kunden då det byggs flera små istället för några få stora fabriker. Fabriker nära kunden är fördelaktigt ur ett

kundperspektiv med tanke på att även service och reparationer ska ske i anslutning till fabrikerna. Dessutom ska slutkunden själva hämta sina fordon i fabrikerna, vilket minskar lagerhållning av färdiga fordon om kunden har nära till fabriken.

4.2.4 Efterfrågemönster

Clean Motion prognostiserar att andelen företagskunder kommer att öka jämfört med dagens uppdelning där andelen företagskunder är 60 procent. Av den totala försäljningen räknar företaget att uppdelningen mellan passagerarmodellen och Cargo-modellerna är 50/50. Uppdelningen mellan de två Cargo-modellerna är, enligt produktionschefen, grovt uppskattade till 50 procent vardera. Detta då Cargo-modellerna ännu inte är färdigutvecklade. Se tabell för procentuell uppdelning.

För privatpersoner är efterfrågan säsongsvarierad där efterfrågan är som störst under vår, sommar och höst medan den för företagskunder är mer utjämnad. I och med att antalet företagskunder väntas öka blir följaktligen efterfrågan mer jämnt fördelad över året.

4.2.5 Takttid

Clean Motion räknar med att ha igång produktionen året runt. Detta blir omkring 250 arbetsdagar per år. Om 1 000 fordon säljs per år behöver fyra fordon per dag bli färdigställda. Detta ger en takttid på 120 minuter vid en produktionstid på åtta timmar per dag, vilket är den arbetstid Clean Motion tänkt att använda sig av. Den längsta cykeltiden bör alltså vara 120 minuter vid ett seriellt flöde för att undvika väntan. Som nämnts i teoriavsnittet planar hanterings- och balanseringsförluster ut efter cykeltider på åtta minuter. Detta i kombination att monteringsordningen inte är av större betydelse gör att ombalansering inte blir lika problematiskt jämfört med kortcyklig montering där monteringsordningen spelar roll.

Clean Motion ska tillverka utifrån order och har satt leveranstiden på en Zbee till åtta veckor. Detta gör att de kan planera produktionen åtta veckor framåt i tiden. Utifrån dessa order görs en prognos för nästkommande fyra veckor. Utifrån ordena som finns samt prognosen beräknas en takttid som ska användas tre månader framöver och produktionen balanseras. När de första åtta veckorna har passerat har nya order kommit in och därför vet företaget hur nästkommande åtta veckor ska se ut. De fyra veckorna som, när takttiden bestämdes, var prognoser har nu omvandlats till faktiska beställningar och det går sedan att se huruvida prognosen stämde. Skillnaden mellan prognosen och det verkliga utfallet tas i beaktning när nästa periods takttid bestäms.

4.2.6 Processtider

Clean Motion har gjort grova uppskattningar på tidsåtgången för att montera ett fordon. Den totala monteringstiden uppgår till 1180 minuter, inklusive tillval. Detta är approximativa tider vilka produktionschefen uppmätt när han monterat ett fordon på egen hand. Den totala tiden för limning och borrning av kaross, vilket måste ske i ett rum med god ventilation, är 480 minuter, se tabell 6. Tiden för montering där lyft krävs är 120 minuter, se tabell 7. Övriga processer kräver inget hänsynstagande till specialutrustning och då ordningsföljden för denna montering inte är bestämd är dessa tider av mindre vikt.

Tabell 6. Uppskattade tider för montering som kräver ventilation. Författarnas egen tabell med data från Clean Motion (2019).

Kräver rum med ventilation	Tid (min)
Borra hål i golv	30
Limma bryggor och skenor	30
Limma stolsrygg	30
Limma batterikonsol	30
Limma sida vä	45
Limma sida hö	45
Limma panel	30
Tejpa tak	45
Limma tak	60
Limma skarv fram	15
Limma fordon invändigt	60
Borra hål	30
Borra bagagelåda	30
Summa	480

Tabell 7. Uppskattade tider för montering som kräver en fordonslyft. Författarnas egen tabell med data från Clean Motion (2019).

Montering som kräver lyft	Tid (min)
Montera bakaxel	15
Montera framgaffel	15
Montera bromsslang	10
Montera parkeringsbroms	20
Montera ledningsnät	10
Montera frambroms	20
Montera bakbroms	30
Summa	120

Vid en takttid på 120 minuter krävs, enligt beräkning nedan, 10 stationer. Monteringstiden är densamma för samtliga varianter.

$$1180 \text{ min} / 120 \text{ min} = 9,8 \text{ stationer}$$

4.2.7 Arbetskraft

Clean Motion uppger att de räknar med att fem montörer, en lageransvarig, en kvalitetsansvarig samt en arbetsledare krävs för att producera omkring 800 fordon per år. Det är tanken att denna personal ska vara fast anställd. Anledningen till att de inte vill ha fast personal som klarar av maximal kapacitet på 1000 fordon per år och fabrik är att efterfrågan kan minska och öka periodvis. Vid ökad efterfrågan hyrs extra personal, i form av montörer, in för att undvika att betala för outnyttjad fastanställd personal.

Med dagens beräknande monteringstid på 1180 minuter per fordon, fördelat på 250 dagar å åtta timmar per dag, klarar fem montörer av att producera drygt 500 fordon om året. 300 fordon

färre än Clean Motions egen beräkning. Som tidigare nämnt är monterings tiden per fordon grova uppskattningar, någon hänsyn till inlärningskurva har inte tagits när dessa tider uppmätts. Sannolikt är det så att den totala monterings tiden kommer att minska i enighet med teorin om inlärningskurvor (Saif et al., 2014). Det kan trots detta bli svårt för fem montörer att producera 800 fordon per år i en fabrik då det innebär en kraftigt reducerad monterings tid. Beräkningarna grundade på Clean Motions uppskattade tider stämmer alltså inte överens med antalet montörer som krävs för att producera 800 fordon per år.

