



CHALMERS

Arbetsplatsutformning av kulventilsmontering

Kandidatarbete i samarbete med Mann Teknik AB

IMSX15-20-03

Oscar Larsson
Linus Lejon
Daniel Lewis
Martin Lidhammar
Adil Lokat
Anton Sandberg

**INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP (IMS)
CIVILINGENJÖRSPROGRAMMET MASKINTEKNIK**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020
www.chalmers.se

Arbetsplatsutformning av kulventilsmontering

Kandidatarbete i samarbete med Mann Teknik AB

© Oscar Larsson, Linus Lejon, Daniel Lewis, Martin Lidhammar, Adil Lokat, Anton Sandberg, 2020.

Handledare: Jon Bokrantz, Institutionen för industri- och materialvetenskap.

Examinator: Anders Skoogh, Institutionen för industri- och materialvetenskap.

Kandidatarbete 2020

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers University of Technology

SE-412 96 Göteborg, Sverige

Telefon +46(0) 31-772 1000

L^AT_EX

Göteborg, Sverige 2020

Förord

Följande kandidatarbete utfördes på institutionen Industri- och Materialvetenskap (IMS) på Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg, i samarbete med Mann Teknik AB i Mariestad. Arbetet genomfördes under vårterminen år 2020 av studenter från Maskinteknologsektionen.

Kandidatarbetets syfte är att arbeta fram ett eller flera förslag på en förbättrad monteringslayout. Förslaget skall baseras på välgrundade resonemang samt metoder. Beprövade verktyg och modeller utförs med en vetenskaplig karaktär. Montering som skall förbättras avser montering av kulventiler som säljs för industriellt bruk på företaget Mann Teknik AB.

Ett stort tack riktas till kandidatarbetets handledare Jon Bokrantz, forskare på Chalmers, som alltid bidragit med snabb respons och utförlig feedback. Kandidatgruppen vill även tacka kandidatarbetets examinator Anders Skoogh, professor på Chalmers, för att han accepterade detta projektförslag i sista sekund och därmed möjliggjorde följande kandidatarbete.

Utan Mann Teknik AB hade detta kandidatarbete inte heller varit möjligt att utföra och ett stort tack riktas därför till Nils Fjellman, produktionschef på företaget, som hjälpte till att ta fram projektförslaget samt agerade kontaktperson under hela kandidatarbetet. Tacksamhet riktas likaså till montörerna på kulventilsmonteringen samt andra personer på företaget som har varit aktiva och hjälpsamma.

Abstract

Mann Teknik AB, henceforth MannTek, is a company located in Mariestad, Sweden. MannTek produces valves and couplings used at an industrial scale, one type of valve the company produces is the ball valve. The ball valve accounts for a small part of the company's yearly revenue and the assembly line for the product has therefore not been developed or analyzed. The project's goal is to create a proposal for how the ball valve assembly line layout could be improved.

The project started with a trip to MannTek's factory in Mariestad, where the group received a presentation from the company describing both the company, its philosophies and its products. After the initial visit a methodology for the project was created. The methodology was focused on minimizing waste and therefore to use the time study program AviX to study the assembly line. The result from the time study was thereafter used in the methodology called Simplified Systematic Layout Planning [Muther, 1974] to create a proposal for a new assembly line layout.

Data was collected at the factory as well as through correspondence with MannTek. Both quantitative and qualitative data was collected to get a broader understanding of the assembly process [Davidson and Patel, 2014]. The quantitative data was collected through a custom built Microsoft Excel program that let the workers collect data in a simple way with an easy to use interface. User experience was especially important to make sure that the data was reliable. Qualitative data was collected with pictures of the assembly process, video as well as observations.

The method FSLP was used to create a proposal for a new layout for the assembly of ball valves [Muther, 1974]. MannTek preferred an alternative without any investments since they want to use their current functions. The results are then discussed from multiple different points of view and connects the result with the theory that is the project's backbone. Using the result and the discussion as a foundation, a well-founded conclusion to the project was made.

It was concluded that an assembly layout that is optimized regarding distance with only one production flow was the most suitable layout for the regarded assembly process. The chosen layout is backed by the collected quantitative data, the digital time study as well as observations of the current assembly process. It is also concluded that 5S [Chiarini, 2014] should be implemented together with continuous improvement [Börnfelt, 2018] to improve the workplace further. With an organized workplace, the flow through the assembly line will be more stable and the risk of creating losses will decrease.

Sammandrag

Mann Teknik AB, hädanefter benämnt som MannTek, är ett företag i Mariestad som tillverkar kopplingar och ventiler för industriellt bruk. En av produkterna som företaget tillverkar är kulventiler men då denna del av produktionen står för en relativt liten del av företagets intäkter så har utveckling av monteringsprocessen bortprioriterats. Målet med detta kandidatarbete är därför att förbättra monteringen av kulventiler på MannTek. Kandidatarbetet skall generera minst ett förslag på en förbättrad arbetsplatslayout samt stödja eventuella förslag med ytterligare förbättringar kring arbetsprocessen.

Arbetet började med ett besök till MannTeks fabrik där det skapades en överblick av företaget och produktionen av kulventiler. Efter besöket utformades en metod för arbetet genom att studera tidigare liknande kandidatarbeten samt passande litteratur. Metoden som slutligen togs fram baserades på ett slöserieffektiviserande perspektiv genom att använda det digitala tidsstudie-verktyget AviX för att identifiera monterings förluster. Följande tidsstudie användes därefter för att ta fram minst ett förslag på en passande layout med metoden Förenklad Systematisk Lokalplanering, förkortat FSLP [Muther, 1974].

För att samla in den data som krävdes för att genomföra metoden gjordes iterativa besök och avstämningar med MannTek. Både kvantitativa och kvalitativa data samlades in för att ge en bredare förståelse för hur monteringsprocessen fungerade [Davidson and Patel, 2014]. Kvantitativ data samlades in via ett situationsanpassat Excel-verktyg. Verktyget lät montörerna på ett användarvänligt sätt samla in data i realtid. Kvalitativ data samlades in i form av videoinspelningar och observationer på plats.

Metoden FSLP används för att arbeta fram ett slutgiltigt förslag på en förbättrad monteringslayout [Muther, 1974]. MannTek föredrar det alternativ som inte kräver investeringar för att på så sätt kunna använda sig av redan befintliga funktioner, till exempel bord, vagnar samt verktyg. Resultatet diskuteras därefter utifrån olika perspektiv och återkopplar till den teoretiska bakgrund som kandidatarbetet vilar på. Med resultatet och diskussionen som grund arbetas en välgrundad slutsats fram.

Slutligen, konstateras det att en monteringslayout som är optimerad med avseende på distanser med enbart ett monteringsflöde är den mest passande layouten för den aktuella arbetsplatsen. Detta val stöds av resultatet från den kvantitativa datainsamlingen, den digitala tidstudien samt observation från dagens arbetsplats. Det konstateras även att 5S [Chiarini, 2014] tillsammans med ständiga förbättringar enligt Lean Produccion också [Börnfelt, 2018] bör införas för att skapa fortsatt lämplig ordning på arbetsplatsen. Med god ordning kommer ett stabilare utflöde av kulventiler att uppnås och risken för slöserier kan därmed minimeras.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	3
1.3	Problemformulering	3
1.4	Avgränsningar	4
2	Teoretisk bakgrund	5
2.1	Organisationsteori för svensk industri	5
2.1.1	Taylorismen	5
2.1.2	Den svenska modellen	6
2.1.3	Lean Production	7
2.1.4	Modern organisationsteori	8
2.2	Produktionsprocessen	10
2.3	Arbetsplatsutformning	12
3	Metod och genomförande	15
3.1	Förstudie	15
3.1.1	Besök på Manntek	15
3.1.2	Insamling och utvärdering av kvantitativ data	16
3.2	Digital tidstudie	18
3.3	Layoutförslag	20
3.3.1	Med arbetsplatsens existerande funktioner	20
3.3.2	Med föreslagna investeringar	24
4	Resultat	27
4.1	Monteringsflödet	27
4.2	Digital tidstudie	28
4.2.1	Tidsåtgång för hela monteringen	28
4.2.2	Förlustrapport för hela monteringen	29
4.2.3	Arbetsbänk 1	30
4.2.4	Arbetsbänk 2	30
4.2.5	Teststation	31
4.2.6	Arbetsbänk 3	31
4.3	Layoutförslag	31
4.3.1	Med arbetsplatsens existerande funktioner	32
4.3.2	Med föreslagna investeringar	33
4.4	Slutgiltig arbetsplatsutformning	34
5	Diskussion	37
5.1	Felkällor och övriga antaganden	37
5.2	Digital tidstudie	37

5.3	Layoutförslag	40
5.4	Slutgiltig layout	46
5.5	Rekommendation och vidareutveckling	47
6	Slutsats	49
	Referenser	51
A	Kulventilsritningar	I
B	FSLP: Relationsdiagram	IV
C	FSLP: Funktionskrav	V
D	FSLP: Detaljutformning	VI
E	Tidsåtgång	VII
E.1	Arbetsbänk 1	VII
E.2	Arbetsbänk 2	VII
E.3	Arbetsbänk 3	VII
F	Förlustrapport	VIII
F.1	Arbetsbänk 1	VIII
F.2	Arbetsbänk 2 del 1	VIII
F.3	Arbetsbänk 2 del 2	IX
F.4	Arbetsbänk 3	IX

1 Inledning

Inom dagens produktioner finns det standarder, välutvecklade produktionssystem och etablerade traditioner [Holweg et al., 2018]. Produktionssystemet är med andra ord en välutvecklad och central del i ett företag och det blir således viktigt att effektivisera utifrån tillämpning. För ett företag handlar det praktiskt om att öka sina vinster genom att öka de intäkter och minska de kostnader som är förknippade med produktionssystemet.

Effektivisering av ett produktionssystem kan göras på flera olika sätt och företag följer redan etablerade principer, exempelvis 5S eller 5W [Chiarini, 2014][Melander, 2017]. I en del fall är det exempelvis lämpligt att effektivisera systemet på detaljnivå genom att observera rörelser och identifiera värdegivande och icke värdegivande moment [Peltokorpi and Niemi, 2018b]. Det kan även vara lämpligt att effektivisera systemet på en övergripande nivå genom att flytta runt maskiner samt funktioner för att uppnå ett mer effektivt materialflöde [Muther, 1974].

De traditioner som idag existerar inom tillverkande företag har utvecklats under lång tid [Börnfeldt, 2018, Kap 1]. Det är därför viktigt att ta ställning till hur en produktion bör se ut med dagens teknologi och samhällssituation i åtanke [Abrahamsson and Johansson, 2008]. Förutom att maximera företagets vinst så är även reducering av den miljöpåverkan som är förknippad med produktionen en aktuell drivkraft för företag. Detta inkluderas bland annat i Lean Production [Melander, 2017] då eliminering av slöserier bidrar till en högre resurseffektivitet, men idag genomförs detta även för att bidra till en social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet [Holweg et al., 2018]. Hållbarhet är idag viktigt för både företagskunder samt konsumenter och företag måste därför vara transparenta i hållbarhetsfrågor. Om all produktion sker resurseffektivt gynnas klimatet, dagens samhälle och framtida generationers möjligheter [Lowell, 2020].

1.1 Bakgrund

MannTek är ett svenskt företag som utvecklar, monterar och säljer droppfria kopplingar och kulventiler för hantering av vätskor och kemikalier [MannTek, 2020]. Företaget omsätter drygt 180 miljoner kronor och består av totalt 71 anställda varav de flesta befinner sig på huvudanläggningen i Mariestad, Sverige, detta enligt produktionschefen på företaget. Huvudanläggningen innefattar lager, montering, utveckling, administration samt försäljning. Montering består av 25 montörer medan utvecklingsavdelningen består av 10 ingenjörer. Resterande antal anställda arbetar på administration- och försäljningsavdelningen. Här arbetar vardera försäljare mot specifik kund. Varje kundorder skräddarsys av försäljningsavdelningen för att på bästa sätt möta kundens efterfrågan. MannTek har därför inget färdigvarulager utan producerar samtliga produkter beroende på vad kunden efterfrågar då all montering är kundorderstyrd [Jonsson and Mattsson, 2011]. Förutom huvudanläggningen i Mariestad har MannTek även försäljningskontor runtom i världen. Syftet med dessa försäljningskontor är att

på plats skapa goda relationer med de utländska kunderna. Idag exporteras 98% av tillverkningsvolymerna.

MannTek erbjuder en stor mängd varianter av droppfria kopplingar och kulventiler beroende på kundens applikationsområde. Idag tillverkar MannTek droppfria kulventiler i storlekar om 2", 3" och 4" [MannTek, 2020], se figur 1. Under bilaga A finns ritningar för en 4" kulventil. En kulventil har som syfte att styra ett flöde, i synnerhet vätskor och kemikalier. Detta görs genom att reglera vinkeln på en ihålig styrkula inuti ett ventilhus. Kulventilen består generellt av ett yttre hölje med ventilhus, en styrkula, packningar, o-ringar samt ett handtagsreglage [O. Aikhuele, 2020]. Beroende på applikationsområde kan kulventilens utseende komma att variera. Denna projektrapport kommer endast fokusera på den kulventilstyp som monteras hos MannTek, nämligen en envägs-kulventil i aluminium.

Kulventiler är ett vanligt förekommande verktyg för tillverkningsindustrin samt för lastbilar gällande kemikalie- och bränsletransport. Produkten är ej patentbaserade utan ett välkänt mekaniskt koncept från 1950-talet [MannTek, 2020]. Kulventilen utvecklas samt monteras av MannTek, medan ingående komponenter tillverkas hos lokala underleverantörer. Dessa leverantörer används för att minimera transportkostnader och samtidigt gynna det omkringliggande näringslivet. Komponenter av ISO-karaktär köpes in av globala grossister. På kulventilsmonteringen arbetar sedan montören självständigt via olika arbetsstationer för att stegvis montera samman samtliga komponenter. Montören förbereder, monterar och förpackar kulventilen helt på egen hand. Till skillnad från MannTeks konkurrenter, monterar MannTek inte utmed ett löpande band. Verksamheten bygger tämligen på en stark socioteknisk kultur, den svenska modellen, där varje individ ansvarar för sin egen arbetsnytta [Börnfelt, 2018, kap 4]. Det finns till exempel inga stämpelklockor i MannTeks lokaler. Vid uppdagade problem hjälps samtliga medarbetare åt för att tillsammans lösa uppgiften på bästa sätt.



Figur 1: Kulventilerna MannTek producerar [Kulventiler, 2020]

För närvarande hinner inte MannTeks kulventilsmontering med den ökande efterfrågan av kulventiler. Den stora efterfrågan är således ett resultat av en skärpt miljöpolitik världen över. I många länder finns det tydliga reglementen för hurvida miljöfarligt bränsle och kemikalier skall hanteras. I vissa länder, till exempel Polen, finns det redan lagstiftning om hur droppfria kulventiler skall vara utformade för att minimera läckage. Enligt produktionschefen gynnar denna lagstiftning MannTeks affärsverksamhet men överbelastar samtidigt den nuvarande kulventilsmonteringen. MannTek är därför intresserade av att undersöka hur monteringsflödet av kulventiler kan förbättras, detta för att öka dess produktivitet men samtidigt bevara den sociotekniska kulturen som företaget förespråkar. MannTek är alltså intresserade av att stabilisera kulventilsmonteringen. En stabil monteringsprocess innebär således att försäljningsavdelningen kan förse kunden med tydliga leveransprognoser. MannTek är dock noggranna med att arbetskostnaden inte är något problem gällande kulventilsmonteringen, utan snarare den instabila leddiden för en monterad kulventil.

1.2 Syfte

Syftet med kandidatarbetet är att arbeta fram minst ett förslag på en förbättrad arbetsplatsutformning för den nuvarande monteringen av kulventiler hos MannTek i Mariestad. Detta kandidatarbete kommer att genomföras tillsammans med MannTek och institutionen för Industri- och Materialvetenskap (IMS) på Chalmers Tekniska Högskola.

1.3 Problemformulering

I och med en ökad efterfrågan av kulventiler är MannTeks kulventilsmontering i behov av en uppdatering. MannTek levererar samtliga kulventiler efter kundorder vilket gör att volymerna varierar över tid. Idag har MannTek svårt att planera sina resurser på grund av dessa variationer. Arbetsplatsen är inte optimalt utformad för antalet anställda och mycket arbetstid går åt till material- och verktygsförflyttning. MannTek önskar att monteringen sker mer effektivt, till exempel med ett minskat slöseri i form av materialförflyttning samt med ett stabilare utflöde av kulventiler. Med ett stabilare utflöde av kulventiler kan MannTek på ett mer förutbestämt sätt planera order och leverans. Företaget som i stort är branschledande för sin sektor har ett högt fokus på god leveransflexibilitet för att erhålla ett högt kundvärde.

Projektet har därför som problemformulering att skapa minst ett förslag på en förbättrad layout som effektiviserar samt stabiliserar MannTeks nuvarande monteringsflöde av kulventiler. Det finns även utrymme att i förbättringsförslaget föreslå hur arbetsplatsen bör standardiseras.

Utformningen för följande monteringsplats kommer i följande rapport benämnas på olika sätt, exempelvis layout, monteringslayout, arbetsplatsutformning, huvudplan,

monteringsplan samt lokalplan. Dessa benämningar är därav synonymer och skall ses som likgiltiga.

1.4 Avgränsningar

Enligt problemformuleringen kommer inget monteringsverktyg utformas för att effektivisera och stabilisera monteringsflödet av kulventiler. Endast arbetsplatsens utformning och arbetssätt kommer att beaktas. Där ny, förbättrad eller ytterligare utrustning behöver kompletteras, kommer det undersökas om befintlig teknik kan fylla behovet. Ny utrustning kan alltså komma att föreslås, men ej att konstrueras.

Kulventilen som produkt kommer inte heller att nyutformas, varken delkomponenter eller annat ingående material. Det är återigen monteringsflödet och arbetsplatsen som står i utvecklingsfokus. Störningar i flödet som sker på grund av komponenters kvalitetsbrist kommer därmed inte att utredas. Layoutförslaget kommer i första hand att utformas för att få plats på samma yta som den befintliga monteringen men kan vid behov utökas.

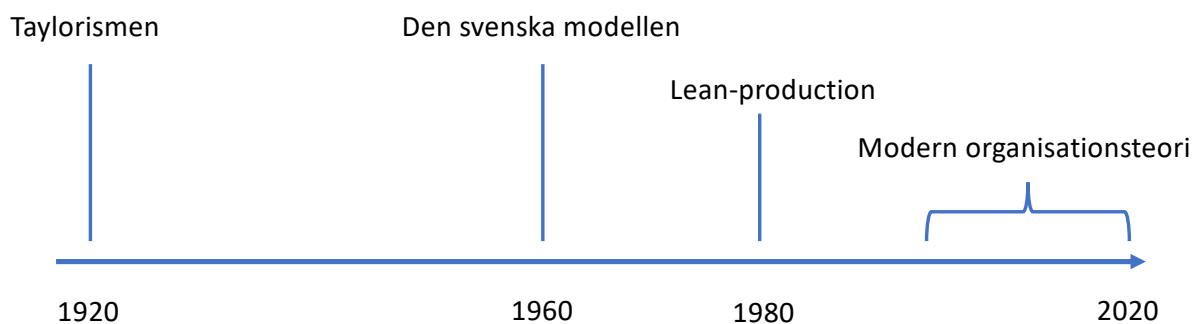
Monteringsflödets omkringliggande processer, exempelvis förberedelse av monteringsmaterial, kommer likaså inte att beaktas. Däremot finns det utrymme att vid behov att påpeka eventuella förbättringsidéer för de omkringliggande processerna.

2 Teoretisk bakgrund

Följande kapitel redogör grundläggande teoretiska principer som skall komma att genomsyra projektet. Den teoretiska bakgrunden belyser hur och varför klassiska organisationsteorier, välkända produktionsprocesser samt teoretisk arbetsplatsutformning kan komma att påverka utformningen av en modern monteringslayout.

2.1 Organisationsteori för svensk industri

Det är väsentligt att förstå varför organisationsteori ligger till grund för den aktuella kulventilsmonteringen och huruvida olika organisationsteorier genom historien påverkat samt påverkar svensk industri. Nedan presenteras tre primära organisationsteorier som kan relateras till den aktuella kulventilsmonteringen grundutformning. Vardera perspektiv presenteras nedan i en historisk ordningsföljd, följt av ett avsnitt gällande modern organisationsteori. I figur 2 visualiseras en tidsaxel för hur de fyra organisationsteorierna förhåller sig till varandra.



Figur 2: Visualisering av hur organisationsteorier förhåller sig till varandra

2.1.1 Taylorismen

Taylorismen, även kallad Scientific-Management, grundades av amerikanen Frederick Taylor under början av 1900-talet [Börnfeldt, 2018, kap 2]. Taylor ansåg att arbetsmotivationen hos de anställda var låg och ifrågasatte varför de anställda inte arbetade lika engagerat och effektivt i fabriken i jämförelse med prestationerna under rugbymatchen efter arbetsdagens slut. Denna iakttagelse skulle bli startskottet för Taylorismen [Taylor, 1911]. Taylor samlade här sina vetenskapliga teorier om huruvida arbetskraften kunde effektiviseras. Teorin förespråkade det funktionella ledarskapet, en arbetsledning med högt maktinnehav och där olika chefer tilldelades olika funktioner. Varje funktionschef hade därefter ett antal underordnande medarbetare som strängt löd under chefens order [Börnfeldt, 2018, kap 2]. På så sätt var arbetsprocessen för de underordnade strikt kontrollerad och ständigt övervakad, alltid i syfte att gynna

företaget. Endast yttre motivation i form av belöning eller bestraffning användes i avsikt att reglera arbetskraften. Medarbetaren hade därför inte mycket att säga till om. Samtliga underordnande skulle arbeta enligt det som företagsledningen bestämt oavsett om valet bekostades på medarbetarens hälsa. Likt en kugge i ett urverk utförde medarbetaren arbetsuppgiften utan invändning och protest [Eriksson-Zetterquist et al., 2015, kap 3].

