



# CHALMERS

## BRA Metodik

- Balanserad ruttanpassning för mjölkrundetåg i JIT-organiserade monteringsavsnitt

---

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Ekonomi och Produktionsteknik*

Carl Andersson

Björn Kype

Institutionen för Teknikens Ekonomi och Organisation

*Avdelningen för logistik och transport*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2014

Examensarbete E2014:043

REPORT NO. E2014:043

# BRA Metodik

- Balanserad ruttanpassning för mjölkrundetåg i JIT-organiserade monteringsavsnitt

Carl Andersson  
Björn Kype

Institutionen för Teknikens Ekonomi och Organisation  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2014

# BRA Metodik

- Balanserad ruttanpassning för mjölkkrundetåg i JIT-organiserade monteringsavsnitt

Carl Andersson

Björn Kype

© Carl Andersson & Björn Kype, 2014

Handledare och examinator: Lars Medbo

REPORT NO. E2014:043

Institutionen för Teknikens Ekonomi och Organisation

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för Teknikens Ekonomi och Organisation

*Avdelningen för logistik och transport*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

412 96 Göteborg

Telefon: 031 – 772 10 00

Chalmers Reproservice, 2014

## FÖRORD

Detta examensarbete genomfördes på Volvo Powertrain i Skövde, under våren 2014, som en del av högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och Produktionsteknik på Chalmers tekniska högskola, Göteborg. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng.

Vi vill speciellt passa på att tacka våra handledare, Harry Jolsgård på Volvo och Lars Medbo på Chalmers. Ni har på ett bra sätt hjälpt till, med både stöttning och ifrågasättande, under arbetets gång. Vi vill även tacka all övrig personal på Volvo Powertrain som varit involverade, er hjälpsamhet har underlättat vårt arbete mycket.

Ett extra tack riktas även till Per-Inge Karlsson och Ebru Crnic på Volvo Cars Engine, Skövde samt Rickard Hellström och Thomas Börjesson på Volvo Cars, Torslanda för att vi fått komma på studiebesök i deras respektive verksamheter. Det var mycket lärorikt och givande.

Avslutningsvis vill vi även tacka Jonas Håkansson, uppdragsgivare på Volvo Powertrain, för att vi fått chansen att genomföra detta arbete.

Carl Andersson & Björn Kype  
Göteborg, maj 2014

## SAMMANFATTNING

I detta examensarbete konstrueras en ruttläggningssmetodik för Volvo Powertrains monteringsfabrik i Skövde. Arbetet syftar till att skapa förståelse för företagets verksamhet samt att även öka kontrollen för styrningen av verksamheten, genom införandet av standardiserat arbetssätt och visuella hjälpmedel. Metodiken syftar även till att agera optimerande för flödestågens utnyttjande. Detta genomförs genom en studie av arbetssätt, analys av orderdata samt teoribearbetning, för att sedan jämföra detta med arbetssättet på två liknande verksamheter. Lösningen är begränsad till interna materialtåg där leverans sker från ett plocklager ut till förbrukningsplatsen via nyttjandet av mjölkkrundor. Metodiken är anpassad, men inte begränsad, till verksamheter nyttjande kanban för materialorderbeställning och som praktiserar JIT. Resultatet som detta examensarbete lett fram till är skapandet av en 13-steps-metodik, vilken optimerar användandet av resurser med hjälp av heuristiska beslutfattande modeller och grundläggande resursbalansering. Den skapade metodiken benämns BRA-metodiken (Balanserad Ruttanpassning).

## ABSTRACT

This thesis aspires to construct a routing optimization method customized for Volvo Powertrain's manufacturing plant in Skövde, Sweden. In order to enforce Volvo's own understanding and control of their own organization, as well as optimize the utilization of the in-house tow trains, the BRO methodology was created. The methodology was created from observations of the current working environment, analysis of order data as well as a comparison with two similar producing factories. The solution created is limited to be used on in-house tow trains, delivering from a supermarket using milk-runs. It is also adapted, but not limited for use in combination with Kanban and JIT. BRO is a 13-step methodology, divided up into 3 blocks, which utilizes heuristic decision-making and basic resource balancing for laying optimized routes.

\*BRO = Balanced Routing Optimization

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Fokus/Avgränsningar	1
1.4	Precisering av frågeställningen	2
1.5	Rapportens struktur/Läsanvisningar	2
<b>2</b>	<b>Teoretisk referensram</b>	<b>3</b>
2.1	Lean produktion	3
2.1.1	Muri, Mura och Muda	3
2.1.2	Kaizen och det ständiga lärandet	4
2.1.3	Standardiserat arbetssätt	4
2.1.4	Flödesorientering	5
2.1.5	Taktning	6
2.1.6	Utjämnat flöde	6
2.1.7	Dragande och tryckande materialflöden	6
2.1.8	Den japanska sjön	7
2.2	Logistik och logistiska begrepp	8
2.2.1	Lagerhållning och materialhantering	8
2.2.2	Leveransservice	8
2.2.3	Betydelsen av ledtiden och säkerhetslager	9
2.2.4	Materialstyrningsmetoder	9
2.3	Routing	11
2.3.1	Mjölkrunda i fabrik	11
2.3.2	Routing, ett TS-problem	13
2.3.3	Optimeringsmetoder	14
2.3.4	Heuristiska system	14
2.3.5	Manuella heuristiska system	15
2.3.6	Styrande dimensioner i routing	15
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>17</b>
3.1	Problemidentifiering	17
3.2	Litteraturstudie	17
3.3	Empirisk studie	17
3.3.1	Nuläge	18
3.3.2	Studiebesök	19
3.4	BRA-Metodiken	19
3.5	Validitet	19

<b>4</b>	<b>Empirisk studie .....</b>	<b>21</b>
4.1	<i>Nulägesbeskrivning - Verksamhetsbeskrivning .....</i>	<i>21</i>
4.1.1	Materialtågen.....	21
4.1.2	Lager.....	22
4.1.3	Layout.....	23
4.1.4	Materialordersystem.....	26
4.1.5	Arbetets utformning .....	26
4.2	<i>Nulägesbeskrivning – Prestation.....</i>	<i>29</i>
4.2.1	Materialbrister och leveransprecision.....	29
4.2.2	Stabilitet i systemet .....	34
4.2.3	Begränsningar i körförmåga.....	37
4.2.4	Förändringar under arbetets gång.....	37
4.3	<i>Studiebesök.....</i>	<i>38</i>
4.3.1	Volvo Cars, Torslanda.....	38
4.3.2	Volvo Cars Engines, Skövde.....	40
4.4	<i>Slutsats empiri .....</i>	<i>42</i>
<b>5</b>	<b>BRA-metodiken.....</b>	<b>43</b>
5.1	<i>Introduktion .....</i>	<i>43</i>
5.2	<i>BRA-metodikens syfte och användningsområde .....</i>	<i>43</i>
5.3	<i>Metodikens uppbyggnad och arbetsätt.....</i>	<i>43</i>
5.3.1	Förberedelseblocket.....	44
5.3.2	Lösningblocket.....	44
5.3.3	Implementeringsblocket .....	45
5.3.4	Arbetsätt.....	45
5.4	<i>Metodens steg block för block .....</i>	<i>45</i>
5.4.1	Block 1 Förberedelseblocket.....	45
5.4.2	Block 2 Lösningblocket.....	46
5.4.3	Block 3 Implementeringsblocket.....	46
<b>6</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>47</b>
6.1	<i>Måluppfyllelse .....</i>	<i>47</i>
6.2	<i>BRA-Metodikens roll i organisationen .....</i>	<i>48</i>
6.3	<i>Optimering genom analog heuristik.....</i>	<i>49</i>
6.4	<i>Förväntat utfall.....</i>	<i>49</i>
6.5	<i>Förväntningar på implementering.....</i>	<i>50</i>
<b>7</b>	<b>Slutsats .....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Rekommendationer till företaget.....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Litteraturförteckning.....</b>	<b>54</b>



**Bilaga 1 – Processbeskrivning**

**Bilaga 2 - Användarguide**

## FIGURFÖRTECKNING

Figur 1 – 3M, Muri, Mura och Muda. Förluster inom Lean .....	4
Figur 2 – Beskrivning av kaizen, standardiserat arbetssätt och nya förutsättnings förhållande till varandra .....	5
Figur 3 – Illustration på utjämnat flöde.....	6
Figur 4 - Tryckande materialflöde .....	7
Figur 5 - Dragande materialflöde .....	7
Figur 6 - Illustration av den japanska sjön Källa: Fritt från Olsson (2013) .....	8
Figur 7 - Illustration över grundprincipen i beställningspunktssystem Källa: Fritt från (Jonsson & Mattsson, 2011).....	10
Figur 8 – Illustration av grundprincipen i kanban Källa: Fritt från (Medbo, 2013).....	11
Figur 9 – Schematisk bild av arbetssätt enligt mjölkrundeprincipen. Källa: Fritt efter Droste & Deuse (2011) .....	12
Figur 10 – Begränsande dimensioner i mjölkrundeprincipen. Källa: Fritt efter (Droste & Deuse, 2011).....	13
Figur 11 – Illustration av ett TS-problem Källa: inspiration från Vickers, et al., (2001) .....	13
Figur 12 – Olika typer av heuristisk ruttläggning Källa: Fritt från De Koster, et al., (2007) ..	15
Figur 13 – Metodöversikt.....	17
Figur 14 – Materialtåg med två vagnar .....	21
Figur 15 – Materialtåg med touch-display .....	22
Figur 16 – Karta över lagerområdet samt materialtågsdepån .....	23
Figur 17 – Karta över tågens färdväg genom supermarket .....	23
Figur 18 – Karta som beskriver tågets färdväg vid materialförsörjning av 13HV.....	24
Figur 19 – Karta som beskriver tågets färdväg vid materialförsörjning av 13V.....	24
Figur 20 – Karta som beskriver tågets färdväg vid materialförsörjning av 16S .....	25
Figur 21 – Processbeskrivning för beställningssystemet .....	26
Figur 22 – Beskrivning av arbetsprocessen för tågförarna .....	27
Figur 23 – Antal leveranser med leveranstid över 2 timmar, perioden 6-jan tom 6-feb.....	31
Figur 24 – Leveranstid normerad map. tidpunkten på dagen jämfört med efterfrågad leveranstid på två timmar .....	32
Figur 25 – Leveranstid map. beställningspunkt, exkluderat order med leveranstid över 8,6 timmar .....	33
Figur 26 – Snittorderkö för 13HV över dagskiftet och variationsökningen under samma tid. 34	
Figur 27 – Snittorderkö för 13V över dagskiftet och variationsökningen under samma tid....	35
Figur 28 – Snittleveranser/order per 6-minutersintervall över skiftet, 13HV.....	35
Figur 29 – Reell orderkö, relativt order in-/utgång per 6-minutersintervall .....	36
Figur 30 – Illustration av Fork Lift Free .....	39

Figur 31 – Illustration av pallhanteringen .....	41
Figur 32 – Schematisk bild av BRA-metodiken .....	44

## ORDLISTA

<b>Benämning</b>	<b>Beskrivning</b>
<b>13HV</b>	Monteringsavsnitt, 13-litersmotor, Huvudflöde
<b>13V</b>	Monteringsavsnitt, 13-litersmotor, Variantflöde
<b>16S</b>	Monteringsavsnitt, 16-litermotor
<b>Blåådor</b>	Medelstor lastbärare, blå plastlåda
<b>BRA</b>	Balanserad Ruttanpassning, benämningen på den framtagna metodiken
<b>Depå</b>	Utgångspunkt materialtågen/flödestågen
<b>FIFO</b>	First in First Out
<b>Flödeståg</b>	Materialtåg körandes blåådor och hundralådor till 13HV, 13V och 16S
<b>Heuristik</b>	Optimering genom erfarenhet och regelstrukturering
<b>Hundralådor</b>	Liten lastbärare, kartonger
<b>JIT</b>	Just In Time
<b>Lastbärare</b>	Anordning som bär och sammanhåller last
<b>Ledtid</b>	Tid från processtart till fullbordande
<b>Materialtåg</b>	Transportfordon av material följande mjölkruna
<b>Mjölkruna</b>	Förbestämd färdväg längs med förbestämt antal stopp men avslut i utgångspunkten
<b>Operatör</b>	Person verkandes på verksamhetsgolvet
<b>Routing</b>	Ruttbestämning/Ruttläggning
<b>Ränna</b>	Leveransplats för material, även förbrukningsplats
<b>Stallage</b>	Hållare av rännen
<b>Station</b>	En samling stallage som kan servas vid ett tågstopp
<b>STD</b>	Standardavvikelse
<b>Supermarket</b>	Materialuthämningsområde

# 1 INLEDNING

Kapitlet behandlar bakgrunden till rapportens uppkomst samt dess syfte. Syftet preciseras även i ett antal frågeställningar och avgränsningar av arbetet görs.

## 1.1 Bakgrund

I varje industri förekommer internleveranser av material för att försörja den egna produktionen. Lösningarna för detta är nästan lika många och unika som de produkter som tillverkas. Detta beror på att varje organisation lever med olika förutsättningar och den lösning som passar i en situation måste inte lämpa sig i en annan. Detta leder naturligt till att utformandet av systemet direkt påverkar företagets förutsättningar till effektiv produktion.

Vad ett företag ser som effektivitet formas framförallt utifrån vilken/vilka verksamhetsfilosofier som organisationen följer. Under den senare halvan av 1900-talet har ett flertal teorier och filosofier för dessa upplägg kommit i dager och används i olika grad världen över. Filosofier som Lean och Agile förespråkar kundorientering och flexibilitet medan andra filosofier förespråkar fokus på andra parametrar.

Företags syn på effektivitet tillsammans med dess produktionssituation utgör grunden vid utformning av dess logistiklösningar. Volvo Powertrain i Skövde, fortsättningsvis benämnt VPT, följer Volvo Groups produktionssystem VPS (Volvo Production System) som till stor del bygger på Lean-principer. VPS, precis som Lean, fokuserar mycket på förlustreduktion och ständigt förbättrande av aktuell situation. Den fortgående utvecklingen premieras framför den radikala innovationen.

Detta arbetssätt uppmanar till lösningar som fokuserar på kontinuerliga flöden och flexibilitet. Vidare leder då detta naturligt till mindre batcher och bättre anpassade materialmängder, oftast i form av mindre förpackningar. En lösning som tillåter flexibel leverans, små materialmängder och goda förutsättningar för hög leveranssäkerhet är materialtåg med förutbestämda rutter, enligt mjölkrundaprinzip. Nackdelen med denna lösning är dock att även om förbrukningen går lätt att kartlägga blir försörjningen av en specifik rutt mer komplex att förstå sig på.

På Volvo i Skövde har de sedan en längre tid valt att försörja sina monteringsstationer med materialtåg, som då försörjer en serie stationer. Dessa tågs rutter har vuxit fram organiskt för att tillgodose monteringsavsnittens behov. Systemet är flexibelt och har på så vis lätt justerats när situationen har förändrats och när problem har uppdagats. Någon systematisk utvärdering av systemet har därmed inte gjorts, då problemen som uppstått varit löstlösta.

## 1.2 Syfte

Utföra en grundlig nulägesanalys och skapa förståelse för materialtågsrutternas utformning samt med moderna logistikprinciper föreslå en metodik för hur utformning av framtida rutter bör se ut, i syfte att minska förluster och att säkra materialleveranser, för materialtågen på Volvo Powertrains monteringsavsnitt.

## 1.3 Fokus/Avgränsningar

- Arbetet behandlar endast de tre största flödena med materialleveranser från supermarket.
- Endast simuleringar i syfte att testa koncept har genomförts i utredningen.
- Detta är ett förbättringsprojekt och syftar därmed till att utveckla nuvarande system.

- Eventuell implementering av resultaten sker om tid finnes, men är inte nödvändig för projektet.
- Alla mätningar och värderingsparametrar mäts i relativa effektivvärden och räknas inte om i ekonomiska värden. Inga kostnader eller kapitalvärden tas heller hänsyn till i denna redogörelse. Att tillskriva statiska ekonomiska värden utan relation till resterande verksamhet bidrar varken till förståelsen av situationen eller för de besparingar som kan göras.

## 1.4 Precisering av frågeställningen

Arbetet syftar till att besvara följande frågor:

- Hur ser situation ut i nuläget och hur arbetar man?
- Vilka förluster finns det i dagens system och hur stora är dessa?
- Vilka faktorer påverkar utfallet av ruttläggningen?
- Vilken metodik lämpar sig bäst vid utformande och uppdaterande av materialtågens rutter?
- Vilken ruttfordelning lämpar sig bäst i dagsläget?

## 1.5 Rapportens struktur/Läsanvisningar

Rapporten inleds med ett kapitel som ämnar beskriva bakgrunden till arbetets uppkomst samt dess syfte. Vidare finns en teoretisk referensram som tar upp, för lösningen, relevant teori. Läsning av detta kapitel rekommenderas läsare som önskar fördjupad kunskap i vad som utgjort grunden för lösningen.

Kapitlet Metod beskriver hur arbetet gått till samt vilka metoder som används för att nå fram till en lösning. Här beskrivs även vad som gjorts för att säkerställa riktigheten i utfallet av arbetet.

Den empiriska studien är en kartläggning och ger en fördjupad bild av situationen på företaget. Här analyseras även nuvarande situation samt att det klargörs vilka behov som verksamheten har. Kapitlet innehåller även lärdomar från studier av andra företags verksamheter.

I kapitlet BRA-metodiken presenteras det resultat som har konstruerats. Vidare följer även kapitel som ytterligare analyserar situationen och klargör slutsatser samt avslutningsvis rekommendationer till företaget.

## 2 TEORETISK REFERENSRAM

Denna teoretiska referensram syftar till att kortfattat klargöra begrepp och teorier som ligger till grund för vidare resonemang i rapporten. *Lean produktion* behandlas för att orientera läsaren i de produktionsförutsättningar som råder på VPT och den centrala värdegrunden i konstruktionen av resultatet. I avsnittet *Logistisk och logistiska begrepp* behandlas grundläggande begrepp aktuella i konstruktion av ett materialförsörjningssystem. Under avsnittet *Routing* finner läsare de mest centrala teorierna som är använda i lösningen av problemet.

### 2.1 Lean produktion

Det som i dag kallas för Lean produktion, fortsättningsvis i rapporten benämnt även som Lean, är grundat i TPS (Toyota Production System) och är ursprungligen en filosofi om hur producerande verksamheter bör anpassa sig för att möta den allt mer konkurrensfyllda marknaden. Lean är inte en produkt av Toyota utan namnet på de kollektiva reflektioner som världens produktionsexperter valt att kalla lärdomar från TPS.

Hos VPT används ett eget produktionssystem kallat VPS (Volvo Production System) vilket är företagets tolkning och tillämpning av Lean produktion. Det är därför aktuellt att tolka och inkorporera Lean i den lösning som tagits fram i denna rapport. Lean är ett väldokumenterat område som gett upphov till mycket forskning och det blir därav irrelevant att redogöra för Lean i sin helhet, i denna rapport. Därför fokuserar detta avsnitt till att beskriva, för denna rapport, aktuella områden inom Lean produktion.

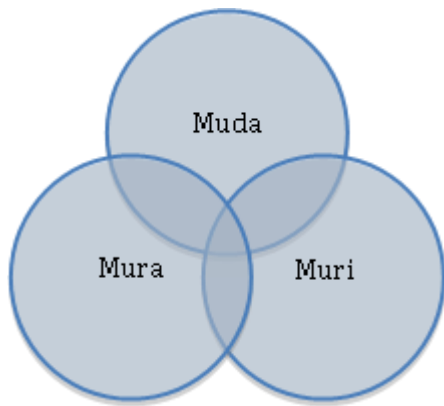
#### 2.1.1 Muri, Mura och Muda

Lean som en styrmetod för produktion fokuserar främst på flödet, där målet är en snabb och förlustfri tillverkning. Det finns tre typer av störningar till ett sådant system, inom Lean kallade muri, mura och muda (Liker, 2004). På svenska brukar dessa översättas till överbelastning, ojämnheter och slöserier.

**Muri** syftar till överbelastning av maskin eller människa. En överbelastning leder nästan alltid till de andra två störningarna, ojämnheter och slöserier. Till exempel en överbelastad cell leder oftast till oönskade stopp i flödet, genererar fler felaktiga produkter och saknar tid till underhåll och förbättringsarbete.

**Mura** syftar till problemen som uppstår när balanseringen i produktionen inte fungerar. Förutom att ojämnheter i produktionen leder till sämre utnyttjande av resurser leder det alltid till en svårare kartläggning av den aktuella situationen.

**Muda** syftar till de direkta slöserierna. Då muri och mura syftar till dåligt utnyttjande av enstaka resurser resp. av resurserna i kombination, handlar muda om genomförandet. Från Toyota har Lean ärvt en fördelning av dessa; Överproduktion, väntan, onödiga transporter, överarbete, onödig rörelse, lager och omarbete. I Lean har sedan outnyttjad kreativitet tillkommit. Den klassiska synen är att de aktiviteter som inte tillför värde för kunden är muda, slöserier och bör rationaliseras bort.



Figur 1 – 3M, Muri, Mura och Muda. Förluster inom Lean

Första steget i allt Lean-arbete kommer ur stabilitet (Liker & Meier, 2006). Det huvudsakliga syftet är att skapa stabila processer med god tillförlitlighet. Detta görs då genom att kontrollera muri, mura och muda.

### 2.1.2 Kaizen och det ständiga lärandet

Centrala begrepp i organisationer som ämnar att jobba enligt Lean-principer är reflektion och det ständiga lärande, hansei (Liker & Meier, 2006). Genom fortgående reflektion, ifrågasättande och vilja att bli bättre utvecklas verksamheten påstår Liker & Meier (2006), och kopplar samman detta med kaizen, ständiga förbättringar.

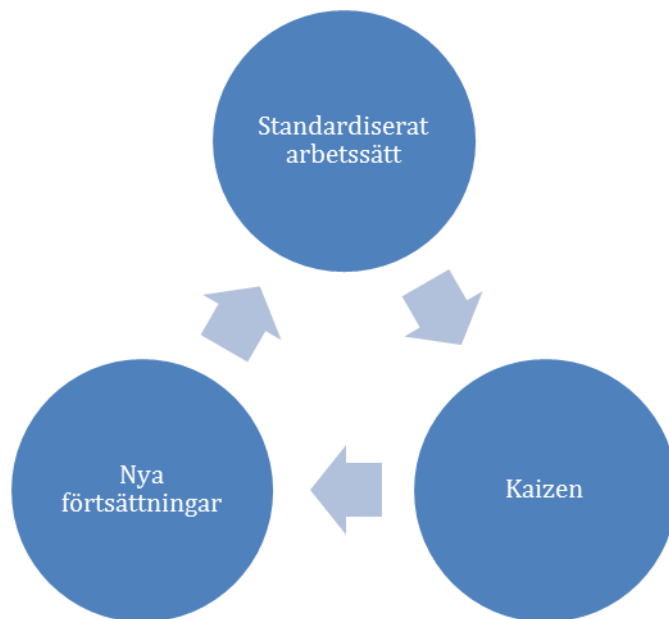
Kaizen eller ständiga förbättringar är ett av de mest centrala begreppen i TPS och även i Lean. Grunden till kaizen är i sin tur stabilitet som tidigare konstaterats (Liker & Meier, 2006). Genom stabilitet kan förståelse skapas om den nuvarande situationen och stabiliteten agerar även grund för kommande förbättringar. Det blir därför också viktigt att uppnå stabilitet återigen efter förbättringen är genomförd för att kunna identifiera utfallet.

### 2.1.3 Standardiserat arbetssätt

Standardiserat arbetssätt syftar till att klargöra hur ett arbete skall genomföras och på så sätt kunna bedöma arbetssättet (Medbo, 2013). Det är då inte det universellt bästa arbetssättet som tillämpas utan det bästa nu kända. Genom strävan att ständigt förbättra, kaizen, uppdateras sedan det standardiserade arbetssättet för att på så sätt succesivt närma sig det ideala tillståndet.

På samma sätt som stabilitet, påverkar även standardiserat arbetssätt förutsättningarna för ständiga förbättringarna (Liker, 2004). Medan stabilitet syftar till utfallet av verksamheten syftar standardiserat arbetssätt till styrningen av verksamheten. En stabil process möjliggör för att visa på utfallet av en förbättring och ett standardiserat arbetssätt gör det möjligt att härleda ett utfall till en förändring, därav blir båda viktiga i en lärande organisation. Illustrerat nedan i Figur 2.





Figur 2 – Beskrivning av kaizen, standardiserat arbetsätt och nya förutsättningar förhållande till varandra

Standardiserat arbetsätt, skall noteras, är inte enbart till produktionsnära arbete, som för operatörer och montörer, utan kan tillämpas på alla typer av arbete. I denna rapport används standardiserat arbetsätt ur systematiskt och produktionstekniskt perspektiv där standardiserat arbetsätt används som ett verktyg i att utveckla produktionsupplägget.

#### 2.1.4 Flödesorientering

För att reducera förluster i största möjliga utsträckning, bör kontinuerligt flöde uppnås (Liker & Meier, 2006). Med kontinuerligt flöde menar Liker och Meier avbrottsfri fortgående produktion precis som namnet antyder. Huvudsyftet är reducering av slöserier då kontinuitet per definition innebär inga avbrott och därmed kräver minimering av de avbrottskapande slöserierna. Utmaningen med kontinuerligt flöde ligger i att synkronisera försörjningen av material till värdeflödet, både mellan delprocesser och från den dedikerade materialförsörjningen. Liker och Meier lyfter denna synkronisering som den verkliga vinsten med kontinuerligt flöde.

Att uppnå ett kontinuerligt flöde är dock i de flesta fall inte möjligt, då många verksamheter arbetar med produkter styckvis eller har moment som hindrar tillverkningen från att bli kontinuerlig. Fördelarna med raka, ständigt flytande produktionsflöden är många. Liker och Meier lyfter tanken att i ett tydligt, ändamålsenligt flöde kommer problemen upp till ytan. Att detta är attraktivt kan låta motsägelsefullt, men dessa problem som inte kommer upp till ytan innebär i regel en kostnad i resurser som inte i sig själv bidrar till att öka värdet på produkten för kunden, även om de inte märks i den dagliga driften. Genom att lyfta dessa till ytan blir det tydligt vilken inverkan de har på produktionen och det blir då också mer akut att åtgärda dem. Ett kontinuerligt flöde innebär även ett flöde utan mellanliggande lager och utan köer. Detta är ett idealfall där minimalt kapital är uppbundet i material, ingen väntan och inga balanseringsförluster som resultat av olika stationers bearbetningstider.

För att närma sig det kontinuerliga systemet, vilket ställer stora krav, uppmuntrar Liker & Meier (2006) till att ta vägen genom ett införande av både dragande materialstyrning och utjämnad produktion. Detta för att båda verkar mot en jämnare produktion och motverkar uppkomsten av kaskadeffekter genom minimerande av flödesvariation. Detta hjälper då till att motverka det raka och obuffrade systemets inneboende reaktivitet. Baudin (2004) lägger

istället vikten på det dragande systemets förmåga att på ett effektivt sätt synkronisera materialförsörjningsflödet med värdeflödet och det utjämnade flödets utjämnande effekt på försörjningsflödet. För kontinuerligt flöde skall försörjningsflödet i sig också vara så kontinuerligt som möjligt, säger Baudin.

### 2.1.5 Taktning

Taktning innebär att produktionstakten i de olika produktionscellerna hålls på en jämn nivå genom hela flödet och är enligt Liker & Meier (2006) en av de viktigare faktorerna för att skapa stabilitet. Genom taktning skapas jämn förbrukning av resurser samt jämn leverans av produkter, vilket gör det lättare att planera försörjning och förutse beteendet hos flödet. Taktning används på så vis för att undvika överbelastning och ojämnheter, muri och mura, i produktion. Genom taktning och anpassning av produktionen kan även en stor mängd muda undvikas (Liker & Meier, 2006), bland annat genom att ett taktat flöde är lättare att synkronisera med dess supporterande funktioner, såsom materialflöden. Det blir lättare att dimensionera och styra dessa system och det ger dessutom större möjlighet till minimering av icke värdeökande aktiviteter, som väntan och transport.

### 2.1.6 Utjämnat flöde

I en produktionslina som tillverkar fler än en enda variant påverkar utjämnat flöde verksamheten på ungefär samma sätt som taktningen. När tillverkningen går över från en variant till en annan förändrar det både materialförbrukningen och relationerna mellan produktionsstegen i och med förändrade förutsättningar och ändrade cykeltider. Förändringen av variant och hur effekterna av dessa sprider sig kallar Liker & Meier (2006), pisk-snärteffekt, då effekten ackumuleras när den sprider sig genom systemet. Utjämnat flöde innebär att blanda de olika varianterna så mycket som efterfrågan tillåter och helst efter en, relativ efterfrågan, utjämnad ordning, se Figur 3. Resultatet blir en jämnare förbrukning av material och utjämnning av belastningen, vilket gör det lättare att anpassa försörjningen till värdeflödet.



Figur 3 – Illustration på utjämnat flöde

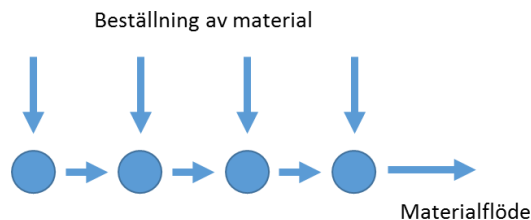
### 2.1.7 Dragande och tryckande materialflöden

Ett dragande produktionssystem definieras utifrån att initiering av materialförflyttning sker av en förbrukande enhet längre fram i produktionsflödet (Jonsson & Mattsson, 2011), se Figur 5. På detta vis produceras enbart de artiklar som efterfrågas och teoretiskt sett uppstår inga oplanerade köer. Fördelarna med dragande system är många, viktig att nämna är dess egenskap att minimera antalet planeringspunkter och möjliggörandet av hanteringen av småbatchflöde.

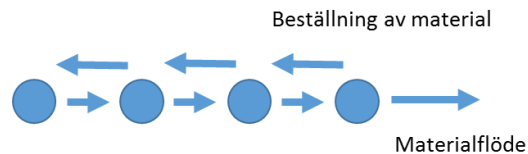
Tryckande produktionssystem kan sägas vara motsatsen till dragande produktionssystem, det vill säga att materialförflyttning görs utan att den efterkommande aktören har initierat en beställning av material, se Figur 4. Det är då den tillverkande enheten själv eller en central aktör som styr när materialförflyttning sker.

Detta skapar tre typfall, tryckande system med central planeringsinsats, tryckande system med självstyrande aktörer i materialflödet och dragande system.

I Lean förespråkas dragande system för dess egenskaper att begränsa antalet produkter i arbete, att varje arbetsinsats kan knytas till en kundorder och att ingen tillverkning eller förbrukning sker utan efterfrågan (Liker & Meier, 2006). Genom användning av dragande system istället för central planering bibehålls tydlig kausalitet mellan förbrukning, behov och ordertakt.