I Indien är personalomsättningen hög vilket medför kostnader för upplärning som kan vara svåra att definiera (Smite & van Solingen, 2016). Det är därför fördelaktigt om produktionslayout samt materialförsörjning ger goda förutsättningar för kort inläringstid.

4.2.8 Kostnader

Den viktigaste kostnaden att hålla ner i Clean Motions fall är uppstartskostnaderna av nya fabriker då låga investeringskostnader är en huvudsaklig strategi för micro-fabrikerna. Det är i enighet med att produktionen i huvudsak består av enkel montering där inga dyra maskiner eller verktyg krävs. De tio egentillverkade verktygen är billiga att ta fram och kan kopieras av nystartade fabriker. De stora kostnaderna utrustningsmässigt är kostnader för lyftar och limustrustning. Kostnaderna för personal och lokaler är svåra att kartlägga då det i hög grad beror på var i världen tillverkningen sker. Enligt Tenselius (2018) är personalkostnader betydligt lägre i på de växande marknaderna, däribland Indien, än i västra Europa.

4.3 Förutsättningar kopplat till aspekter

Första frågeställningen lyder ”*Vilka aspekter bör tas hänsyn till vid utformning av ett nytt produktionssystem med de förutsättningar som Clean Motion har?*”. För att svara på denna översätts Clean Motions, enligt avsnitt 5.1, nämnda förutsättningar till de aspekter vilka presenterats i det teoretiska ramverket. Detta för att identifiera aspekter som är av störst vikt för Clean Motions produktion.

4.3.1 Kvalitet

Clean Motion tillverkar ett fordon som ska vara säkert att färdas i. Det är därför viktigt att fordonet monteras på samma sätt samt att inga artiklar glöms bort eller monteras felaktigt. Det är också viktigt att kunden upplever att fordonet är av hög kvalitet då det är avgörande för kundens nöjdhet. De processer där kvaliteten på arbetet kan variera är limningen då det är ett hantverk som kräver en viss skicklighet. Limningen är en process där samarbete mellan två personer underlättar arbetet. Samarbete har, enligt teorin, också visat sig minska variationer och ökat utnyttjande av personalen.

Utöver limningen består processerna i stora drag av enkel montering som inte kräver samarbete, en viss ordningsföljd eller förkunskaper. Det blir då istället viktigare att materialexponering underlättar monteringen på så sätt att rätt artikel monteras på rätt ställe.

4.3.2 Flexibilitet

I det teoretiska ramverket identifierades fyra olika typer av flexibilitet.

Variation av produkter har identifierats som mindre viktigt. Detta då Clean Motion endast ska tillverka tre modeller med näst intill samma artiklar och med samma monterings tid för samtliga modeller.

Ändra produktionstiden har även det framkommit vara av mindre vikt. Leveranstiden är satt till åtta veckor. Det är endast karossen som skiljer mellan de tre varianterna men eftersom dessa ska köpas in färdiga och limningen uppskattas ta lika lång tid påverkar de olika varianterna inte produktionen tidsmässigt

Erbjuda nya produkter är inget som i nuläget är aktuellt, mindre förnedringar kan komma på deras redan befintliga produkt.

Ändra produktionsvolymen är svåranalyserad. Clean Motion har tänkt att ändra produktionstakten var tredje månad vilket kräver ombalansering och förändrat antal stationer som följd. Detta gör att en viss flexibilitet inom material- och verktygsförsörjning krävs då detta kan komma att behöva förflyttas vid ombalansering.

4.3.3 Hastighet

I teorin beskrivs hastighet som den tid det tar för kunden att få sin produkt men också hur snabbt det går att förflytta material och kommunicera ut information. Leveranstiden till kund är satt till åtta veckor och det är inte av stor vikt att korta ner denna. Kommunikation av information bör gå snabbt i en micro-fabrik då antalet anställda i en fabrik beräknas bestå av omkring åtta personer. Hastighet är en svårdefinierad aspekt och det är viktigare för Clean Motion att få igång en stabil produktion än att det ska gå snabbt.

4.3.4 Pålitlighet

Pålitlighet handlar internt om att rätt komponent levereras till rätt ställe och att det alltid finns material att tillgå. Detta är i enighet med teorin väldigt viktig för Clean Motion då monteringsprocesserna ska vara så enkla som möjligt att utföra. Teorin understryker att montören ska kunna lita på att materialet förs fram i rätt kvantitet i rätt tid. Detta är av stor vikt då det underlättar montörens arbete. Då Clean Motion ser en stor marknad i Indien där personalomsättningen är hög är det viktigt att montören kan fokusera på själva monteringen snarare än att behöva leta efter rätt material. Det är därför viktigt att personalen kan lita på att rätt material är på rätt plats. För att planera och styra materialförsörjningen vore en metod vilken gör det enkelt att veta när materialet ska levereras, samt i vilken kvantitet, fördelaktigt. Då de strävar efter att ha endast nödvändigt material vid monteringen är det viktigt att det blir visuellt synligt vad som behövs fyllas på och att detta görs i tid för att undvika materialbrist.