Arbetsprocessen delades upp i enkla men repetitiva moment, allt för att påskynda inlärningsförmågan för ny personal och effektivisera arbetstakten i fabriken. Taylorismen blev således startskottet för den ännu idag välkända tidsstudien MTM-metoden, Metod-Tid-Mätning [Kanawaty, 1992]. Genom att klocka arbetsrörelser kunde arbetsledningens ingenjörer förutsäga vad som var en optimal arbetsmetod. Alla medarbetare skulle därefter arbeta enligt den tidsstudie som ingenjören fastställt. Ingen medarbetare fick alltså göra arbetet på sitt eget vis utan skulle arbeta efter ett standardiserat ramverk. Det bör påpekas att Taylorismen endast ansåg att den kortaste arbetsrörelsen var den bästa och därför inte tog hänsyn till ergonomiska och sociala aspekter, något som idag anses självklart i modern arbetsplatsutformning. Människan arbetade likt en monoton maskin, hårt reglerad av arbetsledningens direktiv. Under Taylorismens tid blev många medarbetare tidigt utslitna av den fysisk hårda arbetsmiljön [Eriksson-Zetterquist et al., 2015, kap 3]. Arbetet var repetitivt och arbetsdagarna långa. Arbetsledningen märkte slutligen att deras anställda blev så pass utslitna att de inte längre kunde fortsätta att utföra arbetsuppgiften. Men det skulle ta nästan 60 år innan andra organisationsteorier skulle träda i kraft och ersätta delar av Taylorismen.

2.1.2 Den svenska modellen

Den svenska modellen [Börnfelt, 2018, kap 4] har rötter ur den tidigare organisationsteorin kring Human Relations, grundad under tidigt 30-tal av psykologen Elton Mayo i Australien [Eriksson-Zetterquist et al., 2015, kap 5]. Human Relations fick dock aldrig riktigt fäste gentemot Taylorismen. Experimentet i Hawthorne under 20-talet, USA, anses ligga till grund till varför skolan kring Human Relations kom till. Forskare förstod då att människan förändrar sitt beteende beroende på om individen i fråga känner sig observerad eller ej [Blomberg, 2017]. Att vara övervakad har sitt pris, det hämmar individens kreativitet och engagemang. Human Relations skulle på senare tid växa sig stark i ett andra organisationsteorier, exempelvis den svenska modellen allt eftersom demokratin växte sig starkare i samhället [Börnfelt, 2018, kap 4].

Drygt 60 år efter Taylorismens framfart började andra organisationsteorier gro i samhället. Forskare kunde slutligen påvisa att produktivitet inte endast var relaterat till hur snabbt en medarbetare kunde arbeta, utan att medarbetarens välbefinnande och kreativitet också kunde ses som en resurs för kommande lönsamhet. Som motsats till Taylorismen prioriterade den sociotekniska skolan den tänkande människan framför den strukturella hierarkin [Eriksson-Zetterquist et al., 2015, kap 7]. Här utformades arbetsplatsen utifrån individens önskemål. Den sociotekniska läran kom ursprungligen

från Storbritannien och anlände i Sverige under tidigt 60-tal. Om inte medarbetaren trivdes på arbetsplatsen och inte kände sig tillfredsställd med arbetsuppgiften menade den sociotekniska skolan på att goda resultat inte heller kunde uppnås. Individens hälsa var nämligen mer närbesläktat med resultatet än vad arbetsledningen tidigare trott. Maskin och människa behöver harmonisera. Lönerna baserades inte längre på prestation, exempelvis ackordslön, utan fastställdes till en bestämd summa för varje månad. Detta skulle reducera den ständigt påliggande pressen att prestera vilket också var en anledning till varför personal tidigare blev utsliten. Liksom lönesystemet förändrades även maktdispositionen. Att vara chef ansågs nu som något uråldrigt och kreativitetshämmande vilket var rotorsaken till varför den sociotekniska skolan förespråkade en cheflös demokrati [Eriksson-Zetterquist et al., 2015, kap 7]. Genom gruppbestämmande skulle alla människor komma till tals och bidra till produktionens bästa. Allt för att prioritera individens välbefinnande och främja hans motivation till ett fortsatt välutfört arbete.

Under 60- och 70-talet skulle den sociotekniska skolan dominera inom svensk industri och fick därav namnet den svenska modellen [Börnfelt, 2018, kap 4]. Den svenska modellen såg inte längre på människan som operativ arbetskraft utan som en komplex psykosocial individ med ett flertal behov. Den svenska modellen blomstrade av jämlikhet samt tillit till medarbetaren men detta skulle också tillslut bli dess grav. Övertro till individens inre motivation och människans självbestämmande fungerade inte i längden.

2.1.3 Lean Production

Under 80-talet började den japanska biltillverkaren Toyota tillverka sina fordon enligt de premisser som senare skulle bli kända världen över som Lean Production [Börnfelt, 2018, kap 5]. Lean Production är en processororienterad arbetsmetod i syfte att ständigt förbättra den nuvarande arbetsplatsens kvalité och cykeltider. Cykeltid definieras som den genomsnittliga tid det tar för att en arbetscykel per produkt skall genomföras. Genom att förbygga sju olika typer av slöserier kan arbetsplatsen successivt nå en optimal produktivitet. Men till skillnad från Taylorismen, som då skulle nöjt sig med denna optimala produktivitet, fortsätter läran kring Lean Production att ständigt utveckla och utmana framtidens arbetsplats. Genom att ständigt söka efter nya förbättringar erhåller företaget en unik konkurrensfördel. Att dock uppnå fullständig Lean Production anses vara omöjligt, då det ständigt finns förbättringspotential på alla arbetsplatser. Läran påtalar därför om vikten av att medarbetaren måste engageras i företaget och själv vilja söka efter nya förbättringar för att den totala produktionen skall förbättras.

Lean Production påminner mycket om den lära som Frederick Taylor förespråkade, men här finns det ett betydligt större fokus på att involvera individen i organisationen [Börnfelt, 2018, kap 5]. Det är centralt att integrera maskin och människa för att de tillsammans skall fungera i en effektiv produktionsprocess, något som påminner om ett individfokus enligt den svenska modellen. Genom att till exempel använda lamptorn på

vardera maskin, kan maskinen signalera till människan om maskinen behöver startas om eller behöver annan typ av underhållstöd. Lean Production skapades av japanen Taiichi Ohno, som var produktionsansvarig på det japanska företaget Toyota Production Systems, förkortat TPS [Börnfelt, 2018, kap 5]. Teorin började tillämpas redan efter andra världskriget då den japanska industrin som tidigare endast producerat medel till den japanska militären, nu behövde ställa om sin produktion till mer samhällsnyttiga produkter. Men militärens principer levde kvar i produktionen och Taiichi Ohno fick då idéer om att vidareutveckla situationen med nya metodiker. Åren gick och cirka 40 år efter andra världskrigets slut, skulle kulturen kring Lean Production erövra alla produktionsanläggningar värden över. Tillsammans med en mängd olika verktyg och modeller kan läran om Lean Production tillämpas in princip överallt. Idag har många sjukhus valt att tillämpa delar av den japanska teorin, allt för att effektivisera sina processer och undvika att patienter förblir utan sjuksäng [Jacobsson, 2010]. Teorin har idag växt sig så pass stark att många av dess verktyg anses som självklarheter bland företag. Ett exempel på detta är verktyget 5S, som togs fram i syfte att hålla rent arbetsplatsen samtidigt som den skall vara lättöverskådlig [Chiarini, 2014].

Många västerländska och amerikanska företag valde under slutet av 90-talet att helt kopiera hur Toyota arbetade med sin produktionsprocess, i hopp om att uppnå samma förväntansfulla resultat. Det finns dock en diskussion huruvida Lean Production kan tillämpas i företag som inte erhåller den japanska kulturen. Den japanska kulturen skiljer sig mycket från den västerländska kulturen. Ett bra exempel på detta är att varje svensk medborgare förväntar sig en stor frihet och självbestämmande på en svensk arbetsplats, då vi svenskar länge arbetat enligt den svenska modellen. Det skulle därför bli en utmaning att försöka övertala organisationer om att en metod likt Taylorismen nu skulle återinföras. Läran kring Lean Production har successivt accepterats och idag erhåller modern tillverkningsindustri mängder av modeller från Lean Production [Eriksson-Zetterquist et al., 2015]. Man kan se att många företag väljer att mixa den svenska modellen och läran kring Lean Production, allt för att försöka harmonisera mellan en standardiserad effektivitet och ett kreativt självbestämmande.

2.1.4 Modern organisationsteori

Genom historien har organisationsteorier kommit och gått. Vissa organisationsteorier har successivt tonats ner allt eftersom samhället utvecklats, medan andra har vidareutvecklats och frodats av nya perspektiv. Ett exempel på detta är Taylorismen, som efter många år som inaktiv, återuppstod i en nyare skepnad av Lean Production under 80-talet. Det är därför rimligt att påstå att organisationsteorier ständigt förändras i takt med samhällsförändringen [Eriksson-Zetterquist et al., 2015, kap 16]. Näringslivets framtida omställning kommer agera som en utgångspunkt för hur kommande organisationsteori vill gestaltas. Ett parallellt resonemang med detta är hur den industriella revolutionen under 1900-talet skapade tekniska förutsättningar för Fordismens framfart [Börnfelt, 2018, kap 2]. Fordismen byggde på Taylorismens principer, men använde tekniska hjälpmedel

i form av ett löpande band för att ytterligare effektivisera arbetet. Idag utgörs modern organisationsteori både av tekniska och sociala aspekter. Sociala aspekter är exempelvis företagets kultur, normer och värderingar. Internationella företag som erhåller produktion i ett flertal länder måste därför anpassa sig till flera kulturer. Organisationsteorin har, liksom kulturen i internationella företag, vuxit samman där teorier och perspektiv influerats av varandra. Det kan vara svårt att förutse framtidens utmaningar men de bör påminna om de utmaningar som industrin stod inför vid 1900- talets industriella revolution [Merritt, 2016]. Fordismen är ett bra exempel på hur ny teknik skapade genomslagskraft för en ny organisationsteori [Börnfelt, 2018, kap 2]. Idag handlar denna genomslagskraft om en ständig digitalisering. Idag utbyter in princip alla företag information genom användandet av digitala verktyg samt tjänster. Oavsett om det handlar om marknadsföring, löpande bokföring eller utformning av en monteringsplan, erbjuder den vardagliga tekniken möjligheter som tidigare inte fanns tillgänglig. Ett bra exempel på detta är digitala plattformar, som kan fungera som ett virtuellt kontor för många företag. Företag agerar idag på en global marknad tack vare digitaliseringen [Merritt, 2016].

En global marknad inbringar många möjligheter, men samtidigt en strängare konkurrens för företag sinsemellan. Organisationer världen över ställs idag mot varandra på grund av digitaliseringen. Samtliga organisationer, lokala liksom globala, behöver se sig själva i ett större kontext för att förstå sin ställning till omvärlden [Smith et al., 2010]. Idag besitter marknadsföraren en stor del av makten, inte enbart ingenjören med sina tekniska innovationer. Organisationer är på så sätt inbäddade i samhället samt i en ofrivillig symbios med andra organisationer. Företag bör därför inte enbart fokusera på produkten med tillhörande produktionssystem, utan också produktens kundnytta [Smith et al., 2010]. Företag som inte kommunicerar med sin kund riskerar idag att bli förbisprungna av multinationella företag. Det är därför nödvändigt att poängtera att dagens organisationsteori tar ställning i en mer interaktiv roll gentemot samhället, medarbetaren och kunden. Val av organisationsteori, produktionssystem och produkt är inte längre tillräckligt utan goda relationer med omvärlden.

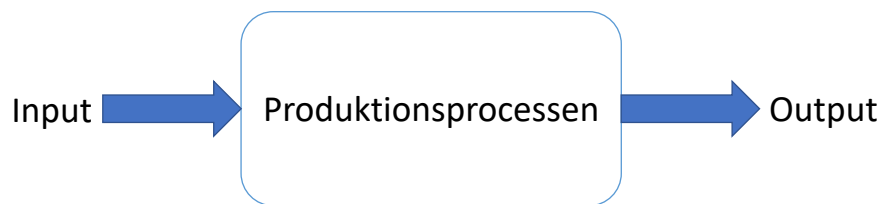
Företag är idag tvungna att jämföra sig med varandra för att lyckas förbättra sin prestanda. Idag räcker det inte med endast en specifik organisationsteori, utan en kombination av flera. Idag är ett industriellt nätverksperspektiv viktigt [Gadde et al., 2003]. Ett industriellt nätverk består av en samling av företag som utbyter information samt varor sinsemellan. Detta kan ses som en indikation för hur goda relationer uppstår företag sinsemellan. Marknaden som företag agerar i baseras på att influera eller att influeras. Tack vare den digitala revolutionen som tog fart under millennieskiftet är det idag relationsstrategier som utgör vem som erhåller makt i form av marknadsandelar. Man talar därför inte om ett produktfokus, utan återigen om ett kundfokus [Smith et al., 2010]. Att bygga moderna relationer sker idag inte enbart fysiskt utan också virtuellt. Genom internet kan företag världen över utbyta kunskap. Det är

inte ovanligt att ett företag består av ett antal utländska underleverantörer, något som ur ett logistiskt perspektiv skulle varit omöjligt under den tid då Taylorismen dominerade. Även under perioden för den svenska modellens framfart var det vanligare att erhålla underleverantörer nationellt än internationellt.

Vikten av att organisationer bör erhålla ett högt engagemang med sin omgivning är idag nödvändigt för att erhålla goda relationer liksom konkurrensfördelar [Gadde et al., 2003]. Lönsamhet baseras därmed inte enbart på produktionssystemets effektivitet utan också på hur verksamheten vårdar sina relationer. Den globala marknaden kan därför påstås vävt samman av ett flertal organisationsteorier tillsammans med begreppet relationsstrategier, detta för att optimera produktionen enligt Lean Production men samtidigt anpassa beteendet till den kultur som organisationens agerar i. Det är därför väsentligt att moderna företag fokuserar på omvärlden, för att på så sätt ständigt rannsaka sig själva och därigenom undvika ett självcentrerat fokus.

2.2 Produktionsprocessen

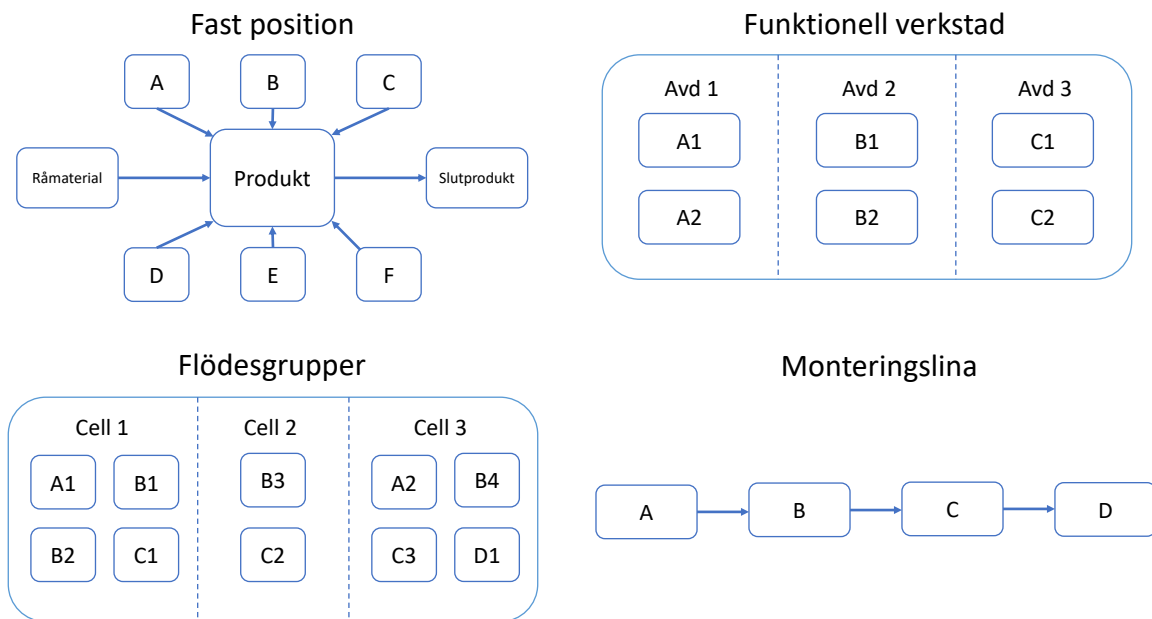
Produktionsprocessen av produkter är när någon form av materiell input bearbetas, förädlas och blir till någon form av output. Ett produktionssystem är en sekvens av operationer och moment som tar upp tid, plats, expertis eller andra resurser för att åstadkomma någon form av utgående produkt [Holweg et al., 2018]. Denna bearbetning kan både gå från råmaterial till en färdig produkt för konsumenter att använda eller från färdiga delar som monteras samman och som senare kommer användas som en del i en nästkommande produktionsprocess. Det finns alltså många olika typer av input samt flera typer av output beroende på processens mål, se figur 3.



Figur 3: Visualisering av produktionsprocessen

Produktionsprocessen kan ordnas i olika layouter beroende på vilken typ av process som sker, hur stora volymerna är, komplexiteten i processens steg med mera. Det finns några grundläggande layouter att utgå ifrån och som alla produktionsprocesser kan kopplas till, se figur 4. Dessa är fast position, funktionell verkstad, flödesgrupper samt monteringslina [Nicholas, 2010]. Fast position är när alla arbetare kommer till produkten och utför sitt arbete, vilket oftast är vid arbeten på väldigt stora produkter som flygplan eller byggnader [Santos et al., 2006]. Funktionell verkstad används ofta på mindre företag eller på företag som tillverkar väldigt många olika typer av produkter och direkt mot kundorder. Här står liknande verktyg grupperade med varandra, till exempel att alla

borrmaskiner står tillsammans och alla poleringsmaskiner står tillsammans fast på en annan plats [Santos et al., 2006]. Flödesgrupper är när alla eller många maskiner som krävs för tillverkningen av en produkt står tillsammans. Vilket leder till att produktionen blir mer effektiv än en funktionell verkstad samtidigt som den är mer flexibel än en monteringslina [Nicholas, 2010]. En monteringslina är då maskiner och monteringsplatser för en produktionsprocess står på en rad efter varandra och materialen eller produkterna som bearbetas färdas på ett löpande band mellan de olika stationerna. Monteringslinan är väldigt vanlig i storskalig produktion som till exempel bilbranschen [Nicholas, 2010].



Figur 4: Visualisering av olika monterings layouter

Produktionssystemets utformning påverkas även av företagens filosofi kring montering och utformning av arbetsplatsen. Olika organisationsteorier som benämns i kapitel 2.1 kan medföra förändringar i utförandet av produktionen, då vissa företag exempelvis lägger större vikt på medarbetaren vilket betyder mindre repetitiva arbetsuppgifter eller högre komplexitet i monteringsarbetet. Andra företag fokuserar endast på lönsamhet och utformar därför ett produktionssystem som är så kostnadseffektivt som möjligt [Holweg et al., 2018].

Både Taylorismen och Lean Production leder till att produktionen är väldigt exakt och precist styrd vilket gör att en monteringslina är att föredra [Börnfelt, 2018]. Det är väldigt lätt att mäta tider och se flaskhalsar, processer som tar längst tid i produktionsprocessen. Det är samtidigt även väldigt lätt att styra upp arbetet då man delar upp hela produktionsprocessen i delprocesser och varje delprocess kan då utföras av en arbetare. När det kommer till den svenska modellen och andra modeller som är av en mer socioteknisk karaktär, att de värnar om arbetaren, är istället någon av de andra layouterna att föredra. Speciellt används fast position och flödesgrupper i de företag

som värnar om de sociotekniska idealen. Då varje individuell medarbetare får en större arbetsfrihet och därigenom får ett större ansvar, krävs inte samma strikta struktur och organisationsplanering [Börnfelt, 2018].

2.3 Arbetsplatsutformning

Hur en arbetsplatsutformning genomförs varierar beroende på situation samt beroende på erfarenheterna hos den som utför utformningen. Vilken typ av arbete som utförs spelar stor roll då arbetsplatsutformning kan implementeras på exempelvis kontorsarbete, montering eller produktbearbetning. Vilken typ av organisationsteori som implementeras har även det en betydelse. Traditioner i företaget och landet där produktionen utförs kan även påverka utformningen.

I föregående kapitel beskrevs olika typer av monteringslayouter och vad som ingår i att välja vilken layout som passar bäst för den typ av arbete som skall genomföras. När det kommer till arbetsplatsutformning är layouten endast en del av utformningen. Arbetsplatsutformning har också att göra med val av organisationsteori, placering av diverse verktyg, ergonomi med mera. Ergonomi är den vetenskapliga disciplinen som inriktar sig på hur människan interagerar med objekt och system [McCauley-Bush, 2011]. Ergonomi används för att förhindra arbetsskador genom att analysera hur till exempel medarbetaren interagerar med verktyg och produkter och att sedan använda dessa aspekter för att vidareutveckla smartare, bättre verktyg samt utforma nya delar av arbetsplatsen för att underlätta medarbetarens arbete [Stack et al., 2016].