Figur 4 - Tryckande materialflöde



Figur 5 - Dragande materialflöde

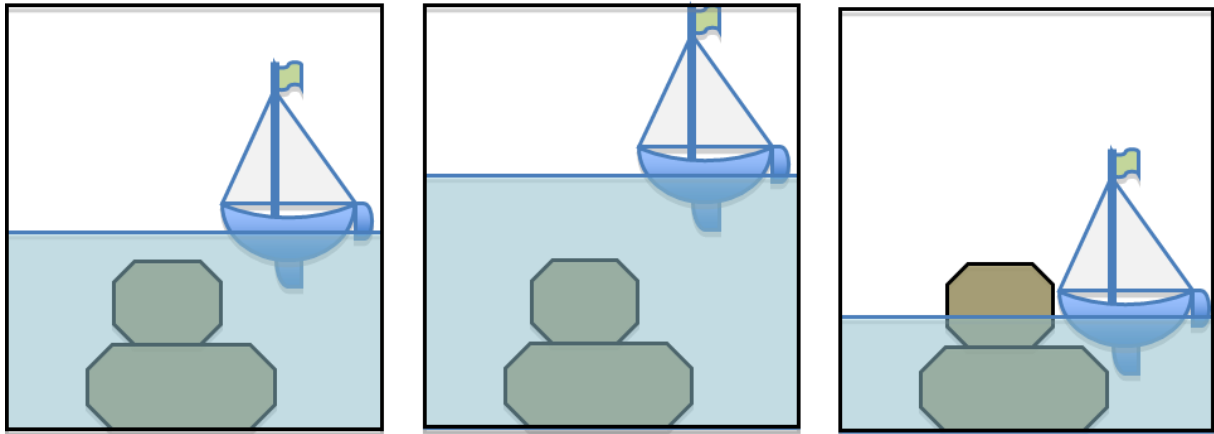
Genom nyttjande av dragande system sammankopplas försörjningskedjan direkt med den verkliga produktionen. Synkroniseringen mellan de två kommer istället att bero på systemet för informationsflödet. För att uppnå kontinuerligt flöde behöver därför även designen av beställningssystemet behandlas.

### 2.1.8 Den japanska sjön

I sin bok, *the Toyota Way Fieldbook*, hävdar Liker & Meier (2006), att en av de mest drivande faktorerna till Toyotas framgång med kvalitetssäkring av sina produkter, är deras inställning att inte släppa igenom felaktigheter samt deras villighet att låta ett problem stoppa produktionen.

Tidigare i avsnittet har det talats om Toyotas vilja att lyfta problem till ytan, för att identifiera problem och avhjälpa dem istället för enbart hantera dess effekter. Ofta beskrivs just detta i termer av den Japanska Sjön, se illustration i Figur 6, en analogi där produktionen ses som en båt, problemen som grund och vattennivån som resurser i systemet till exempel materialnivåer (Olsson, 2013). Genom att öka materialmängden skapas möjlighet för båten att passera över grundet. Genom att applicera den omvända logiken, det vill säga sänka vattennivån, kommer problemen i dager och gör det då möjligt att istället undanröja dem. Vinsten ligger i reducering av förluster som problemet skapar samt möjligheten att minska resursanvändandet. När Toyota stannar produktionen vid fel och inför system för identifiering av fel är det ett sätt att sänka vattennivån och att lyfta problemen till ytan.

I framtagandet av ett materialhanteringssystem kan analogin istället tolkas som att mängden materialhanterare motsvaras av vattennivån och leveransförmågan motsvaras av båten. Genom att addera en större mängd materialhanterare kan nästan alla leveransbehov hanteras, även i de mest ineffektiva systemen. Genom överdimensionering av materialhanterare blir det därför möjligt att dölja brister i systemet, och först genom sänkning av denna nivå kan effektiviserade lösningar konstrueras.



Figur 6 - Illustration av den japanska sjön Källa: Fritt från Olsson (2013)

## 2.2 Logistik och logistiska begrepp

Logistik handlar om att skapa effektiva materialflöden samt att efterfrågat material finns på rätt plats vid rätt tidpunkt (Jonsson & Mattsson, 2011). Det handlar om att planera, organisera och styra för att skapa möjligheter till bra service, minskade kostnader, minskade kapitalbindningskostnader samt att reducera miljöpåverkan. I detta avsnitt introduceras ett antal logistiska begrepp och koncept för att skapa förståelse för vidare läsning av rapporten.

### 2.2.1 Lagerhållning och materialhantering

Lagerhållning och materialhantering är starkt kopplade till varandra och avser hur material flyttas och hanteras internt i den egna verksamheten. Vid utformande av ett materialhanteringssystem bör hänsyn tas till ett antal olika faktorer: vilken typ av material som ska förflyttas, hur långa avstånd det rör sig om, hur frekvent efterfrågan är samt antal ställen att hämta respektive att lämna material på (Jonsson & Mattsson, 2011).

Materialhantering kan definieras med att det syftar till att: tillhandahålla material i rätt kvantitet, med rätt kvalitet, i rätt sekvens, på rätt plats, vid rätt tidpunkt och till rätt kostnad (Tompkins, et al., 2003).

Som tidigare nämnts i avsnittet om Lean ses transporter och hantering som muda, slöserier. Det ideala blir då att helt eliminera materialhantering och transporter, i praktiken handlar det dock om att minimera hanteringen i största möjliga mån (Tompkins, et al., 2003).

### 2.2.2 Leveransservice

Leveransservice är den service som har att göra med leveransprocessen. För att mäta denna används vanligtvis fem olika mätvärden (Jonsson & Mattsson, 2011). Dessa är lagerservicenivå, leveransprecision, leveranssäkerhet, leveranstid och leveransflexibilitet. Beroende på vilken situation som råder får de olika elementen olika relevans.

- *Lagerservicenivå* – Mäter i vilken omfattning leverans kan ske direkt när en order kommer in.
- *Leveransprecision* – Mäter i vilken omfattning en leverans sker på överenskommen tidpunkt. En leverans bör i detta avseende varken vara för tidig eller för sen.
- *Leveranssäkerhet* – Mäter i vilken omfattning rätt material har levererats i rätt kvantitet.
- *Leveranstid (Leditid)* – Tiden det tar från beställning till leverans.
- *Leveransflexibilitet* – Mäter förmågan att kunna ändra i en redan lagd order.

När det gäller interna leveranser är det fundamentalt att ha en hög lagerservicenivå, det vill säga att leverans bör kunna ske så fort en beställning på material kommer in. Det blir även relevant att ha en bra leveransprecision, då en försenad leverans i värsta fall kan innebära stillestånd i produktionen. Leveranssäkerheten kommer då i tredje hand men är fortfarande essentiell då en leverans av fel material som minst kräver en ny leverans för att kompensera och i värsta fall leder det till en felaktig produkt till kund. Dessa tre faktorer har ett teoretiskt börvärde på 100 %, även om detta inte är realistiskt i de flesta verksamheter.

Ledtiden har inget teoretiskt börvärde, mer i kommande avsnitt. Det har heller inte leveransflexibiliteten. Vid interna leveranser fyller leveransflexibiliteten en mindre betydande roll då systemen är små och leveranserna går relativt fort, det är även hård konkurrens om resurserna vilket gör förändringar i order mycket svåra att hantera.

### 2.2.3 Betydelsen av ledtiden och säkerhetslager

Ledtiden definieras, i detta sammanhang, som den tid det tar från att en beställning lagts till dess att leverans sker (Jonsson & Mattsson, 2011). Ur ett internlogistiskt perspektiv blir ledtiden styrande för att anpassa materialmängden som krävs vid förbrukande enhet. En reduktion av ledtiden medför således att materialmängden vid förbrukningsstället kan minskas och vinster kan göras i minskade kapitalbindningskostnader, mindre behov av lagerutrymme samt att processen blir mer flexibel (Droste & Deuse, 2011).

Säkerhetslagret är de resurser som skall användas då variation i förbrukning eller ledtid leder till att den tänkta materialmängden inte räcker till. Säkerhetslagret används aldrig i ett system som förbrukar och levererar enligt plan. Säkerhetslagret kan bestämmas på tre sätt; bestämd mängd, t.ex. en full låda, bestämd procent av maximalt lager eller procent av maximalt lager som ger bestämd servicenivå.

För att minimera säkerhetslagrets storlek är det vid jämn efterfrågan, betydelsefullt med en stabil ledtid, med små variationer. Om det istället är stora variationer i efterfrågan är det effektivast med minimerade ledtider, för att uppnå samma resultat. (Mattsson, 2003) Detta är ekvivalent med att säga att det är lättare att hålla hög leveransprecision med stabil ledtid vid jämn efterfrågan och kort ledtid med stora variationer i efterfrågan. I internleveransfallet är också mängden materialbrister invers proportionerlig mot leveransprecisionen.

### 2.2.4 Materialstyrningsmetoder

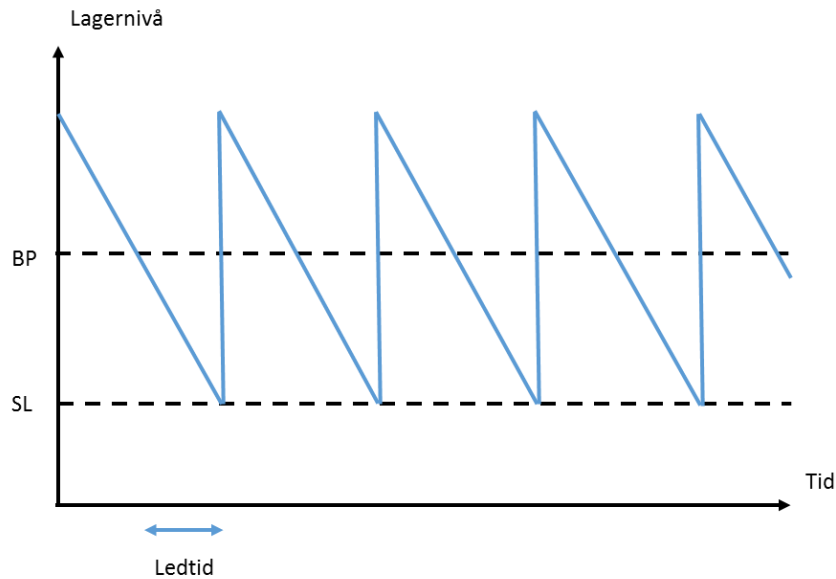
För att försörja ett produktionssystem med material på ett tillfredsställande sätt krävs någon form av styrning. Nedan presenteras den grundmetod, och variant, som tidigare användes på VPT, samt den metod som numera är aktuell, för att ge läsare en förståelse för den problematik som hanteras i kommande avsnitt. Gemensamt för dessa är att de syftar till att säkerställa att material finns tillgängligt för produktion i rätt tid samt att de eftersträvar att reducera lagerhållningskostnader (Jonsson & Mattsson, 2011).

#### 2.2.4.1 Beställningspunktsystem

Beställningspunktssystem bygger på att beställning av nytt material görs när lagernivån understiger en beräknad beställningspunkt. För att dimensionera ett sådant system räknas den genomsnittliga förbrukningen av materialet fram samt tiden för materialanskaffning. Dessa två multipliceras sedan med en säkerhetsfaktor för att kompensera för fluktuationer under ledtiden (1) (Jonsson & Mattsson, 2011).

Denna typ av materialstyrning lämpar sig bäst på artiklar som har en relativt jämn förbrukning, se Figur 7. I annat fall riskeras materialbrister om efterfrågan ökar kraftigt eller om efterfrågan minskar binds onödigt mycket kapital upp i lagerhållningskostnad.

$$BP = \text{Efterfrågan per tidsenhet} \times \text{Ledtiden} + \text{Säkerhetslager (SL)} \quad (1)$$



Figur 7 - Illustration över grundprincipen i beställningspunktssystem Källa: Fritt från (Jonsson & Mattsson, 2011)

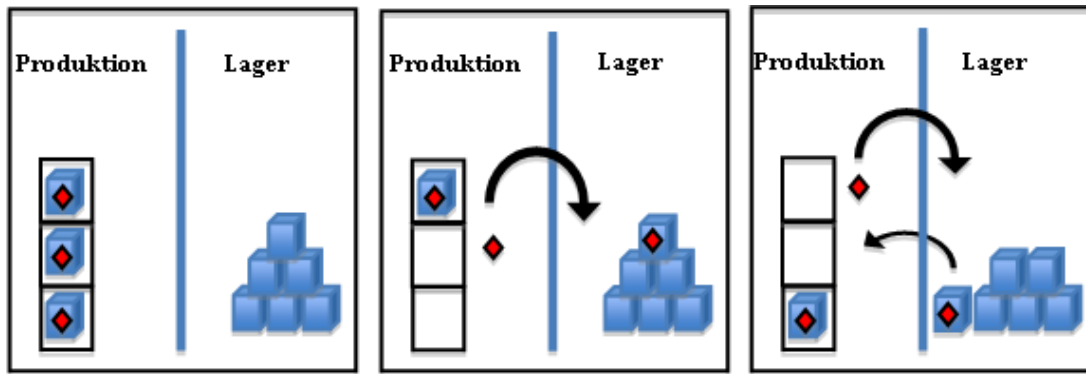
### 2.2.4.2 Täcktidsplanering

Täcktidsplanering bygger på samma princip som beställningspunktssystem men istället för att använda sig av en beställningspunkt så används istället en täcktid. Istället för att beställa när en viss kvantitet underskrids används en tid för att definiera när en ny beställning bör ske. En ny order bör läggas om den beräknade täcktiden är mindre än ledtiden för anskaffning av material plus säkerhetstiden. (Jonsson & Mattsson, 2011)

### 2.2.4.3 Kanban

Kanban har stora likheter med beställningspunktssystem och är en materialstyrningsmetod som bygger på att förbrukande station initierar beställning av nytt material. Det är således ett dragande system och skickar signalen om materialbehov bakåt i kedjan.

Kanban består av delorden ”kan” och ”ban” vilket kan översättas till kort och tecken (Baudin, 2004). Ett kanbansystem består typiskt av en arbetsstation, ett bestämt antal lastbärare och en materialförsörjare. Till varje lastbärare finns det ett kanban, eller kanbankort. När operatören påbörjar förbrukning av en lastbärare lämnas detta kanbankort till materialförsörjaren som en signal på att förbrukning har skett och återfyllnad önskas. Kanbankortet lämnas då tillsammans med den lastbärare som materialförsörjaren levererar, illustrerat i Figur 8.



Figur 8 – Illustration av grundprincipen i kanban Källa: Fritt från (Medbo, 2013)

Kanbanprincipen bygger på att det finns ett förutbestämt antal kanbankort i omlopp och att alla lastbärare innehåller ett förutbestämt antal artiklar. För att beräkna hur stort antal kort som skall finnas tas hänsyn till ledtid för återanskaffning av material, förbrukning per tidsenhet, antalet som får plats i varje lastbärare samt en säkerhetsfaktor för att kompensera för variationer. Vidare kan även maxlager beräknas, genom att multiplicera antalet i varje lastbärare med antalet kanbankort (2)(3) (Jonsson & Mattsson, 2011).

$$\text{Antal kort} = \frac{\text{Efterfrågan per tidsenhet} \times \text{Ledtid} \times \text{Säkerhetsfaktor}}{\text{Antal i varje lastbärare}} \quad (2)$$

$$\text{Maxlager} = \text{Antal kort} \times \text{Antal i varje lastbärare} \quad (3)$$

Användning av kanban är ett effektivt sätt att kontrollera och begränsa hur mycket material som finns tillgängligt i systemet.

## 2.3 Routing

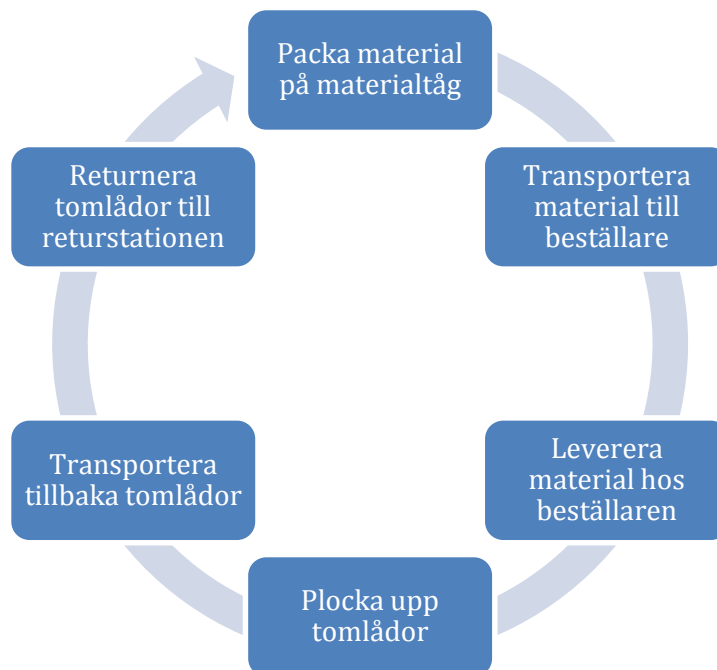
I detta avsnitt behandlas området routing (översatt till svenska: rutläggning), med avseende på interna leveranser. Beskrivning av det verkliga leveranssystemet avhandlas under rubriken mjölkrundor i fabrik, följt av genomgång av problematiken och lösningssystemen för routing. Avsnittet avslutas med en genomgång av faktorer viktiga vid verklig implementering.

### 2.3.1 Mjölkrunda i fabrik

Sammankopplat med routing finns många närbesläktade teorier och metodiker. När det kommer till routing i interna leveranssystem är det antingen upphämtning av material (Order Picking) från lager, leverans till intern mottagare (VRP) eller båda som behandlas. I båda fallen handlar det om att besöka ett antal förutbestämda stationer för antingen avhämtning eller avlämning av material, och att göra detta efter en förutbestämd runda. Detta sätt att leverera/hämta upp material kallas mjölkrunda, det blir därför aktuellt att behandla vad denna leveransmetod innebär och bär med sig för egenskaper. Utifrån rapportens syfte behandlas nedan bara mjölkkrundor som en metod för leverans av material och upphämtning av returmaterial.

När mjölkkrundor används för att distribuera material från supermarket till förbrukningsplats nyttjas vanligtvis materialtåg, en truck med tillhörande vagnar (Faccio, et al., 2013). Det

generella arbetssättet vid materialförsörjning med mjölkrundeprincip illustreras nedan i Figur 9.



Figur 9 – Schematisk bild av arbetssätt enligt mjölkrundeprincipen. Källa: Fritt efter Droste & Deuse (2011)

Med denna metodik erhålls, tack vare den höga frekvensen av leveranser, en mer balanserad materialförsörjning än vad andra metoder klarar av att prestera (Droste & Deuse, 2011). Vidare skapar mjölkrundeprincipen möjlighet att snabbt anpassa sig efter förändrade förutsättningar, såsom förändrade kundbehov.

Många företag, speciellt i bilindustrin, använder sig av konceptet med mjölkrunda för att försörja sin produktion med material (Droste & Deuse, 2011). Denna metod används mycket i samband med Lean och bygger på att leveranser sker i små kvantiteter med korta tidsintervall, Just-in-time (Faccio, et al., 2013). Mjölkrundorna körs enligt fastlagda rutter genom fabriken och styrs oftast med en tidtabell (Droste & Deuse, 2011).

Vanligtvis används ett, så kallat, supermarket för att plocka material som ska köras ut på en mjölkrunda. Ett supermarket är, i det här fallet, ett lagerområde där materialet kan plockas direkt ur pallar eller andra större lastbärare. Lagernivåerna i supermarket styrs ofta genom fördefinierade minsta- respektive högstanivåer. (Droste & Deuse, 2011)

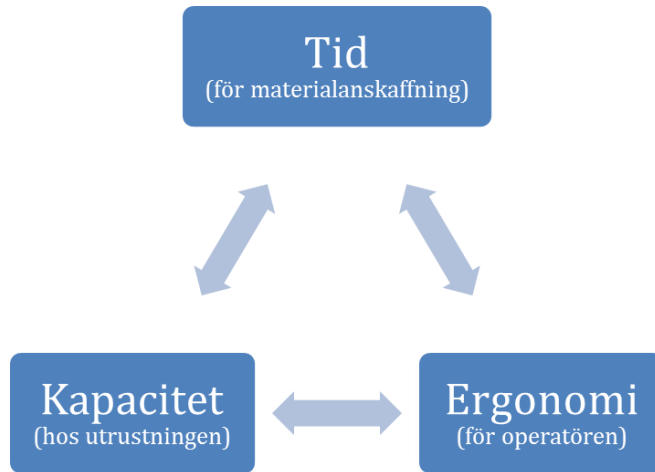
Det finns tre begränsande dimensioner som måste tas hänsyn till för att uppnå ett effektivt arbete med mjölkrunda (Droste & Deuse, 2011). Dessa är tid, kapacitet och ergonomi, se Figur 10.

**Tiden** det tar att hantera och transportera materialet som ska levereras får inte överskrida den planerade tidsåtgången för en mjölkrunda. Faktorer som påverkar hur lång tid detta tar är; mängden material, vilken typ av material som ska hanteras samt hur långt materialet måste transporteras.

**Kapaciteten** som transportenheten innehar är även den en begränsning som måste tas hänsyn till. Restriktioner i volym eller vikt kan göra att materialet måste delas upp på flera körningar. Tillsammans med tiden är det denna faktor som främst begränsar leveransförmågan och därmed vilken efterfrågan som kan supporteras.



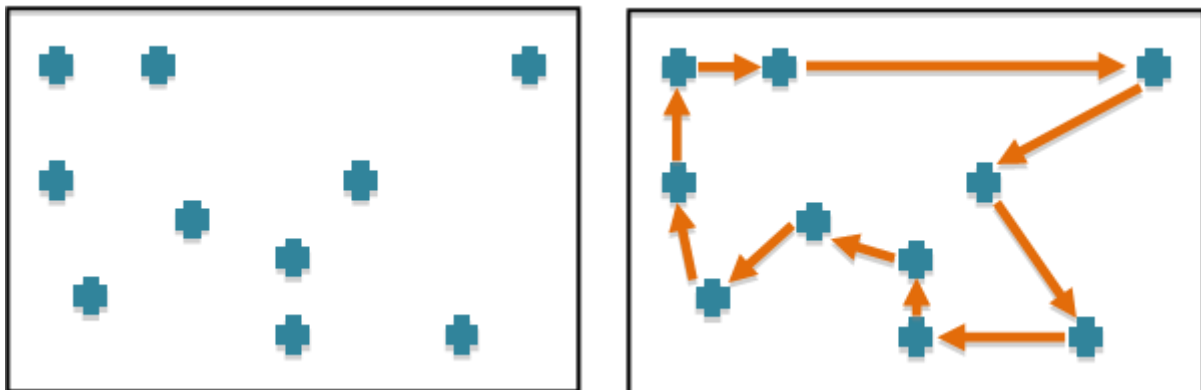
**Ergonomin** för operatören är en faktor som hänsyn måste tas till. Då på- och avlastning, framförande av tåget och övrig hantering av fordonet är aktiviteter begränsade av operatörens förmåga. God ergonomi leder till bättre förmåga för operatören att genomföra sina uppgifter.



Figur 10 – Begränsande dimensioner i mjölkkrundesystem. Källa: Fritt efter (Droste & Deuse, 2011)

### 2.3.2 Routing, ett TS-problem

Routing, eller ruttläggning, syftar till att konstruera förbestämda färdvägar, eller regler för färd, så att kortast möjliga färdväg uppstår samtidigt som färden passerar alla de förutbestämda stationerna. Detta är en variant av det klassiska ”the Traveling Salesman”-problemet (De Koster, et al., 2007). Traveling Saleman, eller TS, handlar om att sammankoppla ett antal punkter med start och slut på samma punkt, på ett sådant sätt att kortast totala färdväg mellan punkterna uppnås. Se exempel nedan i Figur 11.



Figur 11 – Illustration av ett TS-problem Källa: inspiration från Vickers, et al., (2001)

I fallet då kortast möjliga rutt skall finnas i en verkstadsmiljö skiljer sig problematiken från det klassiska problemet. Oftast är kortaste vägen mellan två stationer rakt igenom ett fysiskt objekt, som exempelvis en monteringscell eller en vägg. Det finns också möjligheter till inverkan från trafikregler och andra begränsande faktorer, såsom enkelriktning eller oframkomlighet. Problemet är fortfarande lösbart men den rena mängden möjliga kombinationer gör uppgiften allt annat än trivial. För ett klassiskt TS-problem med 10 punkter finns det 181 440 möjliga kombinationer att lösa färdvägen på. Ett TS-problem med 25 punkter har så många kombinationer att det skulle ta en dator, som testar en miljon

kombinationer per sekund, två tredjedelar av universums ålder att gå igenom dem alla (Vickers, et al., 2001).

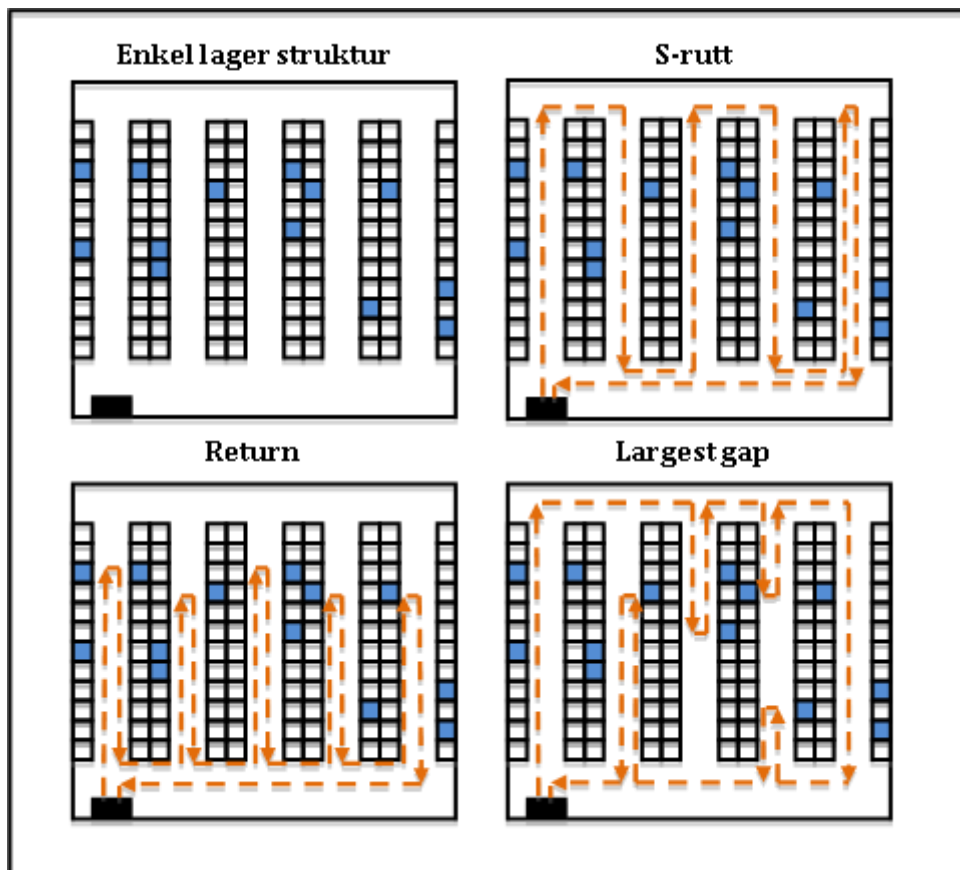
Routing är inte enbart den kortaste vägen. Syftet med ett materialförsörjningssystem är just försörjningen av material. Detta innebär att faktorer som leveransprecision och kvantitet blir påverkande i vad som utgör en god ruttläggning, speciellt då det rör sig om system som följer principer som JIT (Emde & Boysen, 2012). Det blir då även en fråga om läggandet av en eller flera rutter där det inom varje rutt skall bestämmas en färdväg som är både kort och ger bra leveransegenskaper. Problemet växer exponentiellt med varje ny faktor som hänsyn tas till.

### 2.3.3 Optimeringsmetoder

Det finns otaliga metoder, som är snabbare och mer användbara än att testa alla möjliga varianter, för att bestämma lämpliga uppdelningar och färdvägar. Dessa metoder kan grovt kategoriseras i tre typer; användande av datorstyrd matematisk optimeringslösning, datorstödd heuristiklösning eller manuella metodiker. Emde, (2012), föreslår t.ex. en nästlad dynamisk lösning, som faller inom den första kategorin, som genererar en optimering inom ett rimligt tidsintervall. Dessa datorstyrda optimeringslösningar kräver dock i regel alltid en omfattande mängd information, om fabriksflödet, utseendet av verksamheten, förbrukning av material osv. Arbetet kring att skapa en representativ modell av verkligheten i en dator kan vara och är nästan alltid ett arbetstyngt uppdrag. Då utfallet ur en dators beräknade lösning står i direkt relation till hur väl modellen representerar verkligheten innebär detta att det oftast är komplext och ansträngande att komma fram med en relevant lösning på denna väg.

### 2.3.4 Heuristiska system

Roodbergen & De Koster (2001), föreslår routinglösningar i materialplockning med hjälp av heuristiska principer, se Figur 12. En heuristisk lösning innebär att en lösning konstrueras efter en förbestämd uppsättning regler, vilket skapar en lösning snabbt och resurseffektivt mot att lösningen är mindre exakt alt. inte lika optimerad. Exempel på detta är ”Nearest Neighbor” vilket är en lösningsmetod till TS, där regeln säger att man hela tiden ska ta den närmaste grannen till den punkt man står i och ännu inte besökt (Vickers, et al., 2001). Resultatet blir inte garanterat optimalt men ger snabbt en lösning. Fördelarna, förutom mindre behov av arbetsinsats och reducerad beräkningstid, med heuristiska lösningar jämfört med den matematiska optimeringsrutinmotsvarigheten är flera; det finns inte alltid en optimeringslösning som går att använda på den aktuella layouten, den optimala ruten kan vara för icke-intuitiv för att den praktiskt ska vara användbar samt att en optimeringsmetod har mycket svårt att ta hänsyn till trängsel (De Koster, et al., 2007). De Koster påstår att en väl konstruerad heuristik lösning ger ett resultat som är omkring 5 % sämre i snitt jämfört med den optimala lösningen, när det kommer till routing i en strukturerad miljö.



Figur 12 – Olika typer av heuristisk ruttläggning Källa: Fritt från De Koster, et al., (2007)

Viktigt att ta hänsyn till är att alla heuristiska metoder inte ger samma lösning och har då olika lämpliga tillämpningar, (Roodbergen & de Koster, 2001). Det är därför viktigt att korrekta antaganden tas vid val eller utformning av heuristisk metod så att utfallets egenskaper matchar de egenskaper som önskas av lösningen.