I Indien finns det en rädsla att fråga kollegor och chefer om hjälp, istället för att fråga gör de ingenting. För att få ett mer öppet arbetsklimat är det därför fördelaktigt om produktionslayouten kan uppmuntra till samarbete.

4.3.5 Förluster

Vilket nämnt i teorin planar hanterings- och balanseringsförlusterna ut efter en stationstid på åtta minuter. Då Clean Motion har en stationstid på 120 minuter, vid en volym på 1000 fordon per år, bör dessa förluster inte vara så betydande. Litteraturen beskriver att systemförlusterna kan minskas genom väl monteringsanpassade konstruktioner samt genom kort inläring. Detta då de tidsmässiga variationerna antas minska. En Zbee är konstruerad på ett monteringsvänligt sätt. För att ytterligare minska systemförlusterna är det fördelaktigt om inläringen främjas av produktionslayouten och materialförsörjningen

4.3.6 Kostnader

För Clean Motion är uppstartskostnaderna av nya fabriker av störst betydelse då deras affärsidé med micro-fabriker bygger på låga investeringskostnader. Detta för att uppnå deras vision om att erbjuda ett fordon som majoriteten av världens befolkning ska kunna ha råd med. Clean Motions största investeringskostnader gällande utrustning är lyftar samt byggnation av limrum med tillhörande limutrustning. Dessa kostnader påverkas vid val av produktionslayout. Då en Zbee inte väger så mycket och det enkelt går att rulla fordonet för hand när hjulen monterats krävs det ingen driven line förutsatt att det finns en lyft precis i början av flödet. Med en odreven line undviks kostnader för installation och underhåll av ett tekniskt drivet band.

4.3.7 Användarvänlighet

Denna aspekt är främst kopplat till materialförsörjningen och är av störst betydelse. För att monteringsprocesserna ska vara så enkla som möjligt att utföra är det väldigt fördelaktigt om det är tydligt vilket material som ska användas. Denna aspekt är kopplad till aspekterna kvalitet samt förluster. Detta då en användarvänlig materialexponering förbättrar kvaliteten och minskar systemförlusterna.

4.3.8 Ytbehov och lagernivå

Enligt teorin är svårt att säga huruvida olika typer av materialförsörjning påverkar ytbehovet och lagernivån. Detta då utfallen från studier som utförts varierar i hög grad. Clean Motions strävar efter att endast det material som ska användas exponeras vid monteringsplatsen. Detta innebär ett lågt ytbehov vid monteringen och ett större ytbehov på en annan plats i fabriken. Vid observationer har det framkommit att karosdelarna är otympliga och tar mycket plats men att de kan staplas på ett platseffektivt sätt. Karosdelarna kräver därmed ett visst ytbehov. Det är i nuläget svårt att analysera mer ingående hur stort ytbehov och hur hög lagernivå som är fördelaktig då Clean Motion inte har en representativ produktion att studera.

4.3.9 Ergonomi

Monteringen sker i en lämplig arbetshöjd tack vare fordonets storlek. Batteriet som är fordonets tyngsta komponent är svårhanterligt just på grund av sin vikt och som nämnts ovan krävs en batterilyft för att lyfta in batteriet i fordonet. Det är alltså fördelaktigt om batteriet överlag förflyttas så korta sträckor som möjligt. I Clean Motions fall finns det, utifrån vad som framkommit av observationerna, inga monteringsmoment som måste förbättras ur en ergonomisk synpunkt.

4.3.10 Sammanställning av aspekter kopplat till förutsättningar

Utifrån analysen ovan har det framkommit att kvalitet, användarvänlighet och pålitlighet är de viktigaste aspekterna utifrån de förutsättningar vilka Clean Motion har. Detta då deras produkt och affärsidé bygger på enkelhet, säkerhet och tillgänglighet då nya fabriker enkelt ska kunna etableras.

5. Rekommendation

I detta avsnitt besvaras den sista frågeställningen vilken lyder ”*Vad rekommenderas i Clean Motions fall?*”.

5.1 Rekommenderad produktionslayout

Följande rekommendation utgår från de, av Clean Motion, uppmätta monteringsetiderna. Rekommendationen utgår också från ett idealfall utan förluster.

Som en första station rekommenderas att all montering som kräver en fordonslyft görs. Detta för att fordonet enkelt ska kunna förflyttas mellan nästkommande stationer. Därav krävs det ingen driven line vilket är fördelaktigt med tanke på den opålitliga strömförsörjningen i Indien. Dessutom hade en driven line inneburit en högre kostnad vid nybyggda fabriker. Den totala tiden att montera de artiklar som kräver lyft uppgår till 120 minuter. Vid en taktid på 120 minuter räcker alltså en sådan station.