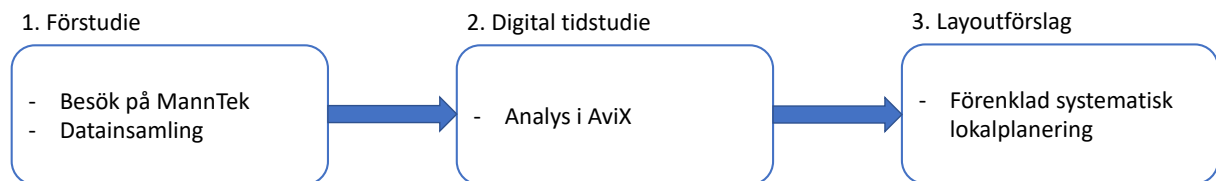
Arbetsplatsens utformning beror även på hur maskiner används i processen, om den är mycket manuell eller om det är av en integrerad karaktär där arbetaren och maskiner jobbar tillsammans [Nicholas, 2010]. Om produktionsprocessen utgår mycket från arbete kring maskiner är säkerhet för medarbetaren något som får ett större fokus, detta då arbetaren har mindre kontroll över själva processen och det finns risk för större skador om något går fel då maskiner ofta är tunga och rör sig med mycket kraft. Produktionsprocessen kan även innehålla stora mängder manuellt arbete och då är ergonomi väsentligt, då kontinuerligt, repetitiva arbetsrörelser kan skada kroppen. De här exemplen påvisar att en arbetsplatsutformning påverkas av ett flertal komplexa faktorer.

Precis som vid val av arbetsplatslayout, har också val av organisationsteori påverkan på arbetsplatsens utformning. Lean Production verktyg såsom 5S [Nicholas, 2010] har stor påverkan på hur en arbetsplats bör se ut. Verktyget 5S är ett organisationsverktyg som översatt från japanska står för sortera, systematisera, städa, standardisera och sköt om. Det är alltså ett system för att hålla ordning och reda på arbetsplatsen samt att ta bort förluster i form av letandet av verktyg och material. Implementationen av 5S tydliggörs då det finns designerade platser som är markerade för alla verktyg och saker samt att arbetsplatsen är tydligt välstrukturerad samt att arbetarna får tydliga skrivna

instruktioner att följa [Ortiz, 2006]. Lean Production kan sträcka sig ännu bredare inom organisationen och då implementeras till exempel Kaizen som är mer av en filosofi som hela företaget följer i sitt arbete [Ortiz, 2006]. Kaizen är ett begrepp för hur en verksamhet skall styras, genom att ständigt sträva efter att förbättra den.

3 Metod och genomförande

Olika datainsamlingsmetoder användes för att samla in både kvantitativ och kvalitativ data. Därefter utvärderades kvantitativ data och en tidsstudie genomfördes i det digitala verktyget AviX. Fortsättningsvis, med tidigare resultat beaktat, konstruerades en layout med metoden förenklad systematisk lokalplanering, förkortat FSLP. En övergripande beskrivning av den genomgående arbetsmetoden visualiseras i figur 5. Genomförandet av detta kandidatarbete har skett iterativt där kontinuerlig kommunikation med MannTek genomförts vilket figur 5 inte belyser.



Figur 5: Den övergripande metoden

3.1 Förstudie

För att formulera ett förbättringsförslag för den nuvarande monteringsprocessen krävs en förståelse för den nuvarande arbetsplatsen och arbetssättet. Detta erhöles genom att samla in både kvalitativ och kvantitativ data [Davidson and Patel, 2014, kap 5] för att sedan utvärdera denna data med lämpliga verktyg och metoder. Insamling av flera typer av data ger en mer nyanserad utvärdering av arbetsplatsen och ett bättre resultat kan därmed uppnås.

3.1.1 Besök på Manntek

För att få en bättre förståelse för monteringsprocessen och dess problem utfördes ett antal resor till MannTeks fabrik i Mariestad under kandidatarbetets gång. Under besöken skedde mätning, videospelning, bildtagning och intervjuer med montörer och personer i ledningen. Besöken var den största källan till information och data i förstudien, därav var besöken kritiska för kandidatarbetet.

Det första besöket hos MannTek var den 28 januari 2020, med samtliga projektmedlemmar närvarande. Besöket bestod av en introduktion till företaget och arbetsplatsen som ska förbättras. Under företagspresentationen höll produktionschefen en genomgång av deras problem. Efter denna genomgång klargjordes projektets mål, inriktning och avgränsningar tillsammans med produktionschefen. Arbetsplatsen observerades därefter för att få en djupare förståelse över arbetsprocessen och monteringsplatsen. Det andra besöket gjordes för att utföra en förstudie och samla in kvalitativ och kvantitativ data. Detta besök gjordes den tredje mars 2020 och för detta besök åkte endast två av

projektgruppens medlemmar. Att vara färre hjälpte montörerna att känna sig lugnare och mer avslappnade då de vid det första besöket blev stressade och var under mer press att visa och berätta om monteringsplatsen vilket inte gav en representativ bild på hur en vanlig arbetsdag såg ut och därmed inte gav en rättvis bild på de problem och svårigheter som kan uppstå.

Förstudien var indelad i olika delmoment. Det första som gjordes var ett möte med produktionschefen för att förklara den agenda som fanns och vad besökets syfte var. Efter mötet började arbetet med förstudien där flera delar av arbetsprocessen studerades på olika sätt.

Först studerades dukning innan monteringen kan börja. Dukning innebär att montören plockar fram det material som krävs för montera den specifika ordern. Dukningen är inget som behandlas i projektet som förbättringsförslag utan anses ligga utanför monteringsplatsen, trots det studerades dukningen för att få en bättre bild på hela monteringsprocessen. Samtidigt som dukningen studerades installerades datainsamlingsverktyget som beskrivs senare på datorn vid monteringen och montörerna lärdes upp kring syfte och användning av programmet. Nästa steg var att montören demonstrerade hur en kulventil monteras med alla delsteg och delmoment för att få en bild över problem och svårigheter som kan uppstå. Varje delmoment i processen antecknades och dokumenterades genom bilder. Sedan monterades ytterligare två ventiler där hela monteringsprocessen filmades. Denna film används senare i den digitala tidstudien.

Idéer som kom fram och observationer dokumenterades även och används senare i förbättringsarbetet för att bidra till ytterligare idéer och förbättringsförslag. Exempel på observationer som noterades var att montören behövde röra sig mycket under monteringen av en kulventil och att det var mycket oordning på verktyg då montören behövde leta efter verktyg. Fler observationer återkopplas det till senare i analysen. En uppmätning av nuvarande monteringsplats gjordes för att skapa en referens i metoden FSLP och utgör en grund för yta och utrustning som idag finns att tillgå.

3.1.2 Insamling och utvärdering av kvantitativ data

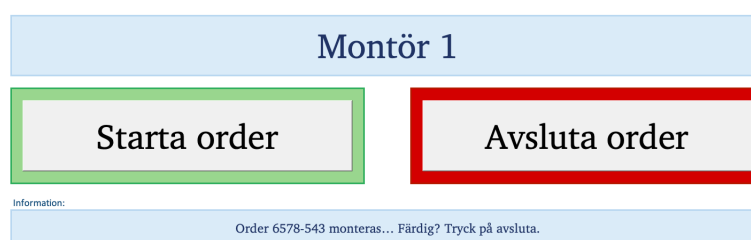
Kvantitativ data är viktig för att kunna jämföra nuvarande arbetsplats med föreslagna förbättringar. Att använda siffror och mätbar data leder även till att problem kan visa sig på ett sakligt och konkret sätt för både projektets utveckling samt MannTek [Davidson and Patel, 2014]. Kvantitativ data belyser tydligt de delar av arbetsprocessen som har störst förbättringspotential.

För att samla in kvantitativ data utvecklades ett makro i Microsoft Excel med hjälp av Visual Basic for Applications, förkortat VBA [Microsoft, 2020]. Programmets syfte var att kunna kartlägga tidsåtgången att montera en koppling och hur det skiljer

sig med typ av koppling samt antal montörer som arbetar på samma order.

När montören startar en order sparades starttiden tillsammans med ordernumret och tillhörande information. Tillhörande information till ordernumret bestod av orderstorlek och antal montörer på ordern. Tidstämpeln möjliggjorde senare uträkning av den totala tiden för varje order, vilket sedan kunde användas för att räkna ut tiden per person och kulventil. Att samla in data gällande antal arbetare på vardera order var viktigt för att kunna bevisa arbetsplatsens begränsningar. Om det exempelvis tar längre tid per person att montera en ventil vid tre montörer än vid två montörer är det fördelaktigt att aldrig vara mer än två, alternativt att utöka arbetsplatsen. Orderstorleken är viktig att veta för att kunna utvärdera arbetsplatsens kapacitet vid små respektive stora ordrar. Datan visade även vilken typ av koppling som tar längst tid att montera och vilken typ som orsakar mest problem.

Excel användes på grund av enkelheten att både utveckla och använda verktyget samt att datan direkt kan behandlas och inte behöver exporteras. Då MannTek redan hade Excel på sina datorer behövde inget nytt program laddas ned. Visual Basic for Applications gjorde det möjligt att skapa ett användarvänligt gränssnitt för användaren vilket var viktigt för att datainsamlingen ska kunna ske utan ytterligare störningar i monteringen [Bennett and Mosey, 2009]. Makrot bestod av en startknapp och en slutknapp enligt figur 6. När montören påbörjade montering av en ny order så tryckte montören på startknappen, fyller i uppmanad information och påbörjar därefter den fysiska monteringen. När montören sedan var färdig med ordern tryckte montören på slutknappen. Det var viktigt att verktyget var enkelt att använda av montörerna för att på så sätt säkerställa att det används korrekt för att datan skulle vara pålitlig [Davidson and Patel, 2014].



Figur 6: Montörernas användargränssnitt

Efter insamling av kvantitativ data i Excel-verktyget ska den utvärderas. Utvärderingen görs delvis genom att beräkna totala monteringstider, monteringstider per person och monteringstider per ventil. Tillsammans med dessa uträkningar kan grafer användas för att visualisera den nuvarande situationen, vilket ger en förståelse för arbetsplatsens brister och styrkor. Litteratur och teori kan sedan användas för att identifiera förbättringsområden och formulera förbättringsförslag baserat på datan.

3.2 Digital tidstudie

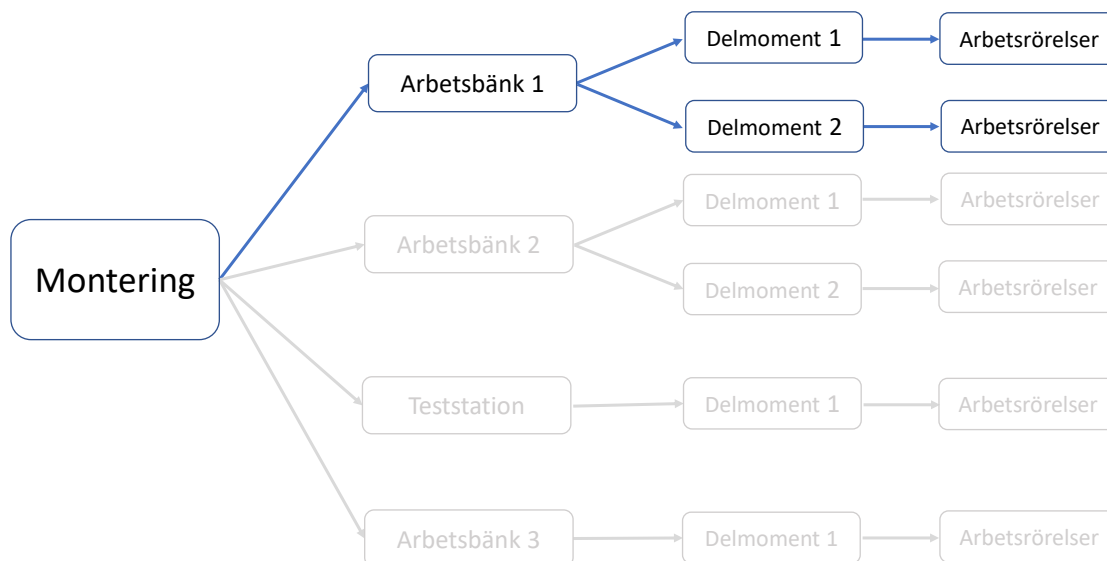
För att kunna förbättra tillverkningsprocessen krävs en förståelse över vilka arbetsmoment och rörelser som sker vid montering av en kulventil. Därför har montörerna filmats under en cykel av tillverkningsprocessen. Med hjälp av denna film kan mjukvaran AviX användas för att omvandla kvalitativ data till kvantitativ data, och på så sätt möjliggöra kvantitativ analys av arbetsprocessen [Davidson and Patel, 2014, kap 5].

AviX är en mjukvara utvecklad av Solme AB som använder videobaserad data för att utföra olika analyser av arbetsprocessen [AviX, 2020]. De analyser som kan tillämpas med AviX är tidsstudier, metodstudier, ergonomistudier samt balansering av en monteringslina. Analysen som görs i denna rapport kommer att fokusera på utförandet av en tidsstudie, då arbetet som sker är repetitivt [Adler, 1993]. En tidsstudie är en mätningsteknik för att registrera tiden det tar att utföra ett specifikt arbete, och analysera arbetsuppgifterna som gör att utförandet av arbetet tar den tiden [Kanawaty, 1992, kap 20]. En analys görs genom att hela monteringslinan videoinspelas för att sedan klippas och delas upp i de arbetsstationer som existerar. Att tidsstudien sker digitalt är fördelaktigt då det är mer exakt än en tidsstudie utförd i person [Elnekave and Gilad, 2006]. Hur AviX används i sin helhet kan ses i figur 7.



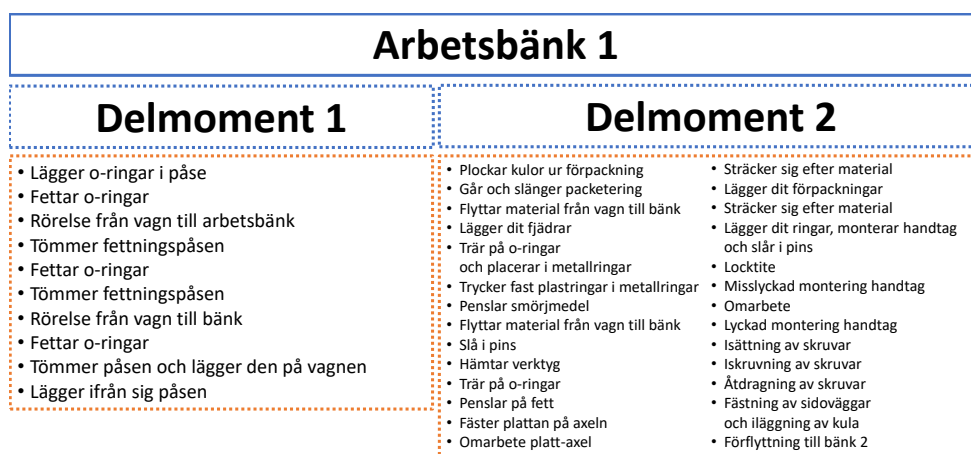
Figur 7: Arbetsmetod i AviX

I AviX delas sedan arbetsbänkarna upp i delmoment, där det för varje delmoment undersöks vilka rörelser som sker. De rörelser som identifieras, kategoriseras beroende på hur lång tid rörelsen tar samt hur givande den är för uppgiften. De olika kategorier en rörelse kan tillhöra är givande, nödvändig, väntan och förlust. Att en rörelse är givande betyder att den tillför positivt till monteringen och gör att processen går framåt. En nödvändig rörelse är en rörelse som sker för att den måste göras, men som själv inte leder till att processen går framåt. En väntan är helt enkelt att montören måste vänta för att kunna gå vidare i monteringen. En förlust är en rörelse som inte är givande för monteringen, vilket betyder att monteringsprocessen stannar upp eller måste börja om. På MannTek sker montering av kulventil på fyra olika stationer, tre arbetsbänkar samt en teststation. Hur uppdelningen i AviX har skett visualiserats i figur 8, med arbetsbänk 1 som exempel.



Figur 8: Uppdelning i AviX

Hur uppdelning av rörelser för arbetsbänk 1 ser ut i AviX visas i figur 9. På arbetsbänk 1 sker förberedelse för montering samt den största delen vid montering av kulventil. Här identifierades två delmoment. I dessa delmoment identifierades 12 respektive 28 rörelser. Det som sker är att o-ringar förbereds genom att smörjas in i fett, för att sedan användas vid montering av komponenter till kulventilen, till exempel handtaget. Efter att handtaget monterats fästs kula, samt väggar till ventilhuset. För att sedan monterar på handtag till kul-ventilhuset. I figur 9 visas alla rörelser samt delmoment som identifierats på arbetsbänk 1.



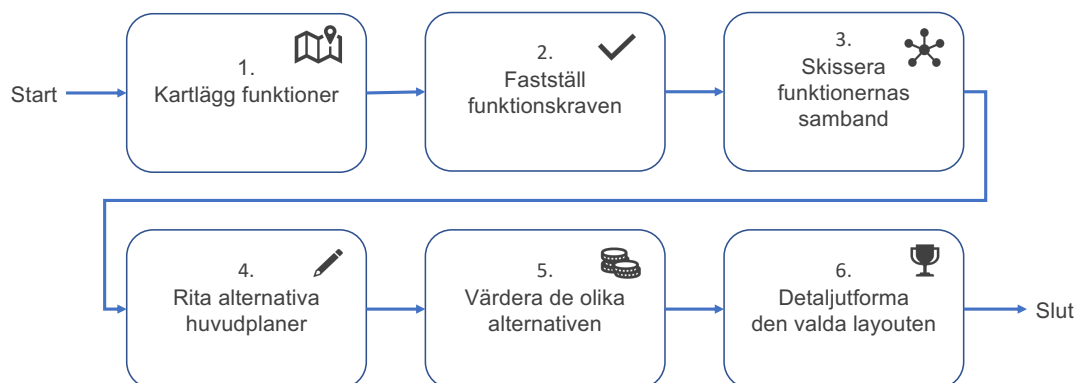
Figur 9: Identifierade rörelser för arbetsbänk 1

Samma tillvägagångssätt används sedan för resterande arbetsbänkar. Att dela upp monteringen efter arbetsbänkarna är intressant då man i AviX får en helhetsbild av tidsåtgången för hela monteringen, men även för varje enskild arbetsbänk. Det kan sedan kartläggas var i monteringen som det sker förluster. På så sätt undersöks och

visualiseras hur stor del av monteringen som är av värde samt hur stor del som inte är det, detta verkar sedan som grund till förbättringsförslag på utformningen av en ny monteringslayout. Efter att en slutgiltig monteringslayout tagits fram jämförs den framtagna layouten mot den som används i nuläget. Det som jämförs är de hur stor del av de förluster som finns i nuläget som kan försummas, eller förminsas. På så sätt fås ett mått på hur effektiviteten ökar i och med en ny monteringslayout.

3.3 Layoutförslag

Förenklad systematisk lokalplanering, hädanefter FSLP, är en arbetsmetod som används vid planering och uppbyggnad av en ny arbetsplats [Muther, 1974]. Metoden går ut på att värdera olika utformningsförslag baserat på bland annat avståndet mellan arbetsplatsens funktioner. Metoden är generell och systematisk vilket gör den tillämpbar på de flesta arbetsplatserna. Nedan kommer FSLP att tillämpas på den nuvarande arbetsplatsen med avseende på hur arbetsplatsen ser ut idag samt med avseende på hur arbetsplatsen ser ut med föreslagna investeringar. De föreslagna investeringar som utvärderas är baserad på de observationer som uppmärksammats under besöken på MannTek. Samtliga arbetssteg i metoden FSLP visulaiseras med följande flödeschema, från start till slut, i figur 10.



Figur 10: Flödesschema över FSLP metoden

3.3.1 Med arbetsplatsens existerande funktioner

Det första steget i FSLP [Muther, 1974] var att med hjälp av information från förstudien kartlägga samtliga samband mellan de olika funktionerna i den nuvarande monteringen hos MannTek i ett så kallat relationsdiagram, se bilaga B. Relationsdiagrammet skapades genom att identifiera arbetsplatsens olika funktioner. Exempel på vanliga funktioner kan vara en CNC svarv, en kyltunnel eller en arbetsbänk. Under det första besöket hos MannTek filmades samtliga arbetsmoment under monteringsförloppet och verktyg, arbetsstationer och övriga tillbehör listades i separata dokument. Totalt 11 funktioner identifierades med hjälp av detta som nödvändiga för att producera kulventilerna, se tabell 1.

Nummer	Funktion
1	Förmonteringsbord
2	Huvudmonteringsbord
3	Avlastningsbord
4	Teststation
5	Blåsstation
6	Slutmonteringsbord
7	Tork
8	Förbrukningsmaterial
9	Dator
10	Sopkärl
11	Adapterhylla

Tabell 1: Nuvarande arbetsplats huvudfunktioner

Funktionerna relaterar till varandra med olika avseenden beroende på var i monteringscykeln montören befann sig. Till exempel kunde funktionen sopkärl relateras till en funktion under mer än ett tillfälle under en komplett monteringscykel. Samtliga monteringsbord genererade avfall i form av tomma plastpåsar, trasiga o-ringar och överblivet papper. Efter analysen av monteringsfilmen samt dokumenterigen i form av bilder, verktygslistor och materiallistor skapades själva relationsdiagrammet. Samtliga relationer kartlades genom att jämföra vardera funktion mot övriga funktioner genom att gradera relationen tillsammans med en anledning. Exempel på anledningar kan vara vibrationer eller hög ljudnivå. Beroende på typ av arbetsplats och arbetssituation kan det finnas olika anledningar till varför funktioner relaterar till varandra. Som ett exempel, kan olika typer av svetsbås för karosser i en bilindustri relatera till varandra i form av brandfara, eller rent fysiska samband som gemensamma ventilationstrummor. I detta fall fastställdes sju typer av anledningar; materialflöde, personal, oljud, säkerhet, besökare, distans och kvalitet.