### 2.3.5 Manuella heuristiska system

Istället för att låta en dator optimera routingen kan heuristiska principer användas. Som De Koster, et al. (2007), konstaterat och vilket framgår av de heuristiska metoder han presenterar i sin artikel är routing en form av TS-problem. Vickers, et al. (2001), jämför i sin artikel hur de lösningar som människan finner för ett TS-problem med hjälp av sin intuition förhåller sig till de lösningar som en datoriserad optimering finner. Han konstaterar att människan i situationer med 40 punkter skapar en lösning som enbart är 3-5% längre än den en dator hittar. Med färre punkter att ta hänsyn till blir resultatet till och med något bättre än dessa 3-5%. Det resoneras om att vid extrema fall, med hundratals punkter, att människan fortfarande kan skapa lösningar relativt nära den lösning datorn konstruerar. Detta då flera punkter gör att fler kluster skapas vilket i sin tur gör det lättare för en person att identifiera kortaste vägen. Detta innebär att manuella lösningar av rutläggningsproblematiken, när problemet illustreras visuellt och punkterna är naturligt fallna, kan jämföras med de datorstödda optimeringslösningar som finns.

### 2.3.6 Styrande dimensioner i routing

Förutom optimerandet av hur varje rutt skall gå finns det även tillhörande faktorer att ta hänsyn till, som kan ha lika mycket påverkan på leveranssystemet som färdvägen. Några av dessa faktorer är; förbrukningen per station, kapaciteten per tåg, maximalt antal tåg, en

specifik runda per tåg eller tåg och rutt frikopplat, som påverkar hur många rutter som behövs och vilka områden de skall försörja (Kilic, et al., 2012).

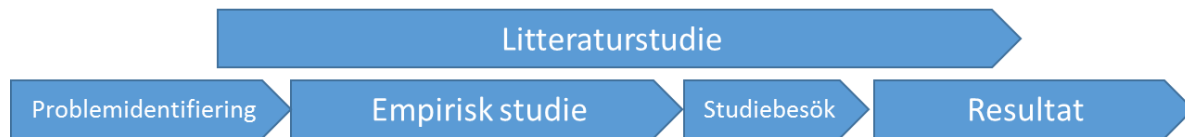
Förbrukningen per station visar på hur mycket av tillgängliga resurser aktuell station kräver och utgör grunden i det behov som materialförsörjningen är till för att täcka. Kapacitet per tåg och maximala antalet tåg utgör några av de grundläggande faktorerna som bestämmer den tillgängliga kapaciteten. Andra faktorer som påverkar detta är t.ex. tågets maximala hastighet och tidsåtgång för utfört arbete.

Kilic, et al. (2012) jämför också skillnaden mellan tåg bundna till en specifik rutt och möjligheten för att köra olika rutter vid behov. Han påvisar att principerna i Lean uppmanar till det förstnämnda alternativet, en rutt per tåg, fortsättningsvis benämnt entågsrutter. Vidare säger han att det är lättare att uppnå en hög utnyttjandegrad per materialtåg om de tillåts köra flera olika rutter efter behov, alternativ två. Fri körning, vidare kallade obundna rutter, är dock svårare att beräkna och kräver mer genomtänkta heuristiska metoder. Att ha flera tåg som enbart kör en och samma rutt kan i detta fall ses som ett tåg med hög kapacitet, och då som en variant av entågsrutter. Det ska noteras att undersökningen som Kilic, et al. (2012) gjort är anpassad efter ett dragande system i en organisation som specifikt arbetar med JIT.

Som tidigare antytts utgör också trafiksituationen och utseendet av verksamheten tydligt påverkande faktorer i läggandet av rutterna. Genom oframkomlighet, enkelriktning och trånga passager kan det vara nödvändigt att ta andra vägar än vad som vore idealt ur ett optimeringsperspektiv. Trafiksituation och framkomligheten är fenomen som kan variera över ett skift och därför aktivt påverkande faktorer.

### 3 METOD

Detta kapitel syftar till att beskriva, för läsaren, vilka metoder som har använts under arbetets gång. Avsnittet behandlar hur arbetsgången har designats, hur det praktiska genomförandet gått till samt värdering av metodens validitet.



Figur 13 – Metodöversikt

#### 3.1 Problemidentifiering

I arbetets inledningsfas lades fokus på att lära känna företaget för att skapa en grundläggande förståelse för verksamheten samt att förstå problematiken och därigenom kunna definiera syfte och problemställning. En fabriksvandring utfördes i ett tidigt skede för att skapa överblick på de viktigaste flödena i fabriken samt för att förstå olika avdelningars roll i sammanhanget.

Tidigt anordnades ett möte där personal med olika befattningar, med anknytning till materialtågsavdelningen, närvarade. Mötet ämnade att informera om examensarbetets syfte och tänkta tillvägagångssätt samt till att ge berörd personal möjlighet att komma med förslag och förväntningar på arbetets utförande och förväntade resultat. Genom detta möte skapades ett nätverk med viktiga kontakter för det fortsatta arbetet.

Vidare etablerades kontakt med industrihandledaren för att klargöra och förstå dennes perspektiv på problematiken. Det fortsatta arbetet planerades tidigt på en övergripande nivå samt att veckovisa möten bokades in för avstämningar. På dessa veckomöten har sedan industrihandledaren givit goda råd och hjälpt till att styra arbetet i rätt riktning samt rätat ut uppkomna frågetecken.

Tidigt togs även kontakt med handledaren från högskolan för att i största möjliga utsträckning dra nytta av dennes erfarenheter och kunskap inom ämnesområdet samt för att få med de akademiska kraven med i bilden från ett tidigt stadie. Möten med högskolehandledaren har sedan hållits ungefär varannan vecka.

#### 3.2 Litteraturstudie

En litteraturstudie genomfördes i syfte att skapa en teoretisk referensram som klargör vad som tidigare gjorts inom ämnesområdet. Framst är denna litteraturstudie fokuserad på Lean produktion, logistiska principer och routing.

För att hitta relevant information, om i första hand routing, har Chalmers biblioteks sökmotorer och databaser använts, exempelvis *Summon*. Även Google Scholar har nyttjats i syfte att finna användbar information på området. Sökningarna har främst resulterat i vetenskapliga tidskriftsartiklar samt konferensartiklar. Litteraturstudien har fortlöpt under hela arbetets gång.

#### 3.3 Empirisk studie

Den empiriska studien består av en, på VPT, utförd nulägesanalys samt studiebesök på två av Volvo Cars anläggningar.

### 3.3.1 Nuläge

En omfattande empirisk studie genomfördes för att kartlägga den aktuella situationen på företaget som sedan ligger till grund för utformningen av lösningen. Alla mätningar och observationer har gjorts under dagskiftet, vardagar, då detta ansågs mest representativt. I och med att verksamheten till största del är densamma även på kvällsskiftet men inte lika omfattande bör resultaten bli relevanta även för detta, dock med viss justering.

#### 3.3.1.1 Observationer

Mycket tid lades på att observera det dagliga arbetet. Både stationära och följande observationer gjordes i flera omgångar för att skapa en förståelse för systemet och dess dynamik.

För att ytterligare bredda bilden och förståelsen för systemet, och då speciellt materialtågens roll i sammanhanget, följdes tågförarna under sina normala arbetsförhållanden, hela arbetsprocessen studerades från början till slut.

Vidare dokumenterades arbetsgången genom tidsstudier. Tider togs på tidsåtgången för fullständigt genomförande av rutterna, inklusive lastning och leverans. Separata studier på enbart lastningen genomfördes också. Tidsstudier utfördes med stoppur och tiderna antecknades för hand för att sedan sammanställas i tabeller. Medeltider, snittlaster och avvikelser beräknades sedan ur denna data.

#### 3.3.1.2 Sekundärdata

Sekundärdata från företagets materialordersystem användes för att fördjupa förståelsen för nuläget. Dessa data innehöll sex typiska veckors produktion och innefattade bland annat information om när order skapats och levererats. Utifrån denna information sammanställdes flertalet diagram som visade på hur leveranssystemet presterat under perioden. Bland annat bestämdes beställningsköns utveckling fördelat över skiftet, genomsnittliga ledtider för materialet från beställning till leverans samt orderingången över skiftet.

#### 3.3.1.3 Intervjuer/Möten

Intervjuer av personal med olika befattningar utfördes för att få åsikter ur flera yrkesrollers perspektiv. Bland annat intervjuades personer med befattningarna; beredare, tekniker, materialansvarig, logistikambassadörer och lagledare. Intervjuer var av både spontan och uppbokad karaktär, där intervjuobjekten fick svara på ett antal, i förväg förberedda, frågor. Ofta utvecklade sig dessa intervjuer till givande diskussioner och samtal där många tankar och erfarenheter framkom. För att ta tillvara på dessa erfarenheter har anteckningar tagits vid varje intervju, där informationen sedan blivit en del av nulägesbeskrivningen.

Även mer informella intervjuer har förekommit, bland annat med tågförare, där dessa har fått möjlighet att framföra sina åsikter och tankar kring vad de ser som de största problemen/möjligheterna med dagens arbetssituation.

I syfte att initiera en referensgrupp kallades det under arbetets gång till möten med 2-8 deltagare, där deltagarna haft olikartade roller. Syftet med dessa möten har varit att sprida information och kunskap om arbetet som utförts samt att få input från deltagarna. Detta har ofta resulterat i intressanta diskussioner, framförallt deltagarna emellan, vilka gett många insikter. Något formellt formande av referensgrupp blev dock inte av.

Som komplementerade dokumentation fördes även en informell dagbok innehållande erfarenheter, uppfattningar och reflektioner som uppkommit under dagen. Detta dokument

agerade dessutom som samlingsdokument för spontana frågeställningar för vidare utforskning.

### 3.3.2 Studiebesök

För att få ytterligare perspektiv på lösningar av internlogistik, samt för att bredda bilden som skapats genom litteraturstudier och den empiriska studien på företaget, genomfördes två studiebesök på liknande anläggningar. Studiebesöken genomfördes på Volvo Cars Engine i Skövde samt på Volvo Cars monteringsfabrik i Torslanda. Båda studiebesöken genomfördes enligt samma upplägg, där det började med en kortare information om företaget samt presentation av verksamhetens upplägg kring intern materialhantering. Detta följdes sedan upp med en fabriksvandring där relevanta delar av fabriken visades upp medan det fanns möjlighet till frågor. Besöken avslutades sedan med ett kortare möte där intrycken sammanfattades samt att det gavs möjlighet till att ställa frågor som ännu inte besvarats under dagen.

### 3.4 BRA-Metodiken

Baserat på erfarenheterna från litteraturstudierna, den empiriska studien på företaget, studiebesöken samt med handledarnas stöd arbetades ett förslag på ett framtida arbetssätt kring ruttläggning fram. Detta konstruerades i form av en metodik bestående av en ingående processbeskrivning och en, för användaren lättare tillgodogjord, användarguide.

Till största del är metodiken baserad på heuristiska regler vilka på ett enkelt sätt kan följas. Metodiken i sin helhet finns beskriven i processbeskrivningen, där varje steg är detaljerat beskrivet. Användarguiden innehåller exempel på hur det är tänkt att respektive steg skall utföras. Vidare har ett beräkningsdokument skapats som finns med som stöd i de steg där beräkningar behöver göras.

Under framtagandet av metodiken har framförallt handledarna, den blivande processägaren och en beräkningstekniker involverats och använts som referensgrupp. De steg innehållandes praktiska moment har dessutom testats genom tillämpning för att verifiera den praktiska validiteten.

Som en del i utvecklingen anordnades en workshop, där de för metodiken viktigaste stegen presenterats. Medverkande på denna workshop var: tåglagens lagledare, logistikambassadörer, en beräkningstekniker samt den för metodiken blivande processägaren. Syftet med denna aktivitet var, förutom testning av arbetssättet, att informera om det nya arbetssättet, få återkoppling för förbättring samt att skapa acceptans för metodiken hos dessa i sammanhanget centrala personerna.

### 3.5 Validitet

För att styrka validiteten i arbetet har det under arbetes gång genomfört aktiviteter för att bekräfta resultatets riktighet. Främst bland dessa är flertalet avstämningsmöten som hållits med personal, i olika konstellationer och former. Dessa möten har syftat till att ge återkoppling på arbetets utveckling för att kontinuerligt säkerställa utfallets validitet. Både individuella möten och sammankomster i grupp har hållits och formerna har varierat mellan ren avrapportering till workshop. Hänsyn har även tagits till både industrihandledarens och handledaren på högskolans åsikter och kunskaper inom ämnesområdet.

Därutöver har även flertalet andra intervjuer och möten hållits med anställda ur olika, men direkt påverkade, yrkespositioner. Till dessa intervjuer har slutsatser och framtagna resultat delgivits och ifrågasatts för att testa aktuella teser. Utfall av intervjuer, framtagna resultat och

teser har sedan testats mot arbetssätt på andra monteringsfabriker och erfarenheten av deras experter.

Litteraturstudien är till största del baserad på information från vetenskapliga artiklar ur offentligt erkända tidskrifter, vilket i sammanhanget får ses som tillförlitliga källor. För att ytterligare verifiera utfallets rimlighet har praktiska tester av valda delar av resultatet testats, utvärderats och förbättrats. Alla delsteg i resultatet som är praktiska i sin natur har testats och bedömts rimliga.



## 4 EMPIRISK STUDIE

I nulägesbeskrivning finner läsaren först en redogörelse för hur den aktuella verksamheten är konstruerad. Nulägesbeskrivningen fortsätter sedan med ett avsnitt av kompilerad data i syfte att klargöra verksamhetens prestation. Under studiebesök redogörs för de verksamheter som studerades som referens till VPT, med speciellt fokus på mjölkkrundebaserade materialhanteringssystem. Avsnittet avslutas med en sammanställning av dessa kunskaper i avsikt att klargöra det behov som resultatet syftar till att tillgodose.

### 4.1 Nulägesbeskrivning - Verksamhetsbeskrivning

I VPTs monteringsfabrik finns det ett antal olika tillvägagångssätt för att försörja produktionen med material. Dels finns system för att leverera material på pallar, via ett conveyorsystem i taket, ut till så kallade droppzoner, där sedan materialet distribueras vidare ut till monteringen med truckar. Vidare finns även materialförsörjning av mindre förpackningar, blålådor och hundralådor, som görs med materialtåg. Det är främst försörjningen av dessa som rapporten ämnar att behandla. På avdelningen som har hand om materialförsörjningen via tåg finns det flera olika typer av tåg som försörjer de olika monteringsavsnitten med de olika materialen. I denna nulägesbeskrivning behandlas de materialtåg som försörjer 13HV, 13V och 16S med blålådor och hundralådor, kallade flödeståg.

#### 4.1.1 Materialtågen

Materialtågen är batteridrivna och varje tåg är utrustat med två vagnar, som vardera har fyra hyllplan, se Figur 14 nedan. Hyllplan två och tre, räknat nedifrån, används för att lasta och transportera material, plan fyra används för att returnera tomlådor och plan ett används inte alls i dagsläget. Största anledningen till att första planet inte används är att det inte blir ergonomiskt för tågföraren att hantera material på detta hyllplan. Varje hyllplan är uppmärkt med femcentimetersintervall som används för att visa hur materialet ska placeras på vagnen. Vagnarna är möjliga att koppla loss från varandra och tåget. Tekniskt sett går det även att koppla på fler vagnar. Anledningen till att det valts att begränsa antalet vagnar till två är att det bedöms att tågen i annat fall skulle bli för långa, vilket främst skulle leda till problem med framkomligheten i fabriken.



Figur 14 – Materialtåg med två vagnar

Samtliga tåg är utrustade med en touch-display, se Figur 15, där operatören får information om aktuell status, gällande orderköer samt vad som ska göras närmast. Touch-displayens utseende är likadant för samtliga tåg och samma information är tillgänglig för alla. Då tågen

är näst intill identiska och har tillgång till samma information skapas möjlighet för förarna till att välja mellan alla rutter.



Figur 15 – Materialtåg med touch-display

Tågföraren är försedd med en streckkodsläsare, placerad på pekfingret, för att verifiera att rätt material hamnar på rätt plats. Varje avläsning bekräftas att den blivit korrekt på displayen.

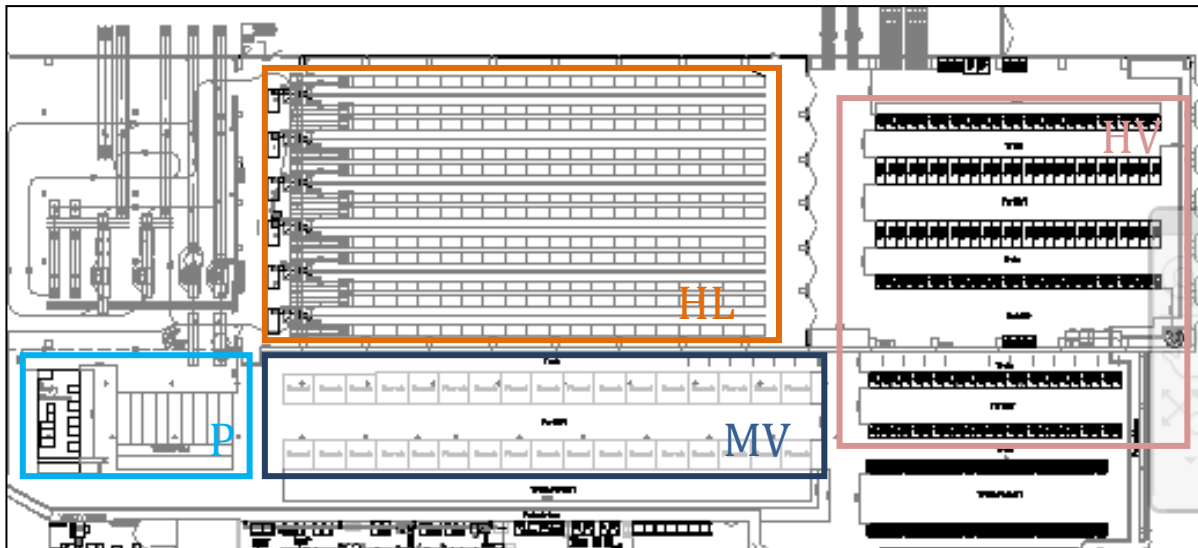
#### 4.1.2 Lager

Allt material som används i monteringen tar uteslutande en väg via lagret, vilket är uppdelat i två delar; höglager samt supermarket för blåådor och hundalådor.

I lagret finns det drygt 2200 olika artikelnummer. Artiklarna är klassificerade i tre klasser utifrån förbrukning: hög-, medel- och lågvolymsartiklar. Denna klassificering gjordes i samband med införandet av den nya layouten, hösten 2013, utifrån den då rådande förbrukningen. Grundtanken med klassificeringen efter förbrukningsvolym är att minimera hanteringen för de artiklar som har högst förbrukning och på så sätt minska resursanvändningen. Meningen är sedan att klassificeringen av artiklar ska uppdateras fortgående med hänsyn till svängningar i efterfrågan. Någon ytterligare indelning av materialet på lagret finns inte uttalat, varken efter typ av artikel eller ruttillhörighet.

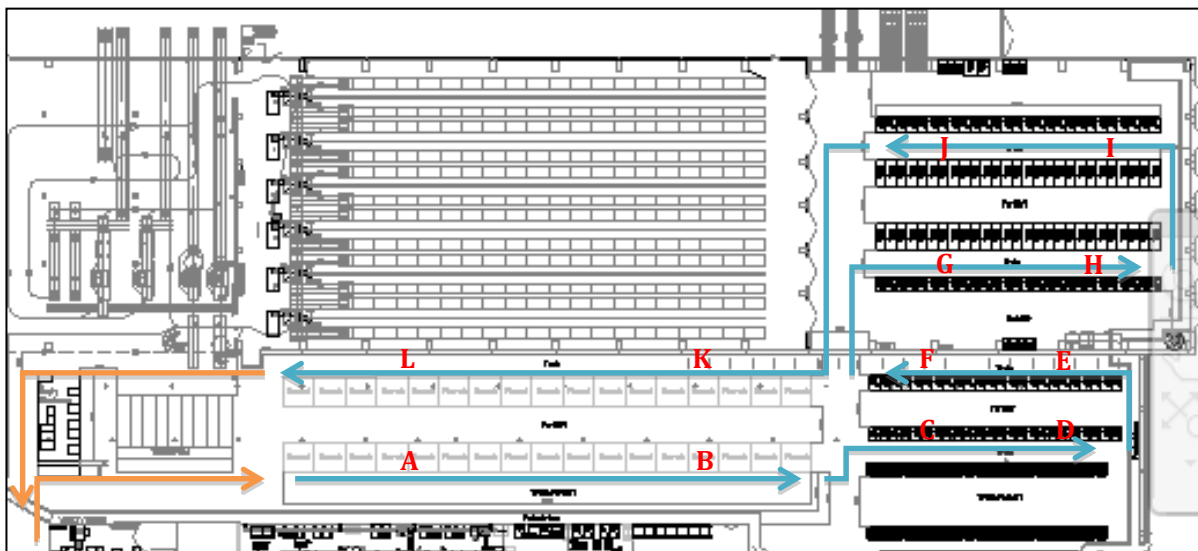
Den aktuella layouten på materiallagret består av tre avsnitt, se Figur 16, höglager (HL), högvolymsartiklar (HV) samt medelvolymsartiklar (MV). HV och MV utgör tillsammans det som kallas supermarket, vilket för den här rapporten är den mest centrala delen av lagret.

I HL finns; mellanlager för medelvolymsartiklarna, artiklar klassade som lågvolymsartiklar samt material som levereras direkt på pall till monteringen. Därutöver finns ett område, en depå, avsett för parkering av tåg samt en station för återlämnande av tomlådor och kassation av förbrukade engångslådor (P).



Figur 16 – Karta över lagerområdet samt materialtågsdepån

Samtliga materialtåg, som plockar material i supermarket, kör samma väg genom avsnitten MV och HV. Lagerplatsernas namngivning följer körrutten genom supermarket i alfabetisk ordning, se Figur 17, detta för att systemet lägger upp plockningen i denna ordning.

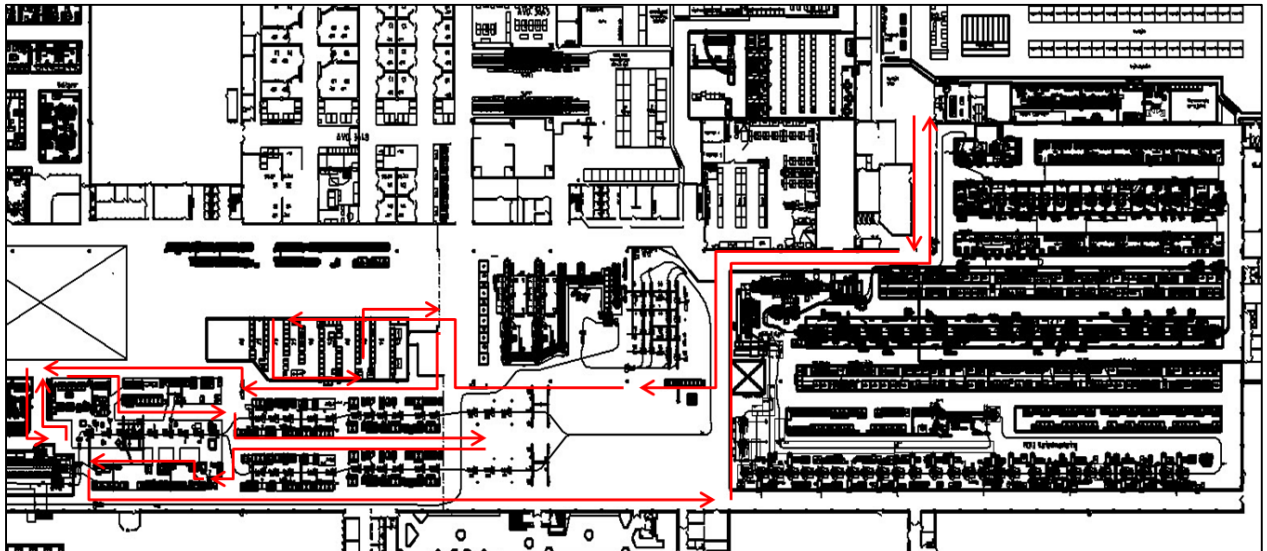


Figur 17 – Karta över tågens färdväg genom supermarket

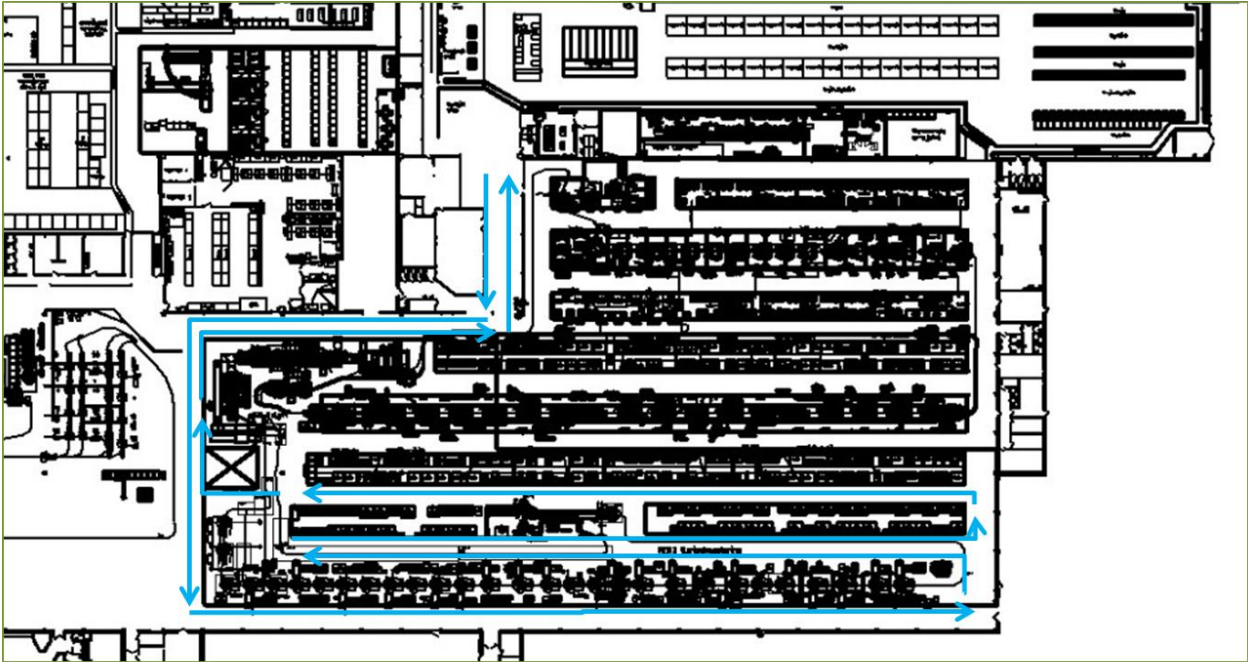
För att minimera förflyttning, ompackning och lagerhållning av materialet placeras högvolymsartiklarna på ett sådant sätt att tågförarna kan plocka material direkt ur pall. Medelvolymsartiklarna plockas om av truckförare till plockstallage. Under införande är ett tvåbingesystem som ytterligare underlättar hanteringen och låter tågförarna själva byta ut en tom pall av högvolymsartiklar till en ny med en enkel manöver.

#### 4.1.3 Layout

Detta avsnitt behandlar som tidigare nämnts tre olika flödeståg, vardera med egna rutter. Dessa är indelade efter vilket monteringsavsnitt de försörjer med material; 13HV, 13V och 16S. Rutternas sträckning i fabriken kan ses i Figur 18, Figur 19 och Figur 20 nedan. På rutterna används fyra, ett respektive ett tåg. Dessutom finns tillgång till ett extra tåg som fungerar som stöd för både 13V och 16S, även det tåget kör fortgående och alternerar mellan dessa två rutter.



Figur 18 – Karta som beskriver tågets färdväg vid materialförsörjning av 13HV



Figur 19 – Karta som beskriver tågets färdväg vid materialförsörjning av 13V



Figur 20 – Karta som beskriver tågets färdväg vid materialförsörjning av 16S

Antalet tåg per runda är bestämt utifrån förbrukningen på de olika monteringsavsnitten, baserat på historisk data. Teknikavdelningen är formellt ansvariga för fastläggandet av rutterna. I praktiken är det dock lagledarna för tåglagen som till största del har lagt nuvarande rutter, baserat på sina tidigare erfarenheter. När förändringar har skett i monteringsavsnittens utseende har lagledarna anpassat tågrutternas sträckning succesivt. Beredningsavdelningen är sedan ansvariga för att uppdatera produktionsplaneringssystemet utifrån rådande förhållanden. När det sedan sker förändringar i hur rundorna ska köras, justeras detta vartefter av beredningsavdelningen. Uppdaterade kartor och layouter av förändringar på rutternas sträckning och färdvägar sparas inte på något strukturerat sätt, det vill säga att den enda nedtecknade informationen om hur dagens rutter ser ut finns i produktionsplaneringssystemet.

Vägen för plockning av material i supermarket, se Figur 17, som varje runda inleds med är som tidigare nämnt samma för alla berörda tåg, vilket ofta leder till köer och väntetider då tågen tvingas invänta framförvarande tåg. Möjligheten att köra om varandra är begränsad och det är heller inte meningen att så ska ske.

I monteringsavsnitten finns det till varje avsnitt bundet ett antal stallage, se Tabell 1 nedan. Varje stallage har mellan en och 50 rännor, där en ränna representerar ett förbrukningsställe.

Tabell 1 – Antal stallage per monteringsavsnitt

	13HV	13V	16S
<b>Stallage [st]</b>	63	87	96
<b>Rännor/förbrukningsställen [st]</b>	1020	1713	1964

#### 4.1.4 Materialordersystem

Nedan följer en kort beskrivning av hur materialordersystemet är utformat ur ett övergripande perspektiv, även illustrerat i Figur 21, nedan.

Materialhanteringssystemet som används är ett kanbanbaserat två-bingesystem. En ny beställning av material görs när tågförarna läser av tomlådor ute på monteringsavsnitten. Avläsningen görs med streckodsläsaren som tågförarna har fastsatt på pekfingret. Denna beställning placeras då i en kö enligt FIFO-principen. Varje avläsning genererar en beställning motsvarande det som lästs av, vilket innebär att varje beställning motsvarar en lastbärare. Vidare har varje tågrutt sin egen beställningskö, där systemet placerar de olika beställningarna baserat på vart den förbrukade lådan var placerad. När sedan nya utkörningsjobb ska skapas följs dessa köer strikt, vilket valdes i och med designen av datorsystemet.

Vid initiering av en utkörning genererar systemet en plockning och bestämmer antalet lastbärare som får plats på tåget. Detta görs med hänsyn till hur mycket tåget har möjlighet att packa i avseende på lådstorlek samt möjlighet till att djupstuva. Med djupstuva menas att placera flera lastbärare innanför varandra på vagnen och det sker bara då material är av samma lastbärartyp och som har samma leveransställe.



Figur 21 – Processbeskrivning för beställningssystemet

När en förbrukad lastbärare har lästs av och genererat en order hanterar systemet denna order strikt efter FIFO. Det finns ingen funktionalitet som tillåter systemet att samla liknande order utan varje order skall tas i samma ordning som de skapades. Detta innebär att om en station har beställt tre lådor av samma artikel men vid separata tillfällen kommer dessa troligtvis också att levereras vid separata tillfällen.