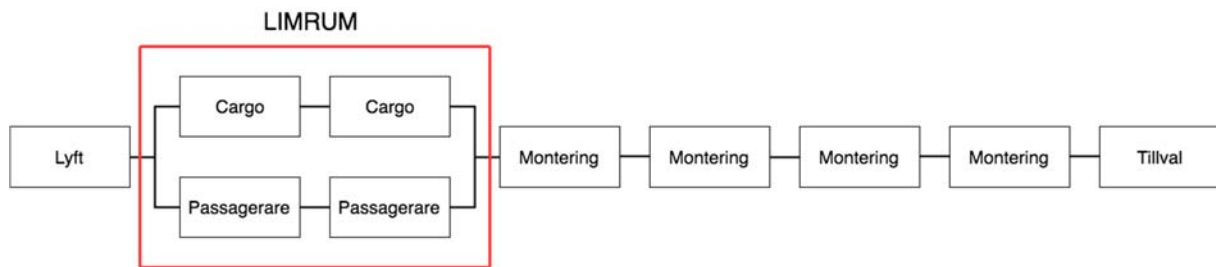
Efter detta bör limrummet läggas och alla de processer som kräver ett rum med ventilation bör göras direkt. Detta för att undvika kostnader för flera limrum med tillhörande utrustning. Den totala processtiden för dessa moment uppgår till 480 minuter oavsett modell. Det krävs då fyra stationer vid en taktid på 120 minuter. Det krävs ett hantverksarbete med god precision för att utföra dessa processer vilket kan leda till variationer i tid. Det har också framkommit att samarbete skulle underlätta inpassningen av sidor och tak. Teorin beskriver att tidsvariationer kan minska och montörernas belägningsgrad kan öka vid organisering av arbete som en cell där arbetarna tillåts att hjälpa varandra. Det rekommenderas därför att Clean Motion organiserar de stationer som är i limrummet som en cell där arbetarna tillåts att hjälpa varandra.

Efterfrågan på passagerarmodellen prognostiseras till 50 procent av den totala försäljningen och de två Cargo-modellerna står för de andra 50 procenten. Limningsprocesserna för de olika modellerna skiljer sig åt men processtiden är densamma. Det rekommenderas därför att dela upp den totala processtiden som kräver limrum i två stationer som placeras efter varandra. Dessa får då en cykeltid på 240 minuter vardera. Enligt de uppmätta tiderna som presenterats i tabell 6 är det möjligt att göra denna uppdelning utan att balanseringsförluster. Sedan läggs två likadana stationer parallellt med dessa. I de ena två stationerna tillverkas Cargo-modellerna och i de andra två stationerna tillverkas passagerarmodellen parallellt, se figur 13.

Efterföljande montering är enkel att utföra och samtliga modeller består av samma artiklar, förutom bälten i passagerarmodellen som istället ersätts med lastöglor i Cargo-modellen, vilka beräknas ta lika lång tid att montera. Det rekommenderas därför att lägga efterföljande monteringsstationer seriellt. Det blir då enkelt att överblicka produktionen samt att styra materialflödet. Detta resulterar i ett semi-parallellt flöde.

Vid förändrad takt kommer ombalansering krävas. Det gör att det totala antalet stationer kan komma att förändras men Clean Motion rekommenderas att använda sig av ovan presenterade principer även vid förändrat antal stationer.

Monteringen av de tillval som går att göra rekommenderas att läggas som en sista station. Det blir då enklare för montörerna på stationerna innan att göra rätt. Detta för att de i sådana fall kommer utföra exakt samma montering på alla fordon. Detta minskar förvirring och kan leda till en ökad kvalitet.



Figur 13. Rekommenderad produktionslayout. Författarnas egen figur.

5.2 Rekommenderad materialförsörjning

I analysen identifierades användarvänlighet och kvaliteten som två av de viktigaste aspekterna att ta i beaktning vid val av materialförsörjningsprincip. En användarvänlig materialexponering blir viktigt när ny personal ska läras upp. Två väl beprövade sätt att öka materialexponeringens användarvänlighet är att vid kontinuerlig försörjning använda sig av lampor vid materialet eller att försörja monteringsstationen med kit. Om kvalitetsaspekten tas i beaktning är kit extra fördelaktigt. Detta då kittning gör det enkelt att kontrollera att allt material som ska monteras kommer till användning då kittet ska vara tomt när monteringen på stationen är slutförd. Ett välstrukturerat kit kan även fungera som en arbetsinstruktion, vilket ökar användarvänligheten.

I det teoretiska ramverket framkom det att kit är extra fördelaktigt när det finns många variantartiklar. Detta är förvisso inget Clean Motion har, men med tanke på de kvalitetsmässiga fördelarna rekommenderas Clean Motion att använda sig av kit på de stationer där det är lätt att göra fel eller missa en artikel. Som framkommit av analysen finns det ett antal fästelement där endast längden skiljer och det är lätt att ta fel. Detta går att undvika med kit då endast de artiklar som ska användas exponeras i rätt mängd. För konceptuellt prototypkit, se figur 14.

Då det ännu inte är bestämt vad som ska monteras på vilken station och eftersom inte samtliga processer har kunnat observerats är det i nuläget svårt att avgöra exakt vilka artiklar detta handlar om. Därför rekommenderas vidare observationer för att bestämma vilka artiklar som är lämpliga att försörja med kittning. Det teoretiska ramverket i denna studie kan användas som underlag. Vissa utav dessa artiklar skulle kunna förmonteras innan kitten sätts ihop för att underlätta balansering, men även här rekommenderas vidare studier vilka artiklar som ska omfattas av förmontering.

Till karossdelarna som är otympliga och tar stor plats rekommenderas däremot inte kittning. De bör rimligtvis vara mer fördelaktig att exponera ett större antal av dessa artiklar nära själva monteringen på en gång med anledning av att de kan staplas på ett platseffektivt sätt och de interna transporterna minskar.

För att styra materialflödet rekommenderas ett traditionellt kanban-system med fysiska kort. Då en Zbee består av relativt få komponenter bör det inte krävas ett kostsammare digitalt

system. Kanban är enligt teorin den mest välkända metoden för att leverera material i rätt kvantitet i rätt tid. Även kiten rekommenderas att kanban-styras.



Figur 14. Konceptuellt kit. Författarnas egen figur.

6. Diskussion

I detta avsnitt diskuteras och utvärderas studiens metod samt rekommendation.