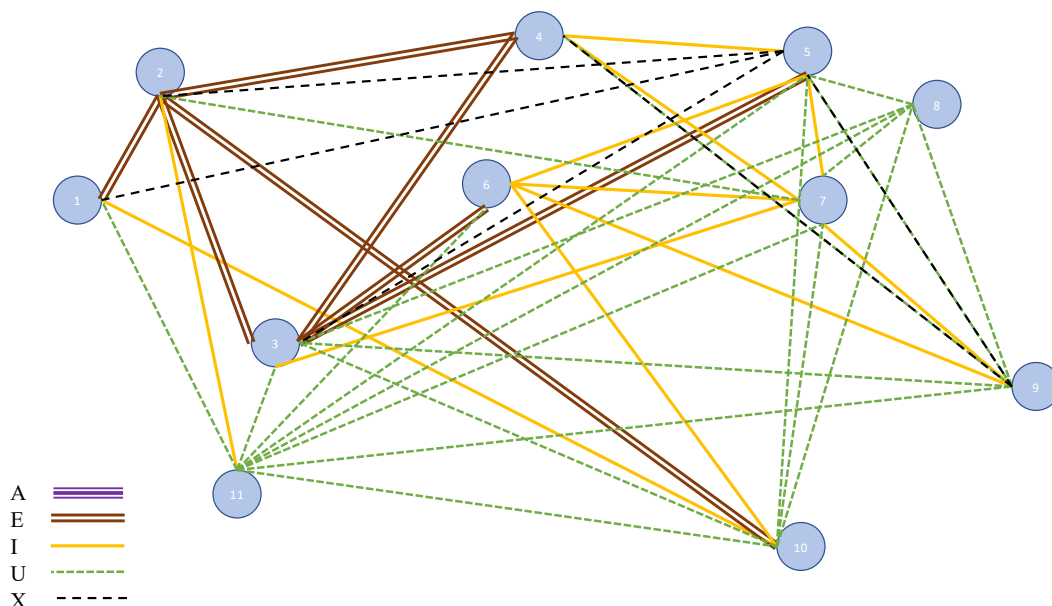
Då kulventilsmonteringen erhöll en relativt låg grad av teknisk utrustning då monteringen utförs helt manuellt utelämnades även maskintekniska anledningar som kvalitéssamband mellan funktionerna. Under förstudien fanns det inte heller tydliga relationer mellan hur de olika monteringsstationerna påverkade varandra gällande slutgiltig kvalitet på kulventilen. Grad av anledning kan därefter benämnas som kodifiering, där A betyder mycket speciellt viktigt, E betyder speciellt viktigt, I betyder viktigt, O betyder att närhet är OK och X betyder att närhet inte är önskvärt. De anledningar som slutligen ansågs mest relevanta för samtliga 11 funktioner var:

1. Materialflöde
2. Distans
3. Oljud

Det andra steget i FSLP [Muther, 1974] var att fastställa kulventilsmonteringens funktionskrav. Detta sammanställdes i ett Excelblad, se bilaga C. Excelbladet listade erforderlig yta, utrustning och annan byggnadsteknisk utformning som behövde beaktas vid ny utformning av en lokalplan. Samtliga 11 funktioners area mättes upp under besöket hos MannTek, även arbetsytans takhöjd beaktades och listades som ett funktionskrav. Slutligen viktades servicebehov för vardera funktion från en skala från absolut nödvändigt till ej nödvändigt, detta då vissa funktioner krävde en viss typ av servicebehov i form av vatten, tryckluft, brandskydd, extra ventilation, trefasuttag och/eller internetuppkoppling.

Det framkom då att det var nödvändigt att till exempel placera teststationen, funktion nummer fyra, och dess vattenbad i anslutning till en vattenkälla. Samtliga monteringsstationer är dock enkla att omplacera vid behov då det är fristående bord som inte är markbundna. Alltså kan samtliga funktioner, med undantag av teststation, omplaceras utan omplacering av eluttag samt tryckluft-, och vattenledningar. Då monteringsstationerna inte är automatiserad och innehåller större tekniska maskiner kan också fundamentet anses klara alla förflyttningar av funktioner inom det planerade arbetsområdet.

Det tredje steget i FSLP, var att skissa funktionernas samband, se figur 11 [Muther, 1974]. Samtliga funktionssamband i sambandsskissen sammankopplades med olika typer av färgade relationer beroende på typ av kodifiering, alltså för att påvisa sambandets vikt. I detta fall framkom det dock att många av relationerna inte var av hög kodifiering. Fokus landade därför på de relationer som erhöll kodifiering E och I, under nästkommande steg.



Figur 11: Sambandsskiss baserad på relationsdiagram

Steg fyra i FSLP, var att konstruera alternativa huvudplaner som beaktade tidigare fastställda steg i FSLP [Muther, 1974]. De alternativa huvudplanerna skulle endast använda sig av de servicebehov och materiel som för närvarande fanns tillgängliga i kulventilsmonteringen hos MannTek. Den nuvarande monteringsplan som används hos MannTek kommer härnäst att benämnas som referens och kommer att användas som en utgångspunkt gentemot kommande alternativa huvudplaner. De tre alternativa huvudplaner utan tillägg skapades parallellt utan gemensam idegenerering för att inte utesluta speciella idéer och därigenom främja alla medlemmarnas kreativitet. Dessa tre alternativa huvudplaner konstruerades i AutoCAD, ett CAD-program från Autodesk [Autodesk, 2020]. Alla alternativa huvudplaner skapades i en verklig skala, detta då referensplanen dimensionerades i skala 1:1 [m]. Alla de framtagna planerna tog då hänsyn till den kodifiering av samband som fastställdes i steg tre i FSLP. Det var alltså av hög prioritering att lyckas skapa en arbetsplats där E- och I- förhållanden erhöll en kort distans, för att prioritera ett effektivt materialflöde. Då arbetsplatsen befinner sig på en liten area, var det svårt att placera X-förhållanden med stora avstånd. Ett exempel på X-förhållande är blåsstationen eftersom det är fördelaktigt om funktionen befinner sig långt ifrån övriga funktioner på grund av dess ljud.

Nästkommmande steg i FSLP, steg fem, var att utvärdera de tre alternativa huvudplaner som konstruerats och därigenom skapa förståelse för funktionsplaceringarnas fördelar liksom nackdelar [Muther, 1974]. De alternativa huvudplanerna namngavs till AHUT1, AHUT2 och AHUT3, där AHUT står för "Alternativ Huvudplan Utan Tillägg". Det fanns då två olika alternativa metoder för utvärdering av respektive huvudplan. Antingen genom manuellt beräkningsarbete med förslagsvis Excel, eller genom det digitala verktyget Flow Planner, ett tillägsprogram till AutoCAD från företaget Pro Planner [Proplanner, 2020]. Flow Planner verkade i första anblick som ett passande digitalt verktyg för att rationellt utvärdera samtliga alternativa huvudplaner, men efter installation av programmet och mycket misslyckade försök att importera CAD filerna i rätt format, förblev det mer tillförlitligt att beräkna samtliga värdesummer manuellt med hjälp av Excel. På så sätt var det ett överkomligt misslyckande att frångå utvärderingsmetoden Flow Planner, även om det skulle varit intressant att utvärdera de alternativa huvudplanerna helt digitalt och utan manuell handpåläggning.

Samtliga relationer listades därför manuellt i ett Excel-dokument, och utvärderades genom att mäta distansen mellan vardera funktion, samtidigt som sambandet viktades med dess kodifiering. Funktionerna mättes med ett CC mått, från centrum till centrum för vardera funktion. Alla distanser angavs liksom referensplanen i skala 1:1 [m] och med hjälp av distansverktyget i programmet AutoCAD. Avstånden mellan funktionerna multiplicerades med vikten beroende på sambandets kodifiering, antingen 100, 50, 20 eller 10, se tabell 2. Vardera funktions värdering summerades därefter ihop till en total värdesumma för respektive utformningsförslag.

Vikt	Värde
A	100
E	50
I	20
O	10

Tabell 2: Värdesummor för vardera alternativ huvudplan

Det sista steget i FSLP var att detaljutforma den vinnande planlösningen se resultat, AHUT1. Detta gjordes med hänsyn till andra faktorer som observationer på arbetsplatsen, ekonomi eller digitala verktyget AviX. Resultatet från AviX bidrog till att detaljutforma planlösningen utifrån de identifierade slöserierna, till exempel slöseri vid förflyttning av produkt. Genom att placera om funktion sju, tork, samt funktion åtta, dator, kunde ett U-flöde erhållas. Detta gav dock något längre distanser enligt nya beräkningar i Excelbladet, men arbetsplatsen öppnades på så sätt upp och blev mer tillgänglig för montören.

3.3.2 Med föreslagna investeringar

Efter att FSLP utförts på arbetsplatsen som den ser ut idag så utförs FSLP med avseende föreslagna investeringar. De investeringar som föreslagits är baserade på de observationer som har gjorts under besöken hos MannTek. De investeringar som föreslagits var ett extra förmonteringsbord, ett extra huvudmonteringsbord för att öka ergonomin vid två montörer samt antagandet att torken uppgraderas till en starkare så att blåsstationen kan elimineras efter kommunikation med MannTek. Uppgradering av torken har som syfte att ersätta blåsstationen på önskemål av montörerna i och med blåsstationens höga ljudnivå. För en sammanställning av de reviderade funktionerna se tabell 3.

Benämning	Funktion
1	Förmonteringsbord x2
2	Huvudmonteringsbord x2
3	Avlastningsbord
4	Teststation
5	Blåsstation
6	Slutmonteringsbord
7	Tork
8	Förbrukningsmaterial
9	Dator
10	Sopkärl
11	Adapterhylla
V	Vagn

Tabell 3: Reviderade huvudfunktioner

Samma metodik som vid redan existerande funktioner används vilket även medför att relationsdiagram, sambandsskiss och funktionskraven är desamma i detta fall. Det som återstår är att skapa och utvärdera utformningsförslag för att uppnå en optimal arbetsplats med investeringar. Utformningsförslagen tas fram på samma sett som tidigare fast med de reviderade funktionerna istället. En ytterligare viktig skillnad från den tidigare metodiken är att layoutförslagen kommer bestå av två materialflöden istället för ett. Detta för att skapa en arbetsplats som är mer tillgänglig för ordrar med krav på två eller fler montörer. Vid två flöden bör arbetsplatsen upplevas som både större samt mer avskild av montörerna [Peltokorpi and Niemi, 2018a]. Två flöden bidrar därför till en bättre ergonomisk upplevelse för montörerna. Eftersom det inte har tillkommit några nya funktionstyper så behöver inga nya relationer att utvärderas utan samma relationer gäller även i detta fall. Efter att fyra nya utformningsförslag har skapats så utvärderas även detta på samma sätt som tidigare och vardera förslag får på så sätt en värdesumma. Eftersom utformningsförslagen med tillägg har fler funktioner att beakta än vid fallet utan tillägg så är värdesumman inte jämförbar mellan de två fallen.

4 Resultat

Resultaten från metoden och genomförandet presenteras i detta kapitel och visualiseras genom figurer, tabeller och diagram. Resultaten innefattar monteringstider, tidsåtgången vid fullständig montering, förluster i monteringen samt genererade layoutförslag.

4.1 Monteringsflödet

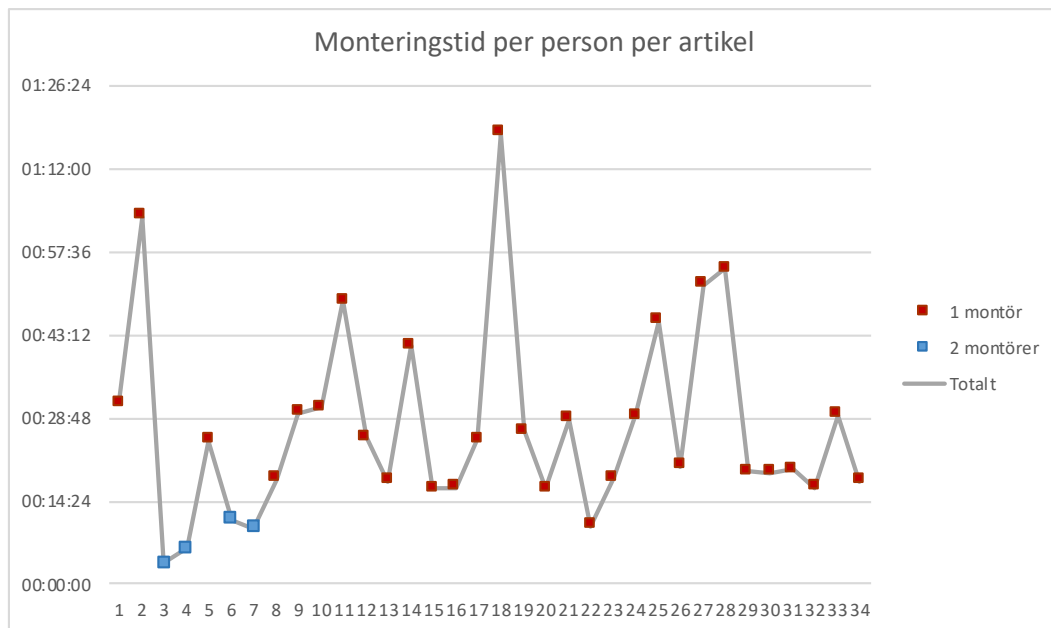
Resultatet från den kvantitativa datainsamlingen i detta projekt är en sammanställning av statistiska nyckeltal och grafer baserat på den insamlade kvantitativa datan från monteringen. Datan innehöll viss felaktig data som bestod av felaktiga knapptryck eller tomma rader. För att ta fram nyckeltalen och grafer har därför datan sorterats manuellt i kontakt med MannTek som har varit noggranna med att göra kommentarer i datan.

I tabell 4, redovisas medeltiden vid olika antal montörer. Genomsnittlig monterings- tid vid olika antal montörer visar att monterings- tiden per artikel och person är betydligt kortare vid två montörer på arbetsplatsen än vid en montör. Arbetsplatsen i dagsläget är alltså avsevärt effektivare vid två montörer än vid enbart en montör. Detta motiverar till att alltid vara två montörer på arbetsplatsen. Att arbeta fler än en montör i dagsläget är enligt nuvarande montörer inte att föredra av ergonomiska skäl, vilket kommer att beaktas under framtagande av nya utformningsförslag. Detta har även framkommit i tidigare studier där man undersökt lämpligt antalet montörer på en arbetsplatsutformning [Peltokorpi and Niemi, 2018a].

Antal montörer	Genomsnittlig monterings- tid per artikel och person
1	00:29:47
2	00:07:43

Tabell 4: Monterings- tid vid olika antal montörer

Figur 12 är en graf med ordernummer på x-axeln och monterings- tiden per person och artikel på y-axeln. Grafen visualiserar det totala flödet under cirka och inkluderar därför ordrar med både en och två montörer. I grafen syns stora variationer vilket delvis beror på en variation i antalet montörer som arbetar på ordern men även på grund av oförutsedda olyckor så som läckage och verktygsfel. Som tabell 4 visar så representeras de lägre värdena i grafen mestadels av ordrar som har monterats av två montörer. En lägre monterings- tid vid två montörer beror troligtvis på en högre stabilitet mot de oförutsedda händelserna, som läckage och verktygsfel. Variationerna bekräftar MannTeks upplevelse av att det är ett icke stabilt utflöde av kulventiler.



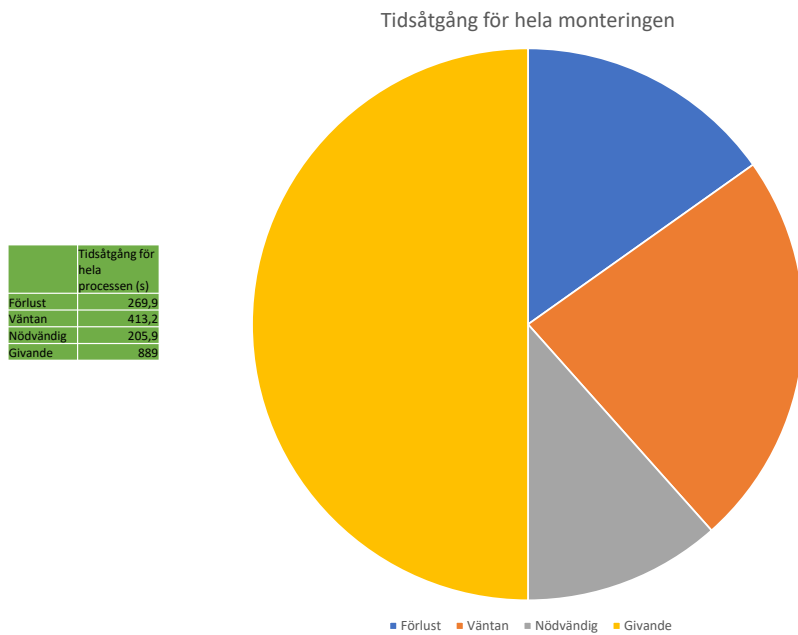
Figur 12: Monteringstid per person per artikel under cirka två veckor

4.2 Digital tidstudie

Efter utförd tidsstudie i mjukvaran AviX presenteras tidsåtgången för hela monteringen, samt varje arbetsstation var för sig. I figur 13 visas tidsåtgången för hela processen, vad som är av värde i processen och vad som inte är det. För att göra det lättare för läsaren så visas enbart de två figurerna för hela processen, för resterande figurer för alla delprocesser hänvisas läsaren till bilaga E. Det har även tagits fram en förlustrapport för processen som helhet, den är viktigt att ta med sig in i analysen för att man lättare ska kunna se de moment som faktiskt är förluster i systemet. Förlustrapporterna kan läsas i sin helhet i bilaga F.

4.2.1 Tidsåtgång för hela monteringen

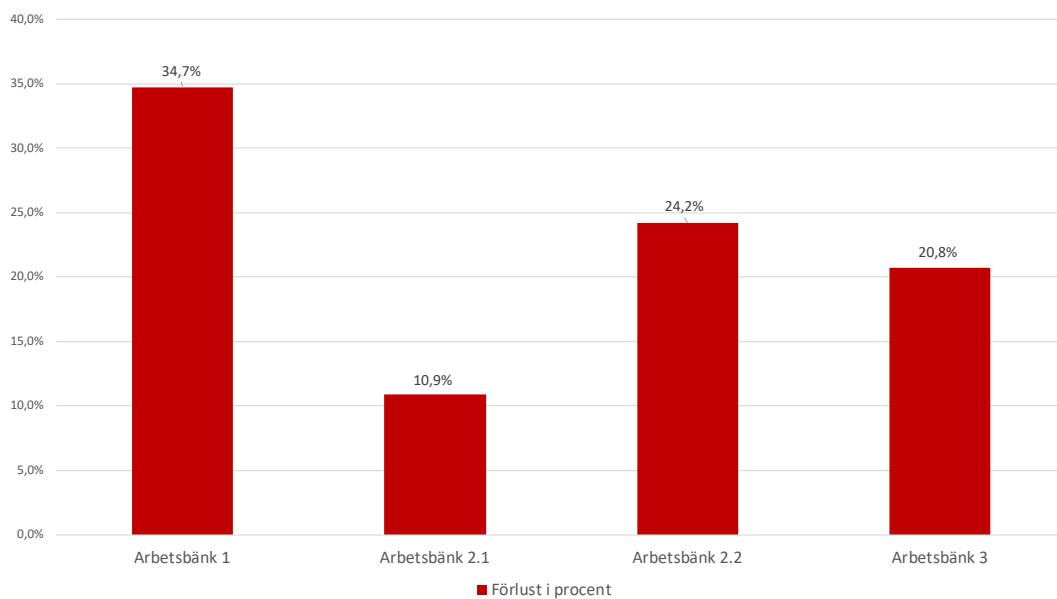
Tidsåtgången för hela monteringen synliggörs i figur 13. Den gula delen representerar andelen givande rörelser. Grå representerar nödvändiga rörelser. Orange är väntan och blått är förluster. Det som är av störst intresse är tidsåtgången åt rörelser som är förluster, vilket ses i figur 13 till 16,8%. Detta innebär att 299,9 sekunder av monteringen går till förluster. Den största delen av tiden går till givande rörelser, vilket är 49% av tiden eller 730 sekunder. Väntan sker 23,2% av tiden, som är 393 sekunder. Nödvändiga rörelser står för 11,8% av tidsåtgången vilket är 205,9 sekunder.



Figur 13: Sammanställning av hela processen

4.2.2 Förlustrapport för hela monteringen

Då tidsåtgången för rörelser som kategoriserats som förluster är av störst intresse, är det intressant att se hur förlusten är utspridd under monteringen. Hur den totala förlusten är fördelad vid montering illustreras i 14. Diagrammet visar hur stor procent av tiden på vardera station som var en förlust. Där arbetsbänk 1 står för mer än dubbelt så stora förluster än förlusterna på de andra arbetsbänkarna.



Figur 14: Stapeldiagram för förlustrapport

4.2.3 Arbetsbänk 1

Enligt figur 14 identifierades arbetsbänk 1 till den station med störst procentuella förluster. Tittar vi närmare på totala resultatet för arbetsbänk 1 i tabell 5 synliggörs det att 30,8% av tidsåtgången vid denna station går till förluster. Detta beror på att omarbete krävdes på en av komponenterna till kulventilen, detta diskuteras ytterligare i kapitel 5.

Tidtyp	Tid	Procent
Givande	300,4 s	50,4 %
Nödvändig	88,9 s	14,9 %
Väntan	0,0 s	0,0 %
Förlust	206,9 s	34,7 %

Tabell 5: Sammanfattning av arbetsbänk 1

4.2.4 Arbetsbänk 2

Mest tidsåtgång åt givande rörelser finns på arbetsbänk 2. Som det visas i tabell 6 går 80,39% av tiden till givande rörelser. Den höga andelen givande rörelser i första delen av arbetsbänk 2 är för att många kritiska samt komplicerade moment i monteringen sker här, vilket gör att nästan hela den första delen av den här monteringen anses som givande. I den andra delen av monteringen på arbetsbänk 2 visas det i tabell 7 att tidsåtgången endast går till väntan och förluster. Detta är för att det som sker här är förberedelse inför serie-märkning av kulventil. Resultatet för hela arbetsbänk 2 kan ses i sin helhet i tabell 6 respektive tabell 7 eftersom monteringen är uppdelad i två steg:

Tidtyp	Tid	Procent
Givande	317,3 s	80,4 %
Nödvändig	34,2 s	8,7 %
Väntan	0,0 s	0,0 %
Förlust	43,2 s	11,0 %

Tabell 6: Sammanfattning arbetsbänk 2 del 1

Tidtyp	Tid	Procent
Givande	0,0 s	0,0 %
Nödvändig	45,8 s	76,0 %
Väntan	0,0 s	0,0 %
Förlust	14,5 s	24,0 %

Tabell 7: Sammanfattning arbetsbänk 2 del 2

4.2.5 Teststation

I tabell 8 syns att 97,12% av tidsåtgången vid teststationen går till väntan. Det beror på att det kräver avsevärd tid att förbereda och genomföra testet för kulventilen, då kulventilen måste omarbetas om testet misslyckas. Att test utförs korrekt är därför av högsta prioritet, därav en längre tidsåtgång för att säkerställa det. Fullständigt resultat av tidsåtgången för teststation visas i tabell 8.