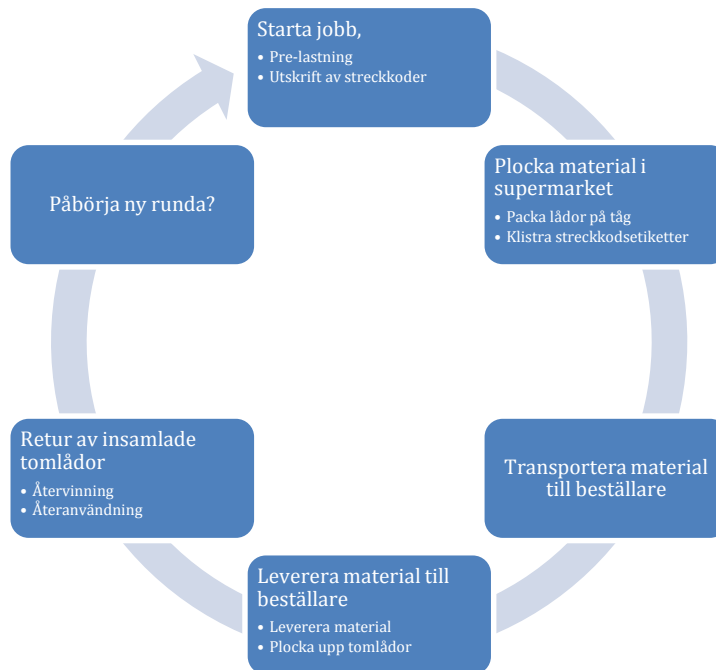
Systemet blandar bara ordningen på ordena när en plockning genererats och då på de order som blir en del av leveransen. Detta för att artiklarna ska komma i supermarkets körordning. Om plockningen avbryts läggs de order som inte kommit med på leveransen först i nuvarande orderkö oavsett vilken ordning de låg innan plockningen skapades.

#### 4.1.5 Arbetets utformning

Tågförarna schemaläggs veckovis på vilka tåg/tågrundor de ska köra. Tanken är att tågen ska köras kontinuerligt, det finns inga fastställda avgångstider eller intervaller som de avgår med. Det är upp till varje tågförare att avgöra när det är dags att påbörja nästa runda. I regel

påbörjas ny runda direkt efter en avslutad. Det förekommer dock att tågförare ibland tar en kortare rast mellan två rundor för att invänta något annat tåg och på så vis undvika att köra fler turer än någon annan förare.

Varje skift inleds med ett morgonmöte där lagledarna informerar tågförarna om dagens arbete samt om det är några speciella förutsättningar som gäller för dagen. Därefter börjar varje tågförare dagen med att genomföra en kortare säkerhetskontroll på tåget för att kontrollera att allt står rätt till. Vidare, då tågen drivs med batterier, behöver dessa bytas när de laddat ur. Dessa byten sker inte med några fasta intervaller, utan utförs när indikering på låg batterinivå visas.



Figur 22 – Beskrivning av arbetsprocessen för tågförarna

En tågrunda inleds med att en operatör gör en så kallad pre-lastning där systemet bokar upp de artiklar som ska distribueras på rundan, illustrerat i Figur 22. Streckkodsetiketter, som kommer att behövas för att märka material, skrivs då ut automatiskt till aktuellt jobb. Därefter genomförs plockning av materialet, där tåget kör den förutbestämde rundan genom supermarket och plockar material. För att verifiera att rätt material plockas används streckkodsläsare. Vid plockning talar systemet om för föraren vilken position på vagnen som materialet ska placeras. Vid den tidsstudie, i arbetet, utförd 20/2 2014, över samtliga flödeståg, konstaterades att ett jobb vanligtvis består av mellan 16 och 30 lådor att plocka med ett medel på 20,8 st. Det tog mellan 7 och 17 minuter att genomföra plockningen i supermarket med ett medel på 11,5 minuter, se Tabell 2. Studien är genomförd under dagskiftet och är gjord på 21 körda rutter.

Tabell 2 – Tidsstudie supermarket

(Medel)	Totalt	
<b>Antal lådor</b>	20,8	[antal]
<b>Tid i supermarket</b>	11,5	[min]
<b>Tid/Låda</b>	0,6	[min/st]

Som en del i arbetet att lasta tåget ingår det i tågförarens uppgift att märka vissa lådor med etiketter under plockningen. Det finns olika tillvägagångssätt för hur materialet på lagret märks med streckkodsetiketter. I idealfallet skall godset vara märkt korrekt från leverantören, vilket medför att tågföraren bara behöver scanna streckkoden och lasta på materialet. I vissa fall har truckföraren, som ställt materialet på lagerplatsen, klistrat etiketter i förväg. För vissa artiklar har truckföraren skrivit ut streckkoder som sedan tågföraren får klistra på lådorna. I det sista fallet klistrar tågföraren själv streckkoderna som genererats när jobbet startats. Anledningen till att de förklistrade etiketterna från leverantören inte användes på samtliga artiklar är att det har visat sig att flera leverantörer inte är tillräckligt tillförlitliga i avseende att leverera lådor med samlade löpnummer på pallarna. När andra löpnummer än de som markerats på pallen läses in skapar detta problem med saldofel, vilket leder till handpåläggning för justering av problemet och ommärkning krävs. Denna hantering av etiketter kommer inom den närmsta framtiden göras om och allt ansvar för att klistra etiketter kommer att läggas på truckförarna. Således kommer tågföraren inte behöva hantera etikettklistring alls.

När en plockning är fullgjord påbörjas leverans av materialet oftast omedelbart. Det finns i detta läge möjlighet för föraren att frikoppla sig från jobbet och att låta annan förare ta över leveransen. Vanligtvis utnyttjas inte denna möjlighet. Tåget kör ut på sin förutbestämda runda och tågföraren avläser från displayen vid vilka stallage och lagerplatser denne ska stanna. Avlämning av material görs genom att streckkoden på det som ska levereras läses av samt att streckkoden på lagerplatsen där materialet placerats också läses av för att verifiera att det hamnar på rätt plats. Föraren ansvarar dessutom för att samla in tomlådor, som ligger på speciella utlämningsplatser i nära anslutning till stallagen för leverans, under sin rutt. Varje insamlad tomlåda läses av med streckkodsläsaren och i samband med detta genereras beställning på nytt material.

Som avslutning på en körning kommer tåget tillbaka till depån och returnerar alla insamlade tomlådor för antingen återanvändning eller återvinning. Hundralådor som ska återvinnas slängs direkt i ett återvinningskärl och blålådor som ska återanvändas lastas av på avsedd plats. Därefter är det meningen att föraren ska inleda en ny runda enligt samma procedur.

Hantering av tomlådor som ska återanvändas sköts oftast av en för ändamålet utsedd operatör. Ibland finns det dock inte personalresurser att bemanna denna station med en dedikerad person, då får tågförarna själva sköta denna hantering alternativt att lagledaren hjälper till med detta. Hanteringen består i att riva bort gamla etiketter från blålådorna samt att stapla dessa på pallar. När en pall är fylld hämtas denna av en truckförare som ersätter den bortplockade pallen med en tom.

All lastning och leverans från och till materialtågen sker på tågets, i färdriktningen, vänstra sida. Således krävs det att tåget kör vänstertrafik mestadels. På fabriken i övrigt finns det inga uttalade regler gällande om vänster- eller högertrafik skall tillämpas.

Vid en, i arbetet genomförd, tidsstudie som syftade till att mäta den totala tiden från att prelastning startas till att tåget kommer tillbaka till utgångsplatsen erhöles resultat enligt Tabell 3 nedan. Tiderna är baserade på 53 körningar den 11/2 2014 och behandlar alla de tre olika rutterna; 13HV, 13V och 16S. Värt att notera är att det skiljer sig väldigt mycket mellan längsta och kortaste uppmätta tid per rutt. Den snabbaste rутten tog endast 14,5 minuter medan den långsammaste tog 44,9 minuter, med en skillnad i antal lådor på 12 stycken jämfört med 22 stycken.



Tabell 3 – Tidsstudie tåggrutter

(Medel)	Totalt	
<b>Antal lådor</b>	17,6	[antal]
<b>Turtid</b>	25,7	[min]
<b>Tid/Låda</b>	1,5	[min/st]

Om en tågförare under sin upplockningsrutt upptäcker att material som ska plockas saknas, meddelas detta till ansvarig personal via telefon. Därefter har föraren möjlighet att, på touchdisplayen, markera *kolli saknas*. Detta gör att tågföraren kan fortsätta sin rutt och materialbristen får hanteras på annat håll. Order av denna lastbärare placeras sedan först i respektive orderkö.

## 4.2 Nulägesbeskrivning – Prestation

Nedan följer en genomgång av hur dagens leveranssystem presterar med avseende på materialbrister, leveransprecision, leveransförmåga och begränsningar i systemet. Främst behandlas systemets prestation genom genomgång av leveranstid, ordergång, orderutgång och orderkö, samtliga fördelade över förmiddagsskiftet. Avsnittet avslutas med förändringar som skett under arbetes fortgång vilket kommit att påverka utfallet.

### 4.2.1 Materialbrister och leveransprecision

För att undvika att materialbrister uppstår arbetas det med att anpassa materialmängden på monteringsavsnitten så att det ska täcka två timmar med normal produktionstakt. I hela detta avsnitt används därav två timmar som gränsen mellan en försenad och icke försenad leverans. Materialbrister förekommer egentligen inte förrän allt material på plats är förbrukat, oavsett hur lång tid detta tar. Denna täcktid blir därav enbart indirekt relaterad till materialbrister. Utan ett uppdaterat antal kanbankort kan den reella täcktiden bli både större och mindre än två timmar. Detta innebär att korrelationen mellan ovanstående förseningar och verkliga materialbrister är högst oklar.

När tågssystemet inte klarar av att leverera är det naturliga resultatet materialbrister i monteringsavsnitten. Denna brist leder till att monteringsflödet stannar upp om inte bristen hinner åtgärdas innan materialet behövs. Förutom den uppenbara störningen av flödet påverkar även detta stressnivån hos personalen. Om behovet på monteringslinan upplevs som tillräckligt brådskande beger sig en ansvarig person, oftast materialansvarig eller lagledare, iväg och manuellt hämtar ut material.

Det finns en materialansvarig per flöde och denna ansvarar främst för att se till att flödet har material så att produktionen kan fortgå. De äger inget ansvar över utformningen av materialförsörjningssystemet utan hämtar material manuellt när brister uppkommer samt registrerar orsaken till att en brist uppstått. Om den materialansvariga kommer till en slutsats att antal kanban i en ränna inte är tillräckligt görs då ofta justering. Detta görs antingen i samråd med beredningsavdelningen eller med ansvarig tekniker. I vissa fall förekommer det även att materialaren ökar detta på eget bevåg.

Förutom materialbrister från försenad leverans, via materialtåg, registrerar materialansvarig flertalet andra källor för materialbrister. De vanligaste, tillsammans med försenad leverans orsakad av materialtåg, är så kallade spökkollin och fördelningsbrister. Spökkollin är en lokal term för att beskriva fenomenet när en lastbärare förbrukas utan att en order på en ny

beställning genererats, motsvarande ett försvunnet kanbankort. Detta kan uppstå exempelvis genom att montörer slänger en tomlåda istället för att placera denna på utlämningsplatsen eller att den trådlösa signalen vid avläsning av förbrukat material inte når systemet. Fördelningsbrister är brister som förekommer för att det inte finns något material att leverera. Detta kan bero på att leveransen från leverantören är försenad, materialet är ojämnt fördelat mellan de stationer som använder artikeln i fråga eller att någon oförutsägbar händelse har gjort materialet otillgängligt.

I Tabell 4 redovisas materialbristerna för flödet 13V, under perioden vecka 2 till vecka 7 (2014). Underlaget är konstruerat av materialansvarig för flödet och är tyvärr unikt då motsvarande personer på de andra flödena inte använder verktyget i samma omfattning. Utfallet kan dock ses som representativt för samtliga flöden då detta avsnitt har leveranskapacitet motsvarande de andra avsnitten relativt produktionsstakt. I detta material anses materialbrister över 30 minuter som allvarligare och är därför intressanta att särskilja. Materialbrist som följd av materialtågens prestation kallas i underlaget *Var på väg*.

Tabell 4 – Materialbrister 13V, vecka 2-7

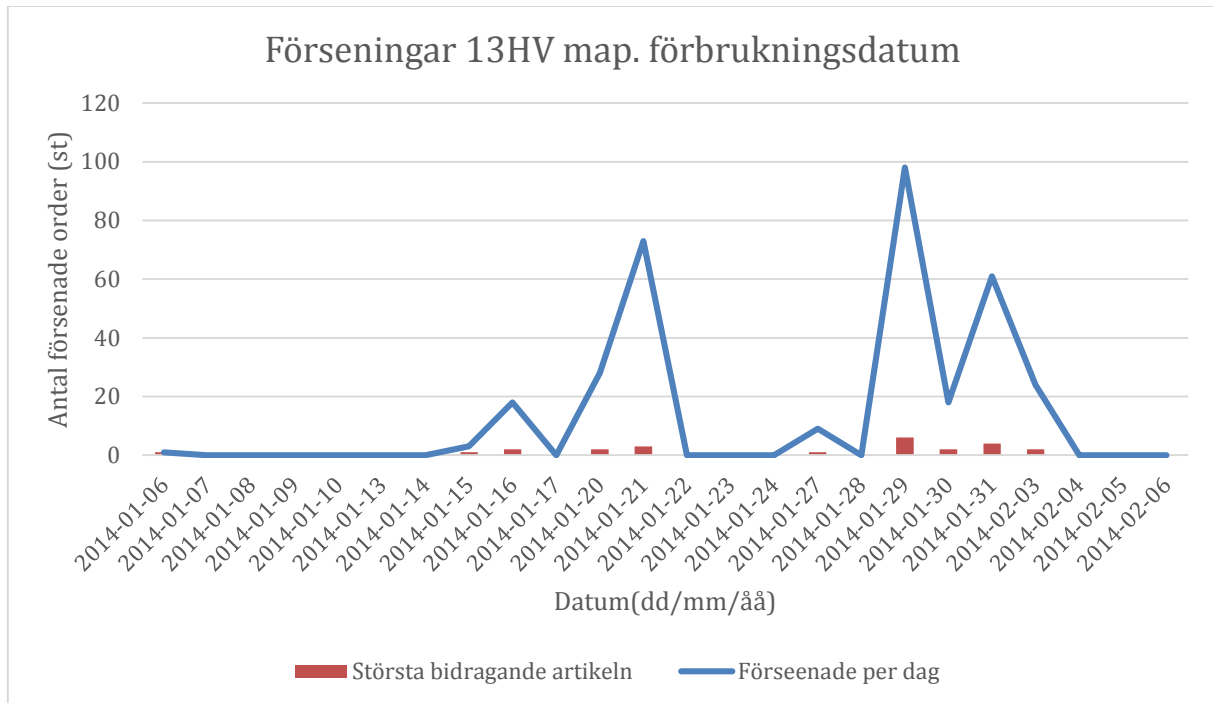
13V [w2-7]	Antal	%	Varav antal över 30 min	%
Fördelning	259	44,0%	17	2,9%
Spökkolli	68	11,5%	14	2,4%
Var på väg	84	14,3%	38	6,5%
Övrigt	178	30,2%		
<b>Totalt</b>	<b>589</b>		<b>69</b>	
Antal order totalt v2-7	11518	[0,7%]		[0,3%]

Från Tabell 4 ovan framkommer det att den vanligaste förekommande materialbristen är fördelningsbrister. Majoriteten av dessa är ordnade inom 30 minuter. Troligtvis genom att materialansvarig ordnat material från annan plats i produktionen. Det syns också att brister, på grund av försening av materialtågen, sker med en frekvens av ca 14 st i veckan, vilket motsvarar 0,7 % av det totala antalet order hanterade av materialtågen. Det vill säga en leveranssäkerhet på 99,3 % vilket antyder antingen en god leveransförmåga eller en relativt stor mängd material i produktionen vilket agerar buffert. Noteras bör också att en stor del av materialbristerna som kommer till följd av att materialtågen inte hinner leverera i tid, inte är lösta efter 30 minuter. Detta troligtvis för att materialansvarig inte har samma möjlighet att påverka dessa, speciellt inte om materialet redan bokats upp på ett tåg.

Förutom att påverka uppkomsten av materialbrister, påverkar mängden material i produktion även kapitalbindningskostnaden samt utnyttjandet av yta och framkomlighet. Det är därför viktigt att i många avseenden bevaka materialmängden, antal kanbankort och att genomföra inventering där justeringar i saldo kan göras. Vem som äger detta ansvar är inte självskrivet och på arbetsplatsen oklart. Materialansvarig äger till exempel inte ansvaret för kanbankorten och vet inte heller vem som gör detta.

Även om frekvensen av materialbristerna är något oklara på vissa monteringsavsnitt finns det möjlighet att genom leveranssystemet avgöra hur lång tid som gått mellan det att ordern skapats, då tågföraren läser av tomlådan ute i monteringsavsnittet, och tills det att den nya

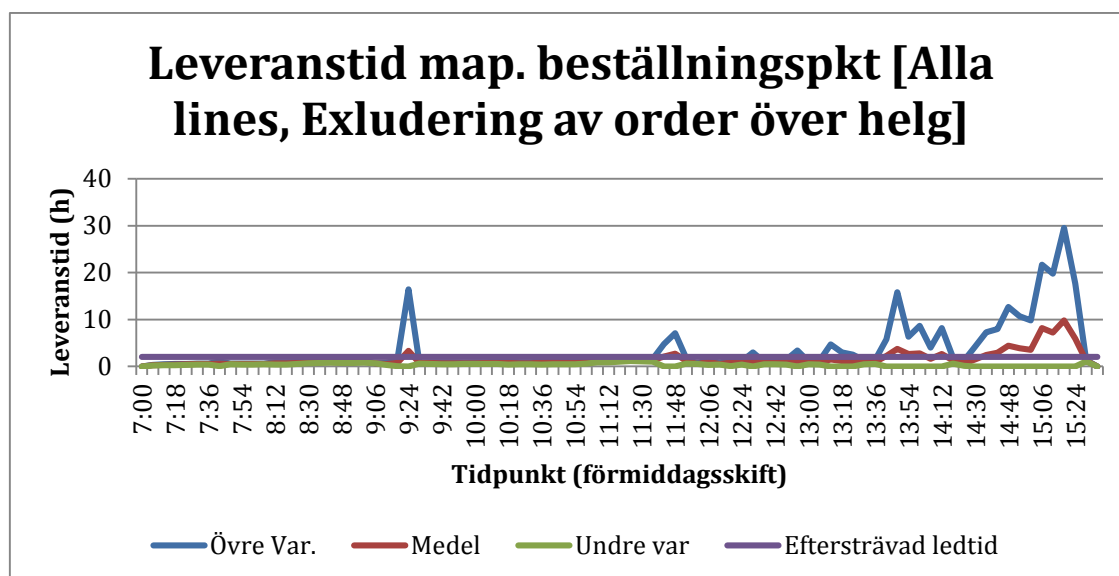
lådan är levererad. Från det beställningssystem som användes innan omformandet till kanban kommer en generell täcktid, tid mellan beställning och leverans, på två timmar. Denna täcktid bär fortfarande stor betydelse i vad som anses som en försenad leverans. Genom detta kan diagrammet nedan konstrueras, Figur 23. Det ska noteras att den tid som tomlådan ligger på utlämningsplatsen innan tågföraren gör avläsandet inte tas hänsyn till här.



Figur 23 – Antal leveranser med leveranstid över 2 timmar, perioden 6-jan tom 6-feb

Ur grafen framgår att det under de flesta dagar inte är några leveranser som tar mer än två timmar. Framgår gör även att när förseningar förekommer är det oftast i en större kvantitet tillsammans med att både stegringen och avklingandet av antal förseningar är kraftiga. Detta talar för att det här systemet normalt sett klarar belastningen men snabbt hamnar efter vid störningar. Grafen visar också den till förseningarna enskilt mest bidragande artikeln per dag vilket vidare antyder att förseningarna inte beror på specifika artiklar utan är ett generellt problem att leverera artiklarna i tid.

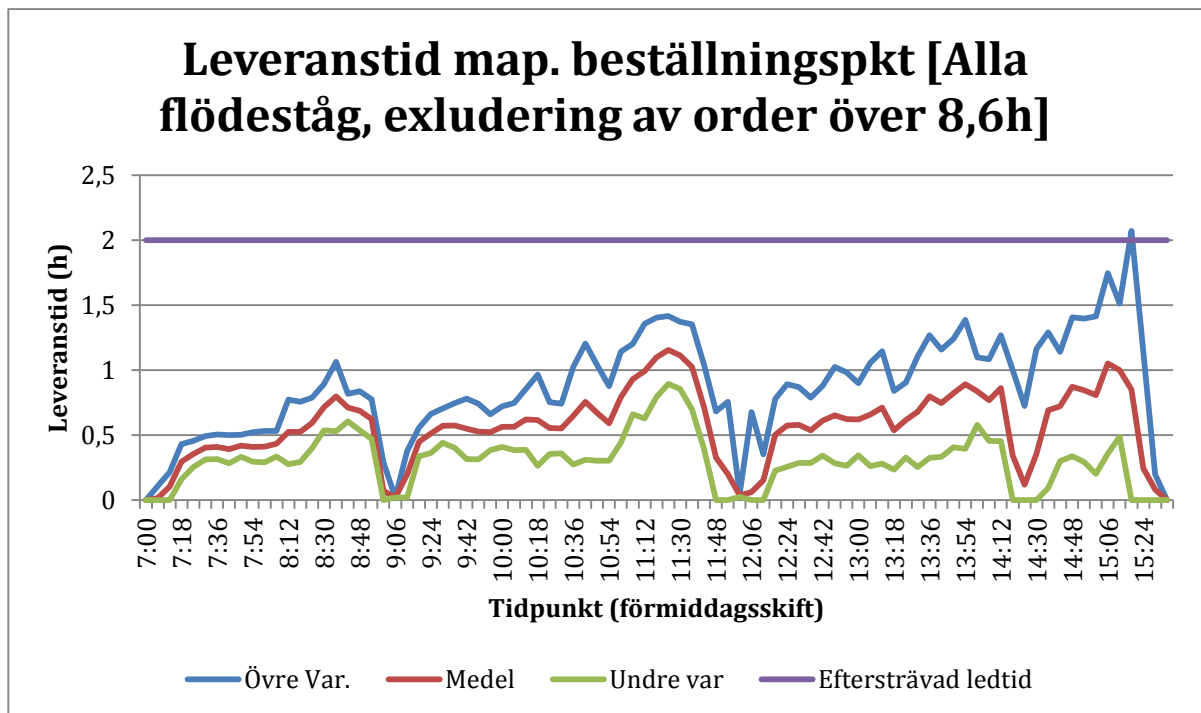
Genom att kolla på den typiska leveranstiden med avseende på tidpunkt under dagen ordern genereras kan slutsatser om orsaken till förseningen dras. Nedan, i Figur 24, illustreras detta tillsammans med spridningslinjer, där spridningslinjerna motsvarar snitt +/- standardavvikelsen (STD) för respektive serie, härafter kallade *övre och undre varianslinje*.



Figur 24 – Leveranstid normerad map. tidpunkten på dagen jämfört med efterfrågad leveranstid på två timmar

Grafen visar på en viktig trend och två fenomen. Under större delen av dagen ligger leveranstiden väl inom det tvåtimmarsfönster som varit det mål som eftersträvats. Då övre och undre varianslinjer anger ett intervall där 70 % av sannolika utfall faller inom, innebär det att under större delen av dagen är leveranstiden mycket stabil. Dock syns tydlig hur leveranstiden i snitt ökar över skiftet, detta beror troligtvis på den, senare i rapportens behandlade, ökande orderkön. Med denna typtrend finns det två fenomen som tydligt visar på problem med leveranserna. För det första verkar det, enligt grafen ovan, som att raster driver på leveranstiden, exempelvis kl 09:06 och 11:30. Detta faller sig relativt naturligt, då förutom att rastens längd naturligt läggs på leveranstiden också att, som senare behandlas, rasterna tenderar att plötsligt öka orderkön.

Det andra och viktigare fenomenet är att en tydlig majoritet av förseningarna kommer från material som förbrukas under skiftets sista två timmar. Varianslinjerna visar på att det handlar om extremt långa leveranstider som driver upp medeltiden och detta efter att underlaget rensats på missvisande data. Det verkar väldigt osannolikt att dessa extrema värden i princip samlar sig under denna del av dagen. För att förstå inverkan av dessa extremer konstrueras grafen nedan, Figur 25, där leveranser som tar mer än ett skift (8,6 timmar) tagits bort ur mängden. Detta med argumentet att leveranser som inte levererats under denna tid skulle störa produktionen till sådan grad att störningen måste bero på externa faktorer för att inte materialhanterare skulle ingripa.



Figur 25 – Leveranstid map. beställningspunkt, exkluderat order med leveranstid över 8,6 timmar

Det syns i denna nya graf, Figur 25, tydligt att de extrema förseningarna förvrängde bilden. Den undre variationslinjen går inte i botten vid annat tillfälle än när det sammanfaller med raster, som i sin tur syns tydligt som sig bör. Trenden i denna graf håller sig under den eftersträvalda ledtid och pendlar istället typiskt mellan 0,5 och 1 timmar i leveranstid. Variationen ökar långsamt över dagen vilket faller sig naturlig i alla system utan aktiv störningsreducering och de högsta leveranstiderna återfinns innan rast och i samband med skiftbyte vilket också faller sig naturligt. Viktigt att notera är även att om leveranstiden ligger under eftersträvalda ledtid att det fortfarande kan uppstå materialbrister, genom exempelvis fel antal kanbankkort eller övertaktning i montering.

För att se till att inverkan från extremvärdena, leveranstider längre än ett skift, kan bortses från måste dessa utgöra en tillräckligt liten del av datamängden för att kunna uteslutas som just resultat av externa faktorer. I Tabell 5 nedan har antalet förseningar över fyra timmar med avseende på dag sammanställts.

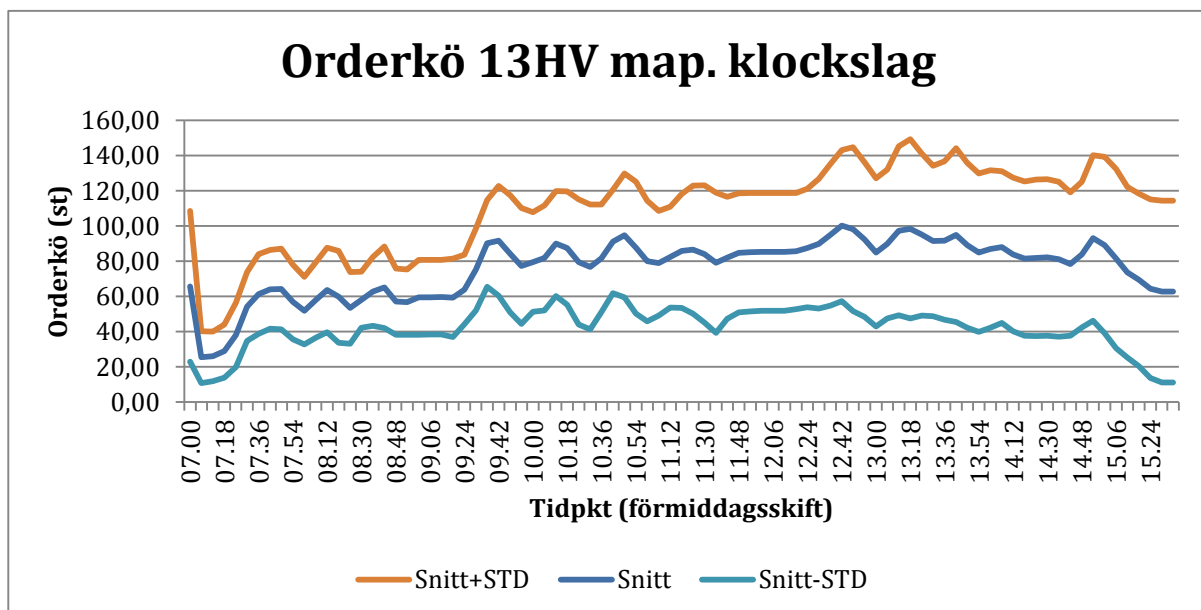
Tabell 5 – Antal order med över 4 timmars leveranstid fördelat över veckan

Över 4h	Antal[st]	Medel tid [h]	Antal [%]
<b>måndag</b>	63	8,7	5,3%
<b>tisdag</b>	75	6,3	6,4%
<b>onsdag</b>	28	11,8	2,4%
<b>torsdag</b>	72	9,7	6,1%
<b>fredag</b>	940	46,6	79,8%
<b>Tot</b>	1178	16,6	

Den aktuella datamängden består av ca 65000 unika leveranser och ur tabellen ovan framgår det att 1178 stycken av dem tagit längre tid än fyra timmar, ca 1,5% av orderna. Av dessa beställs den överhängande majoriteten på fredagar, det vill säga order som ligger över helg, vilket inte är en försening då verksamheten ligger nere. Med andra ord det är en försvinnande liten mängd data som exkluderas i konstruktionen av Figur 25.

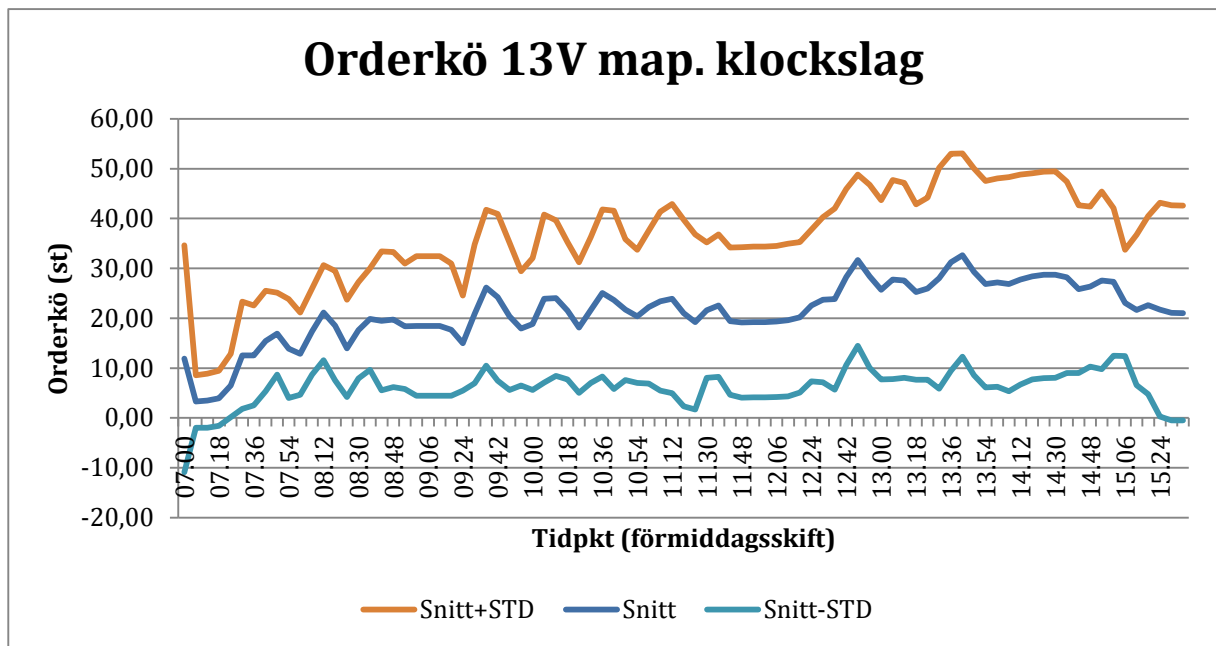
#### 4.2.2 Stabilitet i systemet

Genom en studie av orderdata, för vecka 2-7 2014, kan vissa trender utredas. Denna orderdata innehåller följande information; beställningstidpunkt, prelastningstidpunkt, leveranstidpunkt, leveransplats och ruttillhörighet. Studien tar endast hänsyn till utfall under dagskiftet samt kölängden som tas över från tidigare skift. Genom att produktionstakten på 13HV är fast, oberoende på dag och tid på dygnet kan en snittkö över skiftet konstrueras, se Figur 26. Det framgår att i samband med raster tenderar kön att öka och i slutet av dagen minska. Om hänsyn till den statistiska spridningen tas, illustrerat av de övre och undre variationslinjerna, framkommer ett intressant samband. Minst variation i köstorlek är det vid skiftstart för att successivt öka under hela skiftet. Det är fullt naturligt att variationen ökar då, i och med det stabila utgångsläget och de ökande möjligheterna för naturlig variation under dagen. Dock visar den ökande skillnaden mellan variationslinjerna på att systemet idag har en dålig brusreducerande förmåga samt på att det finns balanseringsförluster i dagens arbete. De olika höjningarna och sänkningarna i amplitud korrelerar med händelser som kan förväntas påverka kölängden. I samband med frukostrasten, kl 9:00, lunchrasten, kl 11:30, och eftermiddagsrasten, kl 14:00, ökar amplituden till en ny stabil nivå. Vid skiftstart minskar orderköen naturligt när samtliga tåg börjar köra men återgår fort till samma nivå.