6.1 Metoddiskussion

Nedan diskuteras metoden för hur frågeställningarna besvarats.

1. Vilka aspekter bör tas hänsyn till vid utformning av ett nytt produktionssystem med de förutsättningar som Clean Motion har?

Denna fråga har besvarats genom att kombinera det teoretiska ramverket med de förutsättningar Clean Motion har. För att ta reda på vilka aspekter som är av störst betydelse har företagets situation analyserats utifrån de mest relevanta aspekterna som teorin belyser. Eftersom den produktion Clean Motion har idag inte speglar hur framtidens produktion planeras att se ut så bygger analyserna på prognoser och antaganden från företagets produktionschef. Detta gör att rapportförfattarnas egna observationer är påverkade av vad produktionschefen anser vara viktigast. Detta har försökts att undvikas genom att ställa både öppna men också kritiska frågor under intervjuerna.

Eftersom Clean Motion är i en uppstartsfas är fokus inte enbart på att producera fordon. Rapportförfattarna spenderade en heldag på Clean Motions fabrik i Trollhättan den 22 maj 2019. Då observerades att montören och produktionschefen spenderade en stor del av den dagen att testa en ny sorts framgaffel. För att få en objektiv bild av Clean Motions förutsättningar hade det varit önskvärt att observera hela monteringsprocessen. Detta hade däremot tagit väldigt lång tid då dagens produktion blandas med tester och utvärderingar av befintliga och nya artiklar.

2. Hur väljs en lämplig produktionslayout?

Svaret på denna fråga grundar sig i en analys av det teoretiska ramverket där författarna till denna rapport har dragit slutsatser utifrån den teori som presenterats. Teorin är noga utvald vilket bör minimera risken för missvisande slutsatser. Det finns däremot en stor mängd litteratur inom detta område, en del visar på motstridiga slutsatser. Därav följer en viss osäkerhetsfaktor.

Kopplingen mellan layout-typ och aspekter har starka teoretiska underlag men många av aspekterna beror på fler omständigheter än enbart layout-typ. Den tabell som presenterades i rapportens analys-avsnitt är en förenkling av teorin. Syftet med tabellen är att läsaren ska kunna få en grov överblick innan vidare studier görs.

3. Hur bör valet av principer gällande intern materialförsörjning se ut?

Metoden vilken använts för att besvara denna frågeställning är lik den metod som använts för att besvara frågeställning 2. Det teoretiska ramverket till denna fråga utgår från en stor mängd litteratur där källorna är kritiskt granskade. En del av denna litteratur riktar in sig på

fordonsbranschen vilket är passande i denna studies fall. Tabellen som gjorts för att få en överblick över de olika materialförsörjningsprincipernas påverkan på de olika aspekterna grundar sig endast på litteraturen som studerats och utifrån det har avvägningar gjorts. Önskvärt hade varit om observationer kunnat göras för att ytterligare öka trovärdigheten om hur val av princip för materialförsörjningens påverkan på olika aspekter. Observationer på andra monterande företag hade kunnat göras för att praktiskt kunna se hur materialförsörjning går till.

4. Vad rekommenderas i Clean Motions fall?

Här har rapportens första fråga använts som underlag och Clean Motions förutsättningar ställts mot det teoretiska ramverket. De aspekter som framkommit vara av störst värde har analyserats noggrannare och jämförts med de olika layout-typerna samt materialförsörjningsprinciperna för att hitta den mest lämpliga. Det teoretiska ramverket till denna fråga utgår från en stor mängd litteratur från flertalet olika författare som granskats kritiskt.

Om det hade varit möjligt så hade den bästa metoden för att svara på denna fråga varit att praktiskt testa dessa principer i en stor skala för att sedan göra en utvärdering. Då hade det gått att mäta bland annat förluster, tidsåtgång, arbetarnas utnyttjandegrad samt deras personliga upplevelser av produktionen. Tanken från början var att utföra praktiska tester men detta visade sig bli svårt då dagens produktion sker i för liten skala.

Istället togs en prototyp gällande materialförsörjningen fram och denna fick utvärderas av Clean Motions produktionschef. De fördelar han kunde se med kit överensstämmer med vad teorin beskriver. Även rekommendationen av produktionslayout utvärderades av produktionschefen. Dessa utvärderingar i kombination med en kritisk diskussion utgjorde svaret på den fjärde och sista frågan.

En alternativ metod skulle kunna vara att utföra benchmarking genom att undersöka hur andra företag gör. Svårigheten med benchmarking är att hitta företag med förutsättningar som liknar Clean Motions. Alternativet är att utföra en benchmarkingstudie på ett flertal olika företag för att kunna dra slutsatser. Med tanke på denna studiens omfattning ansågs detta vara för tidskrävande.

6.2 Diskussion av rekommendation av produktionslayout

Produktionschefen ansåg att den, konceptuella, semiparallella produktionslayouten var en bra lösning som skulle kunna fungera bra i den framtida produktionen. Att slå ihop limstationerna menade han var fördelaktigt då montörerna kan hjälpas åt. Här såg han däremot att en nackdel kan bli att fokus tas från deras egna uppgifter och att det därför blir svårt att planera produktionen.