Tidtyp	Tid	Procent
Givande	0,0 s	0,0 %
Nödvändig	11,6 s	2,9 %
Väntan	391,0 s	97,1 %
Förlust	0,0 s	0,0 %

Tabell 8: Sammanfattning Teststation

4.2.6 Arbetsbänk 3

På arbetsbänk 3 sker endast seriemärkningen av färdig kulventil, i tabell 9 synliggörs att tidsåtgången främst går till givande arbete vilket är 67,94%. Resultatet för arbetsbänk 3 redovisas i tabell 9:

Tidtyp	Tid	Procent
Givande	112,3 s	67,9 %
Nödvändig	25,6 s	15,5 %
Väntan	0,0 s	0,0 %
Förlust	27,5 s	16,6 %

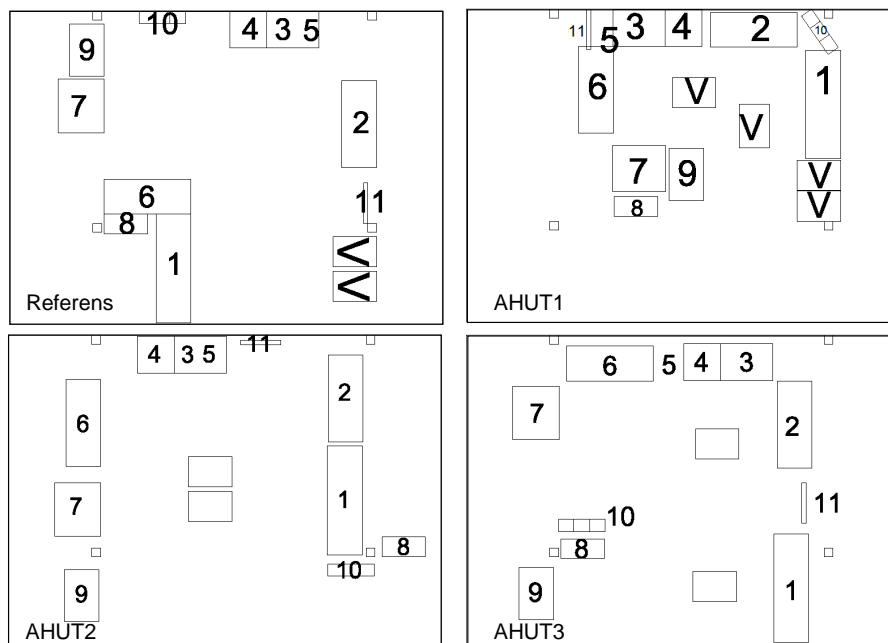
Tabell 9: Sammanfattning arbetsbänk 3

4.3 Layoutförslag

Resultatet av den förenklade systematiska lokalplaneringen redovisas med avseende på två perspektiv, med existerande funktioner och med föreslagna investeringar. Med redan existerande funktioner avser att lokalplaneringen görs med avseende på de funktioner som redan finns på arbetsplatsen idag. Med föreslagna investeringar så utförs FSLP med vissa nya funktioner, exempelvis två stycken monteringsbord. Vilka investeringar som föreslagits i detta fall är baserat på de observationer som gjorts under besök hos MannTek, samt av datan som givits av den digitala tidsstudien, se kapitel 4.2.

4.3.1 Med arbetsplatsens existerande funktioner

Med de identifierade funktionerna så skapades ett relationsdiagram, se bilaga B. Nuvarande arbetsplats erhöll sju E-förhållanden, elva I-förhållanden, 17 O-förhållanden, 20 U-förhållanden samt fem X-förhållanden. Flerfallet av förhållanden av de olika kodifieringsklasserna relateras till orsaken materialflöde vilket var logiskt med tanke på att kulventilsmonteringen optimeras med avseende på ett stabilare ut-flöde. Totalt erhöles 60 samband. Relationsdiagrammet resulterade i att en sambandsskiss kunde skapas som påvisade att det fanns en mängd med anknnytningar att beakta för val av placering för vardera funktion. Tre alternativa layouter skapades, se figur 15. För lista över de numrerade funktionerna, se tabell 1.

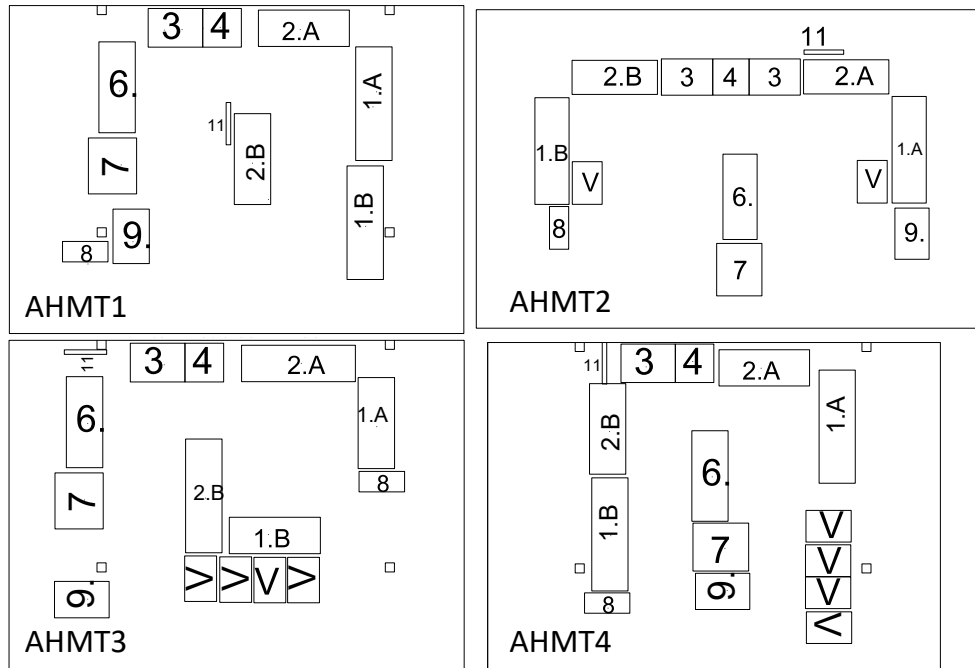


Figur 15: Alternativa utformningar utan funktionstillägg

De tre alternativa utformningsförslagen som skapades utvärderades tillsammans med referensen vilket resulterade i tabell 10. Samtliga värden för vardera AHUT summerades, där ett lågt värde indikerade på ett distanseffektivt alternativ. AHUT1 visade sig vara det bästa alternativet med lägst värdesumma då sträckorna mellan funktionerna kortades ned och placerades i flödets ordning.

	Referensutformning	AHUT1	AHUT2	AHUT3
Värdesumma	≈2190	≈1450	≈1970	≈2070

Tabell 10: Värdesummor för vardera alternativ utformning



Figur 17: Alternativa utformningar med funktionstillägg

Utformningsförslagen med investeringsförslag har värderats likt de utan tillägg, förutom att dessa alternativ har fler funktioner. I tabell 12 redovisas värderingen för vardera alternativ utformning. Bevisligen är alternativ AHMT4 det lämpligaste alternativet vid dessa tillägg. Observera att dessa värden inte kan jämföras med de från tabell 10 eller tabell 11 då dessa värdesummor inte innehåller lika många funktioner och därmed beaktar färre sträckor i värderingen.

	AHMT1	AHMT2	AHMT3	AHMT4
Värdesumma	≈1570	≈1670	≈1560	≈1370

Tabell 12: Värdesummor för vardera alternativ utformning med tillägg

I fallet med de redan existerande funktionerna så detaljutformades den optimala layouten utifrån de observationer som gjorts i monteringen. Detta gjordes inte i fallet med föreslagna investeringar då det inte fanns observationer som argumenterar för behovet.

4.4 Slutgiltig arbetsplatsutformning

Enligt metoden FSLP bör det vara effektivare med den layout där investeringar har gjorts för att skapa två monteringsflöden, layout AHMT4. Detta är inte önskvärt av MannTek eftersom monteringen sällan har mer än en montör som arbetar samtidigt. Vid en montör och två monteringsflöden så uppstår en låg utnyttjandegrad av totala arbetsplatsen. En låg utnyttjandegrad motiverar inte de investeringar som krävs för

denna layout. Att det sällan befinner sig mer än en montör på arbetsplatsen bevisas även av den insamlade kvantitativa datan där fyra av 48 ordrar har monterats med fler än en montör. Det är därför rimligare att enbart ha ett flöde i monteringen. Den slutgiltiga monteringslayouten beslutas därför vara AHUT1V2.

För att utvärdera hur mycket effektivare AHUT1V2 i jämförelse med referenslayouten, alltså dagens layout, så görs vissa antaganden. Om en förbättring i slutgiltig layout anses så pass effektiv kan det leda till att vissa förluster anses som försumbara. Exempel på detta är vissa avståndsrelaterade förluster. I och med omplacering av arbetsbänkar har detta inneburit att en stor del av förluster som uppstår på grund av avstånd kan försummas. De förluster som anses kunna minska i och med AHUT1V2, har inte kunna försummas helt. De har istället påverkats av en faktor, antingen 0,75 eller 0,5 beroende på hur bra förbättringen anses vara. Exempelvis, har en avståndsrelaterad förlust som vid förbättrad layout anses kommer ha en liten reducering multipliceras den med faktorn 0,75 för att visa på att förlusten kommer att minska med då 25%. Anses förlusten ha en stor minskning i och med förbättrad layout gångras den med faktor 0,5 alltså minskning med 50%. För att få en så rättvis jämförelse som möjligt togs omarbetet som skedde vid tidsstudien med i jämförelsen. Resultatet för den slutgiltiga layouten fick då en minskning med cirka 30% i totala förluster. Den framtagna layouten jämfördes även om en perfekt montering skulle ske, det vill säga utan något omarbete. För en rättvis jämförelse antar även referenslayouten en perfekt montering. Då hade den framtagna layouten en minskning på ungefär 60% av totala förluster.

5 Diskussion

De resultat som har åstadkommit under genomförandet av följande projekt diskuteras härvid för att skapa belägg för de perspektiv och antaganden som fastslagits. Diskussionen, tillsammans med resultatet, kommer att ligga till grund för de slutsatser som slutligen redovisas i nästkommande avsnitt.

5.1 Felkällor och övriga antaganden

Kandidatarbetet har fleratalet felkällor som mer eller mindre har påverkat det slutgiltiga resultatet. Tanken var exempelvis att Excel-programmet skulle ligga på Microsoft SharePoint och därigenom enkelt kunna ladda upp och ta emot eventuella uppdateringar. MannTeks brandvägg hindrade detta och programmet fick därmed ligga lokalt på MannTeks dator. Datan skickades sedan manuellt via mail. Det fanns även en felkälla i datainsamlingen då montörerna själva fyllde i stora delar av datan. Montörerna kan glömma att starta en order i rätt tid och fyller då i den efter att de redan påbörjat monteringen. En order kan på liknande sätt även glömmas bort att avslutas i tid. Denna felkälla har minimerats genom att utveckla ett så användarvänligt gränssnitt som möjligt [Bennett and Mosey, 2009].

Möjligheterna till besök i MannTeks fabrik var reducerade, detta på grund av utbrottet av viruset COVID-19 våren 2020. Att endast kunna göra ett datainsamlingsbesök bidrog till att mängden kvalitativ data blev mindre relativt vad som var önskvärt [Davidson and Patel, 2014, kap 4]. Detta har som följd att analysen som gjordes i AviX endast baserades på en video av monteringsprocessen av endast en montör. Fler videor på flera montörer och flera olika typer av kulventiler hade gett ett trovärdigare och mer precist resultat då misstag eller materialfel ej är konsekventa. Vid filmningen av videon som användes i AviX monterades även två kulventiler samtidigt. Montören uttryckte även att han kände sig nervös vid filmningen av monteringen vilket kan påverka resultatet. För att minimera risken för felaktig kvalitativ data så var endast två personer närvarande under insamlingen, för att minska nervositet. Videoinspelningen gjordes även om om det uppstod tveksamheter under själva monteringen.

5.2 Digital tidstudie

För att effektivisera monteringen utfördes en tidsstudie vilket har sin grund i Taylorismen [Börnfelt, 2018, kap 2] och utfördes med mjukvaran AviX. Idag har MTM-metoden förbättrats radikalt men dess principer går fortfarande att spåra till Taylorismens epok. Ett modernt MTM-verktyg kräver idag inte längre att en ingenjör klockar samtliga arbetsrörelser, utan tidstudien kan bearbetas digitalt genom att arbetsmomenten filmas och därefter analyseras. Ett bra exempel på ett sådant program är AviX [AviX, 2020]. Inom modern produktion är effektivitet inte den enda viktiga parametern gällande arbetsplatsutformning, utan faktorer som ergonomi och sociala aspekter är också

nödvändiga att beakta för montörernas välmående.

Skillnaden mellan den utförda tidsstudien och Taylorismen är dess avsikt. Tidsstudien har i detta arbete endast verkat som underlag för att identifiera de förluster som sker i monteringen, inte som ett strikt ramverk att arbeta utefter [Eriksson-Zetterquist et al., 2015, kap 3]. Det är även fördelaktigt att utföra en tidsstudie digitalt då det har en högre precisionen i mätningen. Ett filmklipp av monteringen var ett idealt sätt att lagra data på, eftersom det då gick att analysera monteringen flertalet gånger. Hade tidsstudien varit analog hade montörerna behövt klockas manuellt vilket skulle vara mindre pålitligt [Elnekave and Gilad, 2006]. Tack vare AviX kunde följande tidsstudie ske på distans, något som skulle varit omöjligt under Taylorismens tid. MannTek jobbar enligt den svenska modellen, som beskrivs mer i detalj i kapitel 2.1, och har haft som önskemål att bevara detta arbetssätt. Detta har lett till att förbättringsförslaget inte endast kunnat baseras på resultaten från tidsstudien. Det är alltså resultatet från AviX, tillsammans med dialog med montörerna samt FSLP som har lett till ett förbättringsförslag. På så sätt har AviX verkat som ett verktyg inom Lean Production, som implementeras genom att involvera individen i organisationen [Börnfelt, 2018, kap 5].

Det har även visat sig att det kan finnas olika sätt för implementation beroende på organisationens position kring Lean Production och förändringsarbete [Mascarenhas et al., 2019]. Tidsstudien som utförts kopplar alltså samman de olika organisationsteorier som använts historiskt sett, tillsammans med modern teknik. Denna tidsstudie bör därför ses som ett verktyg som lämpar sig för modern organisationsteori, se kapitel 2.1.4.

Syftet med projektet har varit att förbättra arbetsplatsen, vilket har skett främst genom att effektivisera monteringsprocessen. MannTek uttryckte även intresse av att standardisera och att balansera monteringsprocessen. Det har varit komplext att standardisera monteringen, då det krävs kontinuerliga tester av varje förbättringsförslag för att kunna bekräfta standardisering i processen. Detta kan jämföras mot till exempel det tredje och fjärde steget i DMAIC processen eller det tredje i PDCA [Sörqvist and Höglund, 2017], dessa är båda Lean-verktyg för att organisera förändringsprocesser. Båda de stegen pekar på att monteringsprocessen måste utföras i flertalet steg med konstant uppföljning och förbättring. Det har resulterat i arbete mot att minimera förluster i systemet, vilket är en viktig del av Lean Production [Börnfelt, 2018, kap 5]. Mätbarheten gör det möjligt att jämföra mot den tidigare monteringsprocessen vilket gör arbetet mer vetenskapligt. Genom att förluster identifierats i monteringen kan även de moment som skapar dessa elimineras, vilket bidrar till att processen blir mer balanserad och standardiserad till viss del. Exempelvis sker många avståndsrelaterade förluster. En omplacering av arbetsbänkarna innebär då att man inte längre behöver gå över monteringsytan för att arbetet ska fortsätta, vilket gör att orsaken till denna förlust

elimineras. MannTeks önskemål om att bevara nuvarande arbetsätt, som sker enligt den svenska modellen, har även påverkat resultatet av tidsstudien. Det är för att varje individ har individuellt ansvar över arbetsuppgiften. Det är inte ett krav på hur arbetet sker, bara att det slutförs i tid. Beroende på vilken montör det är som arbetar kan det alltså finnas olika tillvägagångssätt och därmed olika tidsåtgång för monteringen, vilket är vanligt förekommande vid montering som sker på detta vis [Peltokorpi and Niemi, 2018b].

Efter utförd tidsstudie med hjälp av AviX identifierades förluster i monteringen till 17% av den totala monterings tiden. Det beror till största del av att det är många känsliga moment under monteringen som lätt utförs felaktigt och innebär att omarbete krävs. Omarbetet tog totalt 100 sekunder och omarbete står således för 34% av de totala förlusterna. Eftersom tidsstudien utgår ifrån ett videoklipp av en hel montering, identifierades det i detta fall att mest förluster fanns på arbetsbänk 1. Det var på grund av att omarbete krävdes på denna arbetsbänk, vid just detta tillfälle. Det som också tydligt framgick med hjälp av AviX var att det sker störst andel känsliga moment vid arbetsbänk 2. Det resulterade vid en lyckad montering att majoriteten av tidsåtgången är givande. Men just eftersom arbetsbänk 2 innefattar många känsliga moment innebär det också en risk för omarbete då fel lättare kan uppstå. Detta är nackdelen med att endast jobba från ett videoklipp av monteringen. Då det är flertalet känsliga moment är det svårt att kartlägga just vilket av momenten som kräver mest omarbete. Det hade behövts videoklipp från flera monteringar för att säga säkert vilket moment som är känsligast för omarbete, vilket insågs under projektets gång. Men på grund av COVID-19 utbrottet har besök till MannTek begränsats vilket även gjort att arbete i AviX endast skett utifrån ett videoklipp.

Det var svårt att komma med konkreta förslag på vad som behöver göras för att minska osäkerheten i de moment som leder till omarbete. Det som utfördes var att identifiera de moment i monteringen som är förluster, som antingen går att eliminera eller förbättra. Dessa moment togs i åtanke vid framtagandet av nya layouter, för att sedan jämföra den slutgiltiga layouten mot referenslayouten. Jämförelsen resulterade i att tidsåtgången till förluster minskade med upp till cirka 60%, vilket presenteras i kapitel 4.4. Minskningen betyder att effektiviteten ökar med den framtagna layouten. Viktigt att ha i åtanke är att denna beräkning är baserad på flera antaganden och uppskattningar. I den slutgiltiga layouten har vissa förluster försumrats helt, vilket inte helt kan säkerställas i verkligheten. Förluster som anses minska i och med slutgiltig layout har beräknats bero på faktorerna 0.75 och 0.5. Faktorerna togs fram genom att en uppskattning på vilka layout förändringar som har större alternativt mindre påverkan på förlusterna. Om en förlust ansågs påverkas mer av den nya layouten multiplicerades med 0.5 och om det skedde en mindre påverkan multiplicerades förlusten med 0.75. För att verkligen säkerställa minskningen av den totala tidsåtgången som går till förluster hade en inspelning av monteringen på den slutgiltiga layouten behövts, för att sedan göra en ny digital tidsstudie med AviX. Det har ej varit möjligt, då det hade påverkat

MannTeks aktuella produktion av kulventiler samt tidsbegränsningen av projektet. Tanken med jämförelsen är dock inte att ta fram en exakt siffra på hur mycket effektivare monteringen kan bli. Jämförelsen är till för att verka som en bekräftelse på uppnådd problemformulering och visa potentialen som finns med att ta fram en ny förbättrad layout.

Tidsbegränsning har även påverkat utförandet av AviX. Det har inneburit vissa förenklingar har skett i programmet. De förenklingar som gjorts har påverkat resultatet någorlunda, eventuellt hade vissa moment tagit längre eller kortare tid. Gruppen ser dock inte det som ett större problem. Det är mer intressant att se vad tidsåtgången går till snarare än hur mycket av tidsåtgången går till. Detta är för att identifiering av förluster är mer intressant snarare än hur stor förlusten är.

5.3 Layoutförslag

FSLP används i detta arbete istället för Systematisk Lokalplanering, härnäst SLP, som är den ursprungliga versionen av FSLP. Det finns främst två anledningar till detta, den ena är att kunskapsnivån samt erfarenheten i projektgruppen lämpade sig bättre för FSLP. Den andra anledning är att SLP är anpassad för användning vid mer storskaliga projekt [Rabanal et al., 2019][Suhardi et al., 2019]. Med storskaliga arbeten menas det dessutom att även omkringliggande processer beaktas i metoden, vilket inte är fallet i detta arbete.

Trots att FSLP är en välkänd och beprövad lokalplaneringsmetod, erhåller den aspekter som är nödvändiga att ha vetskap om vid en lokalplansförändring [Muther, 1974]. Om inte relationer mellan samtliga funktioner fastställs korrekt kan det slutgiltiga resultatet förbli missvisande. Ju större lokalplanen är, eller ju fler arbetsmoment som erhålls i vardera funktion, desto större risk är det sedan att något av samtliga värden registreras felaktigt under arbetsprocessens totala förlopp. Den nuvarande kulventilsmonteringen befinner sig dock på en relativt liten yta och med ett relativt lågt antal funktioner, vilket innebär en lägre risk av misstag. Samtliga beslut har under processens gång begrundats på kvalitativa och kvantitativa antaganden, vilket ökar processens grad av pålitlighet [Davidson and Patel, 2014, kap 5].