Figur 26 – Snittorderkö för 13HV över dagskiftet och variationsökningen under samma tid

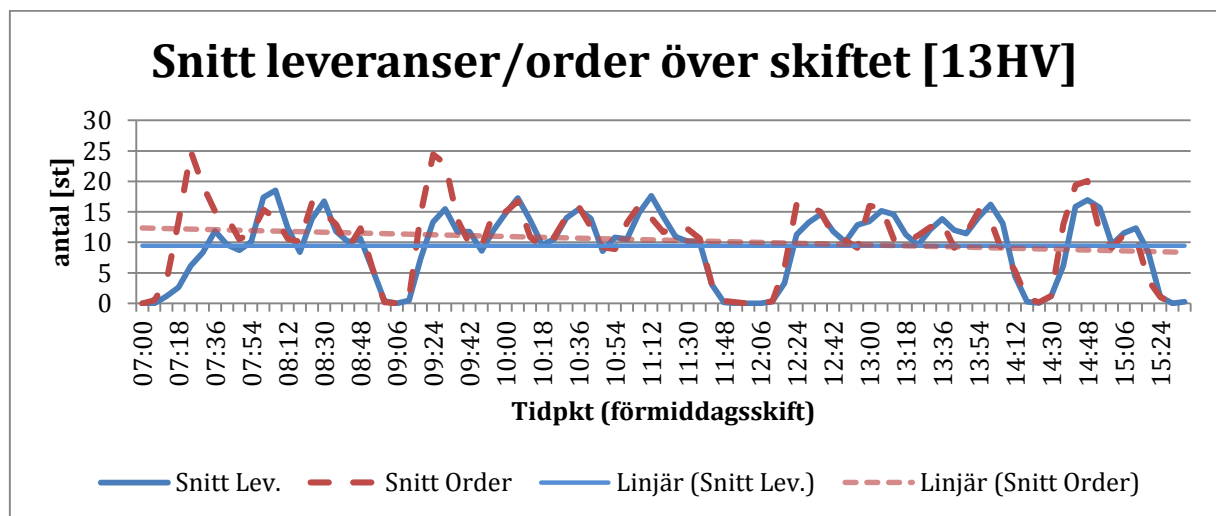
Vid jämförelse av 13HV, Figur 26, som har 4 stycken tåg och flödet för 13V, Figur 27, med 1,5 tåg, kan samma beteenden konstateras; ökningarna i orderkönivå i samband med raster, en över dagen ökande variation och en vid dagens början stabilisering av ordermängden. Dessutom överensstämmer det vågformade beteendet hos ordermängden mellan rasterna näst intill på minuten mellan graferna. Att två rutter med olika antal tåg, olika lång sträcka och olika mängd orderpunkter att supportera inte borde kunna ha så lika belastningskurvor utan någon gemensamt tvingande styrning, exempelvis en tidtabell. Då detta inte fanns vid undersökningen tyder det på att det finns en för systemet tvingande och begränsande faktor.



Figur 27 – Snittorderkö för 13V över dagskiftet och variationsökningen under samma tid

Det är sedan länge accepterat bland de flesta inblandade parter att köbildning i supermarktet är en stor källa till förluster i systemet. Supermarkets egenskaper med att vara gemensam för samtliga rutter, inte tillåta omkörning i någon större omfattning och varierande resvägar skulle kunna förklara likheterna mellan Figur 26 och Figur 27. Det skulle även till vis del förklara det generellt vågformade utseendet genom en påtvingad synkronisering av samtliga materialtåg.

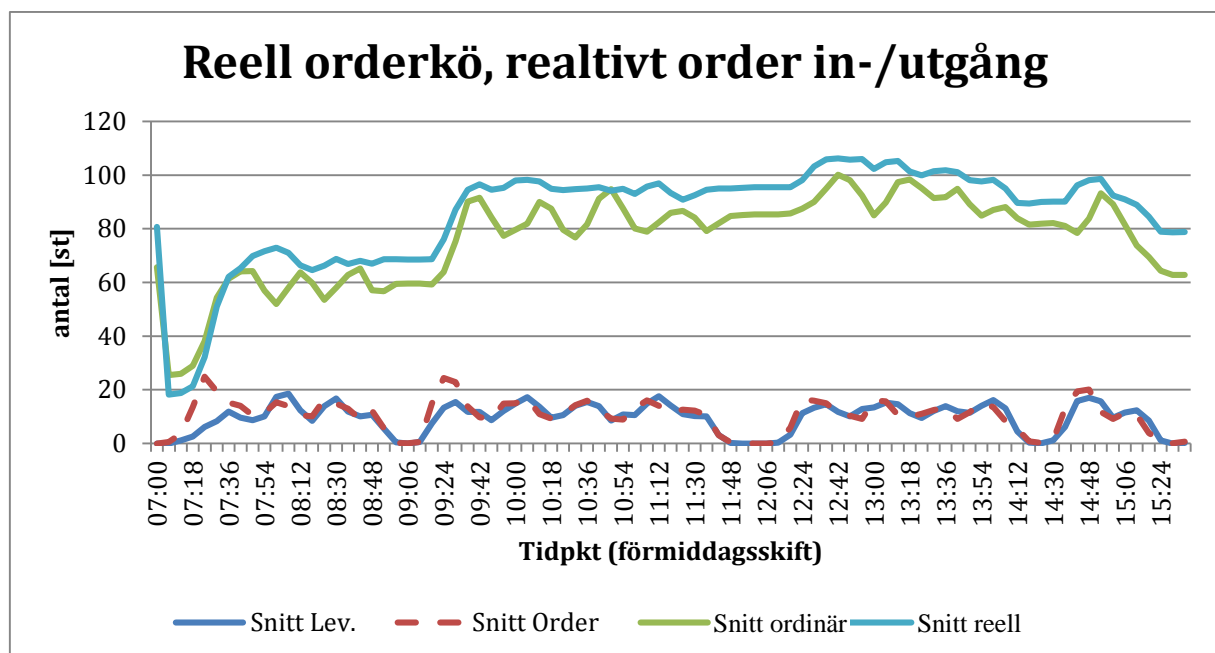
Förändringen av orderköns utseende kommer av tre komponenter; antal levererade order, antal nya order samt den frekvens där tågen tar på sig ett nytt uppdrag. Genom att orderkön minskar markant vid initiering av varje nytt uppdrag, för att sedan öka först när tåget lämnat supermarktet, skapas det vågformade beteendet som återkommer i de båda tidigare graferna. Till detta agerar skillnaden i inflöde av nya order och utflöde av levererade order som förändringsfaktor för orderkön. Egentligen är det inte de levererade orderna som motsvarar utflödet i orderkön utan skapandet av plocklista vid starten av en rutt. Detta är dock inte särskilt givande att betrakta, för att utreda efterfrågan och tillgång, utan istället betraktas skapandet av order relativt leverans av order, se Figur 28 nedan.



Figur 28 – Snittleveranser/order per 6-minuterintervall över skiftet, 13HV

Även detta är en kurva med de karaktäristiska svängningarna återkommer över samma tid och frekvens, vilket kommer sig av samma som tidigare förklarar fenomen. Notera att både antal order och leveranser följer samma mönster. I grafen syns tydligare hur orderingången ökar momentant och kraftigt efter samtliga raster och i samband med skiftstart. Förutom under dessa tillfällen följer kurvorna varandra något sänär, vilket innebär en matchning mellan efterfråga och leveransförmåga. Notera att det även innebär att den presterade kapaciteten från materialtågen inte heller är mer än efterfrågan, det vill säga dagens system har ingen överkapacitet med dagens arbetssätt. Detta inkluderar personalbeteenden, antal tåg med mera. Genom utjämning av kurvorna blir det tydligt att leveransen ligger stabilt på en nivå på 10 stycken per 6-minutersintervall (notera: detta är inte takten utan en utjämningsfaktor över hela skiftet) I och med rasternas symmetriska placering över skiftet antyder detta att materialtågen levererar med en mycket stabil leveranstid generellt. Medan med samma utjämning och logik för orderingången syns det tydligt att efterfrågan långsamt faller under skiftet.

Något som framgår av denna graf är också när materialtågen slutar åka innan rast. Det framgår av grafens sadelpunkter vid kl 8:42 och 11:24 att efter detta lämnar i princip inga tåg supermarket för att leverera. Vid klockan 09:24 resp. 12:24 har leveransfrekvensen återtagit den nivå som var innan rast igen. Resultatet blir en tidsperiod på 12-18 minuter innan rast där produktion förbrukar lådor utan fortsatt avhämtning och en teoretisk rast motsvarande 48 resp. 60 minuter när rasterna är 12 resp. 30 minuter. Notera att även om det inte sker några leveranser i nära anslutning till rasten så lastas fortfarande de tåg som hinner med detta, vilket minskar spiltiden.



Figur 29 – Reell orderkö, relativt order in-/utgång per 6-minutersintervall

I grafen ovan, Figur 29, visas den verkliga mängden order i kö. Den orderkö som hittills refererats till, och som används i verksamheten, är kön där ordern ligger från beställning till prelastning, fortsättningsvis refererad till som ordinär orderkö. Denna orderkö inkluderar inte den tid som lastbäraren ligger i utlämning för avläsning och inte heller tiden från uppbokning på tåget till leverans. Den reella orderkön innefattar tiden från orderläggning till leverans. Påverkan från tiden i utlämningen ligger utanför systemet och det finns därför inte dokumentation för att avgöra denna.



Ur Figur 29 utläses att den reella orderkön, vilket är ett direkt resultat av orderingången och leveransutgången, ligger generellt högre än den ordinära, vilket är naturligt då även artiklarna lastade på tåg fortfarande utgör en del av denna kö. Den är även mer utjämnad än den ordinära orderkön, då orderingången och orderutgången här ligger synkroniserat, avläsning av tomlådor och avlämning av leveranser sker samtidigt. Dock kvarstår den plötsliga stegringen av orderkön vid raster och inget avtagande förrän de sista en och en halv timmarna av skiftet, vilket styrker tidigare resultat. Leveranssystemet levererar stabilt men hamnar efter i samband med raster. Det finns ingen överkapacitet i systemet som användandet ser ut idag. Det som gör att ordernivån hålls på en hållbar nivå är den, under dagen, sjunkande efterfrågan på material.

### 4.2.3 Begränsningar i körförmåga

Ett problem som har identifierats är att det bildas köer i supermarket och tågen tvingas invänta varandra. Flera olika fenomen bidrar till att förstärka denna köbildningseffekt. Dels startar tågförarna ungefär samtidigt vid skiftbyte, vilket leder till att i stort sett alla åker in och lastar i supermarket på en och samma gång. Utkörningsrundorna för de olika rutterna tar sedan ungefär lika lång tid att genomföra, vilket leder till att tågen kommer tillbaka till utgångsplatsen nästan samtidigt. Det i sin tur tenderar att skapa en viss köbildning även vid avlastningsplatsen för returmaterial. Detta beteende fortsätter sedan under dagen och tycks bli som värst i samband med raster, då dessa har en ihopsamlade effekt. Något som ytterligare förstärker köbildningarna är att tågförarna ibland inväntar varandra för att behålla ursprunglig körordning. Under en av tidsstudierna på avdelningen noterades att fem materialtåg påbörjade sina rundor i supermarket under en fyraminutersperiod. När dessa tåg sedan lämnat supermarket dröjde det en kvart innan nästa tåg åkte in för att påbörja en rutt.

Vidare skapas det en hel del störningar i körrytmen ute i fabrikshallen. Dels kör tågen ikapp varandra även här och tvingas vänta, dels skapas störningar av att de tvingas stanna för övrig trafik, såsom truckar och gångtrafikanter.

### 4.2.4 Förändringar under arbetets gång

Under utredningsfasen av detta projekt skedde några för projektet betydande förändringar. Som ett parallellt och betydande projekt till detta genomförs en flödesbaserad layoutförändring av hela fabriken. Under perioden då efterforskningarna genomfördes flyttades 16 grunddel vilket direkt förändrade utseendet på rutten som försörjer 16-litersmotorn och därmed påverkas genomförda tidsstudier.

Medan detta arbete fortskridit har även andra förändringar gjorts för att förbättra systemet. De viktigaste av dessa förändringar är introduktionen av en tidtabell som definierar när tågen ska avgå samt att det införts en gräns för hur många lådor varje tåg får lasta. Båda syftar till att jämna ut belastningen på tågen och stabilisera leveranssäkerheten. Vilka metoder som används för att ta fram dessa är okända.

Det har även gjorts en mindre förändring vid materialtågens utgångsplats där främst avlastningszonen för returmaterial har flyttats samt att trafiken har lags om något. Vidare kommer det även att läggas till ett nytt hyllplan på samtliga vagnar, vilket kommer möjliggöra att material kommer att kunna lastas på tre hyllor istället för de tidigare två som var avsedda för detta. Dessutom, som tidigare nämnts ovan, kommer etikethanteringens flyttas så att det inte ingår i tågförarnas arbetsuppgifter.

## 4.3 Studiebesök

Som en del i den empiriska studien genomfördes två stycken studiebesök på två, till VPT, liknande verksamheter med liknande grundläggande produktionsfilosofier. Båda dessa fabriker tillhör Volvo Cars, där den första är deras monteringsfabrik av personvagnar i Torslanda, Göteborg och den andra deras motorfabrik i Skövde. Båda besöken varade lite mer än tre timmar och involverade både teknisk genomgång med ansvarig logistiktekniker och besök i verksamheten.

### 4.3.1 Volvo Cars, Torslanda

Besöket ägde rum på Volvo Cars monteringsfabrik i Göteborg, 27 mars 2014. Fokus under besöket var att ta del av företagets lösning med den interna materialhanteringen, speciellt i avseende på hantering av blåådor med materialtåg. Dessutom studerades hur de utformat försörjningen med pallar i produktionen med ett system som kallas Fork Lift Free.

#### 4.3.1.1 Hantering av blåådor

Fabriken är indelad i fyra ungefär lika stora zoner med avseende på förbrukningen av blåådor; A, B, C och D. Varje zon är sedan uppdelad på ett antal olika materialtågsrutter. Lagret är i sin tur uppdelat efter dessa zoner, där det finns ett område med artiklar avsedda för respektive zon. Dessutom finns det en gemensam zon, där artiklar som ingår i flera zoner lagras.

I dagsläget finns det 14 stycken olika rutter i fabriken, där ett tåg är dedikerat till respektive rutt. Rutterna är sedan lagda manuellt, utan datorhjälp. För att behålla tydligheten i rutterna tas alltid en hel materialfasad med i samma rutt, en fasad delas aldrig upp på olika rutter. Balansering av rutterna är gjord med hänsyn till förbrukning (varje tåg förväntas kunna leverera ca 40 lådor/timme), avstånd, antal leveransplatser, lådornas storlek med mera. Balanseringen görs manuellt med beräkningar i Excel. I uppstartsfasen var detta ett väldigt tidskrävande jobb. När nu systemet är igång justeras balanseringen vid behov, en gång varje månad och det är då oftast inte särskilt omfattande förändringar som krävs för att skapa balans mellan rutterna igen. Dessutom följs varje rutt upp på veckobasis för att motverka överbelastning.

Vidare förväntas varje tåg alltid kunna lasta hela beställningskön vid varje utkörningstillfälle. Om detta misslyckas är risken överhängande för materialbrist på line, vilket kan leda till produktionsstopp. För att undvika detta sätts ett stödtåg in när så sker. Vanligtvis ansvarar lagledaren för detta tåg.

Det som intervjupersonerna framhöll som positivt med blåådesystemet var att, tack vare att varje tåg hade sin egen dedikerade rutt skapade det ett väldigt tydligt ansvarsområde för föraren. De framhöll även zonindelningen på lagret som en stor fördel med dagens system.

En svaghet som de såg med sitt eget system i dagens läge var att, i och med att rutterna baseras på snittförbrukningen under en vecka så skapas det problem under vissa tidsperioder, när produktionsmixen blir ojämn.

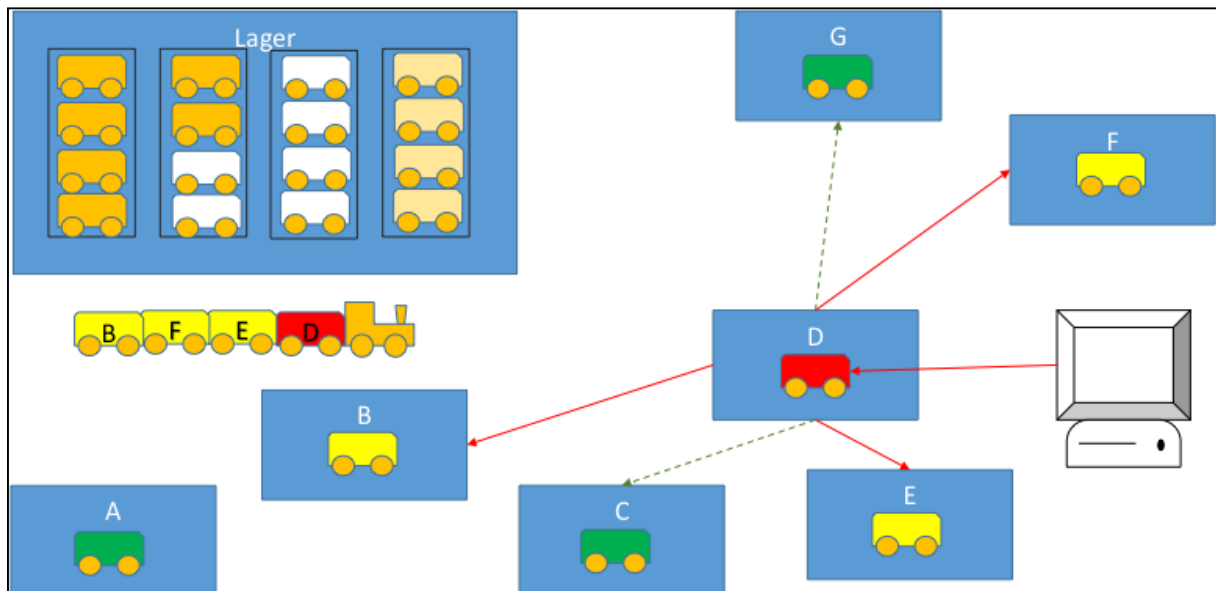
Inför framtiden funderade de på att göra om dagens system och istället låta en dator generera smarta dynamiska rutter. På så sätt trodde de att resursutnyttjandet skulle kunna öka.

#### 4.3.1.2 Forklift Free

FLF-systemet, ”Forklift Free” bygger på användning av tåg som har fyra vagnar, där varje vagn har möjlighet att transportera en pall. Varje pall står på en ställning med hjul som föraren på ett enkelt sätt kan rulla bort från vagnen och byta mot den tomma pallan vid

leveransstället. I dagens läge används nio uppsättningar med vagnar samt fyra förare som transporterar ut material. En leverans av fyra pallar tar i genomsnitt ca 14 minuter vilket gör att varje förare har kapacitet att försörja produktionen med cirka 16 pallar/timme. Hela produktionen fungerar som en beställningszon och tågen beläggs med materialleveranser utifrån kritikalitet och närhet. Förbrukningen i monteringslinan räknas av genom att varje tillverkad bil, som passerar på produktionsbandet, har en streckkod som läses av och artiklar på stationen, som ingår i just den bilmodellen, dras ur saldot. När sedan saldot på en specifik artikel når under en viss nivå skapas en beställning på en ny pall.

Sedan genererar beställningssystemet en utkörning av ett fullt tåg, då beläggs tåget med en kritisk pall som levereras först. Med en kritisk pall menas att materialet riskerar att ta slut om inte leverans av pallan sker omgående. Övriga tre pallor, som tåget beläggs med, är de pallor närmast den kritiska pallens leveransplats, som är godkända för att levereras, se Figur 30. Detta gör att leveranserna nästan alltid är nära varandra, vilket minimerar färdsträckan, och många pallor hinner på så vis aldrig bli kritiska.



Figur 30 – Illustration av Fork Lift Free

De har haft funderingar på att låta en dator räkna på optimala körvägar, men slopat detta på grund av att det skulle krävas för mycket underhåll av ett sådant system samt att den eventuella vinstpotentialen var svår att beräkna.

Något som de ibland upplevde som negativt med dagens system var att de hela tiden måste lita blint på systemet och för att systemet ska fungera tillfredställande krävs kontinuerliga uppdateringar av förutsättningar. Tidigare fanns det ansvarsområden där en person hade ansvar för sitt eget område, på så vis hade de okulär kontroll på när material behövde fyllas på. De skaffade sig även erfarenhet och känsla för variationer och när problem kunde uppstå.

En stor fördel med dagens system ansågs vara att det blev betydligt lättare att lära upp ny personal, då det tidigare krävts väldigt mycket erfarenhet för att klara av arbetsuppgifterna.

## 4.3.2 Volvo Cars Engines, Skövde

Intervjupersoner: Per-Inge Karlsson och Ebru Crnic

Besöket ägde rum på Volvo Cars motorfabrik i Skövde, 18 mars 2014. De har en tillverkningsprocess som på många sätt påminner om den på Volvo Powertrain. Båda tillverkar motorer och tillhörde en gång i tiden samma bolag. Dessutom ligger de grannar med varandra och det finns tydliga likheter mellan verksamheterna, men de har även sina unika drag och arbetsmetoder. Produkterna som VCE tillverkar är mindre än de på VPT och därav behöver utrustningen således mindre utrymme. Vilket gör att, även om de i likhet med VPT är uppdelade i delfabriker, delar alla delfabriker på samma höglager, med undantag för vissa råämnen till bearbetning som går direkt till aktuell fabrik om möjligt. Utifrån detta höglager levereras pallar till hela fabriken som sedan distribueras ut av lokala materialtekniker. Det levereras även blålådor, av samma typ som på VPT, till slutmonteringsavsnitten.

### 4.3.2.1 Hantering av blå- och hundralådor

Försörjningen av blålådor och hundralådor sker med materialtruckar, kallade box-tåg. De har en lastkapacitet på mellan 14 och 24 lastbärare per runda. Idag jobbar sex personer med utkörning av box-tåg.

Huvudlagret, kallat M3, består främst av ett stort höglager med automatiserad hämtning, lämning och organisering av material. Pallar levereras härifrån till en ompackningsstation från pall till blå- och hundralådor som sedan placeras i ett plocklager med tre våningar där box-tågen hämtar sitt material.

Genom hela fabriken används olika former av kanban. I monteringsavsnitten används, i de äldre avsnitten, fysiska kanbankort som läggs på lastbäraren vid leverans, läses av och ställs i ställ av montören när lastbäraren påbörjas. I de nyare avsnitten används elektronisk kanban, där montören istället trycker på en knapp på aktuell ränna när en låda är förbrukad.

Ur deras produktionssystem, VCMS, Volvo Cars Manufacturing System, är det bestämt att ledtiden, i detta fall tiden mellan beställning och leverans, ska vara en timme. För box-tågen blir detta ett direkt krav på att hålla arbetstempot uppe då dessa är direkt bundna till ett monteringsavsnitt med egen orderkö.

Denna tydliga maximala ledtid blir också det som utgör målsättningen med materialleveranserna. Materialmängden på produktionsavsnitten anpassas efter den maximala ledtiden, vilket då leder till att en försenad leverans nästan omgående leder till produktionsstopp. De använder sig av efterfrågan av antal boxar per produkttyp och timme att utgå ifrån för att förutspå resursbehovet. I och med att produkttyperna är delvis fördelade över monteringsavsnitten kan de även förutspå belastningen på respektive box-tåg. Om produktionen går upp kan de egentligen bara möta detta med att öka antalet tåg och antalet förare till dessa.

Vad gäller utformningen av rutterna för box-tågen så är det utseendet på monteringsavsnitten och truckgångarna som utgör en begränsande faktor. Det finns inte plats för annat än enkelriktad trafik, mycket beroende på att det är flera olika typer av fordon som ska dela på trånga truckgångar. Monteringens ihopträngda, snirklande upplägg tillåter inte tågen att köra längsmed produktionen utan de tvingas hålla sig till truckstråket större delen av tiden. Detta innebär att zonindelning och kreativ omläggning av rutterna, skulle skapa mer variation och ställa mer krav på fordonens hastighet än vad som är möjligt att hantera. För att styra trafiken internt gäller det högertrafik, max tio kilometer i timmen samt att det finns både trafikljus och skyltning som ska följas.

Med både fast leveranstid och fasta rutter, som är näst intill omöjliga att påverka, blir balanseringen direkt beroende av efterfrågan och tillgängliga resurser.

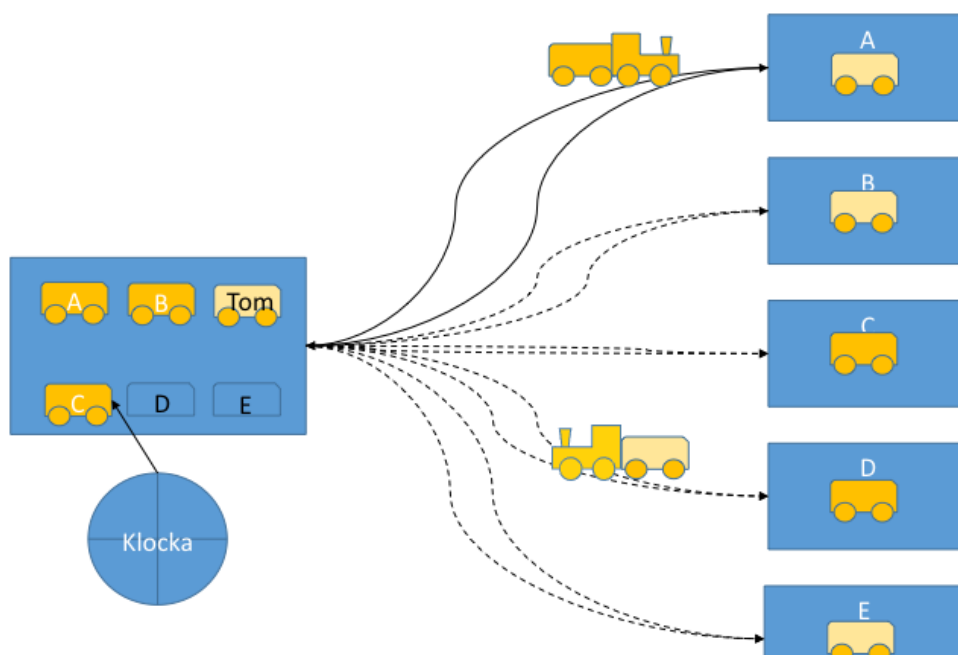
### 4.3.2.2 Hantering av pallar

Palltågen levererar vagnar, med plats för upp till nio pallar, och hämtar samma vagnar i produktionen när dessa är tomma, alternativt fyllda med returmaterial. Tre personer arbetar med utkörning av pallar enligt detta förfarande. Det finns dessutom en person som kör ut pallar till bearbetningsavsnitten på beställning. Pallarna som ska levereras kommer direkt från höglagret och lastas på materialvagnar.

Med hjälp av rutor på golvet och skyltar hängande i taket visas det vart de olika vagnarna ska stå relativt vart de ska köras ut till. En ensam person är ansvarig för att lasta samtliga vagnar, detta innebär att köra en pall från utlämningen vid höglagret till den vagn som indikeras på skärmen. Utstjälpningen sker automatiskt och utplaceringen av vagnarna sköter hanteraren av returmaterial när de tömt en återlämnad vagn.

Dagens rutter utgörs av ett regelverk för körning i fabriken, snarare än en optimering av sträcka/leveranssäkerhet. När det gäller pallarna och materialvagnarna kommer detta sig av att de kör en vagn per tur som ska lämnas och bytas mot en tomvagn på ett specifikt ställe, illustrerat i Figur 31. Vilken väg som körs är inte lika viktigt som att den inte tar onödig tid och inte stör resterande trafik.

För beställning av pallar används ett två-binge system med blandad beställning av både fysiska och elektroniska kanban-kort samt enstaka fall av manuella beställningar i datorsystemet.



Figur 31 – Illustration av pallhanteringen

Även för materialvagnarna gäller den maximala ledtiden på en timme för att balansera. Det är tre förare med varsin materialtruck, med upp emot 16 olika vagnar som ska levereras inom en timme. För att lösa detta har ett regelsystem konstruerats. På varje vagn finns en leksaksklocka monterad som ställs in på 45 minuter efter den tidpunkt då första pallan placerats på vagnen. De har då antagit att 15 minuter motsvarar den tid som ordern har legat i systemet innan laddning till vagn har skett. Vagnen körs sedan ut antingen om den är full eller om tiden på klockan tar slut. Det blir därför varje förares uppdrag att ta den mest akuta

vagnen vid varje utkörning efter dessa regler. Vissa vagnar körs dock enbart vid full vagn på grund av aningen högre lagringskapacitet hos mottagaren.

De styrkor, i sin lösning, som de anser vara de största, är med den direktitet orderhanteringen sker, de dynamiska fortgående leveranserna och hur de förlitar sig på visuella hjälpmedel. Systemet är lätt att skala upp eller ned för att möta efterfrågan, det är nästan enbart en fråga om resurser och det tydliga kravet på en timmes leveranstid ger operatörerna ett tydligt mål. De har för att underlätta detta, i samverkan med Högskolan i Skövde, tagit fram ett datorprogram som de använder för att avgöra hur bra utfall det blir av tilltänkt balansering.