Den rekommenderade produktionslayouten förutsätter en produktion på 1000 fordon per år vilket medför en taktid på 120 minuter. Detta är den tänkta maxkapaciteten per fabrik. Vid lägre kapacitet och därmed ett lägre antal montörer blir antalet stationer färre och taktiden längre. Den konceptuella layouten behöver balanseras om vilket inte bör vara något problem eftersom en lägre kapacitet innebär att det krävs mindre resurser än vad som finns tillgängligt. Någon hänsyn till förluster har inte tagits i rekommendationen. Denna studie syftade till att ta

fram vilka principer som Clean Motion ska använda sig av när deras produktion går till en industriell tillverkning. Syftet är av en mer övergripande karaktär snarare än en detaljerad.

Ett helt parallelliserat flöde hade ökat volymflexibiliteten. Då försäljningen eventuellt kommer att vara säsongsvarierad hade Clean Motion undvikit de problem och kostnader som ombalansering medför. I ett helt parallelliserat flöde hade det krävts en bra lösning för processerna vilka kräver lyft och limrum. Detta då det hade kostat mycket att ha på varje station.

I teorin fungerar den rekommenderade principen för produktionslayout och produktionschefen var positivt inställd till att lägga limprocesserna parallellt. Hur det skulle fungera i praktiken är däremot svårt att säga utan att testa och utvärdera detta. Det är därför av stor vikt att Clean Motion utvärderar den produktionslayout som de i framtiden väljer att ha. Vidare skulle de kunna genomföra pilotprojekt med alternativa layouter och utvärdera dessa.

6.3 Diskussion av rekommendation av materialförsörjning

Ett prototypkit med ett fack för varje komponent togs fram och testades för montering av styre med tillhörande reglage. Detta kit presenterades för produktionschefen som sedan fick utvärdera detta. Kittet uppskattades av produktionschefen då han menade på att det hade underlättat monteringen avsevärt. Detta är en princip som passar in i deras koncept att främja enkel montering. Nackdelarna han kunde komma på var att det är tidskrävande att förbereda kit vid låg produktion och att det finns risk för att montören slutar tänka själv och förlitar sig på att alla kit är korrekta.

Kittning är fördelaktigt då det är lätt att ta fel på de olika fästelementen som liknar varandra. Vid standardiserade fästelement blir kittning inte lika nödvändigt i Clean Motions fall. Kit är oavsett en bra princip för att kvalitetssäkra och öka användarvänligheten. Då de tre varianterna av Zbee monteras med samma artiklar skulle kontinuerlig försörjning kunna var mer fördelaktig än kit i stationer där antalet artiklar som liknar varandra inte är många. Principen med kit går ut att någon måste paketera kitten och dessa paketeras rätt. Arbete flyttas från den huvudsakliga monteringen till en kit-station. Detta gör att kittning också kan användas som ett sätt att underlätta balansering. Ett ytterligare sätt att underlätta balansering är förmontering.

Kit är en väl beprövad materialförsörjningsprincip och den bör därför fungera även för Clean Motion. Litteraturen bekräftar att kit är en lämplig materialförsörjningsprincip inom fordonsbranschen vilket gör denna studies rekommendation mer pålitlig. Syftet med denna rapport var att ta fram principer. Nästa steg är att i detalj studera vilka artiklar som bör kittas och vilka artiklar som bör styras med andra metoder.

7. Slutsats

Syftet med denna rapport var först och främst att besvara frågeställningar gällande vilka aspekter som ska tas till hänsyn när ett nytt produktionssystem ska tas fram samt hur valet av produktionslayout och materialförsörjning ska gå till. Utifrån Clean Motions förutsättningar, vilka framkom genom observationer och intervjuer med produktionschefen, bör de lägga störst vikt på aspekterna kvalitet, pålitlighet och användarvänlighet. Dessa aspekter är i enighet med litteraturen väldigt betydande för en väl fungerande produktion. Däremot krävs vidare undersökningar för att ta reda på i vilken utsträckning de olika aspekterna påverkas av det framtida produktionssystemet.

Gällande val av layout och materialförsörjning analyserades teorin för att koppla de olika layout- samt materialförsörjningsprinciperna till de olika aspekterna. Det framkom bland annat att parallella liner är mer flexibla än en seriell line samt att kit är väldigt användarvänligt.

För att besvara den fjärde frågeställningen togs rekommendationer fram genom en analys där Clean Motions förutsättningar översattes till de, i frågeställning 1, presenterade aspekterna. Den layout som rekommenderas är av den semi-parallella strukturen där monteringen som kräver lyft sker först på en station, limningen läggs därefter parallellt och sedan sker resterade monteringen sker på en seriell line. Kit rekommenderas som huvudsaklig materialförsörjningsprincip då det är en princip vilken är mycket lämplig utifrån de tre ovan nämnda viktigaste aspekterna.