Det nuvarande produktionsystemet kan inte liknas vid en monteringslina, utan bör snarare ses som en grupp av sammanhängande men självständiga arbetsstationer, något som påminner om det som benämns som ett flödesbaserat produktionsupplägg [Holweg et al., 2018]. För tillfället är dock denna grupp av arbetsstationer oregelbunden, vilket kan uppfattas som rörigt och svårförståeligt vid första anblick, till exempel vid anställning av ny monteringspersonal. Ett mål är att den nya monteringsplatsen skall vara mer intuitiv och enklare att följa, för att på så sätt vägleda montören från station till station. Den nya monteringsplanen kan därför ses som en hybrid av det som den svenska modellen benämner som frikopplade monteringsstationer, samtidigt som det återfinns ett

tydligt monteringsmönster som kan associeras till Taylorismen [Börnfelt, 2018, kap 2].

Att konstruera en komplett monteringsplan kräver att flera aspekter beaktas. Många gånger räcker det inte med att endast betrakta en lokalplan enbart med avseende på funktionernas distans. Val av samband är följaktligen avgörande för huruvida funktioner kommer att omplaceras i den framtida lokalplanen. Ett exempel på detta är sambandet oljud gentemot sambandet materialflöde, som är varandras motsatser för avstånd angående funktion. Sambandet oljud kräver långa avstånd, medan sambandet materialflöde vill erhålla korta avstånd. I denna arbetsplatsutformning beaktades endast sambanden materialflöde, distans samt oljud. Övriga sambanden ansågs inte ligga till grund för varför funktioner skulle kunna relatera till varandra. Det är dock nödvändigt att begripa att andra samband än de som fastställts, skulle kunna resultera i en annorlunda monteringsplan. Ett exempel på detta är sambandet vibration. Om en mätmaskin står för tätt inpå en svarvoperation, påverkas mätresultatet negativt av svarvoperationens vibrationer. Dessa två stationer skulle därför behöva avskiljas trots att sambandet distans skall minimeras [Muther, 1974].

När samtliga alternativa monteringsplaner med de föreslagna investeringarna fastställdes framgick det att monteringsplanerna erhöll en relativt likgiltig värdesumma. Den bättre monteringsplanen, AHMT4, erhöll en värdesumma på totalt 1370 poäng, medan den sämre monteringsplanen, AHMT2, erhöll en värdesumma på totalt 1670 poäng. Detta faktum skapar därmed en fingervisning gällande val av alternativ huvudplan. Men även om det numeriskt skiljer sig ett antal poäng mellan den bättre och den sämre monteringsplanen, behöver det inte betyda att den bättre monteringsplanen alltid bör vinna. Metoden FSLP dock en fingervisning gällande val av alternativ huvudplan [Muther, 1974]. Som ett exempel på detta erhåller en mycket trång arbetsplatsutformning en låg värdesumma på grund av dess korta distanser mellan funktionerna. Det är därför viktigt att begripa huruvida justeringar vad det gäller omplacering av funktioner, har för faktiskt effekt i realiteten. Följande justeringar är baserade på laseruppmätta distanser, vilket på så sätt erhåller en god precision för kommande ändamål. Följande resonemang uppmärksammar på så sätt att en alternativ huvudplan med en högre värdesumma, också bör beaktas som en potentiell alternativ huvudplan.

FSLP är en metod som potentiellt lämpar sig bättre för industri av mer teknisk karaktär, till exempel vid utformning av en ny maskinpark av svarv- och fräsoperationer [Muther, 1974]. Om dessa bearbetningsmaskiner dessutom är sammanbundna med till exempel transportband eller andra typer av robotar, blir det mer intuitivt huruvida funktion och samband relaterar till varandra. I ett stationärt produktionssystem bestående av ett flertal bearbetningsmaskiner, är den tillverkande produkten tvingad att transporteras i ett visst förutbestämt mönster [Holweg et al., 2018]. Detta mönster kommer inte heller att variera beroende på operatör, då transportbanden är stationära och transporterar samtliga produkter på samma sätt. På MannTeks monteringsområde

är situationen annorlunda. Här kan val av monteringsmönster skifta beroende på val av montör. Det finns ingen tvingande monteringsordning, vilket innebär att materialflödet kan avvika från det normala. Därmed skall man vara observant på den information som erhöles från tidigare observationer till exempel från monteringsfilmen. Om montören avvek från det traditionella monteringsmönstret, eller om monteringsmönstret skiljer sig åt mellan montörer, finns det en risk att monteringsplanen utformas mot en specifik individ. Det går därför att diskutera om monteringsplanen hade fått annorlunda utseende om någon annan montör hade observerats under förstudien hos MannTek. Det är därför positivt om kommande monteringsflöde kan erhålla en högre grad av standardisering. Ett standardiserat flöde innebär färre tidsavvikelser och därmed ett stabilare utflöde av färdiga kulventiler. Den slutgiltiga lokalplanen har därför som delsyfte att förebygga ett fritt val av arbetsmönster.

Följande monteringsplan har främst baserats på att förbättra flödet av kulventiler, detta genom att minimera distanser och därifrån erhålla en högre effektivitet. Men som tidigare nämnts kan fler faktorer behöva att beaktas. Detta resonemang var en av anledningarna till varför analysen från AviX behövde implementeras i metoden FSLP. Grundidén byggde på att metoden FSLP skulle fånga upp de kvantitativa arbetsplatsfaktorer, medan analysen i AviX skulle fånga upp kvalitativa arbetsplatsfaktorer. Kvantitativa faktorer är faktorer av mätbar karaktär, medan kvalitativa faktorer är faktorer av mer observerad karaktär. Många gånger upplevs kvalitativ information abstrakt, detta då kvalitativ information innehåller ett brett spektra av företeelser [Davidson and Patel, 2014, kap 5]. Uppmätta avstånd mellan två monteringsbänkar är ett exempel på en kvantitativ faktor, medan en montörs åsikter är ett exempel på en kvalitativ faktor. På så sätt skulle den kommande monteringsplanen fastställas på en bredare bas av observationer, till exempel ergonomi. Det är nödvändigt att ”människa och maskin” skall kunna samspela, och även om monteringsplanen inte innehåller just maskiner, är det viktigt att förstå huruvida en industrimiljö med tillhörande processer påverkar medarbetarens välbefinnande. Som ett exempel på detta kunde analysen i AviX fastslå hur dåliga arbetsrörelser i form av avlastning från dukningsvagnen påverkade den totala ledtiden. Montören var tvungen att rotera hela överkroppen, eller vända sig om, för att kunna plocka fram samtliga komponenter till monteringsbordet. Dessa moment var tidsineffektiva för montören, trots att hen inte praktiskt förflyttade sig och att därmed distansen i metoden FSLP förblev osynlig. Detta argument skulle varit komplicerat att förutse med endast metoden FSLP, utan uppdagades i arbetsplatsutformningen tack vare en god interaktion med analysen i AviX.

I analysarbetet kring AviX uppmärksammades det också att den nuvarande kulventilsmontering erhöles ett åtskilligt antal monteringsrörelser. Vardera monteringsbord bestod av ett flertal centrala delmoment, som i sin tur bestod av ett antal mindre arbetsrörelser. Detta faktum var givetvis åstundat då monteringsarbetet handhas helt manuellt av en montör, men vikten av antalet monteringsrörelser

poängterades vara överväldigande när resultatet från AviX väl skulle kombineras med arbetsplatsutformningen. För att inte arbetsplatsutformningen i metoden FSLP skulle bli ta allt för lång tid, förblev det endast relevant att beakta delmomentens påverkan. Att beakta samtliga ingående arbetsrörelser för vardera delmoment samt monteringsbord ansågs alltså inte vara vitalt gällande huruvida funktionernas omplacering gällande funktionssamband.

Den svenska modellen anses vara relevant för kommande projektarbete, eftersom trenden tydligt finns kvarlevande hos MannTek och den nuvarande kulventilsmonteringen. Här arbetar varje medarbetare med ett högt självbestämmande och är helt frikopplat från det löpande bandet. Arbetsstationerna är manuella och sköts av en till tre personer beroende på ordergrad och situation. Varje medarbetare förväntas leverera det som enligt produktionsplan skall tillverkas, vilket indikerar på att arbetsledningen har en hög tilltro till medarbetaren. Medarbetaren har inte heller fasta arbetsmetoder, utan anses själv sköta detta på bästa sätt. Personalen arbetar med låg arbetsdelning och flexibla villkor. Det är därför rimligt att påstå att MannTek erhåller flera kvarlevor av den svenska modellen [Börnfelt, 2018].

Hos MannTek arbetar montören självständigt och besitter ett stort ansvar för hur arbetet skall fördelas samt genomföras. Det är därför viktigt att förstå att en monteringsprocess i detta fall kan skilja sig åt beroende på val av montör. Följande studie har endast beaktat en specifik montör, vilket därmed kan innebära att vissa antaganden förblir felaktiga vid jämförelse med en annan montör. Syftet är att med den nya arbetsplatsutformningen standardisera delar av monteringsarbetet, just så att fler montörer skall montera på samma sätt. Om fler montörer monterar likvärdigt, är det enklare att uppskatta förväntade ledtider. Dock bör inte konceptet kring den svenska modellen frångås, detta då MannTek varit tydliga med att den aktuella arbetsmetoden fungerar bra och gynnar deras arbetsmiljö. Då medarbetaren själv erbjuds att styra över sitt arbete motiveras individen med inre incitament [Börnfelt, 2018]. Dessa teorier gällande inre motivation har starka rötter ur den managementfilosofi den så kallade skolan kring Human Relations [Blomberg, 2017]. Individer kan genom självbestämmande och uppskattning prestera bättre än för individer som lyder under tvingande omständigheter. Projektgruppen anser dock att det bör finnas en balans mellan att ge medarbetaren arbetsfrihet samt att strukturera upp arbetsprocessen. På så sätt skulle MannTek kunna erhålla en hybrid gällande den svenska modellen, Lean Production och Taylorismen. Den svenska modellen står för den humanistiska kultur som företaget åstundar, medan en tydligare arbetsprocess ska gestaltas genom tidsstudier från Taylorismen. Produktionssystemet bör sedan omges av ett ramverk av Lean Production. Exempelvis kan monteringsplanen driva medarbetaren att montera i en förutbestämd riktning, medan medarbetaren sedan har valmöjligheter att utföra delar av arbetsmomenten på eget vis. En hybrid av de flera management trenderna är vanligt förekommande inom svenska industri, detta då många bolag försökt implementera Lean Production men ej helt lyckats. Många gånger saknas

den grundläggande japanska kulturen för ständiga förbättringar inom verksamheten. Det skulle följaktligen kunna vara en idé att införa en monitor på arbetsplatsen som påvisar huruvida monteringen fortlöper i en ögonblicksbild i antalet monterade kulventiler. På så sätt skulle både medarbetaren samt ledningen ha en förståelse för orderns arbetsprocess. Denna typ av data har tagits fram i arbetet, se kapitel 4.1.

Det framkom av förstudiens observationer att montören upplevde oljud från blåsstationen. Oljudet från blåsmunstycket var högt och genomträngande trots hörselkåpor. Även medarbetare vid sidan av kulventilsmontering upplevde oljudet störande. Det fanns därför ett önskemål från montörerna om att på något vis minimera oljudet, antingen i form av en inbyggnation av ljudkällan eller att ljudkällan eliminerades. Efter en intern överläggning framkom det ett flertal alternativ huruvida blåsstation kunde förbättras liksom elimineras. Det effektivaste förslaget bestod av att helt eliminera blåsstationen, som istället skulle ersättas av ett varmare torkskåp. Detta torkskåp kan liknas vid den torkstation som redan finns i den nuvarande kulventilsmonteringen. Det skulle dock krävas en högre temperatur för att allt vatten skulle hinna avdunsta enbart med hjälp av torkskåpet. Det skulle också vara nödvändigt att montören hällde av det mesta av det överblivna vattnet direkt efter att kulventilen trycktestats, och att kulventilen skulle förbli i öppet läge väl inne i torkskåpet. En stängd kulventil inne i torkskåpet skulle kunna medföra att inlåst vatten ej hann avdunsta. Torkskåpet skulle även behöva konstrueras så att transportvagnen kan placeras i torkskåpet, detta så att montören slipper att lyfta samtliga kulventiler mellan teststationen och torkskåpet. Observera att denna nybyggnation av torkskåp inkluderas i den alternativa planlösning med tillägg. Själva konstruktionsprocessen av ett sådant torkskåp anses befinna sig utanför detta projekts referensramar och bedöms därmed till att vara en avgränsning. Dock bör denna konstruktionsprocess betraktas som relevant för en vidareutveckling av denna kulventilsmontering utan blåsstation.

De båda monteringsplanerna, med eller utan investeringar, erhåller funktionerna datorstation samt sopkärl. Dessa funktioner har beaktas i samtliga alternativa huvudplaner. Dock bör det påpekas att en datorplats och ett sopkärl inte behöver vara en funktion i sig, detta då det finns alternativ för att integrera dessa funktioner i monteringsplanen. Som ett exempel behöver den aktuella datorn inte vara en enskild funktion, utan kan monteras på verktygsväggen framför ett av monteringsborden. Detta skulle innebära att mer utrymme frigörs i form av en öppnare arbetsplats. Sopkärlet skulle sedan kunna placeras under vardera monteringsbord, detta för att minimera distanser mellan samtliga monteringsbord gentemot ett specifikt sopkärl. Detta förslag innebär också att färre öppna bordsytor och därmed färre bord stöka ned, något som härstammar ur det japanska verktyget 5S [Nicholas, 2010]. Ju simplare arbetsplatsen kan vara, desto enklare är den att hålla ren, överskådlig samt fungerande [Chiarini, 2014]. Det är därför att rekommendera att till exempel funktioner så som datorstation och sopkärl inte längre ses som en funktion, utan integreras med övriga funktioner.

Enligt Lean Production [Börnfelt, 2018, kap 5] är det nödvändigt att standardisera monteringsprocessen för att på så sätt förenkla uppföljandet av eventuella brister, något som påminner om den filosofi som förespråkas för Kaizen och Lean Production [Melander, 2017]. Om samtliga medarbetare monterar med olika förfaranden, kan det vara svårt att förstå vilket arbetsmoment som är rotorsak till en eventuell uppdagad brist. Det är därför att rekommendera att efter färdigställandet av följande monteringsplan, fastställa en god arbetsrutin för huruvida samtliga medarbetare bör montera kulventilen, något diskuterades i avsnittet gällande AviX.

En U-cell, även benämnt flödesgrupp, är en lämplig lokalutformning för följande applikationsområde [Jonsson and Mattsson, 2011, Kap 9]. Då arbetsstationerna är formade likt bokstaven U, kan montören effektivt förflytta sig och material emellan samtliga arbetsstationer. U-cell som lokalplantstyp är att föredra när produktionsledningen vill erhålla en god effektivitet men samtidigt inte hämma på flexibiliteten. Om till exempel kulventilsmonteringen skulle skett genom ett löpande band, skulle arbetsprocessen blivit stel och känslig för avvikelser [Holweg et al., 2018]. Denna monteringsstyp skulle också mer sannolikt hämmat den inre motivationen hos montören [Melander, 2017], då det är svårare att skapa autonomi och variation ifrån den. Att använda sig av en U-cell innebär också att samtliga arbetsstationer förblir lättåtkomliga oavsett situation. Det ska uppmärksammas att en U-cell innebär en relativt låg grad av utnyttjande, detta då montören endast använder en arbetsstation i taget. Det finns alltså stora möjligheter till effektivisering vid införandet av en U-cell. Genom att arbeta två eller tre personer i U-flödet, förbättras emellertid utnyttjandegraden radikalt. Detta är bevisat av den insamlade datan från dagens arbetsplats, ett resultat som återfinnes i kapitel 4.1. Vagnarna som finns på arbetsplatsen är tänkta att löpa utmed U-flödet i syfte att efterlikna ett transportband för att därigenom minimera rörelser i form av lyft och förflyttning av material. Detta är ett av flera exempel som förbättrar medarbetarens ergonomi [Stack et al., 2016].

Enligt önskemål från MannTek skall kulventilsmonteringen kunna anpassas för en, två eller tre montörer. Vanligtvis arbetar endast en montör på kulventilsmonteringen, men vid större ordervolymer ökar också behovet av antalet montörer. Många gånger är det förmånligt att kunna montera en stor order på en kort tid, detta då en kort leveranstid överträffar kundens förväntan och inbringar ett högt kundvärde. Det ska därför finnas goda möjligheter för monteringsplanen att justera antalet montörer beroende på situation. Genom att uppbära en mer öppen produktionsyta kan montörerna arbeta jämsides utan att riskera att krocka med varandra. Genom att koppla samman samtliga funktioner med en U-cell, erbjuds en central fri yta att röra sig på oavsett antalet montörer i arbete [Jonsson and Mattsson, 2011, Kap 9]. Fria transportvagnar och en öppen planlösning erbjuder även det ytterligare flexibilitet. Hög flexibilitet innebär att MannTek får ytterligare redskap för att möta kundens behov gällande inkommen order.

God flexibilitet bidrar till att möta relationer och bidra till en modern organisationsteori, vilket diskuterades under kapitel Teoretisk bakgrund”. Montörerna påpekade också att ett vanligt problem är att medarbetare ”går på varandra” och därmed stör varandras arbete. Öppna ytor utan trängsel minimerar risken för montörer att riskera att stöta samman. Då U-cellen dessutom framhäver en tydligare monteringsordning, minskar också risken för att en montör abrupt byter monteringsbord mitt i ett pågående arbete och därmed besvärar andra montörer. På så sätt efterliknas effekten av det löpande bandet, även om själva bandet inte appliceras.

MannTek anses erhålla en hög grad av modern organisationsteori. Eftersom 98% av tillverkningsvolymerna exporteras förmedlades vikten av att erhålla goda relationer med omvärlden. MannTeks kundorderstyrda produktionsystem kan ses som en indikator på att samtliga kunder skall kunna bemötas. Samtliga kundorder skraddarsys och monteras momentant beroende på kundens situation. Det är nödvändigt att inte enbart fokusera på produktionstekniska faktorer, utan också på de relationer som företaget påverkas av [Gadde et al., 2003]. En modern organisation behöver idag erhålla ett kundcentrerat fokus, snarare än ett produktcentrerat fokus [Smith et al., 2010]. Genom att erhålla en hög nivå av single-sourcing, kan företag fokusera på goda relationer över tid, snarare än att ständigt sätta underleverantörer mot varandra [Jonsson and Mattsson, 2011]. Att MannTek erhåller lokala underleverantörer för produktion av sina större delkomponenter, är ett bevis på att MannTek prioriterar goda relationer.

5.4 Slutgiltig layout

Den iterativa processen har medfört att antaganden har kunnat kontrolleras för att minimera felkällor som kan påverka resultatet negativt. Exempelvis när funktion nr 5, blåsstationen övervägdes att tas bort för att bli av med X-förhållandet i FSLP kunde MannTek testa att hoppa över blåsstationen och lägga kulventilen i torken direkt för att se om det fungerar. Detta test resulterade i en bekräftelse på antagandet att blåsstationen går att ta bort men på bekostnad av längre torktid. Denna typ av kommunikation med MannTek har inneburit att felkällor minskat och resultatet blivit mer robust.

När ritningsförslagen diskuterades med MannTek framkom det att AHMT4 med två flöden inte var att föredra utan AHUT1V2 med ett flöde är mer genomförbart på arbetsplatsen. Kvantitativa data från datainsamlingen påvisar detta då monteringstiden per kulventil och person minskar drastiskt när två montörer arbetar på samma order jämfört med en montör. Därför kommer investeringar i en mindre effektiv layout inte vara lönsam. MannTeks feedback och datainsamlingsverktyget ligger även till grund för beslutet samt slutresultatet, då AHMT4 ansågs vara bättre än AHUT1V2 innan detta belystes. Slutresultatet baseras därmed på AHUT1V2 och revideras utefter MannTeks feedback. Datorstationen, funktion 9, kunde plockas bort och monteras hängandes över monteringsbord 3, samt sopkärnen, funktion 10, placeras ut under varje

monteringsbord då de ej behövs vid varje station. Funktion 8, materialskåp är inte en del av monteringsprocessen vilket utesluter den samt funktion 11, adapterhyllan kommer uteslutas och de nödvändiga adaptrarna placeras vid de monteringsbord som har behovet.

Denna layout bibehåller samma grund som den nuvarande layouten har vilket gör det enkelt för montörerna att använda den. Det är inga stora nyheter eller omstruktureringar som kräver ytterligare inläring. Detta ger montörerna en trygghet och risk för fel och oklarheter minskar. En helt ny omstrukturerad layout hade kunnat ge en negativ inställning hos montörerna. Detta undveks genom att låta montörerna vara delaktiga i utvecklingsarbetet vilket ökar deras tilltro till den nya layouten.