#### 4.4 Slutsats empiri

Ur den empiriska studien framkommer en helhetsbild som visar på att VPT har ett i grunden genomtänkt system, men att det i brukandet av detta finns brister samt mycket utrymme för förbättringar. När det kommer till routing, eller ruttlägningsproblematiken, är det tydligt att det inte finns någon organisatorisk kunskap hur detta borde gå till eller vilka problem som existerar för just denna verksamhet. All kunskap och förståelse för vad som utgör en stabil rutt befinner sig i huvudet på en handfull individer, vilka bidrar med sin unika del, när nya rutter skall läggas. När detta sker finns ingen garanti att rutterna blir stabila, utan dessa erfarna individer justerar helt enkelt systemet tills balans uppnås. Den balans som uppnås är dock mycket god, vilket bland annat framgår i Figur 28. Den kunskap som finns hos dessa få individer är bevisligen god och bör tas tillvara i ett införande av nytt arbetssätt.

Även om rutterna befinner sig i balans mot efterfrågan är det tydlig ur nulägesbeskrivningen att det finns två faktorer som direkt påverkar flödestågens leveransförmåga. Det första är obalansen som uppstår kring raster och skiftbyte, vilket framkommer tydligt i Figur 25-29, som resulterar i att flödestågen hamnar efter gentemot monteringsavsnitten och inte tar ikapp detta förrän i slutet av skiftet. Leveranstiden blir då längre och ytterligare variationer blir förstärkta. Vid diskussion med tekniker på Volvo Cars framkommer det att samma fenomen även förekommer i deras fabriker, både i Torslanda och Skövde, det är därför oklart hur detta kan motverkas och speciellt hur det kan motverkas genom ruttläggning.

Den andra faktorn, som inte heller den kan påverkas nämnvärt genom ruttläggning, är supermarketens begränsande effekt, genom köbildning. Det är även tydligt i nulägesbeskrivningen att flödet genom supermarketet inte är tillräckligt för att hantera behovet. För att en ny typ av ruttläggning skall ge goda resultat måste denna flaskhals hanteras.

Den sista tydliga problematiken hos VPT, som hindrar dem från att kunna skapa effektiva rutter är avsaknaden av kommunikation och kommunikationsverktyg mellan ruttläggningens intressenter. Ägandet och ansvaret för rutternas utformning är oklart i dagsläget, vem som är mottagare av tågens last är även det oklart och inget utbyte av individuell förståelse för systemet görs. Problemet blir därför diffust och det verkliga behovet osynligt.

VPT är i behov av ett standardiserat arbetssätt för läggandet av sina flödestågrutter som även kan verka som ett verktyg för diskussion mellan olika delverksamheter och för att skapa ökad förståelse för den egna verksamheten. Om inte sådant arbetssätt implementeras riskerar VPT stora och onödigt långa störningar då förutsättningar förändras så att nya rutter måste konstrueras.

## 5 BRA-METODIKEN

Här presenteras den metodik som, utifrån teoretisk referensram och empirisk studie, har konstruerats. Nedan följer en beskrivning om metodikens tänkta funktion följt av en redogörelse för metodikens uppbyggnad och därtill kopplat arbetssätt. För att se metodiken i sin helhet hänvisas läsaren till Bilaga 1 och 2.

### 5.1 Introduktion

Som resultat av slutsatserna från den empiriska studien, framkom ett behov hos VPT, av standardiserat arbetssätt och modell för att tolka den egna verksamheten. I detta avsnitt presenteras den metodik som togs fram för att tillgodose detta behov. Metodiken är inte baserad på något tidigare publicerat arbetssätt, men har egenskaper som baseras på den teoretiska referensramen samt slutsatser från de empiriska studierna. Metodiken finns beskriven i två typer av underlag; en detaljerad processbeskrivning, se Bilaga 1 och en användarguide, se Bilaga 2.

Nedan följer en redogörelse för hur och varför BRA-metodiken är framtagen. För att se metodikens fulla omfattning och för att underlätta förståelsen för detta avsnitt rekommenderas att läsare först behandlar Bilaga 1.

### 5.2 BRA-metodikens syfte och användningsområde

BRA, eller Balanserad Ruttanpassning, är en metodik skapad för att vara ett arbetssätt i framtagningen av effektiva rutter i ett internlogistiskt system, användandes mjölkrunor och värderingar utifrån Lean produktion och JIT. Metodiken använder sig i grunden av analoga principer med förstärkning av datorbaserad statistikframtagning och kan i princip användas oberoende av beställningssystem eller val av styrsystem. Datoriserade hjälpmedel, som till exempel simuleringsverktyg och verksamhetens val av system utgör istället stöd och styrvariabler i metodiken.

Namnet *Balanserad Ruttanpassning* beskriver till stor del vad metodiken syftar till. Genom användning av visuella hjälpmedel, förenklande heuristiska metoder och genomförande av arbetet i kompetensdelande forum syftar BRA till att generera rutter på så sätt att:

- Balans mellan tillgängliga resurser och efterfrågan uppnås
- Logiska rutter, med hög användningsgrad skapas
- Ruttlängder och ruttkomplexitet minimeras
- Förståelse skapas för verksamheten

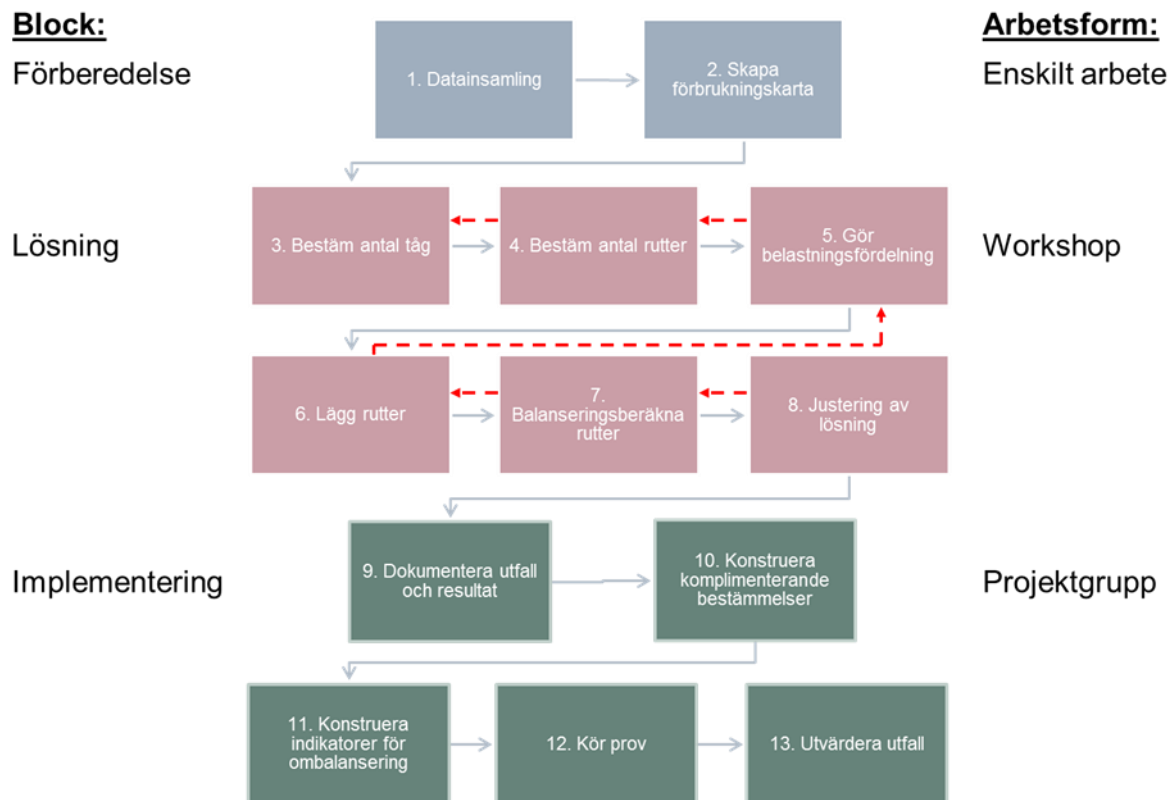
Denna typ av prioritering syftar till att reducera förluster i form av slöserier, överbelastning och störningar, beskrivna som Muri, Mura och Muda i avsnitt 2.1.1. Arbetsutformningen, som beskrivs i kommande avsnitt, är utformad för att uppmuntra till diskussion mellan metodikens intressenter. Utformningen ämnar även att placera de verkliga behoven centralt i arbetet, i enlighet med vad som förespråkas i Lean produktion.

### 5.3 Metodikens uppbyggnad och arbetssätt

BRA är uppbyggt av tre block, nedan separat beskrivna, som bearbetas i inbördes ordning med olika arbetssätt, se Figur 32. Varje block innehåller två eller flera steg som beskrivs i avsnitt 5.3. Blocken är konstruerade på ett sådant sätt att varje block genererar det centrala

underlaget till nästkommande block. Det är därför en väsentlig del av varje block att dokumentera och konsolidera ackumulerat underlag.

Innehållet i blocken är både generellt beskrivet, för en bred applikationsmöjlighet, men även med instruktioner anpassade efter VPTs verksamhet och behov. Arbetsmetoderna beskrivna i varje block och steg går att utveckla och anpassa i hög omfattning utan att lämna omfånget av respektive block eller steg. Det förväntas att den nyttjande organisationen utifrån erfarenhet och arbete med metodiken skall utveckla och förbättra de olika delarna på ett sådant sätt att arbetet effektiviseras och förbättras.



Figur 32 – Schematisk bild av BRA-metodiken

### 5.3.1 Förberedelseblocket

Förberedelseblocket är det första av de tre blocken och består av två steg. Detta block syftar till att samla den information som är betydande för den lösning som skall konstrueras samt att sammanställa specifika underlag för arbete med kommande block. Som första block och huvudsakliga avsnittet för informationsinsamling, förväntas detta block delvis återbesökas när ny information uppdagas under arbetets gång men även påverkas av erfarenheter från tidigare arbete med metodiken.

### 5.3.2 Lösningsblocket

Lösningsblocket syftar till att konstruera en lösning genom att balansera fyra centrala variabler; tillgängliga resurser, resursbärare, fördelning av resursbärare samt färdväg. I metodiken finns ett rekommenderat standardförfarande som alltid bör vara utgångsläget. När detta standardförfarande genomförs justeras de centrala variablerna enligt arbetsätt, beskriven i avsnitt 5.4.2, tills att balans uppnås. För att avgöra om balans är uppnådd ingår det i blocket några enklare beräkningar. Detta block är tänkt att behandlas i ett forum bestående



av flera olika intressenter för att kollektivt bearbeta svårigheter samt avgöra balansens duglighet.

### 5.3.3 Implementeringsblocket

Implementeringsblocket innehåller en serie steg med fokus på lösningens implementering. Skapande av dokumentation, anpassning av dagliga styrsystem och strukturer för att identifiera obalans, är karaktäristiska steg för detta block. I detta block skall dessutom en testning av konstruerad lösning genomföras. Implementeringsblocket avslutas med en sammanställning av arbetet, utfall av arbetet och erfarenheter för återkommande arbete med metodiken. Det är även meningen att lärdomar som utvecklar metodiken ska tas tillvara i det här blocket.

### 5.3.4 Arbetssätt

BRA-metodiken kan arbetas med ur flera former och perspektiv. Den kan användas som checklista av en projektägare eller användas som samlingsmaterial för en arbetsgrupp. För att hantera dessa olika situationer, i vilka metodiken kan tänkas nyttjas, har både en processbeskrivning och en användarguide konstruerats, Bilaga 1 och Bilaga 2. Processbeskrivningen är ett dokument anpassat för tekniker att sätta sig in i metodikens syfte och utförande medan användarguiden syftar till att beskriva metodikens funktion för alla tänkbara brukare.

Oavsett form på arbetsgruppen ställer metodiken krav på användandet för att den skall ge fortgående stabilitet. I metodiken beskrivs en typ av arbetsform för varje block. BRA utnyttjar oftast dessa arbetsformer som ett verktyg för att nå implementerbarhet i lösningen och för att uppehålla kvalitet i underlagen. Det är därför viktigt att förvänta sig olika utfall beroende hur man väljer att förhålla sig till de rekommenderade arbetsformerna.

Då BRA utgör en anpassning till en given situation genererar den också en lösning enbart anpassad till denna situation. Periodvis återanvändning av metodiken är därför starkt rekommenderat. I metodikens sista block behandlas bland annat hur behov av ny ruttläggning uppstår.

## 5.4 Metodens steg block för block

Nedan följer en kort beskrivning av BRA-metodikens olika steg och stegens betydelse för slutprodukten. För mer ingående beskrivning av den praktiska applikationen av metodiken rekommenderas läsning av Bilaga 1 och Bilaga 2.

### 5.4.1 Block 1 Förberedelseblocket

#### - **Steg 1 Datainsamling**

I detta första steg identifieras och samlas all information nödvändig för arbetet in. Förbrukning, trafiksituation, layout och arbetstider är information som behövs i alla situationer. Information om förutsättningar, som val av beställningssystem, är sekundärt men också aktuellt.

#### - **Steg 2 Förbrukningskarta**

I detta steg konstrueras en schematisk bild över efterfrågan och trafikförutsättningarna som utgör grunden i block 2. Vid stora antal leveransställen hanterar metodiken detta genom att i detta steg konsolidera dessa enligt ett regelsystem.

## 5.4.2 Block 2 Lösningsblocket

- **Steg 3 Bestämma resurser (Antal tåg)**  
I detta steg bestäms vilka resurser som lösningen skall anpassas för. Av de fyra variablerna är resurserna den dominanta och är därför första variabeln att optimeras.
- **Steg 4 Bestämma resursbärare (Antal rutter)**  
Resursbärare är en mellankonstruktion som motsvarar de enheter som behovet fördelas över. Resursbärarna, eller rutterna, får olika egenskaper beroende på hur många resurser, tåg, som är bundet till dem. Detta steg syftar till att jämna ut känslighet för variationer.
- **Steg 5 Göra belastningsfördelning**  
Detta steg syftar främst till att jämna ut behoven över resurserna samt att skapa logiska ansvarsområden. Optimeringen av färdvägen förenklas genom korrekt utförande av detta steg. Det konstrueras ett område per resursbärare som bestäms av ett heuristiskt tillvägagångssätt.
- **Steg 6 Lägga rutter (Färdvägar)**  
En rutt per resursbärare konstrueras på frihand, efter några enkla principer, så att kortast möjliga rutter skapas. Detta är sista variabeln att bestämma innan lösningen utvärderas, men även första att justeras om lösningen inte uppnår kraven.
- **Steg 7 Balanseringsberäkna**  
Balanseringsberäkningen innebär att beräkna några på förhand bestämda nyckeltal för att avgöra lösningen duglighet. De centrala jämförelsetalen är leveransförmåga och leveransbehov för de olika resursbärarna samt variationen i leveransbehov. Leveransförmågan bör matcha leveransbehovet och variationen måste vara hanterbar, för att lösningen skall vara implementerbar.
- **Steg 8 Justera lösning**  
Om det är så att lösningen inte är redo för implementering måste den justeras. Detta görs i omvänd ordning mot hur variablerna bestämdes initialt och då en variabel justerats måste de efterkommande även justeras, se Figur 32. Denna process fortgår tills lösningen är redo för implementering.

## 5.4.3 Block 3 Implementeringsblocket

- **Steg 9 Dokumentering**  
Efter framtagandet av lösning dokumenteras denna i detta steg och förbereds i sådan form att den går att distribuera.
- **Steg 10 Komplimenterande bestämmelser**  
Komplimenterande bestämmelser är strukturerande omkringliggande system utifrån de nya förutsättningarna. Detta steg finns med för att möjliggöra implementeringen av lösningen i det verkliga systemet.
- **Steg 11 Indikationer på ombalansering**  
Som i tidigare avsnitt kommenterat är lösningen ur BRA baserat på statisk information, vilket gör att lösningen inte behåller sin aktualitet över en längre tid eller under förändrade förutsättningar. Metodiken tar därför upp typiska indikatorer på att lösningen behöver justeras.
- **Steg 12 Testkörning**  
Metodiken tar inte upp exakt hur detta steg skall genomföras, men visar på dess vikt och ger typiska instruktioner på förutsättningarna under testtiden.
- **Steg 13 Utvärdera utfall**  
Detta sista steg syftar till att både utveckla metodiken och dess användare. Detta steg spelar stor vikt i metodikens tanke i att vara ett återkommande verktyg.

## 6 DISKUSSION

Detta avsnitt avser att diskuteras arbetets utfall samt att svara på hur väl syftet med arbetet uppfylldes. Kapitlet syftar även till att redogöra för de diskussioner som förts angående resultat, analys och slutsatser i denna rapport. Vidare diskuteras även förutsättningarna för företagets nytta av arbetet samt möjligheten att tillämpa resultatet i andra verksamheter.

### 6.1 Måluppfyllelse

Syftet med arbetet formulerades:

*”Utföra en grundlig nulägesanalys och skapa förståelse för materialtågsrutternas utformning samt med moderna logistikprinciper föreslå en metodik för hur utformning av framtida rutter bör se ut, i syfte att minska förluster och att säkra materialleveranser, för materialtågen på Volvo Powertrains monteringsavsnitt.”*

En nedbrytning av syftet gjordes och det preciserades i fem frågor, måluppfyllnaden för dessa frågor presenteras nedan.

#### 1. Hur ser situation ut i nuläget och hur arbetar man?

Denna fråga har utretts och presenteras i sin helhet under rubrik 4.1 och 4.2. Bland annat har det konstruerats nya former av beräkningar vilka visar på trender i materialleveranserna, exempelvis orderköns utveckling över skiftet. Dessa beräkningar låter företaget urskönja trender som kan ligga till grund för beslutsfattande. På denna punkt får måluppfyllnaden ses som god, då en bred nulägesbeskrivning har gjorts, som sedan legat till grund för BRA-metodikens framtagande.

#### 2. Vilka förluster finns det i dagens system och hur stora är dessa?

En rad olika förluster har identifierats under arbetets gång. Två av de viktigaste är tidsförluster som uppstår i samband med raster samt problematiken kring köbildning i supermarket. Exakt hur stora dessa förluster är har inte helt klarlagts, men analyserna av tidsstudierna och sekundärdata som utförts pekar tydligt på att det finns stora förluster kopplade till dessa fenomen. Måluppfyllnaden på denna punkt får ses som relativt god, trots att förlusterna inte har mätts i kvantitativa tal.

#### 3. Vilka faktorer påverkar utfallet av ruttläggningen?

Det har identifierats främst fyra faktorer som påverkar utfallet; antal tåg (resurser), antal rutter, fördelningen av resurserna samt tågens färdväg. Dessa fyra faktorer har använts som parametrar, möjliga att justera, i den framtagna metodiken för ruttläggning. Det har även framkommit att det finns betydligt fler faktorer som påverkar om utfallet av en ruttläggning blir god, exempelvis hanteringen av köbildning i supermarket, personalens arbetsmoral, tidtabeller och trafiksituationen i fabriken. Dessa faktorer har i lösningen behandlats som yttre faktorer, som det gäller att ta hänsyn till vid ruttläggningen, men har inte setts som aktiva parametrar. Måluppfyllnaden i denna frågeställning bedöms som god, då påverkande faktorer har identifierats och implementerats i lösningen.

#### 4. Vilken metodik lämpar sig bäst vid utformande och uppdaterande av materialtågens rutter?

Arbetet har resulterat i ett föreslaget arbetssätt, enligt kapitel 5 i rapporten, där det beskrivs tydligt vilken metodik som bör användas vid utformande av materialtågens rutter. Metodiken grundar sig, som tidigare nämnt, på de empiriska studierna samt på teorier från litteraturstudien. BRA-metodiken är tänkt att användas som ett standardiserat arbetssätt som sedan ständigt förbättras och uppdateras. BRA-metodiken får alltså ses som det just nu bästa

arbetssättet för att utforma och uppdatera materialtågens rutter, vilket gör att måluppfyllnaden även på denna punkt får anses som god.

#### 5. Vilken rutfördelning lämpar sig bäst i dagsläget?

Exakt vilken rutfördelning som lämpar sig bäst i dagsläget fanns inte tid att utreda inom detta arbete utan lämnades, i samråd med industrihandledaren, över till företaget att arbeta vidare med. Det har dock konstaterats att företaget bör införa entågsrutter, då detta ger den reaktivitet och tydlighet essentiella för kontrollerbara rutter. På denna punkt får det ses som att målet endast uppfylldes delvis.

Rapporten och projektet i sin helhet kan sammanfattningsvis anses uppfylla det som den varit ämnad att uppnå. Lösningen som tagits fram har konstruerats indirekt, där ett arbetssätt för ruttläggning skapats istället för att skapa kompletta rutter. Detta får ses som, för verksamheten, en bättre lösning. Dessutom har VPTs verksamhet gällande materialtågsleveranser kartlagts på ett grundligt sätt.

## 6.2 BRA-Metodikens roll i organisationen

BRA har konstruerats för att komplimentera och stärka dagens verksamhet utifrån slutsatser presenterade i avsnitt 4.4, vilket främst uttrycker behovet av ett standardiserat arbetssätt. Detta behov får anses uppfyllt då metodiken täcker alla steg och delar involverat i en läggning av rutter samt ger tydliga instruktioner vad som skall göras i varje steg.

Enligt erfarenheter från avstämningar, workshop och egna efterforskningar konstateras det att BRA-metodiken uppfyller de krav verksamheten har. Dess styrka ligger i att den är väldigt öppen i sitt utformande samtidigt som den tydligt uttrycker vad som förväntas och skall genomföras i de olika momenten. Däremot har de verktyg, exempelvis förbrukningskarta och beräkningsmodell, som konstruerats som komplement till metodiken fortfarande behov av att utvecklas. Därav kommer det krävas fortsatt utveckling av metodiken, genom användande, för att stärka och utveckla dessa verktyg.

Förutom behovet av ett standardiserat arbetssätt har metodiken fått egenskaper, som inte varit direkt centrala för optimerandet av rutter, men som på många vis varit lika behövda i verksamheten. Då BRA till stor del är inspirerat av Lean produktion har mycket av dessa värderingar även kommit att bli en del av metodiken. Skapandet av förbrukningskarta och de praktiska stegen för att skapa rutter är visuella i sitt utförande. Detta ger möjligheter att dela kunskap på nya sätt, både inom den ruttläggande gruppen, men även inom verksamheten i stort. Förstärkt av metodikens konkretiserande steg av problematiken blir det visuella underlaget överskådligt och har väckt stort intresse, hos deltagarna, under workshops. Det verkar finnas en plats för spridning av till exempel förbrukningskartan till operatörer för att effektivt illustrera verksamheten.

Ytterligare inspiration från Lean innebär att BRA prioriterar beteenden där inbyggda trögheter minimeras samt att många kompetenser involveras innan beslut fattas. Resultatet blir att BRA uppmuntrar till att sänka *den japanska sjön*, se kapitel 2.1.8, och på så sätt skapa diskussion mellan olika intressenter. Detta ses som en av metodikens främsta, om än ickeplanerade, egenskaper. Verksamhetsklimatet på VPT har gjort det figurativa avståndet mellan verksamhetsgolv och kontor upplevs som långt, speciellt inom internlogistiken. Då BRA kräver involvering av båda dessa parter för lyckad användning talar detta för att det kan vara en mycket behövd grogrund för förbättrad kommunikation.

Efter att detta projekt är avslutat är det tänkt att BRA-metodiken skall bli ett standardverktyg för nyttjande vid ruttläggning på VPT, därav processbeskrivningens generella utformande. Då de inom Volvo Group, där VPT är en del, har system för kunskapsdelning är det fullt möjligt

att BRA kommer att sprida sig inom verksamheten. Motsvarande verksamhet, som de flödeståg som finns på VPT, finns även på andra av Volvo Groups anläggningar och med vissa mindre justeringar bör det vara möjligt att använda sig av BRA utan större komplikationer.

BRA metodiken är per alla mått mätt ett för VPT mycket välanpassat verktyg. Den tillför ett grundläggande verktyg för arbete kring materialtågsrutter samtidigt som den stimulerar informationsspridning, aktiv kommunikation mellan de olika intressenterna och även hjälper till att skapa förståelse för den egna verksamheten. Metodiken kan på ett enkelt sätt anpassas till liknande verksamhet med liknande interna leveranssystem, oavsett vilken typ av last som levereras.

### 6.3 Optimering genom analog heuristik

Den optimering som finns med i BRA är helt baserad på analog heuristik. Inom flera steg i metodiken finns en uppsättning tumregler till för att optimera det aktuella steget. Från skapandet av förbrukningskartan, vidare till val av rutter och skapande av områden ända till själva ruttläggningen. Då detta arbete syftar till att lösa ruttlägningsproblematiken har ingen studie gjorts på hur väl dessa heuristiska lösningar står sig jämfört med datoriserad optimering. Det står dock klart, genom den successiva reduceringen av problemets komplexitet, att lösningen förutom att den är praktiskt förankrad även är relativt optimerad.

Då BRA-metodiken är väldigt lättanvänd och ger snabba utslag, får denna optimering räknas som ett, för situationen, riktigt optimum. Arbetsinsatsen för att konstruera och optimera en för verksamheten aktuell datormodell skulle med dagens förändlighet hos VPT vara väldigt kostsam relativt den optimering som levereras genom BRA. Förväntningen är att BRA, genom sin heuristiska optimering, skall vara aktuell för användning hos VPT så länge förbrukningsstyrda mjölkkrundor appliceras.

### 6.4 Förväntat utfall

BRA-metodiken fungerar, som tidigare nämnt i rapporten, som ett arbetssätt för att lägga stabila materialtågsrutter där belastningen jämnas ut. Då det ur den empiriska studien framkom att dagens rutter är stabila under rådande omständigheter och att de har en relativt hög beläggningsgrad förväntas inte införandet av metodiken göra någon större effektivitetsökning initialt. På sikt, vid förändringar i förutsättningar, förväntas dock införandet av standardiserat arbetssätt samt metodikens tyngd på tydlighet att leda till en fortgående optimering och ett effektivare system. Rutterna påverkas idag kraftigt av kringliggande problem som inte kan påverkas direkt av en förbättrad ruttläggning. Med det arbetssätt som beskrivs i BRA är förhoppningen att metodiken kan utgöra ett verktyg för att skapa förutsättningar att lösa de omkringliggande problemen. Många av förlusterna som finns i dagens system kommer att finnas kvar även vid en omläggning enligt BRA-metodiken, men genom effektivisering och stabilisering förväntas förlusterna och deras orsaker bli tydligare åskådliggjorda vilket möjliggör hantering av dessa. Detta bland annat genom bättre möjlighet till mätning på systemet, följbaharhet i systemet samt ökad påkänning av förluster.

Angående problematiken, i empiriska studien identifierad, kring supermarket och den flaskhals som den utgör, är detta ett exempel på problem som inte kommer lösas i någon större utsträckning som följd av införandet av BRA. Det är tydligt att för att få upp effektiviteten och leveransförmåga på flödestågen måste denna flaskhals hanteras. Genom stabil och smart ruttläggning kan problemet med supermarket isoleras och på så vis skapa förutsättningar för avlastning, men kan inte lösa problemet helt och hållet. Det steg i metodiken som kan göra inverkan är konstruktionen av komplimenterade bestämmelser där

bestämmelser för körning i supermarket kan hanteras. Hur detta görs ligger dock utanför metodikens omfattning.

Den andra tydliga förlusten som framkom ur den empiriska studien var köppbyggnaden kring raster och skiftbyten. Även här är ett problem som inte kan lösas genom bättre ruttläggning, men där bra ruttläggning ger bättre förutsättningar för att motverka förlusten. I och med införandet av tidtabeller har personalen på VPT förskansat sig möjligheten att styra rasttiderna samt att jämna ut dess effekt. Som förutsättning för en väl fungerande tidtabell krävs stabila och förutsägbara rutter. Även detta problem kommer då att omfattas av metodikens tionde steg, komplimenterade bestämmelser, där praktisk anpassning sker utanför metodikens omfång men utifrån metodikens resultat.

Det är tydligt att ruttläggningens prestation är starkt beroende av externa faktorer såsom; organisation, ledning, taktning och visualisering av verksamheten. Rutterna agerar överföringsfunktion av material mellan lager och monteringsavsnitt och blir på så vis även överföringsfunktion för systematiska störningar. Det är metodikens tanke att med optimerade rutter förtydliga denna överföring samt med block 3 hantera integrationen med resterande system på så sätt att störningar kan identifieras och motverkas.

Vid implementering av BRA förväntas främst effektiviseringseffekter från; en tydligare ansvarsfördelning som gör operatörerna mer motiverade till prestation, involvering av intressenter under framtagandet som skapar ägandeskap samt visualisering och tydlighet som gör situationen lättare hanterbar. Effekter från kortare körvägar och utjämning av belastning över tågen förväntas inte vara direkt märkbara jämfört med dagens stabila läge, utan kommer vara en förutsättning för effektivt arbete.

## 6.5 Förväntningar på implementering

VPT har som tidigare nämnt inte haft någon metodik för att lägga materialtågsrutter, utan det har gjorts utifrån ett fåtal personers erfarenhet till största del. Då BRA-metodiken strukturerar hur läggandet av rutterna ska gå till, samtidigt som den syftar till att ta tillvara på dessa personers kunskaper och erfarenheter bedöms det att implementeringen kommer att underlättas av att dessa personer är involverade i arbetet.

Det har även hållits presentationer och workshops där BRA-metodiken presenterats för de som är tänkta att arbeta med den närvarat. Vid dessa möten har mottagandet varit väldigt positivt och det har upplevts som att de tycker att det är inspirerande med ett nytt arbetssätt. Att personalen är positivt inställda, har fått vara delaktiga i och är positivt inställda när en förändring sker är en mycket god grundförutsättning för att en implementering ska lyckas.

Något som kan tala emot att en lyckad implementering av BRA-metodiken är att det, speciellt i början, kommer att krävas mycket arbete för att sätta sig in i alla delar och att skapa förståelse för dessa. Risken finns då att arbetet läggs åt sidan och att företaget fortsätter att arbeta enligt tidigare förfarande. Risken att detta ska inträffa bedöms dock som relativt liten då VPT lägger stor vikt vid att komma tillrätta med problematiken kring ruttläggning.

Ytterligare faktor som kommer att kräva både resurser i tid, men även kommer att vara en belastning på arbetet är den stora mängd diskussioner som kommer att uppstå som en effekt av den omfattande involveringen av människor. Det är genom dessa diskussioner och involvering av en bred spridning av människor som förståelse för verksamheten kommer växa fram, men även genom detta som lösningen görs aktuell. Initialt påvisar resultaten från den empiriska studien att dessa diskussioner kommer bli omfattande, som följd av dagens dåliga utbyte mellan involverade grupperna. Risken för intressekonflikter och meningsskiljaktigheter är överhängande vilket kommer sätta specifika krav på ledarskapet hos sammankallande part.

Detta bedöms som den största risken till att en fullständig implementering av BRA inte blir genomförd. Utfallet skall förväntas, av sammankallande part, att bli en blandning av konflikt och ökad förståelse mellan de olika grupperingarna.