Litteraturförteckning

- Aase, G. R., Olson, J. R., & Schniederjans, M. J. (2004). Production, Manufacturing and Logistics: U-shaped assembly line layouts and their impact on labor productivity: An experimental study. *European Journal of Operational Research*, ss. 698-711. doi:10.1016/S0377-2217(03)00148-6
- Aghazadeh, S.-M., Hafeznezami, S., Najjar, L., & Huq, Z. (2011). The influence of work-cells and facility layout on the manufacturing efficiency. *Journal of Facilities Management*, 213-224. doi:10.1108/14725961111148117
- Barnes, D. (2017). *Operations Management*. London: Palgrave. Hämtat från https://books.google.se/books?id=t1FTDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22David+Barnes%22&hl=sv&sa=X&ved=0ahUKEwjyqczT_5LhAhWPUIAKHRkGB0oQ6AEIKTAA#v=onepage&q&f=false
- Bellgran, M., & Säfsten, K. (2010). *Production Development*. London: Springer. doi:10.1007/978-1-84882-495-9
- Bergman, B., & Klefsjö, B. (2012). *Kvalitet från behov till användning*. Lund: Studentlitteratur.
- Bozer, Y. A., & McGinnis, L. F. (1992). Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics*.
- Brynzér, H. (1995). *Evaluation of kitting systems: Implications for Kitting System Design*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, Institutionen för transportteknik, Göteborg.
- Brynzér, H., & Johansson, M. (1995). Design and performance of kitting and order picking systems. *International Journal of Production Economics*, ss. 115-125.
- Caputo, A. C., Pelagagge, P. M., & Salini, P. (2017). Selection of assembly lines feeding policies based on parts features and scenario conditions. *International Journal of Production Research*, 1208-1232. doi:10.1080/00207543.2017.1407882
- Check, J., & Schutt, R. K. (2012). *Research methods in education*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications. Hämtat från <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat06296a&AN=clc.b2558048&site=eds-live&scope=site>
- Clean Motion. (den 1 Februari 2019). *About Clean Motion*. Hämtat från Clean Motions-webbplats: <https://cleanmotion.se/about/>
- Ellergård, K., Engström, T., Johansson, L., & Medbo, L. (1992). Effektivitetsproblem i storindustriella modellens fabriker. *Reflektiv Produktion, AB*.
- Ellis, K. P., Meller, R. D., Wilck, J. H., Parikh, P. J., & Marchand, F. (2010). Effective material flow at an assembly facility. *International Journal of Production Research*, 7195-7217. doi:10.1080/00207540903186266

- Farrokh, S. (2017). *Industrial Engineering Foundations - Bridging the Gap between Engineering and Management*. Mercury Learning and Information. Hämtat från <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/rcid:kpIEFBGEM1/id:kt0119JJZ1/industrial-engineering/fixed-position-layout?kpromoter=federation>
- Finnsgård, C., Wänström, C., Medbo, L., & Neumann, P. W. (2011). Impact of materials exposure on assembly workstation performance. *International Journal of Production Research*, 49(24), 7253-7274.
- Gill, P., Stewart, K., Treasure, E., & Chadwick, B. (2008). Methods of data collection in qualitative research: interviews and focus groups. *British Dental Journal*, 204(6), 291-295. doi:10.1038/bdj.2008.192
- Goldengorin, B., Krushinsky, D., & Pardalos, P. M. (2013). *Cell Formation in Industrial Engineering : Theory, Algorithms and Experiments*. Springer.
- Gupta, S., Perry, R., & Al-Turki, Y. (1999). Flexible kanban system. *International Journal of Operations and Production Management*, ss. 1065-1093.
- Hanson, R., & Brolin, A. (2013). A comparison of kitting and continuous supply in in-plant materials supply. *International Journal of Production Research*, ss. 979-992.
- Hanson, R., & Medbo, L. (2012). Kitting and time efficiency in manual assembly. *International Journal of Production Research*, 50(4), 1115-1125. doi:10.1080/00207543.2011.555786
- Hanson, R., Medbo, L., & Johansson, M. I. (2015). Order batching and time efficiency in kit preparation. *Assembly Automation*, ss. 143-148.
- Hanson, R., Medbo, L., & Medbo, P. (2012). Assembly station design: a quantitative comparison of the effects of kitting and continuous supply. *Journal of Manufacturing Technology Management*, ss. 315-327. doi:10.1108/17410381211217399
- Holweg, M., Davies, J., Meyer, A. d., Lawson, B., & Schmenner, R. W. (2018). *Process Theory : The Principles of Operations Management*. Oxford: OUP Oxford. Hämtat från <http://proxy.lib.chalmers.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1708642&lang=sv&site=eds-live&scope=site>
- Hua, S. Y., & Johnson, D. J. (2010). Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking. *International Journal of Production Research*, 48(3), 779-800. doi:10.1080/00207540802456802
- Huber, V. L., & Hyver, N. L. (1985). The Human Factor in Cellular Manufacturing. *Journal of Operations Management*, 213-228. doi:10.1016/0272-6963(85)90008-7
- Ivarsson, A., & Eek, F. (2016). The relationship between physical workload and quality within line-based assembly. *Ergonomics*, 913-923. doi:10.1080/00140139.2015.1105303
- Javadi, B., Jolai, F., Rabbani, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Slomp, J. (2013). An integrated approach for the cell formation and layout design in cellular manufacturing

- systems. *International Journal of Production Research*. doi:10.1080/00207543.2013.791755
- Johnsson, D., Medbo, L., & Engström, T. (2004). Some considerations relating to the reintroduction of assembly lines in the Swedish automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 754-772. doi:10.1108/01443570410548202
- Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2016). *Logistik - Läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur AB. doi:'
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the*. McGraw-Hill. Hämtat från <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat06296a&AN=clc.b2030114&site=eds-live&scope=site>
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. New York: McGraw-Hill. doi:10.1036/0071448934
- Limère, V., Landeghem, H. V., Goetschalckx, M., Aghezzaf, E.-H., & McGinnis, L. F. (2012). Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking. *International Journal of Production Research*, 50(15), 4046-4060. doi:10.1080/00207543.2011.588625
- Lundesjö, G. (2016). *Supply Chain Management and Logistics in Construction - Delivering Tomorrow's Built Environment*.
- Medbo, L. (2003). Assembly work execution and materials kit functionality in parallel flow assembly systems. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31(4), 263-281. doi:10.1016/S0169-8141(02)00220-2
- Mislick, G. K., & Nussbaum, D. A. (2015). *Cost estimation: methods and tools*. Hoboken: Wiley. Hämtat från <http://proxy.lib.chalmers.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat06296a&AN=clc.b2320822&site=eds-live&scope=site>
- Miyake, I. D. (February 2006). The Shift from Belt Conveyor Line to Work-cell Based Assembly Systems to Cope with Increasing Demand Variation and Fluctuation in The Japanese Electronics Industries. *International Journal of Automotive Technology and Management*. doi:10.1504/IJATM.2006.012234
- Mukattash, A. M., Tahboub, K. K., & Adil, M. B. (2018). Interactive design of cellular manufacturing systems, optimality and flexibility. *International Journal on Interactive Design & Manufacturing*, 769-776. Hämtat från <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=130992375&site=eds-live&scope=site>