5.5 Rekommendation och vidareutveckling

Som tidigare nämnts, är det att föredra att implementera delar av Lean Production i den kommande kulventilsmonteringen. För att utflödet av monterade kulventiler skall kunna stabiliseras krävs det att det är enkelt att uppskatta cykeltiden för montering av en kulventil. För närvarande fungerar detta ej optimalt. Det finns flera olika externa verktyg som skulle kunna appliceras på monteringsplanen för att uppnå en högre standardiseringsgrad. För att stabilisera flödet på arbetsplatsen så bör 5S tillämpas [Chiarini, 2014]. Genom att tillämpa 5S så kommer en ordning att upprättas vilket även förenklar standardisering av arbetsmoment. Det kommer även att bidra till en bättre ergonomi för montörerna som arbetar på arbetsplatsen och minska risken för olyckor som saktar ned monteringen. Förutom verktyget 5S [Chiarini, 2014], är det en god ide att införa verktyget 5W [Nicholas, 2010], för att gå till rotorsak av en avvikelse. Genom att ständigt ställa sig frågan ”varför”, ökar chansen att den verkliga rotorsaken hittas [Melander, 2017]. Detta verktyg behöver också kombineras med verktyget GEMBA, som menar på att man som medarbetare eller ingenjör bäst uppdagar problem väl på dess brottsplats [Holweg et al., 2018]. Det är därför en god rekommendation att vid en uppdagad avvikelse, besöka kulventilsmonterings och ställa sig frågan ”varför” ett flertal gånger för att på så sätt förstå hur felet uppkommit. Dessa verktyg bör inkluderas i ett ramverk av Kaizen, en verksamhetsstyrning, i syfte att ständigt söka nya förbättringar [Ortiz, 2006][Melander, 2017]. Det är därför att föreslå att medarbetarna får en avsatt tid varje vecka för att endast ägna sig åt enskilda förbättringar. På så sätt kommer problem kunna lösas i ett tidigt skede och därigenom successivt höja produktiviteten för monteringsplanen.

Det är starkt rekommenderat att för vidare utformning av monteringsplanen beakta det oljud som härstammar ur blåsstationen, för att förbättra arbetsplatsens ergonomi [McCauley-Bush, 2011]. Det finns en mängd alternativa lösningar, där MannTek, tillsammans med montörer, bör utvärdera en alternativ blåsstation. Som tidigare diskuterats i följande rapport, är ett varmare torkskåp att rekommendera.

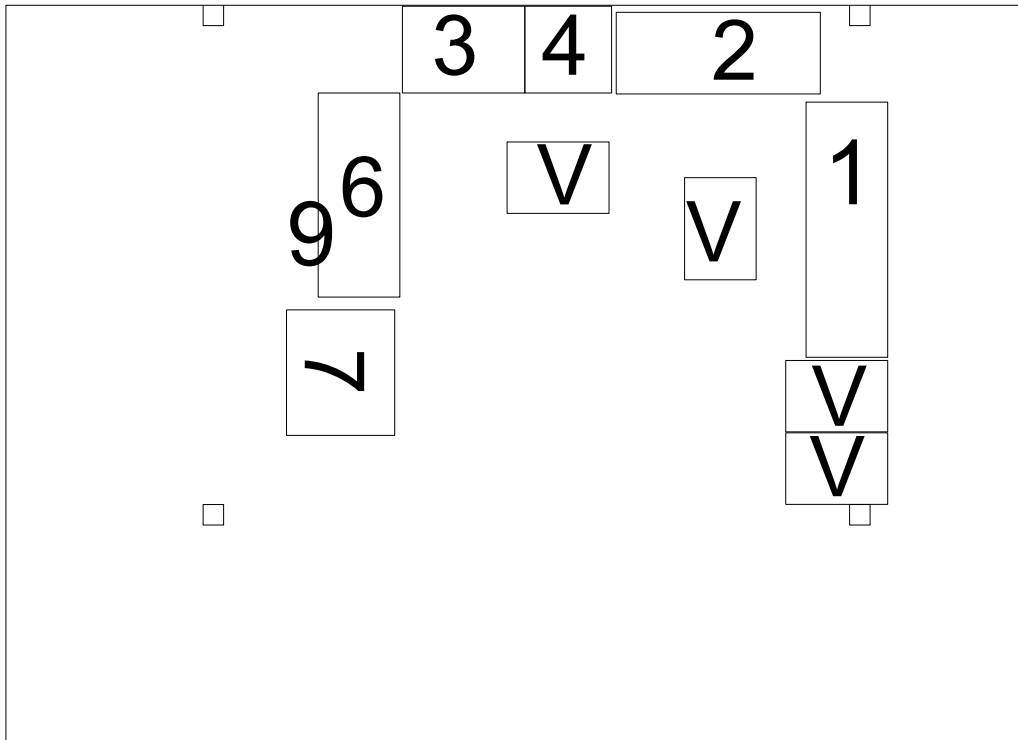
6 Slutsats

Resultat och diskussion som tidigare analyserats redogörs och en arbetsplatsutformning för att stabilisera utflödet av kulventiler föreslås. Slutligen ges en rekommendation till MannTek för att de på bästa sätt skall kunna vidareutveckla slutresultatet.

Med hjälp av den insamlade kvantitativa datan så har det bekräftats att utflödet av kulventiler från arbetsplatsen är av höga variationer. De höga variationerna stämmer överens med MannTeks upplevelse och motiverar till att flödet behöver stabiliseras. Det kan även konstateras att monteringstiden är avsevärt kortare och stabilare vid två montörer jämfört med enbart en montör. Detta beror troligtvis på att monteringsflödet blir stabilare mot vanligt förekommande avvikelser, så som verktygsfel eller läckage, vid två montörer. Flödet blir stabilare vid två montörer, troligtvis eftersom att den ena montören kan utföra omarbetet medan den andra montören kan fortsätta att montera ordern. Vid enbart en montör så stannar hela monteringen upp vilket medför en hög känslighet mot störningar. Enligt montörerna är det idag trångt och icke-ergonomiskt att arbeta fler än två montörer i nuvarande layout. Den kvantitativa datan bevisar att trots montörernas känsla är det mer effektivt att arbeta två montörer även på den arbetsplats som existerar idag.

Mjukvaran AviX gav konkreta värden på de förluster som identifierades i den ursprungliga monteringsprocessen. De olika delstegen kunde enkelt brytas ned och en tydlig bild över monteringsprocessen erhöles. Den framtagna datan från AviX lades till grund för FSLP metoden då förluster och förbättringsområden klargjordes som sedan kunde minimeras genom en layoutförändring.

Metoden FSLP resulterade i två slutgiltiga arbetsplatser, en med befintliga funktioner och en med föreslagna investeringar. Båda dessa framtagna monteringslayouter ska vara de mest optimerade arbetsplatserna med avseende på funktionernas distanser och arbetsplatsens krav på funktioner. Med därefter hänsyn tagen till resultatet från den kvantitativa datainsamlingen, tidstudien i AviX samt observationer från besöken hos MannTek har en slutgiltig optimal layout utformats. Denna layout består av arbetsplatsen redan existerande funktioner i ett enda monteringsflöde. Alternativet med två monteringsflöden eliminerades då utnyttjandegraden av två flöden idag inte väger upp för de investeringar som skulle behöva göras. Ytterligare funktioner har eliminerats genom sammanslagningar och på så sätt har en reviderad slutgiltig layout utformats, se figur 18. Funktionen 9 har eliminerats då datorn med enkelhet kan placeras i samband med en verktygstavla vid en monteringsbord och därmed frigörs golvyta. Soppkärnen, funktion 10, har även eliminerats då dessa kan placeras under monteringsborden för att utnyttja tomma utrymmen.



Figur 18: Reviderat slutgiltigt layoutförslag

Referenser

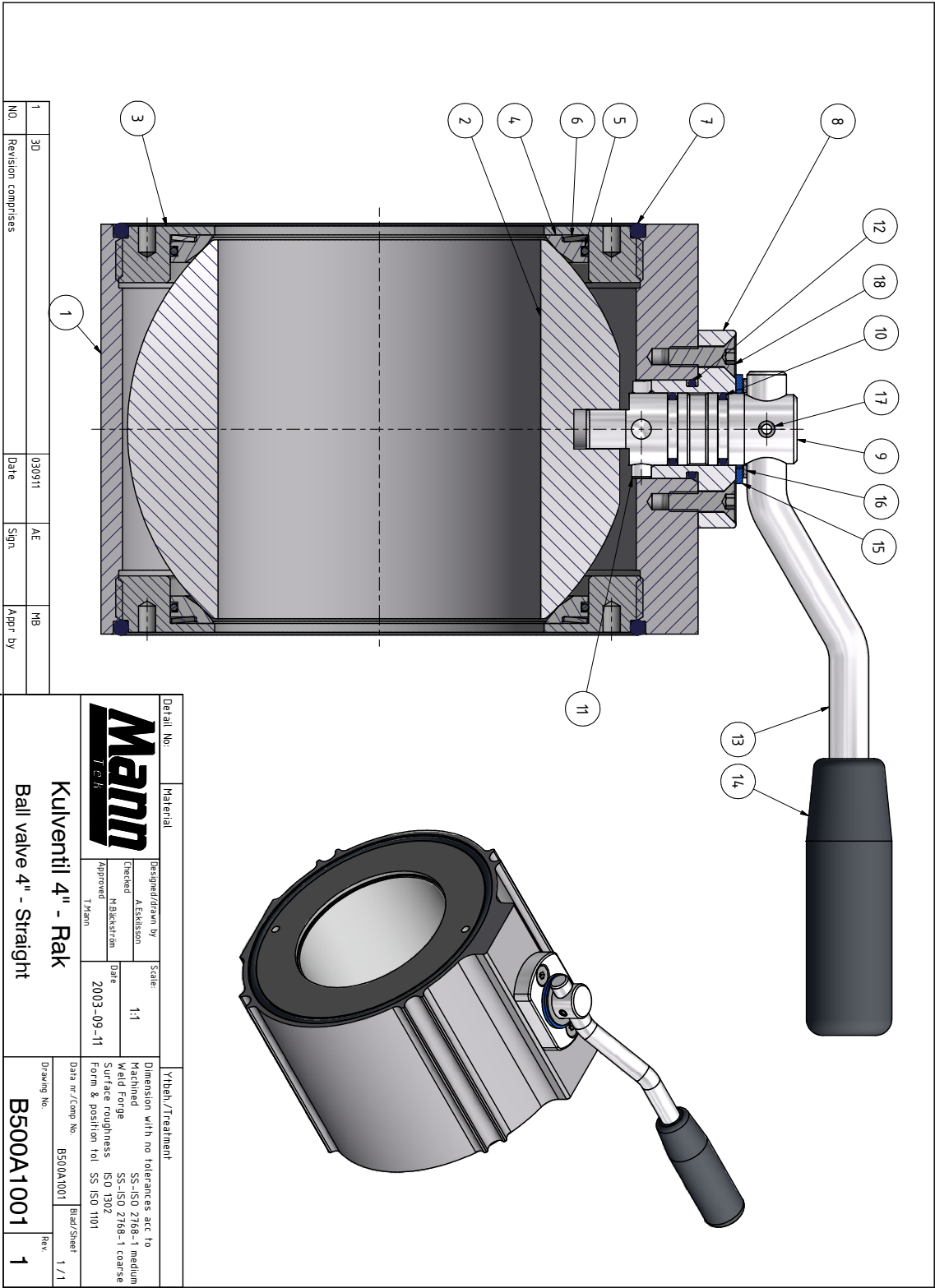
- [Abrahamsson and Johansson, 2008] Abrahamsson, L. and Johansson, J. (2008). Det goda arbetet - igår, idag och imorgon (framtidfabriken). <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-25283>. Hämtad: 2020-05-12.
- [Adler, 1993] Adler, P. S. (1993). Time-and-motion regained. *Harvard Business Review*, 71:97–108. Hämtad: 2020-05-12. <http://web.a.ebscohost.com.proxy.lib.chalmers.se/ehost/detail/detail?vid=0&sid=7fa466da-d5a0-4e19-9a2e-d58c968c43b2\%40sessionmgr4007&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtG12ZSZzY29wZT1zaXRl#db=buh&AN=9307305361>.
- [Autodesk, 2020] Autodesk (2020). Autocad. <https://www.autodesk.se/products/autocad/overview?plc=ACDIST&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>. Hämtad: 2020-05-05.
- [AviX, 2020] AviX (2020). Avix. <https://www.avix.se/lean-production-verktyg/tid-och-metodstudie-mjukvara>. Hämtad: 2020-05-12.
- [Bennett and Mosey, 2009] Bennett, K. B. and Mosey, S. M. (2009). Human-computer interface design. <https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1036/1097-8542.YB090086>. Hämtad: 2020-05-12.
- [Blomberg, 2017] Blomberg, J. (2017). *Management: organisations- och ledarskapsanalys*. Lund: Studentlitteratur AB, 1:1 edition.
- [Börnfelt, 2018] Börnfelt, P.-O. (2018). *Arbetsorganisation i Praktiken: En kritisk introduktion till arbetsorganisationsteori*. Lund: Studentlitteratur AB, 3:3 edition.
- [Chiarini, 2014] Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using specifk lean production tools: an empirical observation from european motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 85:226–233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>.
- [Davidson and Patel, 2014] Davidson, B. and Patel, R. (2014). *Forskningsmetodikens grunder*. Lund: Studentlitteratur AB, 4:5 edition.
- [Elnekave and Gilad, 2006] Elnekave, M. and Gilad, I. (2006). Rapid video-based analysis system for advanced work measurment. *International Journal of Production Research*, 44:271–290. <https://doi.org/10.1080/00207540500160920>.
- [Eriksson-Zetterquist et al., 2015] Eriksson-Zetterquist, U., Kalling, T., and Styhre, A. (2015). *Organisation och organisering*. Stockholm: Liber AB, 4:4 edition.
- [Gadde et al., 2003] Gadde, L.-E., Huemer, L., and Håkansson, H. (2003). Strategizing in industrial networks. *Industrial Marketing Management*, 32:357–364. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(03\)00009-9](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(03)00009-9).

- [Holweg et al., 2018] Holweg, M., Davies, J., Meyer, A. D., Lawson, B., and Schmenner, R. (2018). *Process Theory: The Principles of Operations Management*. Oxford: OUP Oxford, 1:1 edition.
- [Jacobsson, 2010] Jacobsson, T. (2010). *Implementering av processlösningar i sjukvården*. Chalmers Library Print Collection.
- [Jonsson and Mattsson, 2011] Jonsson, P. and Mattsson, S.-A. (2011). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur AB, 2:3 edition.
- [Kanawaty, 1992] Kanawaty, G. (1992). *Introduction to Work Study*. International Labour Office.
- [Kulventiler, 2020] Kulventiler (2020). Ball valves. <https://www.manntek.se/sites/default/files/ballvalves--manntek.jpg>. Hämtad: 2020-04-24.
- [Lowell, 2020] Lowell (2020). Sustainable production defined. <https://www.uml.edu/research/lowell-center/about/sustainable-production-defined.aspx>. Hämtad: 2020-05-11.
- [MannTek, 2020] MannTek (2020). Couplings with no spill. <https://www.manntek.se/>. Hämtad: 2020-02-12.
- [Mascarenhas et al., 2019] Mascarenhas, R., Pimentel, C., and Rosa, M. (2019). The way lean starts - a different approach to introduce lean culture and changing process with people's involvement. *Procedia Manufacturing*, 38:948–956. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.178>.
- [McCauley-Bush, 2011] McCauley-Bush, P. (2011). *Ergonomics: Foundational Principles, Applications, and Technologies*. Taylor Francis Group, 1:1 edition.
- [Melander, 2017] Melander, (2017). *LEAN ÄR BARA ETT NAMN - maximera kundnyttan och minimera resursslöseriet*. Stockholm: Liber AB, 1:1 edition.
- [Merritt, 2016] Merritt, B. (2016). *The Digital Revolution*. Morgan Claypool.
- [Microsoft, 2020] Microsoft (2020). Excel. <https://www.microsoft.com/sv-se/microsoft-365/excel>. Hämtad: 2020-05-11.
- [Muther, 1974] Muther, R. (1974). *Systematic layout planning*. Boston, Mass., 2:2 edition.
- [Nicholas, 2010] Nicholas, J. M. (2010). *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*. Productivity Press, 1:1 edition.
- [O. Aikhuele, 2020] O. Aikhuele, D. (2020). Ball valves, issues and material selections for manufacturing. https://www.academia.edu/8833301/Ball_Valves_Issues_and_Material_Selections_for_Manufacturing. Hämtad: 2020-05-04.

- [Ortiz, 2006] Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. Boca Raton: CRC Press.
- [Peltokorpi and Niemi, 2018a] Peltokorpi, J. and Niemi, E. (2018a). Analysis of the effects of group size and learning on manual assembly performance. *International Journal of Production Research*, 57(2):452–469. <https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1080/00207543.2018.1444810>.
- [Peltokorpi and Niemi, 2018b] Peltokorpi, J. and Niemi, E. (2018b). Differences between worker pairs in manual assembly: a case study. *Procedia Manufacturing*, 25:535–542. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.120>.
- [Proplanner, 2020] Proplanner (2020). Flowplanner. <https://www.proplanner.com>. Hämtad: 2020-05-05.
- [Rabanal et al., 2019] Rabanal, M., Zamami, S., Quiroze, J., and Alvarez, J. (2019). Systematic layout planning: A research on the third party logistics of a peruvian company. *Human Interaction and Emerging Technologies*, 1018. https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1007/978-3-030-25629-6_153.
- [Santos et al., 2006] Santos, J., Wysk, R. A., and Torres, J. M. (2006). *Improving Production with Lean Thinking*. John Wiley Sons, Incorporated, 1:1 edition.
- [Smith et al., 2010] Smith, N. C., Drumwright, M. E., and Gentile, M. C. (2010). The new marketing myopia. *American Marketing Association*, 29:1–11. 10.1509/jppm.29.1.4.
- [Stack et al., 2016] Stack, T., Wilhelmsen, C. A., and Ostrom, L. T. (2016). *Occupational Ergonomics: A Practical Approach*. John Wiley Sons, Incorporated.
- [Suhardi et al., 2019] Suhardi, B., Juwita, E., and Astuti, R. D. (2019). Facility layout improvement in sewing department with systematic layout planning and ergonomics approach. *Cogent Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1597412>.
- [Sörqvist and Höglund, 2017] Sörqvist, L. and Höglund, F. (2017). *Sex Sigma - Resultatorienterat förbättringsarbete som ger ökad lönsamhet och nöjdare kunder vid produktion av varor och tjänster*. Lund: Studentlitteratur AB, 2:2 edition.
- [Taylor, 1911] Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. New York: Harper Brother, 1:1 edition.

A Kulventilsritningar

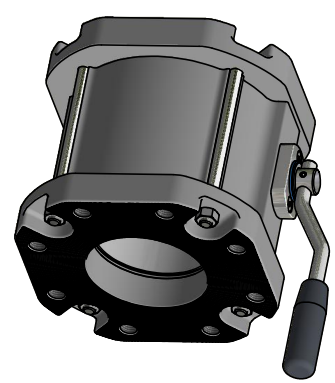
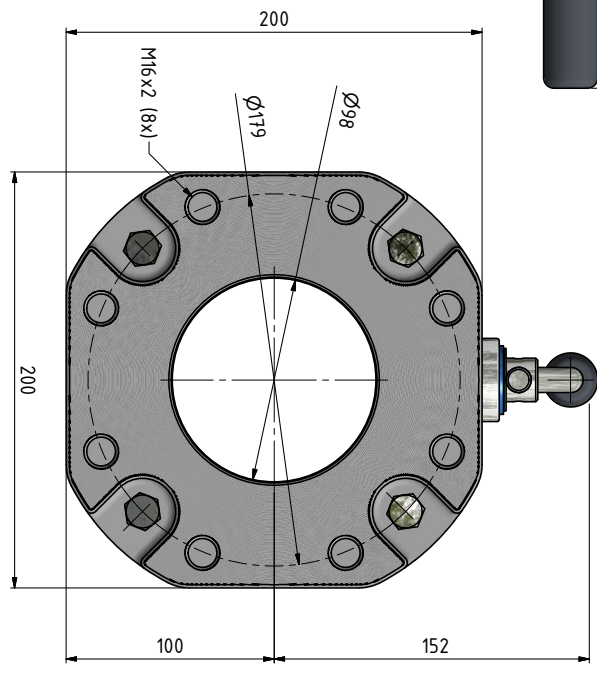
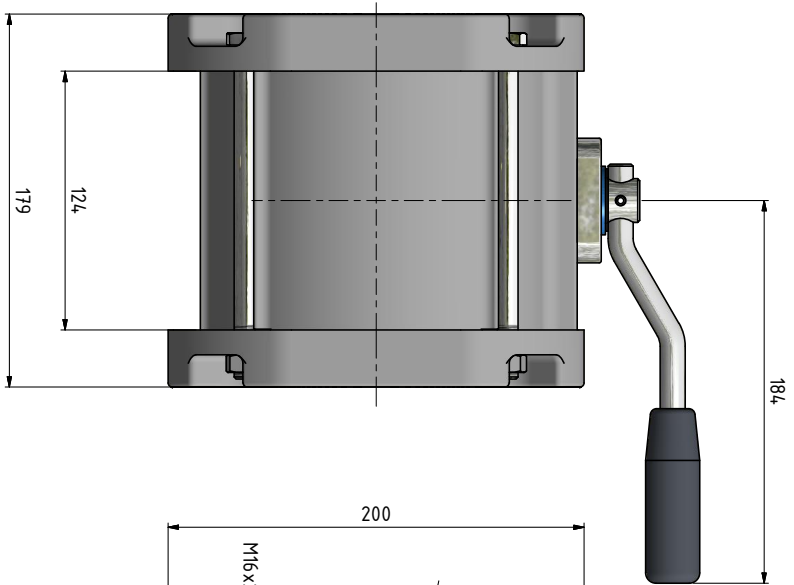
Notice: This drawing contains proprietary information and shall not be used or reproduced or its contents disclosed in whole or in part, without the prior written consent of the Mann Teknik AB



NO	Revision comprises	Date	Sign	Appr by
1	3D	030911	AE	MB

Detail No:		Material		Designed/drawn by		Scale		Ythet./Treatment	
				A. Eriksson		1:1		Dimension with no tolerances acc to	
				M. Björkstén		2003-09-11		Machined	
				T. Mann				Weld Forge	
								Surface roughness ISO 1302	
								Form & position tol SS ISO 101	
								Blad/Sheet	
								1 / 1	
Kulventil 4" - Rak				Drawing No:		B500A1001		Rev:	
Ball valve 4" - Straight								1	

Notice. This drawing contains proprietary information and shall not be used or reproduced or its contents disclosed in whole or in part, without the prior written consent of the Mann Teknik AB