## 7 SLUTSATS

I detta arbete har systemet för Volvo Powertrains internleveranser av små lastbärare kartlagts och evaluerats. Det framkom att det i dagsläget inte finns något organiserat arbetssätt för att lägga materialtågsrutter, vilket bär med sig potential för stora störningar vid förändring av förutsättningar. Trots avsaknaden av organiserat arbetssätt framkom det i kartläggningen av nuläget att dagens rutter presterar väl i jämförelse med det leveransbehov som gäller. Framförallt presterar systemet stabilt, vilket utgör goda förutsättningar för utveckling av systemet. Kartläggningen visar även på två centrala störningar av systemet, där den första är systemets förluster före respektive efter raster och den andra är hur supermarket agerar dämpande för hela systemet, dessa två samverkar och agerar kraftigt begränsande på systemets leveransförmåga.

Under arbetet har även studiebesök hos Volvo Cars visat på att för materialhanteringssystem följande mjölkrundemetodik under JIT helst skall köras med entågsrutter. Studiebesöken visar även på att ruttläggning främst handlar om att balansera leveransbehov med leveransförmåga för att optimera utnyttjandegraden av de individuella flödestågen.

De Koster et al. (2007) lär ut att ruttläggning är en anpassning av ”The Traveling Salesman” som skall lösas. Han visar även på att det är lämpligt att lösa detta genom heuristiska metoder, då det handlar om en strukturerad miljö. Tillsammans med Vicker et al. (2001) slutsatser, som visar på att manuella lösningar av visualiserade TS-problem ger mycket goda och tidseffektiva lösningar, konstateras det att ruttläggning kan göras både effektivt och med gott resultat utifrån manuella metoder. Förutsatt att problemet är noga strukturerat.

Som en följd av dessa erfarenheter har en metodik utformats för att agera standard vid läggande av materialtågsrutter. Metodiken leder nyttjaren till att strukturera ruttläggningsproblematiken på så vis att manuella heuristiska metoder kan leda till optimerade rutter. Metodiken hanterar även problematik kring implementering av konstruerad lösning samtidigt som den leder nyttjaren till att anpassa rutterna till förhållanden vid anpassning till JIT. Användandet av metodiken löser dock inte problemet kring bristande synkronisering mellan monteringsflöde och materialförsörjning och heller inte supermarkets utformning. Detta kvarstår för företaget att hantera.



## 8 REKOMMENDATIONER TILL FÖRETAGET

Till att börja med rekommenderas företaget att snarast sätta ihop en arbetsgrupp, innehållande lämpliga representanter från både teknikavdelningen och materialtågsavdelningen, för att starta arbetet med BRA-metodiken. Inför uppstarten av detta arbete är det lämpligt att ansvarig tekniker sätter sig in i metodiken och dess ingående delar, för att på så sätt kunna leda arbetet och styra det i rätt riktning. Det är även av stor vikt att någon involverad tekniker går igenom beräkningsunderlaget, så att även detta är förberett inför uppstarten.

Det är viktigt att man under den första användningen av metodiken avsätter ordentligt med tid för att utföra arbetet samt att man lägger tid på att hitta rätt arbetsformer för att driva arbetet framåt.

Vidare rekommenderas även att:

- Metodiken går igenom, steg för steg, på ett grundligt sätt vid första användningen.
- Fortsätta arbeta med problematiken kring supermarket och raster.
- Utveckla metodiken, se till att det är en levande metodik.
- Involvera personal med olika kunskaper och kompetenser.
- Se över möjligheten att applicera metodiken i andra delar av verksamheten.

## 9 LITTERATURFÖRTECKNING

- Baudin, M., 2004. *Lean logistics : the nuts and bolts of delivering materials and goods*. New York: Productivity Press.
- De Koster, R., Le-Duc, T. & Roodbergen, K. J., 2007. Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research* 182, pp. 481-501.
- Droste, M. & Deuse, J., 2011. *A Planning Approach for In-plant Milk Run Processes to Optimize Material Provision*. TU Dortmund University, Germany, Chair of Industrial Engineering, pp. 605-610.
- Emde, S. & Boysen, N., 2012. Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model. *European Journal of Operational Research*, pp. 287-299.
- Faccio, M. o.a., 2013. Design and simulation of assembly line feeding systems in the automotive sector using supermarket, kanbans and tow trains: a general framework. *J Manag Control*, p. 187–208.
- Jonsson, P. & Mattsson, S.-A., 2011. *Logistik- Läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur.
- Kilic, H. S., Durmusoglu, M. B. & Baskak, M., 2012. Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems. *Int J Adv Manuf Technol*, Volym 62, p. 1135–1146.
- Liker, J., 2004. *The Toyota Way - 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Liker, J. & Meier, D., 2006. *The Toyota Way Fieldbook – A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Mattsson, S.-A., 2003. *Ledtidens och ledtidvariationens betydelse för säkerhetslagrets storlek*, Lund: Teknisk Logistik, Lunds Universitet.
- Medbo, P., 2013. *Stabilitet och standard - TEK400, föreläsning*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, (2013-09-09).
- Olsson, P., 2013. *Strategi och principer - TEK400, föreläsning*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, (2013-09-02).
- Roodbergen, K. J. & de Koster, R., 2001. Routing methods for warehouses with multiple cross aisles. *International Journal of Pruduction Research*, 39(9), pp. 1865-1883.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A. & Tanchoco, J. M. A., 2003. *Facilities Planning*. u.o.:John Wiley & Sons, Inc.
- Vickers, D., Butavicius, M., Lee, M. & Medvedev, A., 2001. Human performance on visually presented Traveling Salesmen problems. *Psychological Research*, pp. 34-45.

2014-05-13



Av: Carl Andersson & Björn Kype  
FÖR:VOLVO POWERTRAIN, SKÖVDE

## Innehållsförteckning

<a href="#"><u>Metodikens utformning och funktion</u></a> .....	3
<a href="#"><u>Steg 1 - Datainsamling</u></a> .....	5
<a href="#"><u>Steg 2 - Skapa förbrukningskarta</u></a> .....	5
<a href="#"><u>Steg 3 - Bestäm resurser / antal tåg</u></a> .....	7
<a href="#"><u>Steg 4 - Bestäm resursbärare / antal rutter</u></a> .....	8
<a href="#"><u>Steg 5 - Belastningsfördelning</u></a> .....	9
<a href="#"><u>Steg 6 - Lägg rutter/färdväg</u></a> .....	10
<a href="#"><u>Steg 7 - Balanseringsberäkna lösningen</u></a> .....	11
<a href="#"><u>Steg 8 - Justering av lösning</u></a> .....	12
<a href="#"><u>Steg 9 - Sammanställning av dokumentering</u></a> .....	13
<a href="#"><u>Steg 10 - Komplimenterande bestämmelser</u></a> .....	14
<a href="#"><u>Steg 11 - Indikatorer för ombalansering</u></a> .....	15
<a href="#"><u>Steg 12 - Provkörning av lösning</u></a> .....	16
<a href="#"><u>Steg 13 - Utvärdering av utfall</u></a> .....	17

## Balanserad Ruttanpassning, en metodik

Balanserad Ruttanpassning, BRA, är en metodik för att konstruera ett effektivt utnyttjande av internlogistiska materialtåg följande en mjölkrundeprincip. Metoden syftar främst till att balansera leveransbehovet med tillgången av resurser genom att med visuella hjälpmedel skapa en geografisk fördelning av leveransbehovet som sedan fördelas på tillgängliga resurser innan rutter bestäms. Målet med arbetssättet blir på så vis ett stabilt leveranssystem och ej en matematiskt optimerad lösning.

I detta dokument finner man varje steg i metodiken tydligt beskriven med syfte, arbetsuppgifter och viktig information. De arbetsuppgifter som finns i de olika stegen, är anpassade efter situationen hos beställaren vid det tillfället då metodiken konstruerades och kan därför komma att bli delvis inaktuella. Som ett komplement till detta dokument finns en användarguide som kan användas vid dagligt arbete eller utbildning samt en beräkningshjälp i två delar, som kan användas som stöd i arbetet. Metodiken är anpassad för periodiskt återanvändande, det ligger därför en stor vikt på dokumentation i samtliga moment, för lärande och utveckling av metodiken.

Metodikens filer:

*[BRA Metodik Processbeskrivning.docx]*

*[BRA Metodik Användarguide.pptx]*

*[BRA Metodik Beräkningshjälp Del A&B.xlsx]*

## Metodikens utformning och funktion

### Arbetsgången

Arbetsgången består av 13 steg fördelat på tre block (se figur 1 nedan), ett block där förutsättningarna identifieras, ett block där en lösning konstrueras och ett slutgiltigt block där lösningen testas och utvärderas. Blocken skall utföras i tur och ordning, block 2 skall dock itereras enligt tydligt angivna principer tills det att en balanserad lösning uppnås. Om det under något av stegen inses att en ändring eller justering i tidigare steg bör göras, kan man alltid återvända till detta steg och sedan återuppta arbetet därifrån. Detta gäller dock inte under iterationsprocessen i block 2 utan där bör arbetsgången beskriven i steg 8 följas.

Varje steg finns beskrivet med fyra punkter:

- **Syfte**, beskriver stegets funktion i generella övergripande lag.
- **Utförande**, beskriver momenten som skall genomföras i steget, uttryckta i termer anpassade för F-fabriken, Powertrain, Skövde.
- **Att tänka på**, beskriver kunskap viktigt för lyckad implementering av steget. Även här uttryckt i termer för F-fabriken, Skövde.
- **Klar**, beskriver de resultat som förväntas av steget innan nästkommande steg kan påbörjas.

I varje steg finns även en tidsangivelse med en approximativ tidsåtgång. Denna tid är anpassad efter en erfaren användare av BRA. Personen ej bekanta med arbetssättet sedan tidigare kan därför vänta sig en större tidsåtgång än angivet.

### Block 1: Förberedelser, Steg 1 & 2

I steg 1 och 2 insamlas och konstrueras det underlag som ligger till grund i framtagningen av lösning till ruttlägningsproblematiken. I detta block står det fritt att dokumentera all aktuell information utöver den information som specifikt anges i stegen. Desto mer information som finns tillgänglig i block 2 desto bättre lösning kan konstrueras. Arbetet med detta steg bör dock inte ta mer än 4 timmar aktiv tid\* och 1 vecka mellan början och slut. Arbetet kan göras av en eller två individer.

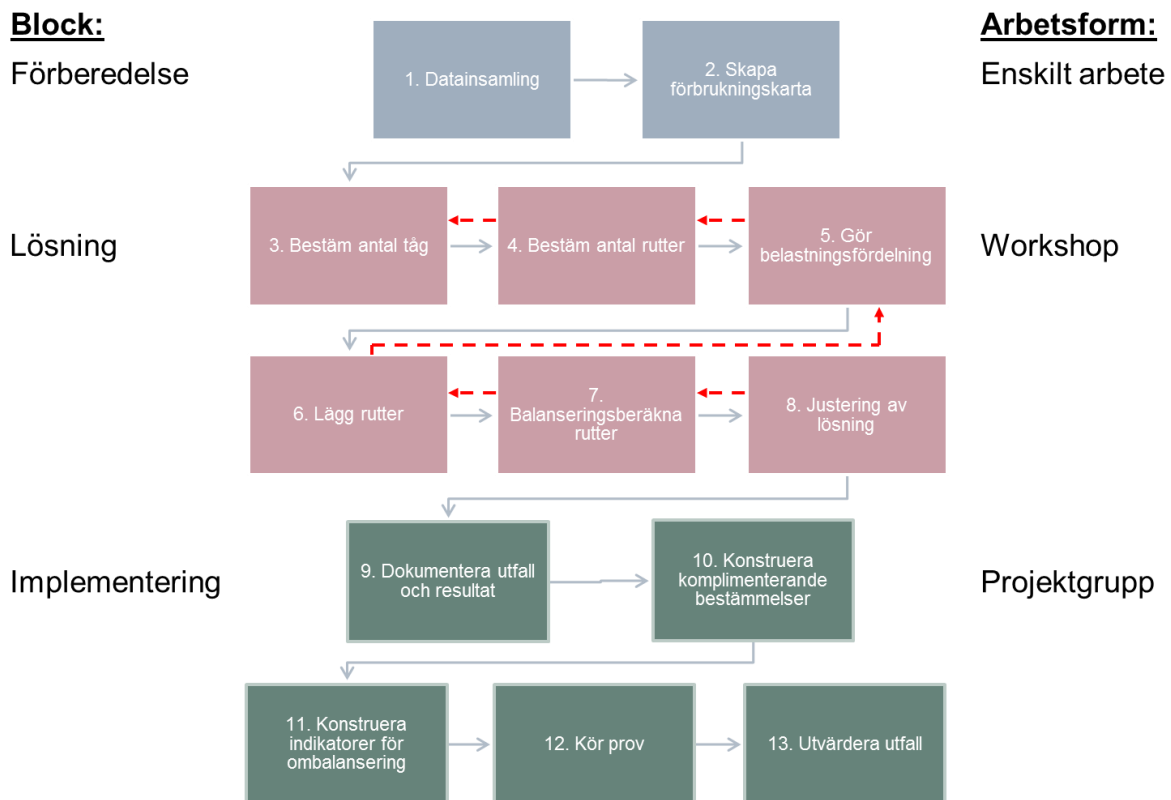
### Block 2: Lösning, Steg 3 till 8

I detta block konstrueras en lösning genom först en direkt genomarbetning av blocket, följt av stegvisa iterationer för att förbättra lösningen tills det att balans mellan resurser och efterfrågan stämmer överens till den grad att förbestämmd servicegrad uppnås. Detta steg görs med fördel i grupp vid ett eller flera tillfällen. Förväntad tidsåtgång, hos en grupp erfarna av arbetssättet, ligger mellan 3-6 timmar\*. Detta block kan vinna mycket i tidsåtgång och kvalitet, om någon part kan förbereder beräkningarna i steg 7.

### Block 3: Implementering, Steg 9 till 13

Detta block innehåller praktiskt testning av lösningen och runtomkringliggande förberedelser. Det involverar arbete som typiskt passar en projektgrupp. Det aktiva arbetet med metodikens steg förväntas här ligga på mellan 4-6 timmar\*. På detta tillkommer arbete från kringliggande verksamhet. Blocket skall förväntas fortgå 3 veckor mellan början och slut.

\* Tider anpassade efter personer väl insatta i arbetssättet



Figur Schematisk bild över BRA-metoden

## Steg 1

[Tidsåtgång: 1-3 h]

### **Datainsamling**

I detta steg skall den information som skall ligga till grund för utformning och beslutfattande, som sker i kommande steg, inhämtas och sammanställas. I alla tänkbara situationer utgör materialefterfrågan, geografisk placering av leveransställen, framkomlighet i verksamheten och arbetstider, information som är central för att denna metodik skall kunna användas och bör därav hanteras i detta steg. Det finns också för varje situation unika förutsättningar som lösningen måste anpassas efter, vilka lämpligen undersöks i detta steg.

#### **Utförande:**

1. Konstruera karta över aktuellt leveransområde.
  - a. Uppdaterad med de senaste layoutförändringarna.
  - b. Högupplöst för att stallage och gånger ska synas tydligt.
2. Inventera vilka leveransplatser (stallage) som ingår i aktuellt område.
  - a. Dokumentera/uppdatera stallagens namn samt dess placering.
3. Hämta förbrukningshistorik från orderdatasystem (NTRP) [4-6 veckors statistik].
  - a. Beräkna total snittförbrukning per skift.
  - b. Beräkna snittförbrukning för varje stallage per skift.
  - c. Beräkna standardavvikelsen i förbrukningen per stallage över perioden.
4. Beräkna arbetstid som finns tillgänglig per skift, exklusive raster och planerade möten.
5. Gå igenom trafiksituationen i aktuellt område.
  - a. Trafikregler. Exempelvis enkelriktning och körförbud.
  - b. Övriga trafikomständigheter. Exempelvis olycksdrabbade områden, begränsad framkomlighet eller hög trafikbelastning.

#### **Att tänka på:**

Det är viktigt att detta steg görs noggrant då det ligger till grund för utformningen för det fortsatta arbetet. Det är även viktigt att ta reda på om det finns någon övrig information som det kan komma att behövas ta hänsyn till senare. Exempelvis om det finns några riktlinjer i VPS eller om det finns krav på maximal ledtid.

Orderdatasystem (NTRP) är oftast en källa för historisk efterfrågan. Det kan finnas fler lämpligare källor för denna information, centralt är att den data som används är representativ för de kommande behoven. Om det är möjligt att utgå från prognosdata rekommenderas detta istället.

#### **Klar:**

Detta steg är klart när:

- Det finns tillgång till en aktuell områdeskarta.
- Det finns dokumenterat stallagens placering, förbrukning och variation.
- Alla inverkande trafiksituationer finns dokumenterade
- Andra yttre påverkande faktorer finns dokumenterade.

#### **Referenser/Aktuell läsning:**

Beräkningshjälp finns i excel-filen Beräkningshjälp Del A & B.

## Steg 2

### Skapa förbrukningskarta

[Tidsåtgång: 1,5 h]

#### Syfte:

Här skapas en visuell översikt över det verkliga behovet som agerar hjälpmedel och utgångspunkt i kommande steg. För att skapa tydlighet och för att reducera komplexiteten i problemet är det även en del i detta steg att reducera antalet leveranspunkter, genom sammanslagning av flera leveranspunkter (stallage) till en så kallad leveransstation. Hur stationerna konstrueras finns under utförande. **En station motsvarar ett stopp för materialtågen.**

#### Utförande:

1. Skriv ut kartan, över det aktuella området, från steg 1 i ett större format, t.ex. A0.
2. Skapa stationer vars positioner markeras på kartan med gula lappar, t.ex. post-it
  - a. Varje station bör innehålla 3-4 stycken stallage.
  - b. Stallagen skall tillhöra samma geografiska avsnitt, t.ex. ligga på samma sida längsmed ett stråk och inte tillhöra olika produktionsflöden.
  - c. Avståndet mellan första och sista stallaget i en station bör inte vara mer än 1,5 ggr materialtågets längd (ca 15 meter).
  - d. Stationens förbrukning är den summerade förbrukningen för alla stallage tillhörande stationen.
  - e. Stationens position är samma som det första stallaget i moturs rotation kring produktionsavsnittet.
  - f. På lappen skall stationens förbrukning och stationsnummer stå. Stationsnummer kommer då ur den ordning stationerna skapas.
3. Markera alla, från steg 1, kända trafiksituationer med röda lappar.
4. Dokumentera resultatet
  - a. Fotografera utfallet.
  - b. Renskriv denna nya karta i digital form.
  - c. Notera vilka stallage som tillhör vilken station och vart varje station är placerad.

#### Att tänka på:

Syftet med denna förbrukningskarta är att på ett översiktligt sätt kunna få en uppfattning om hur det aktuella leveransbehovet ser ut. Det är därför viktigt att, vid skapandet av stationerna, alla stallage inom varje station ligger så att tågföraren bara behöver stanna en gång för varje station och inte behöver passera några gånger. Enskilda stallage med långa avstånd mellan varandra eller stallage på varsin sida av ett gångstråk bör därför hanteras som individuella stationer trots att stationens förbrukning kan bli låg.

#### Klar:

Arbetet är klart när

- Alla stallage tillhör en och enbart en station.
- Inga ytterligare sammanslagningar bör göras.
- Alla trafiksituationer är utmärkta och förklarade
- Arbetet har dokumenterats och eventuella specialfall noterats



**Steg 3****[Tidsåtgång: 0,25 h]****Bestäm resurser/antal tåg****Syfte:**

I detta steg bestäms vilken mängd resurser ruttläggningen skall anpassas för. Resursen motsvarar antalet tillgängliga tåg som kan användas för att leverera och kan bestämmas antingen utifrån antingen tillgång eller målsättning. Genom att bestämma mängden resurser i detta skede anpassas lösningen efter detta. Om inte resurserna är tillräckliga kommer utfallet visa på detta och denna punkt får återbesökas.

**Utförande:**

1. Beräkna teoretiskt behov av tåg [Baserat på historisk data och tidsstudier].
  - a. Leveransbehov, totala behovet av leveranser per skift, se steg 1
  - b. Lastningskapacitet, antal kolli per leverans i snitt
  - c. Turfrekvens, antal turer per tåg och skift
  - d.  $Teoretiskt\ behov = \frac{Leveransbehov}{Lastkapacitet \times Turfrekvens}$  [avrunda uppåt]
2. Bestäm antal tåg enligt en av tre strategier.
  - a. Vid utmaning av dagens effektivitet: Teoretiskt behov - 1
  - b. Vid förändring av balanserat system: Teoretiskt behov
  - c. I syfte att uppnå specifikt mål: Använd målvärde

**Att tänka på:**

Då denna metodik syftar till att vara ett insvängande verktyg som skall användas med viss frekvens för att uppmuntra till ständiga förbättringar och stabil ruttläggning blir strategi a och b de som används oftast. Strategi c används då det finns ett projekt som direkt eller indirekt påverkar vilken mängd tåg som eftersträvas.

Detta steg är även det första steget i block 2, vilket innebär att det kan förekomma att man tvingas återbesöka denna punkt för att kunna få ihop en lösning. Om man återbesöker denna punkt innebär det att man inte lyckats lägga balanserade ruttor med tilldelade resurser och inte heller lyckats justera detta på något annat sätt. Det enda som då finns att göra är att öka mängden resurser.

**Klar:**

Steg 3 är klart när beslut har fattats om hur mycket resurser som finns tillgängligt och motivering till beslutet finns dokumenterat.

## Steg 4

[Tidsåtgång: 0,25 h]

### **Bestäm resursbärare/antal rutter**

#### **Syfte:**

I detta steg skall det bestämmas hur många olika resursbärare (rutter) som resurserna (tågen) skall fördelas över. Antal resursbärare och typ av resursbärare leder till olika egenskaper hos systemet. Detta steg är därav viktigt för att skapa förutsättningar för balans och variationstålighet.

De olika ruttyperna är:

- *Entågsrutter* – varje tåg har en egen specifik rutt, karaktäriseras av tydlighet, reaktivitet och ansvar från operatör. Används vid raka flöden och jämn produktionstakt.
- *Flertågsrutter* – flera tåg delar en specifik rutt, karaktäriseras av bättre hantering av variationer och är naturligt utjämnande. Används vid ojämn förbrukning och mycket variation i produktion.
- *Öppen rutt* – rutt öppen för att köras av alla tillgängliga tåg, karaktäriseras av hög flexibilitet, potentiellt högst utnyttjande men är samtidigt svårhanterat. Används enbart på begränsade, icke-kritiska områden som tillsvidarelösning.

#### **Utförande:**

- Utgångspunkt: **En rutt per tåg** (Entågsrutter)

Vid **återkomst** till detta steg kan följande förändringar göras:

- Slå samman flera entågsrutter till en flertågsrutt, samma logik som steg 5
- Använda öppna rutter för att täcka små områden  
[Arbeta parallellt med steg 5 samtidigt som justeringar i detta steg görs]

#### **Att tänka på:**

Vilken typ av rutt som används beror helt och hållet på rutternas egenskaper. Som utgångspunkt skall det alltid enbart vara entågsrutter, då dessa är tydligast, har högt resursutnyttjande och är bäst anpassade efter en JIT-organisation. Detta ger dock inte stabilitet i alla situationer, vilket visar sig i steg 7 om så är fallet, och behöver då kompletteras med de andra ruttyperna.

#### **Klar:**

Steg 4 är klart när det finns beslutat hur många resursbärare det skall vara, vilka typer och hur många resurser det skall vara till varje. Samt att besluten och deras motiveringar finns dokumenterat.

## Steg 5

[Tidsåtgång: 1 h]

### Belastningsfördelning

#### Syfte:

För att fördela leveransbehoven jämnt över de tillgängliga resurserna (tågen) bestäms i detta steg vilka stationer som skall tillhöra respektive rutt. Detta görs genom att dela upp stationerna i områden, där ett område motsvarar alla stationer som ingår i samma rutt. Genom att tillskriva en station till ett geografiskt begränsat område optimeras resursutnyttjandet och resvägen minimeras.

#### Utförande:

1. Projicera den tidigare skapade förbrukningskartan på en whiteboardtavla.
2. Skapa områden, genom att ringa in förbrukningsstationer, så att:
  - a. Den ackumulerade förbrukningen per område är jämnt fördelad per tåg
  - b. Varje leveransstation ingår i enbart ett område
  - c. Områdena representerar logiska avsnitt
    - i. Undvika att blanda olika produktionsavsnitt
    - ii. Geografiskt sammanhängande
  - d. Inga områden överlappar varandra

Vid återkomst till detta steg justeras områdena på ett sådant sätt att det uppkomna problemet motverkas, men fortfarande med hänsyn till ovanstående riktlinjer. Exempelvis kan en något högre förbrukning kompenseras till viss del av en kortare körväg.

#### Att tänka på:

Utgångspunkten i detta steg är att varje tåg har samma leveransförmåga. Det är därför också utgångspunkten i detta steg att varje område som konstrueras bör ha samma ackumulerade förbrukning per tåg, för att högsta möjliga utnyttjandegrad på tågen skall uppnås. Faktorer som avstånd mellan stationer och från depån påverkar tillsammans med förbrukningen belastningen på tågen. På grund av detta bör områdena hållas små och sammanhängande, även om detta kanske innebär en något ojämn belastning.

Vid återbesök till detta steg är det viktigt att tänka på att rutternas tydlighet och balans är det som är viktigast. Det kan innebära att belastningen blir något ojämn.

*Belastning = Leveransbehov för varje område*

*Balansering = Leveransförmågan relativt leveransbehov per område*

#### Klar:

När alla stationer tillhör ett område och förbrukningen är så jämnt fördelad som möjligt över logiska områden samt att steget är dokumenterat.

## Steg 6

[Tidsåtgång: 0,5 h]

### Lägg rutter/färdväg

#### Syfte:

För varje område konstruerat i steg 5 skall en rutt bestämmas så att den blir så kort som möjligt. Då steg 5 syftade till att höja utnyttjandegraden av respektive tåg syftar detta steg till att minimera den icke värdeökande aktiviteten, vilket är förflyttning, genom att minimera färdväg.

#### Utförande:

1. Projicera den tidigare skapade förbrukningskartan, med indelningen i områden, på en whiteboardtavla.
2. Konstruera en rutt för varje område så att:
  - a. Rutten blir så kort som möjligt
  - b. Passerar alla stallage i området
  - c. Tar hänsyn till trafikregler
  - d. Börjar och slutar i depån
  - e. Alla stallage ligger på rätt sida med avseende på lastning
3. Dokumentera bestämda färdvägar och deras respektive längd.

#### Att tänka på:

Människan är i princip lika begåvad att hitta närmsta vägen mellan en uppsättning punkter som en dator. Om rutten konstrueras enligt instruktionerna i punkt 2 med tålamod blir rutterna erforderligt korta. Det viktigaste att tänka på är att rutterna skall vara körbara. Det kan vara nödvändigt att besöka produktionen för att försäkra sig om att framkomligheten inte bara existerar i teorin.

#### Klar:

När varje område har en färdväg som anses uppfylla alla ovanstående krav.

## Steg 7

[Tidsåtgång: 1 h]

### **Balanseringsberäkna lösningen**

#### **Syfte:**

I detta steg skall den föreslagna lösningen testas med avseende på hur väl lösningen kan supportera den tänkta efterfrågan. Det är förutom jämförelsen mellan siffrvärden viktigt att i detta steg skapa sig en uppskattning om hur väl den hittills teoretiska lösningen kan komma att fungera annorlunda i verkligheten och ta lärdom av detta i steg 10.

#### **Utförande:**

1. Bestäm per rutt
  - a. Färdsträcka
  - b. Körtiden/Ruttiden
2. Beräkna den teoretiska leveransförmågan för varje rutt
3. Beräkna den teoretiska variationen i efterfrågan per rutt

#### **Att tänka på:**

Det är i detta steg möjligt att göra mer omfattande beräkningar eller simuleringar, som ger mer information om lösningens duglighet. Denna metodik utgår dock från möjliga resurser och fördelar dessa över känd efterfrågan. Därav används bara jämförelserna mellan teoretisk och verklig leveransförmåga samt inverkan av efterfrågans varians, för att bestämma lösningens duglighet. Ytterligare beräkningar och simuleringar kan på så sätt användas för att förbättra lösningen ytterligare men behövs inte för att avgöra om balansen är tillräcklig eller inte.

#### **Klar:**

Steg 7 är klart när beräkningar och värden är dokumenterade och utfallstabell är ifylld (se Beräkningshjälpen).

#### **Referenser/Aktuell läsning:**

Beräkningshjälp finns i excel-filen Beräkningshjälp Del A & B.

## Steg 8

[Tidsåtgång: 0-2 h]

### Justering av lösning

#### Syfte:

Detta steg innebär att iterativt återbesöka steg 3 till steg 7 iterativt enligt specifik ordning för att justera lösningen tills det att balanseringen är god nog för praktisk implementering. Från steg 7 kommer beslutsunderlag för att avgöra hur god balanseringen är så att detta steg kan avslutas med att godkänna aktuell lösning. Balanseringen är god nog när alla rutter kan matcha leveransbehovet med sin leveransförmåga på så sätt att även variationen i orderingång kan hanteras.

#### Utförande:

1. Är balanseringen god nog?
  - a. Om ja: Dokumentera detta och gå vidare till steg 9
  - b. Om nej: Fortsätt genom denna lista.
2. Återbesök steg 6, rutläggning, justera för bättre resultat.
  - a. Om ingen justering kan göras så att lösningen blir bättre balanserad, återbesök tidigare steg och repetera.
    - i. Fortsätt upp till och med steg 3 tills justering kan göras.
  - b. När justering gjorts skall alla efterkommande steg, till det steg i vilket justeringen gjordes, även justeras efter de nya förutsättningarna till och med steg 7.
3. Repetera detta steg, Steg 8.

#### Att tänka på:

Den arbetsgång som beskrivs ovan innebär cykliska återbesök av tidigare steg med förbättringar i varje steg tills det att en balanserad lösning uppnås. Det är viktigt att cykliskt arbeta sig igenom de förbättringar som kan göras i senare steg för att successivt arbeta sig upp mot de tidigare stegen. Det är detta beteende som leder till optimerade rutter med högsta möjliga utnyttjandegrad av resurserna, tågen. Genom att gå till tidigare steg utan att ha försökt lösa det aktuella problemet i aktuellt steg riskerar man att suboptimera lösningen och mycket lärande går förlorat.

#### Klar:

Steg 8 är klart när balanseringen ur steg 7 anses god nog och alla justeringar som gjorts för att uppnå resultatet är väl dokumenterade.

#### Referenser/Aktuell läsning:

Beslutshjälp finns i excelfilen Beräkningshjälp Del A & B.

## Steg 9

[Tidsåtgång: 0,5 h]

### **Sammanställning av dokumentering**

#### **Syfte:**

Under framtagande av lösning tas det många beslut och mycket fakta samlas in. För att kunna återbesöka och lära av denna process men även för att kunna konstruera komplimenterande bestämmelser och utforma en testning av lösningen bör därför dokumentationen från arbetet fram till detta steg sammanställas och arkiveras.