- Nationalencyklopedin. (u.d.). *Stordriftsfördelar*. Hämtat från <https://www-nese.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/stordriftsf%C3%B6rdelar> den 30 maj 2019
- Rahman, N. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *International Conference on Economics and Business Research*, ss. 174-180.
- Rowley, J. (2012). Conducting research interviews. *Management Research Review*, 35(3/4), 260-271. doi:10.1108/01409171211210154
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2016). *Operations management Performance Objectives*. London: Kogan Page Publishers. Hämtat från <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsknv&AN=edsknv.kt010YJQG1&site=eds-live&scope=site>
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2016). *Production Facilities and Layouts*. Kogan Page Publishers. Hämtat från <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/rcid:kpHLDMUSC1/id:kt010YJQF2/handbook-logistics-distribution/production-facilities?kpromoter=federation>
- Saif, U., Guan, Z., Wang, B., Mizra, J., & Huang, S. (2014). A survey on assembly lines and its types. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 95-105. Hämtat från <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11465-014-0302-1>
- Sengupta, K., & Jacobs, F. R. (2004). Impact of work teams: a comparison study of assembly cells and assembly line for a variety of operating environments. *International Journal of Production Research*, 4173-4193. doi:10.1080/00207540410001720421
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2007). *Operations Management*. Harlow: Pearson. Hämtat från <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat06296a&AN=clc.b1748735&site=eds-live&scope=site>
- Slomp, J., & Bokhorst, A. J. (2014). Decision Support Framework for The Selection of a Layout Type. *Industrial Engineering - Concepts, Methodologies, Tools and Applications*. Hämtat från <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/rcid:kpIECMTAV5/id:kt00TWZNA9/industrial-engineering/impact-layout-type-quality?kpromoter=federation>
- Smite, D., & van Solingen, R. (2016). What's the True Hourly Cost of Offshoring? *IEEE Software*, 33(5), 60-70. doi:10.1109/MS.2015.82
- Stephens, M. P., & Meyers, F. E. (2013). *Manufacturing facilities design and material handling*. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press. Hämtat från <http://proxy.lib.chalmers.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat06296a&AN=clc.b2541537&lang=sv&site=eds-live&scope=site>

- Tanchoco, J. (1994). *Material Flow Systems in Manufacturing*. Boston: Springer US. Hämtat från <http://proxy.lib.chalmers.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cab06296a&AN=clc.b1958877&site=eds-live&scope=site>
- Tang, H. (2017). *Automotive Vehicle Assembly Processes and Operations Management*. Warrendale: SAE International. Hämtat från <https://saemobilus.sae.org/content/R-456>
- Tenselius, R. (2018). *Industrins arbetskraftskostnader internationellt*. Stockholm: Teknikföretagen. Hämtat från <https://www.teknikforetagen.se/globalassets/i-debatten/publikationer/ekonomisk-analys/industrins-arbetskraftskostnader-internationellt-2018.pdf>
- Thomopoulos, N. T. (2014). *Assembly Line Planning and Control*. London: Springer.
- Vallandingham, L. R., Strandhagen, J. W., Alfnes, E., & Strandhagen, J. O. (2018). Strategic Framework for Manual Assembly System Design. (ss. 229-237). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-10-5768-7_25
- Wang, Q., Sowden, M., & Mileham, A. R. (2013). Modelling human performance within an automotive engine assembly line. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 141-148. doi:10.1007/s00170-012-4714-y
- Wemmerlöv, U., & Johnson, D. J. (2000). Empirical findings on manufacturing cell design. *International Journal of Production Research*, ss. 481-507. doi:10.1080/002075400189275

Bilaga 1. Clean Motions grovt uppmätta monteringstider

Montering	Tid (min)
Borra hål i golv	30
Limma bryggor och skenor	30
Limma stolsryg	30
Limma Batterikonsol	30
Montera bakaxel	15
Montera framgaffel	15
Montera bromsslang	10
Montera park broms	20
Montera ledningsnät	10
Montera frambroms	20
Montera bakbroms	30
Limma sida vä	45
Limma sida hö	45
Limma panel	30
Tejpa tak	45
Limma tak	60
Limma skarv fram	15
Limma fordon invändigt	60
Borra hål	30
Borra bagagelåda	30
Montera bälte fram och bak	40
Montera styre	10
Montera alla artiklar på styre	30
Lufta bromsar	40
Montera vindruta	30
Montera torkarsystem	20
Montera elektronik under sitsen	60
Backspeglar	30
Koppla alla kablar	40
Montera sits	30
Rygg dyna o sits	10
Montera kåpa styre	10
Bagagelåda	45
Klistermärke	25
Options (Usb/Väderskydd/Dyna)	50
Audit	30
Provkörning	30
Dokumentation	20
Tvätt	30
Summa	1180