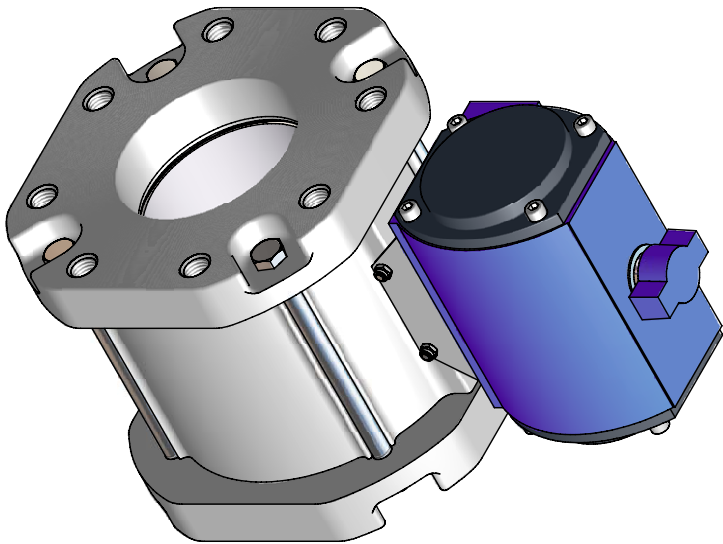
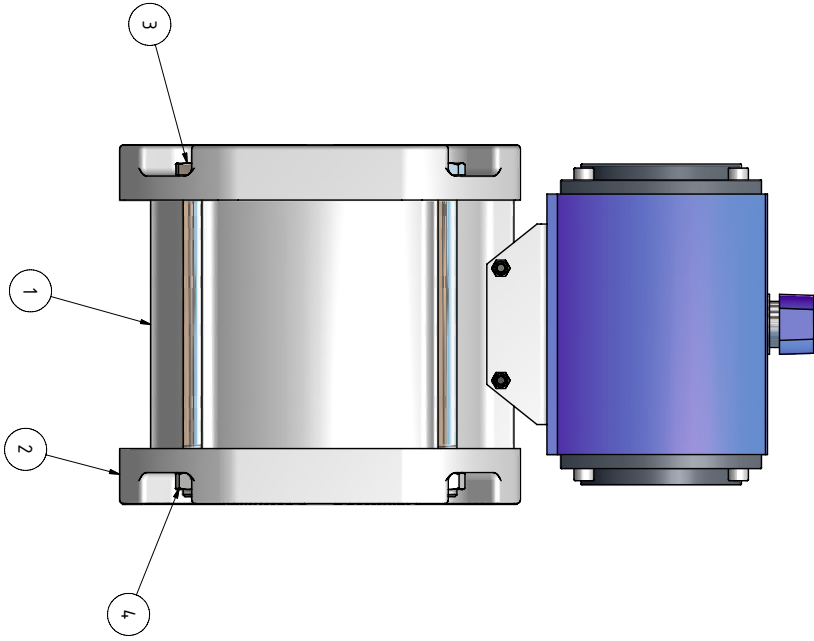


NO.	Revision comprises	Date	Sign.	Appr. by
-----	--------------------	------	-------	----------

Detail No.		Material	
Designed/drawn by P. Nyberg		Scale 1:2	
Checked A. Olufsson		Date 2006-06-14	
Approved T. Mann		Dimension with no tolerances acc. to Machined SS-ISO 2768-1 medium Weld Forge SS-ISO 2768-1 coarse Surface roughness ISO 1302 Form & position tol. SS ISO 1101	
Drawing No. B539A1101-1		Data nr./Comp. No. B539A1101-1	
Rev. 1/1		Blad/Sheet 1/1	

4" Ball Valve
with Flange DN100 PN10/16

Notice. This drawing contains proprietary information and shall not be used or reproduced or its contents disclosed in whole or in part, without the prior written consent of the Mann Teknik AB



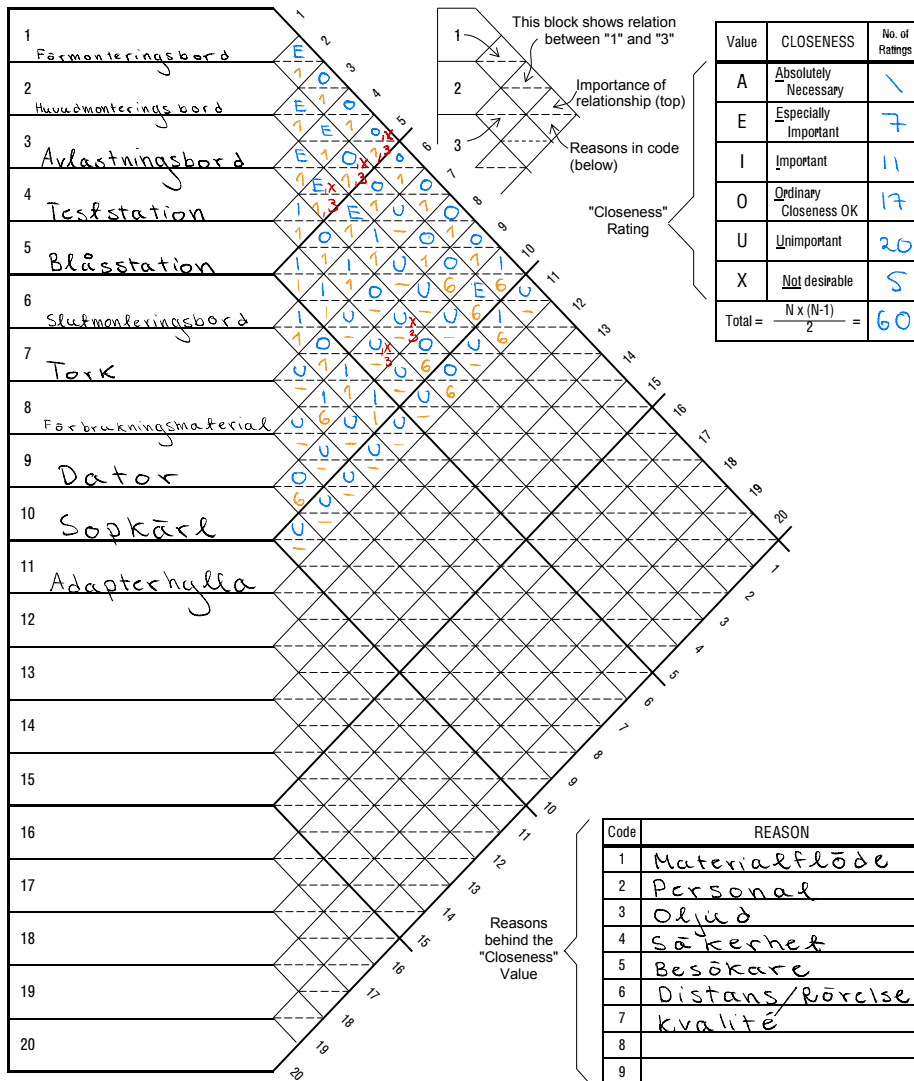
NO	Revision comprises	Date	Sign.	Appr. by
----	--------------------	------	-------	----------

Detail No:	Material	Designed/drawn by	Scale	Name/Blank	Ythet./Treatment	Vikt/Weight
		Checked A. Eshlison	1:2			
		Approved G. Kopplin	Date 2011-10-06			
		Approved I. Mann				
Ball Valve 4" - Straight		Dimension with no tolerances acc. to		Machined		SS-ISO 2768-1 medium
with actuator, FL DN100 PN10/16		Weld Forge		Surface roughness		ISO 1302
		Form & position tol		SS-ISO 2768-2-K		
Drawing No.	Data nr./Comp. No.	B539A1101SR		Blad/Sheet	1/1	
B539A1101SR				Rev.	1/1	

B FSLP: Relationsdiagram

RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) MannTek Project ISMKIS2003
 Charted by Oscar, Daniel, Adil With Chalmers
 Date 19/3-20 Sheet 1 of 1
 Reference Kandidatarbetsprojekt



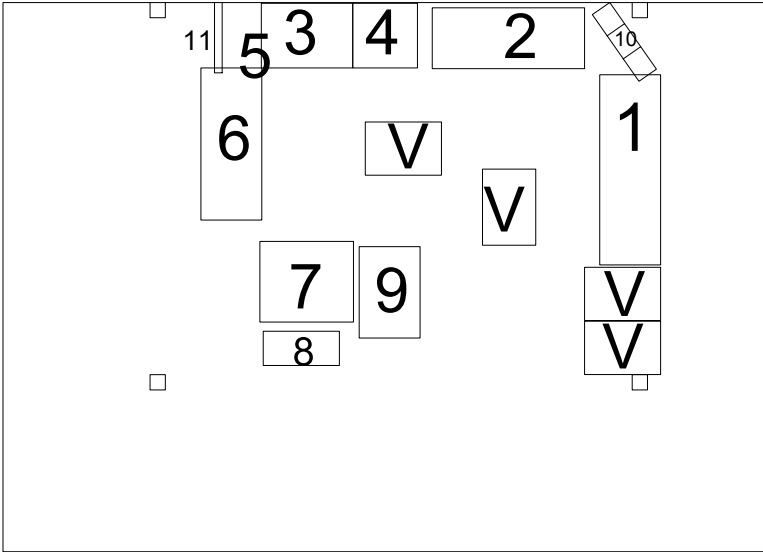
C FSLP: Funktionskrav

Utrymningskrav och servicebehov

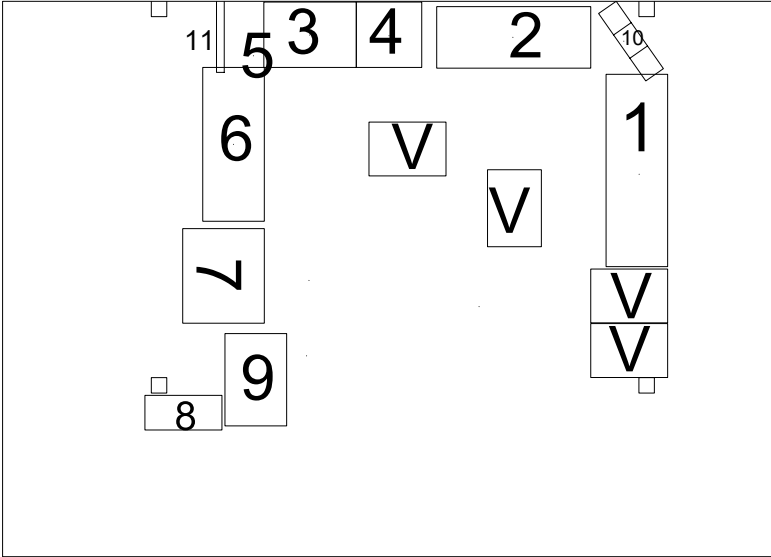
Nr	Namn	Längd [m]	Bredd [m]	Area [m ²]	Overhead Clearance		Max floor loading ton/m ²	Water and drains	Steam	Compressed Air	Foundations or Pits	Fire or Explosion Hazard	Special Ventilation	Special Electrification	Ethernet Connection	Enter Requirements for Shape or Configurations		
					Enter Unit and Required	Amount under each												
1	Förmonteringsbord	2,30	0,80	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Förenklas till rektanglar av motsvarande storlekar	
2	Havvdrömringsbord	2,00	0,80	1,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3	Avlastningsbord	0,70	0,85	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4	Teststation	0,85	0,85	0,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5	Blåstation	0,50	0,85	0,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6	Stummonteringsbord	2,00	0,80	1,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
7	Tork	1,23	1,06	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
8	Färdskåpingsmaterial	1,00	0,45	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9	Dator	1,20	0,80	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10	Söpkart	0,90	0,20	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
11	Adaptorylla	0,93	0,10	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		Förenklas till 3 lika stora kvadrater på rad Nästan till ändimensionell!

A = Absolutly important
 E = Especially important
 I = Important
 O = OK
 U = Unimportant
 X = Not desirable

D FSLP: Detaljutformning



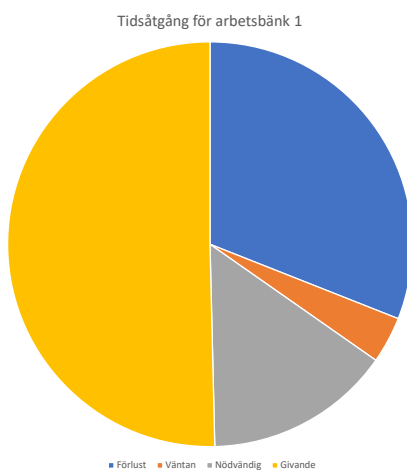
Detaljutformning av AHUT1



E Tidsåtgång

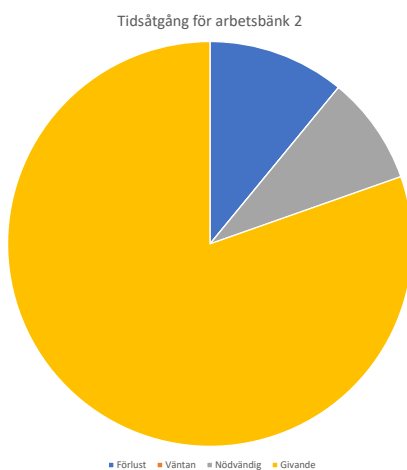
E.1 Arbetsbänk 1

Tidsåtgång för arbetsbänk 1 (s)	
Förlust	184,8
Väntan	22,2
Nödändig	98,8
Givande	309,4



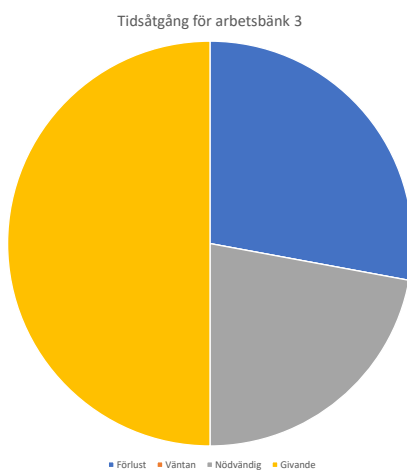
E.2 Arbetsbänk 2

Tidsåtgång för arbetsbänk 2 (s)	
Förlust	43,2
Väntan	0
Nödändig	34,8
Givande	317,3



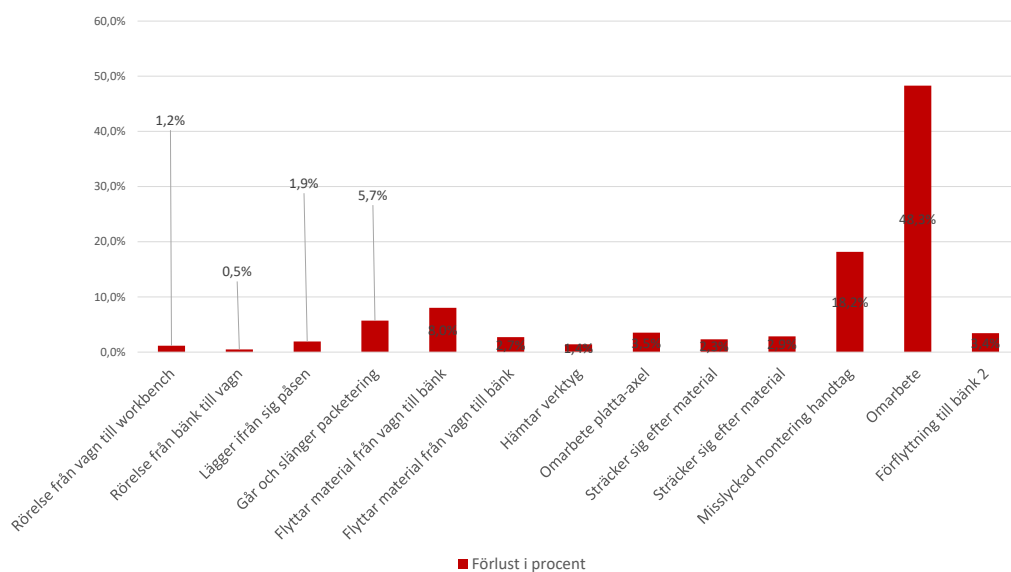
E.3 Arbetsbänk 3

Tidsåtgång för arbetsbänk 3 (s)	
Förlust	27,5
Väntan	0
Nödändig	25,8
Givande	112,3

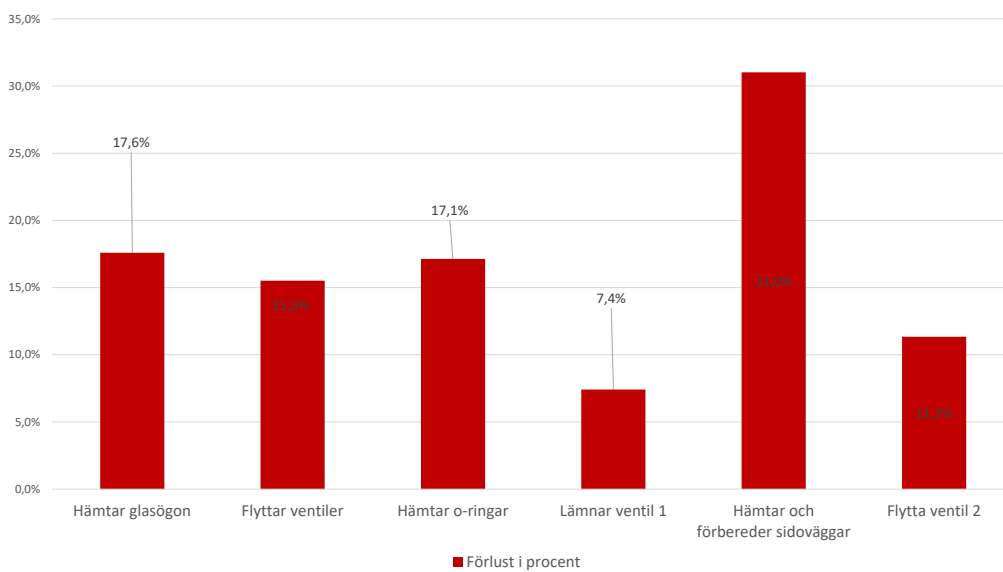


F Förlustrapport

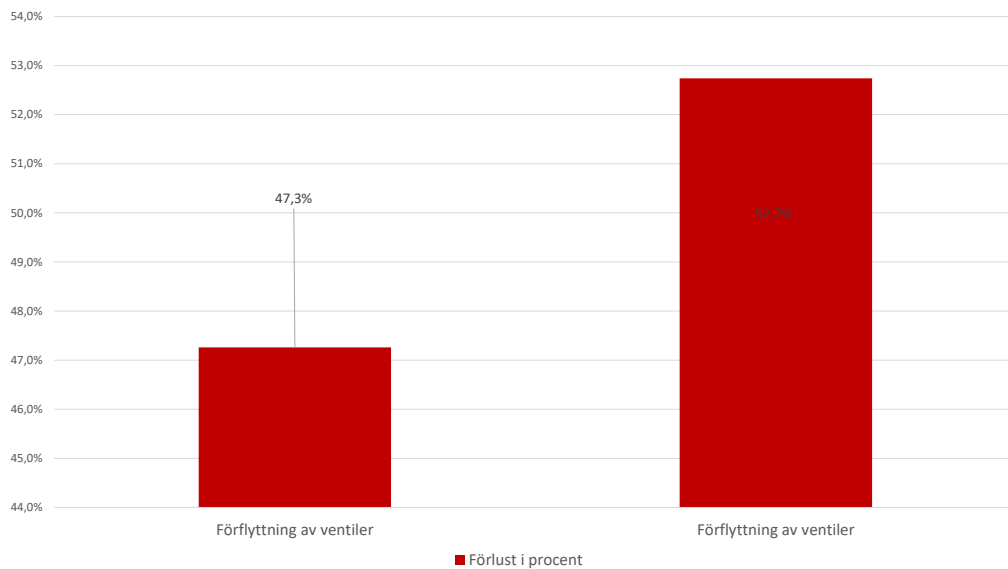
F.1 Arbetsbänk 1



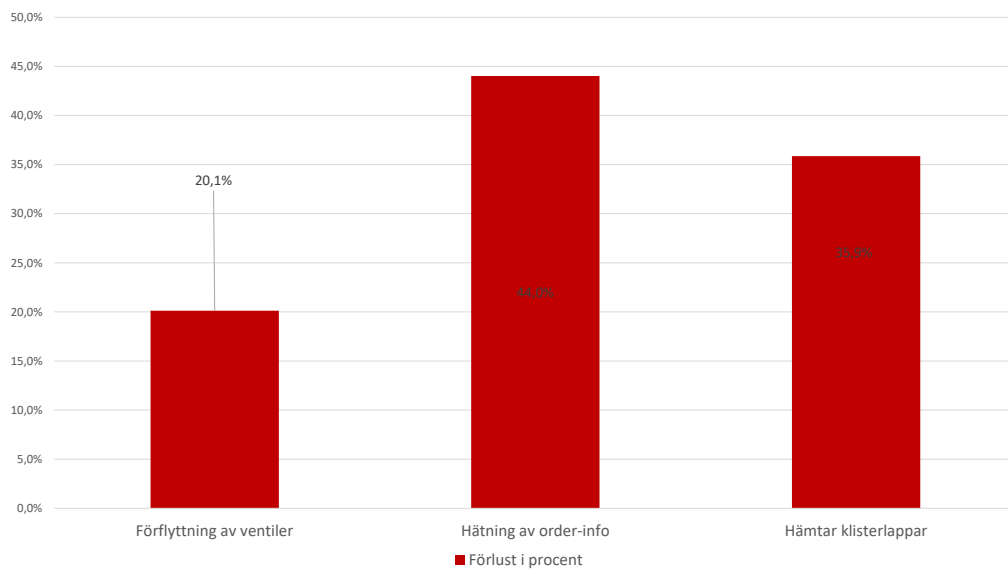
F.2 Arbetsbänk 2 del 1



F.3 Arbetsbänk 2 del 2



F.4 Arbetsbänk 3



INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH
MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020
www.chalmers.se



CHALMERS