#### **Utförande:**

1. Sammanställ dokumentationen från tidigare steg.
  - a. Beslut
  - b. Information
  - c. Utfall
2. Dokumentera modeller och kartor i format redo för spridning.
  - a. Rutter
  - b. Förbrukningskarta
  - c. Osv.
3. Sammanställ information för vidare arbete
  - a. Ruttider
  - b. Ruttyper och tågfördelningar
  - c. Osv.

#### **Att tänka på:**

Den dokumentation som skapas i detta steg kommer främst användas vid justeringar efter testning av lösning och vid konstruktion av helt ny lösning. Det är därför viktigt att dokumentationen innehåller förklaringar och motiveringar till de beslut som fattas förutom själva besluten. Det är också viktigt att betydande specialfall lyfts fram och förklaras.

#### **Klar:**

Steg 9 är klart när dokumentationen från alla tidigare steg finns samlat i organiserad form och den information som behöver lämnas vidare är sammanställd.

## Steg 10

[Tidsåtgång: 0,25 h]

### *Komplimenterande bestämmelser*

#### Syfte:

Under framtagandet av den nya ruttläggningen kan det förekomma att det behöver införas nya förutsättningar eller att de nya rutterna ändrar förutsättningar. Därför skall i detta steg dessa förändrade förutsättningar hanteras och komplimenterade bestämmelser skapas för att hantera dessa förändringar. Typiska förändringar är förändringar i trafiksituationen eller behovet av ny tidtabell om sådan används.

#### Utförande:

- Trafiksituationen
  - Om det finns någon trafikregel som inte längre är aktuell med den nya lösningen bör denna tas bort.
  - Om den nya lösningen gett upphov till nya trafiksituationer kan dessa behöva hanteras med nya trafikregler.
- Tidtabell
  - Om tidtabell används behöver ny sådan konstrueras utifrån de nya rutterna och deras ruttider.
  - Här är det viktigt att läggandet av tidtabellen sker utifrån resultatet av steg 7 och att man följer den beräknade ruttiden, leveransfrekvensen och beräknad variation.
- Stödfunktioner
  - Om det under arbete har beslutats att stödtåg skall användas är det aktuellt att bestämma när, var och varför dessa skall användas.
  - Det kan även bli aktuellt att införa regler utifrån de nya förutsättningarna av säkerhetssynpunkt.

#### Att tänka på:

Rutterna som konstrueras i steg 1 till steg 8 ska fungera i samklang med den verksamhet de skall köras i. Det är därför i detta steg viktigt att behandla hur den praktiska implementeringen ska gå till. Det är också viktigt att arbeta för att behålla enkelhet och överskådlighet, annars är det lätt att skapa onödigt komplexa lösningar på enkla problem.

#### Klar:

Steg 10 är klart när det är tydligt dokumenterat och beslutat när, hur och på vilket sätt rutterna skall köras.



## Steg 11

[Tidsåtgång: 1 h]

### Indikatorer för ombalansering

#### Syfte:

Lösningen som konstrueras under steg 1 till steg 8, är enbart en god lösning så länge förutsättningarna i efterfrågan och resurstillgångar förblir i balans. När detta inte längre är fallet är det aktuellt att gå igenom processen igen och föra en ny balansering. I detta steg konstrueras indikatorer för när det finns behov för detta.

#### Utförande:

- Periodisera
  - Gör ombalansering med fasta intervall oavsett om indikatorer finns.
  - Rekommendation: 3 månaders intervall mellan ny rutläggning med månadsvisa uppföljningar och justeringar.
- Layoutförändring
  - När en layoutförändring påverkar mer än två intilliggande rutter bör ny ombalansering genomföras.
  - Även vid en mindre layoutförändring kan denna metodik brukas.
- Förändring i efterfrågan
  - Vid tydlig förändring av efterfrågan bör ombalansering övervägas direkt.
  - Rekommendation: Dokumentera tydligt vilken efterfrågan lösningen är balanserad för. Använd som referens.
- Utnyttjande av stödresurser
  - Högt eller mycket lågt utnyttjande av stödresurser är en tydlig indikator på inaktuell balansering.
  - Rekommendation: För journal på utnyttjandet av stödresurserna.
- Märkbara brister
  - Materialbrister pga. sena leveranser är resultatet av en obalans, men kan även förekomma pga. naturliga variationer.
  - Rekommendation: Beräkna leveranssäkerhet utifrån steg 7, som referens.

#### Att tänka på:

Det finns otaliga metoder för att påvisa att balanseringen inte längre är aktuell, alla kräver dock fortlöpande mätningar och referensvärden för att kunna identifieras och vidare visa på problemkällan. Det är därför viktigt att varje indikator som väljs följs upp med kontinuerliga mätningar. Om daglig styrning används i verksamheten är det lämpligt att interagera dessa mätningar som en del av detta.

Genom periodiserade ombalanseringar skapas vana och förståelse för systemet och arbetssättet. Det ger även kontroll över systemets utveckling. Därför rekommenderas en kombination av periodiserade ombalanseringar och indikatorer för ombalansering.

#### Klar:

Steg 11 är klart när det är beslutat när ombalansering skall ske som senast, vilka indikatorer som skall användas och hur dessa skall följas upp.

## Steg 12

[Tidsåtgång: 2 h]

### Provkörning av lösning

#### Syfte:

För att hantera brister i lösningen som enbart kan komma upp till ytan genom inläring och användning bör varje lösning testas i verkliga förutsättningar. I detta steg skall därför både en provkörning planeras och genomföras innan det att arbetet avslutas.

#### Utförande:

1. Förbered provkörning
  - a. Bestäm provkörningsperiod, Rekommenderat: 2-3 veckor
  - b. Förbered material till och utbildning för tågförare
  - c. Implementera komplimenterande bestämmelser
2. Genomför provkörning
  - a. Helst fullständigt utan undantag
  - b. Pga. inlärningskurvan kan extra stödresurser vara nödvändig initialt
3. Följ upp provkörning veckovis/dagligen
  - a. Identifiera problem
  - b. Gör småjusteringar utifrån tidigare resonemang
4. Avsluta och sammanställ provkörning
5. Ta lösningen i drift

#### Att tänka på:

Vid provkörning är det viktigt att tänka på inlärningsprocessen, fram tills operatörerna bemästrar det nya arbetssättet kommer inte effektiviteten motsvara förväntningarna. Det blir därför viktigt att låta inläringen fortgå i eget tempo och att enbart mindre justeringar görs för att inte börja om inläringen från början.

Om inte utfallet av lösningen motsvarar vad som krävs efter provperioden bör man återgå med de mätningar man tagit under provet tillbaka till steg 7 och justera lösningen vidare. Detta innebär också att alla efterkommande steg efter steg 7, inklusive provkörningen, också måste återbesökas.

#### Klar:

Steg 12 är klart när provkörningen är genomförd och lösningen anses stabil nog för fortgående körning.

## Steg 13

### Utvärdering av utfall

[Tidsåtgång: 1 h]

#### Syfte:

Detta steg är till för att utvärdera och lära inför framtiden. Genom att komplimentera dokumentationen från framtagningen av ruttläggningen med erfarenheter från provkörning och arbetet med metodiken kan lärdomar föras vidare och bättre resultat snabbare finnas vid nästa ruttläggning.

#### Utförande:

- Hur svarade lösningen mot det förväntade utfallet?
  - Vad stämde inte med förväntningarna?
  - Vad stämde med förväntningarna?
  - Vilka antaganden var fel/onödiga?
- Vilka misstag begicks?
  - Hur kunde de ha undvikts?
  - Bör man undvika dem vid nästa ruttläggning?
- Vilka specialverktyg har används vid ruttläggningen?
  - Hur väl fungerade de?
  - Skulle det finnas vinning i att använda dem vid nästa ruttläggning?
- Hur har dokumentationen sparats?
  - Är den lättillgänglig för återanvändning?
  - Går det att återskapa beslutsfattandet från dokumentationen?

#### Att tänka på:

För varje fråga man kan svara på blir det lättare för nästa genomgång av ruttläggningen, vissa saker bör dock justeras och dokumenteras för att inte gå till spillo. Det kan därför vara aktuellt att i detta steg genomföra några extra insatser förutom dokumentering.

#### Klar:

Steg 13 och ruttläggningen är klar när alla erfarenheter är sammanställda och samtlig dokumentation från genomförandet är arkiverad.

# **VOLVO**

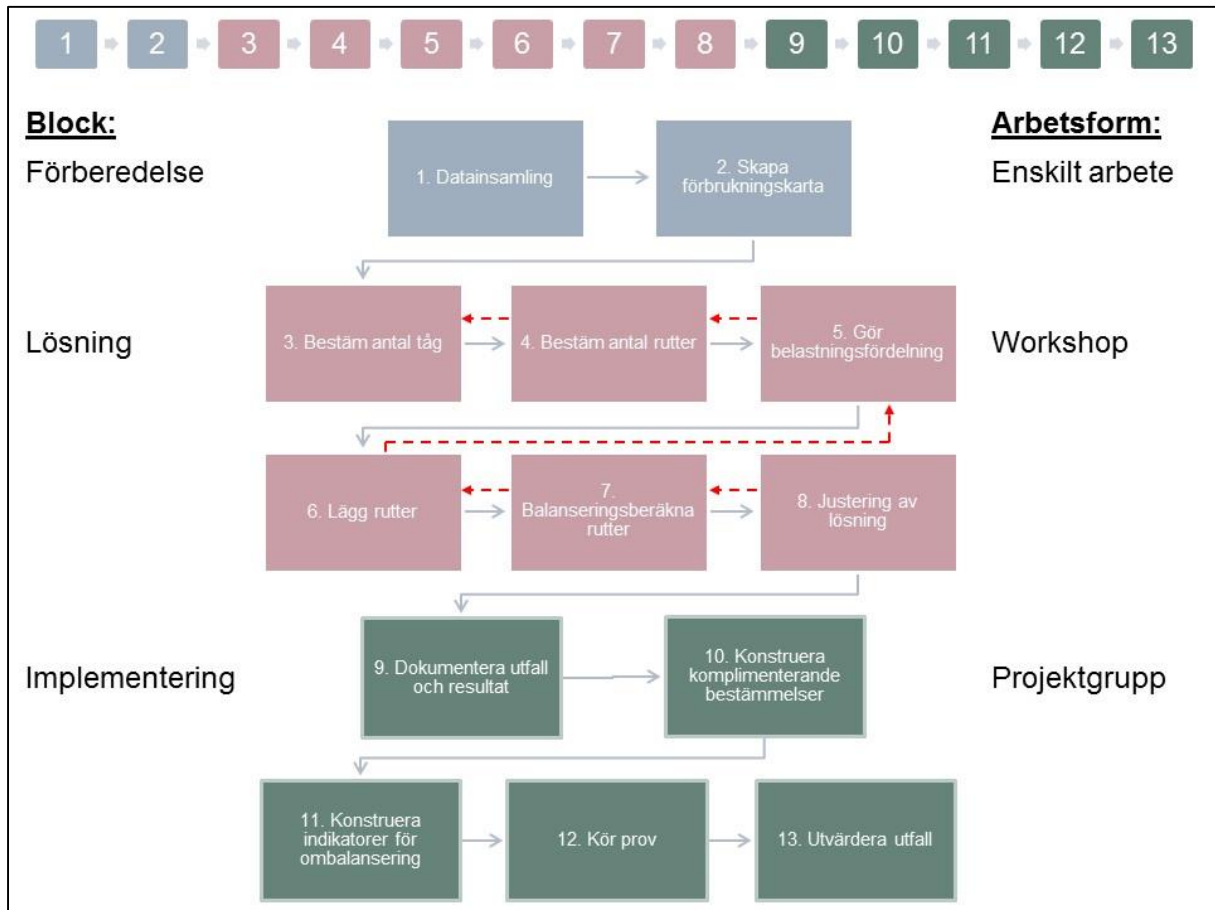
## **BRA**

### **Balanserad Ruttanpassning**

Ett arbetssätt för läggning av flödestågsrutter

## **BRA-metodiken**

- Består av tre block
  - Förberedelseblocket [2-3 h]
  - Lösningblocket [4-8 h]
  - Implementeringsblocket [3 w]
- Varje block är indelat i steg, se nästa sida



**1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13**

## Steg 1 – Datainsamling

Vad ska samlas in?

- Karta
- Leveransplatser
- Förbrukning
- Arbetstid
- Trafiksituation

Syfte:  
Samla in all nödvändig data för ruttläggningen

Att tänka på:  
Finns det någon mer information som är viktig?  
Ex:  
- Riktlinjer från VPS  
- Krav på ledtid

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 1 – Datainsamling

### 1.1 Karta

#### Konstruera karta över aktuellt område

- Uppdaterad med de senaste layoutförändringarna
- Högupplöst så att stallage och gångar syns tydligt

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 1 – Datainsamling

### 1.2 Leveransplatser

#### Inventera vilka leveransplatser (stallage) som ingår i aktuellt område

- Dokumentera/uppdatera stallagens namn samt dess placering

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 1 – Datainsamling

### 1.3 Förbrukning

Hämta förbrukningshistorik från NTRP [4-6 veckors statistik]

- Beräkna total snittförbrukning/skift
- Beräkna snittförbrukning/stallage och skift
- Beräkna standardavvikelsen för varje stallage

**Använd färdigt excelark!**

Att tänka på:  
Går det att basera förbrukningen på prognos istället för historik?

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 1 – Datainsamling

### 1.4 Arbetstid

Beräkna arbetstid som finns tillgänglig per skift, exklusive raster och planerade möten.

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 1 – Datainsamling

### 1.5 Trafiksituation

Gå igenom trafiksituationen i aktuellt område.

- Trafikregler
  - Exempelvis enkelriktning och körförbud
- Övriga trafikomständigheter
  - Exempelvis olycksdrabbade områden, begränsad framkomlighet eller hög trafikbelastning

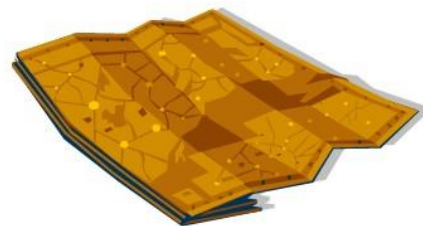
1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 2 – Förbrukningskarta

Vad ska göras?

- Skriva ut karta
- Skapa leveransstationer
- Markera aktuell trafiksituation
- Dokumentera

Syfte:  
Skapa överblick  
över behovet och  
komplexiteten





1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 2 – Förbrukningskarta

### 2.1 Skriv ut karta

- Karta från steg 1
- A0 eller A1

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 2 – Förbrukningskarta

### 2.2 Skapa leveransstationer

- 3-4 stallage/station
- Samma geografiska avsnitt
- Maxlängd/leveransstation: 1,5 tåglängder (15 m)
- Förbrukning =  $\sum$  Stallagens förbrukning
- Position = Första stallagets position (Moturs)
- Markera med gul lapp på utskrift

Att tänka på:  
Leveransstation =  
Stallage som kan  
supporteras vid ett  
stopp

31.	47 st
Stations nr.	Förbrukning

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13

## Steg 2 – Förbrukningskarta

### 2.3 Markera aktuell trafiksituation

Markera alla, från steg 1, kända trafiksituationer med röda lappar.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13

## Steg 2 – Förbrukningskarta

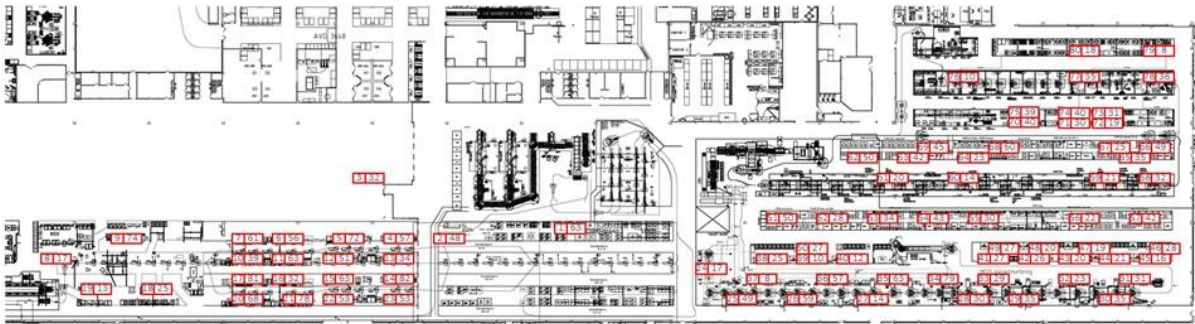
### 2.4 Exempel analog



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 2 – Förbrukningskarta

### 2.5 Exempel digital



Volvo Group Trucks Technology  
BRA-metodiken

**VOLVO**

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 2 – Förbrukningskarta

### 2.6 Dokumentera resultatet

- Fotografera utfallet
- Renskriv denna nya karta i digital form
- Notera vilka stallage som tillhör vilken station och vart varje station är placerad

Volvo Group Trucks Technology  
BRA-metodiken

**VOLVO**

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 3 – Bestäm resurser / Antal tåg

Vad ska göras?

- Bestäm teoretiskt behov av tåg
  - Leveransbehov
  - Lastningskapacitet
  - Turfrekvens
  - Teoretiskt behov
- Bestäm antal tåg enligt strategi:
  - Teoretiskt behov – 1
  - Teoretiskt behov
  - Målvärde



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 3 – Bestäm resurser / Antal tåg

### 3.1 Bestäm teoretiskt behov av antal tåg

[Baserat på historisk data och tidsstudier]

- Leveransbehov, totala behovet av leveranser per skift, se steg 1
- Lastningskapacitet, antal kolli per leverans i snitt
- Turfrekvens, antal turer per tåg och skift

$$\text{Teoretiskt behov} = \frac{\text{Leveransbehov}}{\text{Lastkapacitet} \times \text{Turfrekvens}} \quad [\text{avrunda uppåt}]$$

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 3 – Bestäm resurser / Antal tåg

### 3.2 Bestäm antal tåg enligt en av tre strategier

- Vid utmaning av dagens effektivitet:
  - Teoretiskt behov – 1
- Vid förändring av balanserat system:
  - Teoretiskt behov
- I syfte att uppnå specifikt mål:
  - Eget målvärde

Att tänka på:  
Vid återkomst till detta steg: öka antalet tåg med ett.

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 3 – Bestäm resurser / Antal tåg

### 3.3 Exempel på beräkning

$$\text{Teoretiskt behov} = \frac{\text{Leveransbehov}}{\text{Lastkapacitet} \times \text{Turfrekvens}} \quad [\text{avrunda uppåt}]$$

*Leveransbehov: 2300 order/skift*

*Lastkapacitet: 20 kolli/tur*

*Turfrekvens: 18 turer/skift*

$$\text{Teoretiskt behov} = \frac{2300}{20 \times 18} = 6,39 \approx 7$$

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 4 – Bestäm resursbärare / Antal rutter

Vad ska göras?

Bestämma antal rutter

Utgångspunkt:

- Entågsrutter (en rutt per tåg)

Vid återkomst till detta steg:

- Slå samman flera entågsrutter till en flertågsrutt
- Använda öppna rutter för att täcka små områden.

[Arbeta parallellt med steg 5 samtidigt som ändringar i detta steg görs]



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 4 – Bestäm resursbärare / Antal rutter

### 4.1 Olika rutttyper

- **Entågsrutter** – varje tåg har en egen specifik rutt, karaktäriseras av tydlighet, reaktivitet och ansvar från operatör. Används vid raka flöden och jämn produktionstakt.
- **Flertågsrutter** – flera tåg delar en specifik rutt, karaktäriseras av bättre hantering av variationer och är naturligt utjämnande. Används vid ojämn förbrukning och mycket variation i produktion.
- **Öppen rutt** – rutt öppen för att köras av alla tillgängliga tåg, karaktäriseras av hög flexibilitet, potentiellt högst utnyttjande men är samtidigt svårhanterat. Används enbart på begränsade, icke-kritiska områden som tillsvidarelösning.

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 5 – Belastningsfördelning

Vad ska göras?

Fördela leveransbehovet jämnt mellan tågen/rutterna

- Projicera förbrukningskartan på en whiteboardtavla
- Skapa områden



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 5 – Belastningsfördelning

### 5.1 Skapa områden

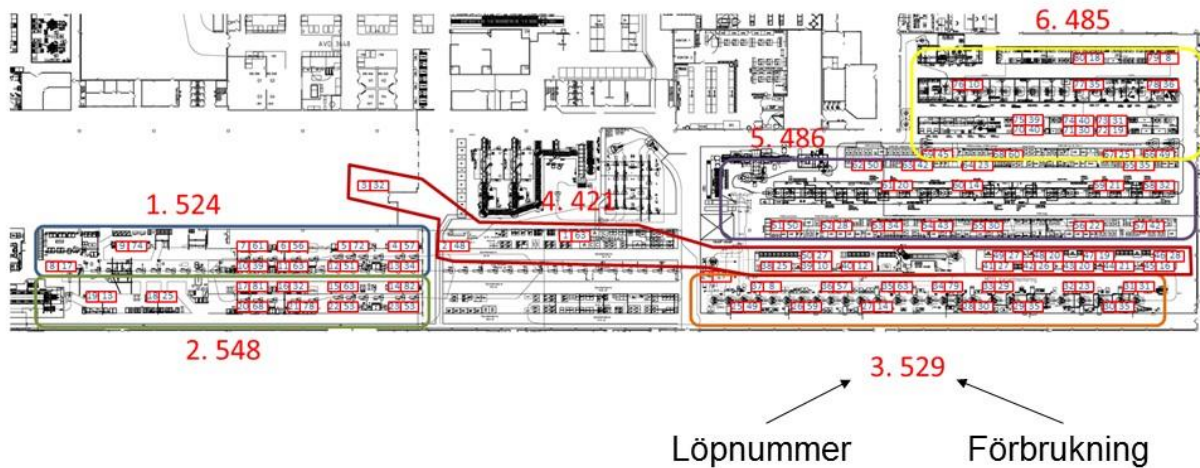
- Skapa områden, genom att ringa in förbrukningsstationer, så att:
  - Den totala förbrukningen/område är jämnt fördelad per tåg
  - Varje förbrukningsstation ingår i ett område
  - Områdena representerar logiska avsnitt
    - Undvik att blanda olika produktionsavsnitt
    - Geografiskt sammanhängande
  - Inga områden överlappar varandra

Att tänka på:  
Var är variansen  
hög/låg?

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 5 – Belastningsfördelning

### 5.2 Exempel



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 6 – Lägg rutter / Färdväg

Vad ska göras?

Bestämma tågens färdväg

- Projicera förbrukningskartan, med områden, på en whiteboardtavla
- En rutt/område
- Dokumentera färdvägar

Syfte:  
Bestämma tågens  
färdväg utifrån  
indelningen i  
områden





1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 6 – Lägg rutter / Färdväg

### 6.1 Konstruera rutt

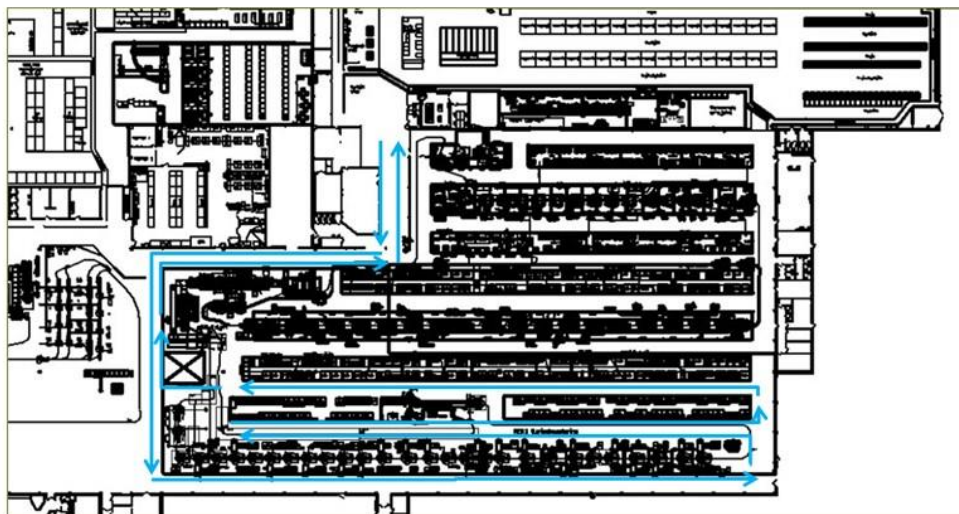
Konstruera/rita en rutt för varje område så att:

- Rutten blir så kort som möjligt
- Passerar alla stallage i området
- Tar hänsyn till trafikregler
- Börjar och slutar i depån
- Alla stallage ligger på rätt lastningssida

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 6 – Lägg rutter / Färdväg

### 6.2 Exempel



## Steg 7 – Balsanseringsberäkna lösningen

Vad ska göras?

Beräkna rutternas duglighet

- Bestäm nyckelvärdet/rutt:
  - Färdsträcka
  - Antal stopp i snitt
  - Körtiden/Ruttiden
- Beräkna den teoretiska leveransförmågan per rutt
- Beräkna den teoretiska variationen i efterfrågan per rutt



**Använd färdigt excelark!**

## Steg 7 – Balsanseringsberäkna lösningen

### 7.1 Exempel

		Körtid/skift:		7h/skift					
		Tåkapacitet:		18st/tur					
Rutt nr	Ruttlängd	Turtid			Efterfrågan Snitt	Variationskvot	Leveransförmåga		
		Antal stal	Snitt	Min			Max	Snitt [max]	Kapacitetsbehov/tur
1	100	43	25,3	22,3	28,3	281	1,31	256,7	16,9
2	110	45	26,3	23,1	29,5	138	1,26	256,7	8,6
3	111	63	26,4	23,2	29,6	358	1,15	255,7	22,5
4	101	73	25,4	22,4	28,4	266	1,17	255,7	16,1
5	100	39	25,3	22,3	28,3	194	1,14	266,8	11,7
6	101	35	25,4	22,4	28,4	157	1,12	265,7	9,5
7	111	41	26,4	23,2	29,6	112	1,60	255,7	7,0
8	101	65	25,4	22,4	28,4	442	1,02	255,7	26,7
9	100	49	25,3	22,3	28,3	263	1,26	266,8	15,9
10	111	43	26,4	23,2	29,6	182	1,25	255,7	11,5
Totalt						2392	0,88%		

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 8 – Justering av lösning

Vad ska göras?

Är balanseringen god nog?

- Ja → Dokumentera detta och gå vidare till steg 9
- Nej → Fortsätt till nästa sida och justera lösningen

Syfte:  
Justera lösningen tills den är bra nog för implementering

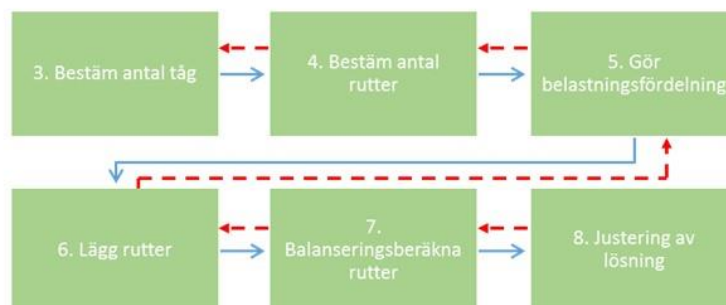


1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 8 – Justering av lösning

### 8.1 Icke uppnådd balansering

- Gå tillbaka stegvis tills justering kan göras
- Gör sedan alla efterkommande steg igen
- Repetera tills god lösning uppnåtts



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 9 – Dokumentering

Vad ska göras?

Dokumentera:

- Tidigare steg
  - Beslut
  - Information
  - Utfall
- Kartor för spridning
  - Rutter
  - Förbrukningskarta
- Information för vidare arbete
  - Ruttider
  - Ruttyper och tågfördelningar
  - Osv.



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 10 – Komplimenterande bestämmelser

Vad ska göras?

Skapa eventuella komplimenterande bestämmelser gällande:

- Trafiksituationen
- Tidtabell
- Stödfunktioner



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 10 – Komplimenterande bestämmelser

### 10.1 Exempel på komplimenterande bestämmelser

- Trafiksituationen
  - Ta bort inaktuella trafikregler
  - Konstruera nya trafikregler
- Tidtabell
  - Konstruera tidtabell
- Stödfunktioner
  - Inför regler för stödtåg

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 11 – Indikatorer för ombalansering

Vad ska göras?

Ta fram indikatorer för ombalansering

- Periodisera
- Layoutförändring
- Förändring i efterfrågan
- Utnyttjande av stödresurser
- Märkbare brister



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 11 – Indikatorer för ombalansering

### 11.1 Exempel på indikatorer för ombalansering

- Periodisera
  - Ombalansering med fasta intervall
  - Rekommendation: 3 månader mellan ny ruttläggning, månadsvisa uppföljningar och justeringar.
- Layoutförändring
  - Ändringar som påverkar mer än två intilliggande rutter
- Förändring i efterfrågan
  - Vid tydlig förändring av efterfrågan bör ombalansering övervägas direkt

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 11 – Indikatorer för ombalansering

### 11.1 Exempel på indikatorer för ombalansering

- Utnyttjande av stödresurser
  - Högt eller mycket lågt utnyttjande
  - Rekommendation: För journal på utnyttjandet av stödresurserna
- Märkbara materialbrister
  - Ofta förekommande alt. stor påverkan
  - Kan förekomma pga. naturliga variationer.
  - Rekommendation: Beräkna leveranssäkerhet utifrån steg 7, som referens

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 12 – Provkörning av lösning

Vad ska göras?

- Förbered provkörning
- Genomför provkörning
- Följ upp provkörning veckovis
- Avsluta och sammanställ provkörning
- Ta lösningen i drift.



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 12 – Provkörning av lösning

### 12.1 Arbetsgång vid provkörning

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Förbered           <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bestäm provkörningsperiod</li> <li>– Förbereda material och utbildning för tågförare</li> <li>– Implementera komplimenterande bestämmelser</li> </ul> </li> <li>• Genomför           <ul style="list-style-type: none"> <li>– Helst fullständigt utan avbrott</li> <li>– Pga inlärningskurvan kan extra stödresurser vara nödvändiga initialt.</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Följ upp veckovis           <ul style="list-style-type: none"> <li>– Identifiera problem</li> <li>– Gör småjusteringar utifrån tidigare resonemang</li> </ul> </li> <li>• Avsluta och sammanställ provkörning</li> <li>• Ta lösningen i drift</li> </ul> |
|--|---|

1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 13 – Utvärdering av utfall

Vad ska göras?

Utvärdera utfallet av den nya ruttläggningen samt dra lärdomar för framtiden.

Syfte:  
Lära inför framtiden  
och skapa  
uppförningsmaterial



1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 13

## Steg 13 – Utvärdering av utfall

13.1 Frågor vid utvärdering

- Hur svarade lösningen mot det förväntade utfallet?
- Vilka misstag begicks?
- Vilka specialverktyg har används vid ruttläggningen?
- Hur har dokumentationen sparats?
- Går det att återskapa beslutsfattandet från dokumentationen?